



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



TESE DE DOUTORADO

**TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO E EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA
EM COMBINAÇÕES DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' COM DIFERENTES
PORTA-ENXERTOS**

LUDERLÂNDIO DE ANDRADE SILVA

Campina Grande – Paraíba - Brasil

Julho de 2021

LUDERLÂNDIO DE ANDRADE SILVA

Engenheiro Agrônomo

**TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO E EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA
EM COMBINAÇÕES DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' COM DIFERENTES
PORTA-ENXERTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, vinculado a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Campina Grande, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: Prof. D. Sc. Pedro Dantas Fernandes

Prof. D. Sc. Marcos Eric Babosa Brito

Campina Grande – Paraíba - Brasil

Julho de 2021

S586t

Silva, Luderlânio de Andrade

Tolerância ao estresse salino e eficiência biofísica da água em combinações da limeira ácida 'tahiti' com diferentes porta-enxertos / Luderlânio de Andrade Silva. - Campina Grande, 2022.

130 f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas, Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito".

Referências.

1. Recursos Hídricos. 2. Ecofisiologia Vegetal. 3. Híbridos de *Citrus sunki*. 4. Híbridos de *Poncirus*. 5. Produção de Frutos. 6. Verossimilhança Restrita. I. Fernandes, Dantas Pedro. II. Brito, Marcos Eric Barbosa. III. Título.

CDU 626(043)

CATALOGRAFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECARIA ITAPUANA SOARES DIAS GONÇALVES CRB-15/93



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

LUDERLÂNDIO DE ANDRADE SILVA

TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO E EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA EM COMBINAÇÕES DA LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI' COM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 16/07/2021

Pedro Dantas Fernandes – Orientador – PPGEA/CTRN/UFCG

Marcos Eric Barbosa Brito - Orientador - NEAS/CCAS/UFS

José Dantas Neto – Examinador Interno - UAEA/CTRN/UFCG

Walter dos Santos Soares Filho – Examinador Externo - EMBRAPA

Francisco Vanies da Silva Sá - Examinador Externo - PPGMSA/CCA/UFERSA

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira - Examinador Externo - NEAS/CCAS/UFS



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ, Usuário Externo**, em 19/07/2021, às 09:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Eric Barbosa Brito, Usuário Externo**, em 19/07/2021, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

Documento assinado eletronicamente por **PEDRO DANTAS FERNANDES, Usuário Externo**, em 19/07/2021, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da



[Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



Documento assinado eletronicamente por **JOSE DANTAS NETO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/07/2021, às 17:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Usuário Externo**, em 04/08/2021, às 17:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1625975** e o código CRC **62CCD6D1**.

Aos meus pais, Sebastião Gomes da Silva e Eneide de Andrade Silva, pelo apoio, incentivo, e por me ensinar que, com trabalho, dedicação e amor ao próximo, eu poderia se tornar um grande homem. Também ofereço aos meus irmãos.

OFEREÇO

Com muito carinho, aos meus filhos Junior e Sara, in memoriam, à minha esposa, Erineide de Sousa Almeida Andrade, pelo seu amor, amizade, compreensão e incentivo, por estar sempre ao meu lado e acreditar nos meus projetos, também dedico aos meus filhos Emanuel e Peedro Eurípedes pelo carinho de todos os dias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gratidão à Deus, por ter guiado meus passos, dando força, sabedoria e humildade em toda minha trajetória de vida.

À minha família, com destaque a meus avós paternos, Maria e Eurípedes, e maternos, Juvenira (*in memorian*) e José Luiz, aos meus pais, Eneide e Sebastião, aos meus irmãos, Luciélcio, Luberlânia, Lucélia, Ludemberg, Ludênia, Luênia e, em especial, Ludemberg.

Aos meus tios, em especial, a Sansão e Nana.

Aos meus sogros, por terem me dado o seu maior tesouro, aos meus cunhados, Tomaz e Fernanda, ao meu sobrinho Gabriel, por ter cuidado do meu filho, o que ajudou a me dedicar ao doutorado.

Aos amigos que fizeram parte de minha formação, em especial, a João Quioberg, Jair, Alan, Hildegal, Paulinho.

A todas as pessoas que se empenharam em trazer a universidade para Pombal, assim dando oportunidade aos filhos da terra, de ter uma formação acadêmica, em especial a Luiz Couto, Professor Martins Queiroga Salgado (*in memorian*), e Jairo Vieira Feitosa (*in memorian*).

Aos meus professores, em especial, a professora Lia do ensino básico, Dalila do fundamental, Maria Elena do ensino Médio, Marcos Eric, Reginaldo e Hevilasio, da graduação em Agronomia e Mestrado em Horticultura Tropical, além da professora Marinês no mestrado em Horticultura Tropical, todos foram muito importantes em minha formação acadêmica e pessoal.

Aos técnicos de laboratório, em especial, a Joyce, Roberta e Francisco, aos servidores terceirizados, em especial, a Charliê, Messias, Jocéan, Normando, Luci, Lucielma.

À equipe Irrigando o Semiárido.

Aos meus orientadores, Pedro Dantas Fernandes e Marcos Eric, por terem me orientado e, ainda, serem grandes companheiros dedicados e amigos de todos.

Aos meus dois amigos e parceiros de toda a jornada, Francisco Vanies e Rômulo Carantino, a quem eu tenho amizade, carinho, respeito e admiração.

À Erineide, minha esposa, por sempre ter ficado ao meu lado, nunca ter se abalado com as dificuldades e aos meus filhos Emanuel e Pedro Eurípedes pelo carinho, e aos meus filhos, meus anjos (Júnior e Sara) que estão ao lado de Deus olhando por mim.

Por fim, a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com a minha formação.

“Há que endurecer-se, mas sem jamais perder a ternura”.

Che Guevara

Letra

Amigo é coisa para se guardar
Debaixo de sete chaves
Dentro do coração
Assim falava a canção que na América ouvi
Mas quem cantava chorou
Ao ver o seu amigo partir

Mas quem ficou, no pensamento voou
Com seu canto que o outro lembrou
E quem voou, no pensamento ficou
Com a lembrança que o outro cantou

Amigo é coisa para se guardar
No lado esquerdo do peito
Mesmo que o tempo e a distância digam “não”
Mesmo esquecendo a canção
O que importa é ouvir
A voz que vem do coração

Pois seja o que vier, venha o que vier
Qualquer dia, amigo, eu volto
A te encontrar
Qualquer dia, amigo, a gente vai se encontrar.

Milton Nascimento
Canção da América

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA	
<hr/>	
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO DE LITERATURA GERAL	19
3.1. Água na agricultura:.....	19
3.2. Citros.....	20
3.3. Copa/Porta-enxerto.....	22
3.4. Salinidade em citros.....	23
3.5. Seleção de plantas.....	26
3.6. Variabilidade genética.....	27
3.7. Parâmetros genéticos.....	28
3.8. Modelo mistos.....	30
3.9. Componente principal para a caracterização da divergência genética.....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1. Localização do experimento.....	33
4.2. Fatores em estudo e delineamento estatístico.....	33
4.3. Condução do experimento.....	33
4.4. Preparação das águas de irrigação.....	36
4.5. Variáveis analisadas.....	36
4.5.1. Eficiência no uso da água.....	36
4.5.2. Parâmetros fisiológicos.....	37
4.5.3. Variáveis crescimento.....	38
4.5.4. Componentes de produção e qualidade de frutos.....	38

4.6. Análise estatística	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

CAPÍTULO I - EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA PELA LIMEIRA ACIDA ‘TAHITI’ EM COMBINAÇÕES COM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS

RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4. CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

CAPÍTULO II - SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA ÁCIDA ‘TAHITI’ TOLERANTES À SALINIDADE

RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
1. INTRODUÇÃO.....	73
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4. CONCLUSÕES.....	99
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100

CAPÍTULO III - SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA ÁCIDA ‘TAHITI’ TOLERANTES À SALINIDADE UTILIZANDO ANÁLISE GGE BILOT

RESUMO.....	105
ABSTRACT.....	106
1. INTRODUÇÃO.....	107
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	108
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	113
4. CONCLUSÕES.....	120
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

APÊNDICE.....	126
----------------------	------------

LISTA DE TABELAS

MATERIAL E METODOS GERAL

Pág.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo.....	37
--	-----------

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Precipitação e lâminas de irrigação aplicadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, considerando a condutividade média da água de irrigação e a condutividade elétrica média da água de drenagem (CEd) em cada combinação copa/porta-enxerto, conforme a salinidade da água aplicada durante o primeiro ano de condução das plantas cítricas. Pombal - PB, 2020.....	59
---	-----------

Tabela 2 - Precipitação e lâminas de irrigação aplicadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, considerando a condutividade média da água de irrigação e a condutividade elétrica média da água de drenagem (CEd) em cada combinação copa/porta-enxerto, conforme a salinidade da água aplicada durante o segundo ano de condução das plantas cítricas. Pombal - PB, 2020.....	61
--	-----------

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para eficiência no uso da água (EUA 1° 2° ANO) após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2020.....	63
---	-----------

Tabela 4 - Teste de médias referente à eficiência no uso da água (EUA 1° e 2° ANO) de combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal- PB, 2020.....	65
---	-----------

CAPÍTULO II

Tabela 1. Análise de deviance (ANADEV) e teste da máxima verossimilhança (LRT) para as variáveis avaliadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água salinizada. Pombal - PB, 2020.....	81
--	-----------

Tabela 2 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto (Dcolo), diâmetro do caule no ponto de enxertia (Denxertia), diâmetro do caule da copa (Dcopa), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ . Pombal - PB, 2020.....	82
---	-----------

Tabela 3 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis de trocas gasosas, concentração interna de CO ² (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO ₂ (A), eficiência no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiCI), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ . Pombal - PB, 2020.....	83
--	-----------

Tabela 4 - Estimativa dos componentes de variância relativo às variáveis fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II (Fv/Fm), Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado, considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ . Pombal - PB, 2020.....	84
--	-----------

Tabela 5 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (FS) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ durante os dois anos. Pombal - PB, 2020.....	85
Tabela 6 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis número de frutos por planta (NF/PLANTA), peso médio de frutos por planta (PMF/PLANTA), comprimento médio do fruto (CP/FRUTO) e comprimento equatorial do (CE/FRUTO), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ durante dois anos de estudo. Pombal - PB, 2020.....	87
Tabela 7 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> – BLUP's individuais relativos ao diâmetro de caule do porta-enxerto (Dcolo), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ durante dois anos. Pombal - PB, 2020.....	92
Tabela 8 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> – BLUP's individuais relativos ao diâmetro do caule no ponto da enxertia (Denxertia), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , durante dois anos. Pombal - PB, 2020.....	94
Tabela 9 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> – BLUP's individuais relativos ao diâmetro da copa (Dcopa), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , durante dois anos. Pombal - PB, 2020.....	96
Tabela 10 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> – BLUP's individuais relativos ao número de fruto por planta, considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ durante dois anos. Pombal- PB, 2020.....	97
Tabela 11 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> – BLUP's individuais relativos ao peso médio de frutos por planta, considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [<i>Citrus ×latifolia</i> (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , durante dois anos. Pombal - PB, 2020.....	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág
MATERIAL E MÉTODOS GERAL	
FIGURA 1 - lisímetro posição do registro e do recipiente para coleta do dreno (A) e a muda formada (B).....	33
FIGURA 2 - preenchimento dos lisímetros, formação do dreno brita + areia e registro (A) preenchimento do lisímetro com auxílio do cilindro (B), adubação fosfatada (C) e o lisímetro pronto com a cobertura morta (D).....	35
CAPÍTULO I	
FIGURA 1. Variação da temperatura durante os dois anos de cultivo. Pombal-PB.....	58
CAPÍTULO III	
Figura 1 - GT <i>Biplot</i> representando o gráfico "quem venceu onde" de 10 genótipos para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO ₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO ₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total em kg por planta 1° ano (10) e número fruto 2° ano (11) produção total em kg por planta 2° ano (12) submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.....	114
FIGURA 2. Adaptabilidade e estabilidade de 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO ₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO ₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total em kg por planta 1° ano (10) e número fruto 2° ano (11) produção total 2° ano (12) submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.....	116
FIGURA 3. GT <i>Biplot</i> seleção do genótipo ideal comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO ₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO ₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total em kg por planta 1° ano (10) e número fruto 2° ano (11) produção total em kg por planta 2° ano (12) submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.....	117
FIGURA 4. GT <i>Biplot</i> representando o gráfico com os vetores das variáveis comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO ₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO ₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total em kg por planta 1° ano (10) e número fruto 2° ano (11) produção total em kg por planta 2° ano (12) submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m ⁻¹ , de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.....	118
FIGURA 5. Discriminação e representatividade comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO ₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO ₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total 1° ano (10) e número fruto 2° ano (11) produção total 2° ano (12) submetidos a água de	120

irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.....

APÊNDICE

FIGURA 1 - Dados da disponibilidade hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 1- [TSKC x (LCR x TR) – 017]	127
FIGURA 2 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 2 - [TSKC x (LCR x TR) – 032]	127
FIGURA 3 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 3 - [TSKC x (LCR x TR) – 059]	128
FIGURA 4 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 4 - [TSKFL x (LCR x TR) – 012]	128
FIGURA 5 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 5 - [TSKFL x (LCR x TR) – 018].....	129
FIGURA 6 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 6-(TSKFL x TRBK – 011)	129
FIGURA 7 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 7- (TSKFL x TRBK – 017)	130
FIGURA 8 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo 8 - TSKFL x TRBK – 028.....	130
FIGURA 9 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo TSKFL x TRBK – 030.....	131
FIGURA 10 - Dados da demanda hídrica, (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo ano, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, no genótipo LCRSTC.....	131

Silva, L. A. **Tolerância ao estresse salino e eficiência biofísica da água em combinações da limeira ácida ‘tahiti’ com diferentes porta-enxertos**. 2021. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

As plantas cítricas são de grande importância socioeconômica para muitos países e, em particular, para o Brasil, por suas propriedades nutricionais e medicinais. Em regiões com limitações qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos, a exemplo da região semiárida brasileira, é necessário o uso de combinações copa/porta-enxerto tolerantes, que possam melhorar os índices de crescimento e de produtividade de frutos da cultura. Nesse contexto, objetivou-se selecionar porta-enxertos tolerantes à salinidade para a limeira-ácida ‘Tahiti’, com base em parâmetros ecofisiológicos e de produção, com aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) e de componentes principais (ACP). As combinações foram formadas com enxertia da limeira-ácida ‘Tahiti’ em dez porta-enxerto, obtendo as mudas no viveiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. As plantas foram cultivadas sob estresse salino em lisímetros de drenagem com capacidade de 150 dm³, no delineamento em blocos casualizados (três repetições), esquema fatorial 10 x 2, referente a dez genótipos de citros (nove híbridos triplos e o limoeiro ‘Cravo’, como comparativo) e dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹). A parcela constituída por um lisímetro, contendo uma planta. O início da irrigação com as duas qualidades de água ocorreu aos 15 dias após o transplante das mudas, se estendendo durante os dois primeiros anos de cultivo, com avaliação das plantas em relação as variáveis de crescimento, fisiológicas e de produção. Os dados passaram por análise de variância pelo teste ‘F’. Nos casos de significância foi realizado o teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de probabilidade) para o fator porta-enxerto durante a fase de formação de mudas em cada nível de salinidade da água estudado. Também foi utilizado do método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita / melhor predição linear não-viesada) para a identificação do grau de tolerância ao estresse salino das combinações ‘Tahiti’/porta-enxerto, acompanhado de análise GT *Biplot*, com auxílio do software R (R Development Core Team, 2014).

Palavras-chave: Ecofisiologia Vegetal; “Híbridos de *Citrus sunki*”; “Híbridos de *Poncirus*” Produção de Frutos; Verossimilhança Restrita; Componentes Principais.

Silva, L. A. **Salt stress tolerance and water biophysical efficiency in combinations of 'tahiti' acid lime with different rootstocks.** 2021. 130 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

Citrus plants are of great socioeconomic importance for many countries and, in particular, for Brazil, due to their nutritional and medicinal properties. In regions with qualitative and quantitative limitations of water resources, however, such as the Brazilian semi-arid region, it is necessary to use tolerant canopy/rootstock combinations, which can improve the growth and productivity rates of the crop's fruits. In this context, the objective was to select salinity tolerant rootstocks for the acid lime tree 'Tahiti', based on ecophysiological and production parameters, applying the mixed model (REML/BLUP) and principal components (ACP) methodology. The combinations were formed by grafting the acid lime tree 'Tahiti' into ten rootstocks, obtaining the seedlings in the Embrapa Cassava & Frutis, in Cruz das Almas, BA. Plants were cultivated under salt stress in drainage lysimeters with a capacity of 150 dm³, in a randomized block design (three replications), factorial scheme 10 x 2, referring to ten citrus genotypes (nine triple hybrids and the 'Rangpur' lime, as a comparison) and two levels of electrical conductivity of the irrigation water (CEa: S1=0.3 and S2=3.0 dS m⁻¹). The plot consisted of a lysimeter, containing a plant. The beginning of irrigation with the two water qualities occurred 15 days after transplanting the seedlings, extending during the first two years of cultivation, with evaluation of the plants in relation to growth, physiological and production variables. The data obtained were evaluated by analysis of variance by the 'F' test. In cases of significance, the mean grouping test (Scott and Knott up to 5% probability) was performed for the rootstock factor during the seedling formation phase at each level of salinity of the water studied. using the REML/BLUP method (restricted maximum likelihood / best unbiased linear prediction) to identify the degree of tolerance to salt stress of the 'Tahiti'/rootstock combinations, accompanied by GT Biplot analysis, with the aid of the R software (R Development Core Team, 2014).

Key Words: Plant Ecophysiology; *Citrus sunki* hybrids; *poncirus* hybrids; Fruit Production; Restricted Likelihood; Major Components.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas e o maior exportador de suco concentrado e pasteurizado de laranja [*Citrus × sinensis* (L.) Osback], embora as plantas cítricas estejam distribuídas em todas as regiões do país, a região Sudeste se destaca como a principal produtora (IBGE, 2020). No ano de 2019, a produção nacional (laranjas, limões e tangerinas) superou a casa dos 19 milhões de toneladas (IBGE, 2020), sendo a quinta ‘comodity’ mais produzida no país (FAO, 2014).

Para o Nordeste, a citricultura possui grande relevância social, econômica e alimentar, pela geração de emprego e renda, além de ser uma das principais fontes de vitamina C. Contudo, sua produtividade média é baixa, da ordem de 11,4 t ha⁻¹. A Paraíba apresenta uma produtividade média de 20,1 t anuais, com rendimento bem inferior de 6,9 t ha⁻¹ (IBGE, 2020), o que pode ser atribuído ao uso de combinações copa/porta-enxerto menos produtivas e a um manejo cultural inadequado, acrescido dos prejuízos causados pelo déficit hídrico, que ocorre nos meses mais quentes do ano, implicando assim, na necessidade do uso de sistemas de irrigação. Fato este verificado por Braz et al. (2009), estudando a frequência e lâminas de irrigação em limeira-ácida ‘Tahiti’ [*C. × latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] e por Soares et al. (2015), analisando o crescimento de combinações de duas copas o pomeleiro ‘Star Ruby’ (*C. paradisi* Macfad.) e a limeira ácida ‘Tahiti’ [*C. × latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] seleção ‘CNPMF-2001’ com diferentes porta-enxertos sob déficit hídrico.

Outro fator a ser considerado, principalmente no semiárido nordestino, é a presença de sais em altas concentrações na água de poços e açudes, variando em função da pluviosidade e da origem do solo (AUDRY; SUASSUNA, 1995; OLIVEIRA et al., 2010). Os efeitos da salinização podem comprometer o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade dos citros, cujas plantas são consideradas moderadamente sensíveis à salinidade (MASS, 1993).

Essas restrições são atribuídas ao efeito de íons tóxicos, com destaque para o cloro, sódio e boro, e ao estresse osmótico (LEVY & SYVERTSEN, 2004; ZHAO et al., 2007; DIAS & BLANCO, 2010). Assim, o uso de porta-enxertos tolerantes à salinidade pode viabilizar a utilização de águas de baixa qualidade e o cultivo em solos salinizados (GRIEVE et al., 2007; PRIOR et al., 2007; FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2014).

Para a identificação de genótipos tolerantes, sucessivas avaliações devem ser realizadas, abrangendo todo o sistema de produção da cultura. Se tratando de citros, é importante identificar materiais tolerantes na fase de formação do porta-enxerto, como realizado por Brito et al. (2008) e Fernandes et al. (2011), e na fase de formação da muda enxertada seguir como registrado por Brito et al. (2014b), Brito et al. (2015) e Brito et al. (2020), os materiais identificados com

potencial de tolerância à salinidade devem ser levados a campo no sentido de validá-los agronomicamente para uso como porta-enxertos em condições de estresse salino.

Na seleção de genótipos ou combinações copa/porta-enxerto de citros tolerantes à salinidade deve-se atentar para estudos relacionados à fisiologia, ao crescimento e à produção de frutos das plantas (FLOWERS E FLOWERS, 2005; BRITO et al., 2008; DIAS E BLANCO, 2010; FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014; BRITO et al., 2015; SÁ et al., 2015; BARBOSA et al., 2017), de modo que o resultado da seleção seja o mais coerente com o comportamento do vegetal em campo.

A estimativa de parâmetros genéticos no teste de descendentes de espécies arbóreas pode prever os benefícios derivados das estratégias de melhoramento genético e, dessa forma, orientar a escolha do método de seleção mais adequado (MAIA et al., 2009). Dentre os métodos utilizados para estimar os parâmetros genéticos tem-se o de máxima verossimilhança restrita/melhor predição não viciada (REML/BLUP), pois ele permite obter estimativas com melhor precisão, sobretudo, em ensaios desbalanceados (RESENDE, 2002).

Os autores Pompeu Junior et al. (2013), avaliando seleções e híbridos de limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck) como porta-enxertos para laranjeira ‘Valência’ (*C. ×sinensis*), na presença da morte-súbita-dos-citros, doença de etiologia ainda desconhecida utilizaram o método REML/BLUP constatando que, para a variável produção de frutas a precisão da seleção dos melhores porta-enxertos em cinco safras foi de 84,6%. O ganho na produção de frutas foi estimado em 11,5%, relativamente aos sete melhores porta-enxertos, enquanto ao melhor genótipo o ganho em produção foi de 16,3%.

Associada ao uso do REML/BLUP pode-se adotar a análise de componentes principais (ACP), que permite reduzir o conjunto de variáveis a serem combinadas, de modo que os dados possam ser mais bem interpretados, possibilitando uma visão holística do comportamento vegetal, com base no que se deseja obter. Ao contrário, a metodologia biplot é uma análise que usa os dois primeiros componentes principais (CP) e descreve os dados graficamente com base em seus padrões. Estudos de adaptabilidade e estabilidade de diferentes culturas com base no biespectro confirmaram a eficiência do genótipo recomendado e a análise dos ambientes favoráveis e desfavoráveis da população usando a técnica (SANTOS et al. 2016; PARAMESH et al. 2016; YOKOMIZO et al. 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a tolerância ao estresse salino da limeira-ácida ‘Tahiti’ enxertada em diferentes porta-enxertos de citros, para identificar as combinações mais tolerantes por meio de modelos mistos (REML/BLUP) e de componentes principais (ACP), com base em caracteres ecofisiológicos.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a eficiência no uso da água dos porta-enxertos combinados com limeira ácida ‘Tahiti’ irrigados com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹.
- Avaliar o grau de tolerância ao estresse salino de combinações envolvendo a limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em diferentes porta-enxertos, com base em caracteres ecofisiológicos.
- Avaliar a metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) e de componentes principais (ACP) como ferramenta de seleção de combinações da limeira-ácida ‘Tahiti’ com diferentes porta-enxertos, para tolerância ao estresse salino.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Água na agricultura

A água ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, sendo o composto em maior quantidade e vital à vida, correspondendo a um volume de aproximadamente, 1.385.984.610 km³. Deste total, 97,5% são relativos a água salgada e apenas 2,5% água doce, ou seja: 1,351 bilhões Km³ e 34,6 milhões km³, respectivamente (BORGHETTI et al., 2010).

Em torno 12% da água doce do mundo está no Brasil, com a maior parte em rios, abrigando o maior rio em extensão e volume do planeta, o Amazonas, além de aquíferos e poços rasos. Além disso, mais de 90% do território brasileiro recebe chuvas abundantes durante o ano e as condições climáticas e geológicas propiciam a formação de uma extensa e densa rede de rios, com exceção do semiárido, onde o regime hídrico é limitado quantitativamente e temporalmente (ISA, 2005).

O aumento na demanda, porém, tem ocasionado o surgimento de conflitos entre usuários de recursos hídricos, exigindo assim, que Governos Estaduais e Federal tomem medidas para o controle de seu uso e de sua qualidade (MEDEIROS et al., 2009), de modo a garantir o acesso e o uso múltiplo dos recursos, sobretudo, para o abastecimento humano e a dessedentação animal.

No Nordeste brasileiro a disponibilidade de água para a agricultura é ainda menor, por possuir uma precipitação média anual de 750 mm, concentrada em quatro meses do ano, e uma evapotranspiração de 2000 mm, sendo necessárias estratégias de captação e armazenamento de água para usar nos períodos secos. Além deste fato, a maioria das águas de poços da região contém sais (AUDRY; SUASSUNA, 1995; SANTOS, 2008; OLIVEIRA et al., 2010), o que limita as espécies passíveis de serem cultivadas, já que precisam ter tolerância a tais condições, além da necessidade de um manejo de irrigação que preconize o controle de sais no solo, adotando-se, por exemplo, o uso da fração de lixiviação, sistemas de drenagens superficiais e subterrâneos ou a aplicação de corretivos como o gesso, caso o solo, seja deficiente em bases bivalentes (Ca²⁺ e Mg²⁺) e a água possua alta sodicidade.

Neste sentido, a produção agrícola, auxiliada pela irrigação, garante em padrões mundiais um acréscimo produtivo de 2,7 vezes se comparada ao cultivo de sequeiro, podendo em alguns casos, permitir a viabilidade produtiva em áreas áridas ou semiáridas, que são caracterizadas, principalmente, pela limitação quantitativa e qualitativa da água (CHRISTOFIDIS, 2013; DALASTRA et al., 2014).

As regiões áridas e semiáridas, além de precipitação pluviométrica baixa e irregular, são submetidas a evapotranspiração potencial muito elevada, limitando a disponibilidade de água para a agricultura e favorecendo ao processo de salinização e sodificação do solo, isto é, a acumulação gradativa de sais solúveis e/ou sódio trocável na zona radicular das plantas, sendo esse processo

acelerado pelas irrigações com água classificada como salobra ou salina, sem nenhum estudo prévio e pela drenagem ineficiente (SILVA et al., 2011, CHRISTOFIDIS, 2013).

Os principais sais presentes na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos (ALMEIDA, 2010). Os limites específicos das concentrações salinas permissíveis para a água de irrigação, não podem ser estabelecidos devido às grandes variações de tolerância à salinidade entre as diferentes plantas, entretanto, dados de estudos de campo de plantações que crescem em solos artificialmente ajustados a vários níveis de salinidade, podem fornecer informação valiosa sobre a tolerância aos sais (SILVA et al., 2011), necessitando de fazer uma correta interpretação e analisar os parâmetros relacionados aos efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação (ALMEIDA, 2010).

A presença de sais no ambiente pedológico interfere na dinâmica de floculação e dispersão das unidades estruturais do solo, comprometendo atributos físicos e químicos (ASSIS JÚNIOR & SILVA et al., 2012), provoca decréscimo no crescimento e produtividade das plantas cultivadas e em casos mais severos, pode levar ao colapso da produção agrícola. Ocorre em razão do desbalanço nutricional causado pela inibição da absorção de outros cátions pelo sódio, do efeito de íons tóxicos, sobretudo, o cloro, sódio e boro e do déficit hídrico causado pelo efeito osmótico da redução do potencial osmótico da solução do solo (SILVA et al., 2011).

A questão de como a salinidade aumenta no solo criando problemas é complexa, uma vez que não depende somente da água, mas também de como é feito o manejo das irrigações e do tipo de solo, pois intervém nos fenômenos de troca de cátions e os sais se concentram com distintas velocidades (ALMEIDA, 2010). Caso o solo tenha um aporte de água suficiente e um sistema de drenagem eficiente, os sais são lavados e retirados da zona radicular.

Segundo Miranda et al. (2011), a diluição e retirada do excesso de sais do solo podem ser efetuadas mediante à aplicação de lâminas de lixiviação, mas, muitas vezes, juntamente com sais dispersantes, são diluídos íons agregantes, comprometendo assim, a estrutura do solo, com efeitos notórios na estabilidade de agregados, porosidade, densidade, entre outros atributos físicos.

3.2. Citros

Os citros são oriundos de áreas subtropicais e tropicais da Ásia, pertencente a família das Rutáceas, subfamília Aurantioidea, são árvores ou arbustos geralmente espinhosos, com raiz pivotante, folhas persistentes, simples, espessura de aparência coriácea. As flores das plantas cítricas são axilares, solitárias, em cachos ou em pequenas cimeiras terminais, o fruto cítrico é denominado hespéridio, diferenciando-se na cor, formato e tamanho, de acordo com a espécie e variedade, e as sementes têm textura grossa, rígida e lenhosa (QUEIROZ-VOLTAN; BLUMER, 2005; MEDINA et al., 2008). Os frutos são ricos em vitamina C, possuem ainda, vitaminas A e do

complexo B, além de sais minerais, maiormente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

No Brasil foram introduzidas por volta de 1530, por meio das expedições colonizadoras e onde encontraram condições adequadas ao desenvolvimento, provável que na Bahia, onde espalharam-se por todo território nacional, concentrando nas regiões sudeste, sul e nordeste (IBGE, 2020). Atualmente, as espécies cítricas mais cultivadas no Brasil são as laranjeiras [*C. ×sinensis* (L.) Osbeck], tangerineiras (várias espécies, entre elas *C. reticulata* Blanco, *C. deliciosa* Tenore), os limoeiros [*C. ×limon* (L.) Burm. f.] e as limeiras ácidas [*C. ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka].

O Brasil é um dos maiores produtores de citros do mundo, com uma produção que em 2019 chegou a 19.569,675 t e rendimento médio de 24,82 kg/ha; no Sudeste, a produção foi de 14.330,917 t, com rendimento médio de 34,09 kg/ha, superando a produtividade nacional. Já o Nordeste fica atrás apenas das regiões Sudeste e Sul, com produção de 1.240,277 t/ha e rendimento de 10,51 kg/ha. A produção paraibana é de 20,144 t, com rendimento de 6,89 kg/ha (IBGE 2020).

A citricultura é uma atividade agrícola que se destaca por gerar renda e emprego para o homem do campo, tanto de forma direta quanto indireta, por meio de divisas provenientes da exportação de seus produtos como o suco de laranja. O Brasil produz 50% do suco de laranja consumido no mundo exportando 98% de sua produção total (IBGE, 2020).

O rendimento da região Nordeste é bem inferior aos da região Sudeste e o total Nacional, devido ao déficit hídrico natural, por causa da deficiência ou distribuição espacial irregular das chuvas, particularmente no semiárido, limitando o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas (LECHINOSKI, 2007; DO NASCIMENTO, 2012).

Os citros se adaptam aos vários tipos de solo e de clima (SENTELHAS, 2005; MEDINA et al., 2008), mas apresenta perdas de produção em condições edafoclimáticas não adequadas. Outro aspecto fundamental, relacionado à baixa produtividade no Nordeste, reside na qualidade genética e sanitária das mudas, pois refletem em todo o ciclo de vida útil da planta (CARVALHO, GRAF & VIOLANTE, 2005; REZENDE et al., 2010). Para formação de uma muda de citros, assim como de outras fruteiras, a combinação copa/porta-enxerto deve atender alguns critérios específicos em relação à formação dos portas-enxertos e da muda propriamente dita. Contudo, os interesses e as necessidades da copa e do porta-enxerto nem sempre são comuns, pela possibilidade de ocorrer incompatibilidade (LEVY; SYVERTSEN, 2004; OLIVEIRA et al., 2005; POMPEU JUNIOR, 2005).

Na tentativa de obter maiores produtividades, aumentar a longevidade do pomar, superar os problemas relacionados aos estresses abióticos, como a salinidade, e bióticos como incidência de

doenças, as plantas cítricas são formadas por dois indivíduos unidos por meio do processo de enxertia: o porta-enxerto (ou ‘cavalo’) e o enxerto (ou copa) que crescem e se desenvolvem formando uma única planta (REZENDE et al., 2010).

Para formação da muda de citros, assim como de outras fruteiras, a combinação copa/porta-enxerto deve atender a alguns critérios específicos em relação à formação dos portas-enxerto e da mudapropriamente dita. Contudo, as características e necessidades da copa e do porta-enxerto nem sempre são comuns, pela possibilidade de ocorrer incompatibilidade (OLIVEIRA et al., 2005).

3.3. Copa/Porta-enxerto

O uso de porta-enxertos tolerantes a determinado fator de estresse vem garantindo o sucesso da citricultura, contudo, durante muitos anos o único porta-enxerto utilizado era o limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck), com predominância até hoje, devido a sua capacidade de adaptação as diferentes condições edafoclimáticas (BRITO et al., 2014). São usados também, o limoeiro Volkameriano (*C. ×volkameriana* V. Ten. & Pasq.) e a tangerineira Sunki [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], que mostra potencial para a diversificação de materiais, assim como, o limoeiro ‘Rugoso’ (*C. ×jambhiri* Lush.), a tangerineira ‘Cleopatra’ (*C. reshni* hort. ex Tanaka) e o citrumelo ‘Swingle’ [*C. ×paradisi* Macfad. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (FERNANDES et al., 2011).

A partir do melhoramento genético, os materiais descritos podem contribuir para dar origem a novos híbridos, pois é reconhecido o risco do uso de um único porta-enxerto, por causa dos estresses bióticos, notadamente a vulnerabilidade a novas doenças, a exemplo da morte súbita dos citros, registrada a partir de 2001 (BASSANEZI et al., 2005), e abióticos, como a salinidade da água e do solo (BRITO et al., 2014), que podem levar ao colapso da produção.

Sobre os novos híbridos que podem surgir a partir do melhoramento genético dos materiais descritos, estudos apontam para seleção de genótipos tolerantes a estresses bióticos e abióticos, a exemplo do estresse salino no semiárido Nordeste (SILVA et al., 2014; SÁ et al., 2015; BRITO et al., 2015; BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2020). Contudo, para a recomendação de uma nova combinação copa/porta-enxerto, faz-se necessário verificar a viabilidade de uso dos materiais genéticos e avaliar a compatibilidade entre eles.

Algumas pesquisas mostram que o ‘Volkameriano’, o ‘Swingle’ e o *P. trifoliata* são incompatíveis com a laranjeira ‘Pera’, com a qual formam plantas pouco produtivas e de vida curta, assim como a trifoliata com o tangor Murcott (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

A copa da planta é a principal responsável pelas características dos frutos e busca atender às exigências, tanto do mercado consumidor de fruta de mesa ou in natura, quanto da indústria de suco. No entanto, em termos de importância da escolha, o porta-enxerto se iguala a copa, uma vez que, as principais características agrônômicas são determinadas pela interação entre ambos, a qual

irá proporcionar o melhor desempenho da planta. Dentre as variedades de copa mais utilizadas é possível destacar as laranjeiras ‘Pera’, ‘Valência’, ‘Natal’, ‘Folha Murcha’ e ‘Bahia’, as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Murcott’, o limoeiro ‘Galego’ e as limeiras ‘Pérsia’ e ‘Tahiti’ (BASTOS et al., 2014).

Machado et al. (2017), estudando a influência de diferentes variedades de porta-enxertos sobre o desenvolvimento e a qualidade dos frutos da limeira-ácida ‘Tahiti’ cultivadas no município de Jaíba-MG, observaram que a qualidade dos frutos não foi influenciada pelo uso dos porta-enxertos. Todavia, as plantas originadas de ‘Tahiti’ enxertada em híbrido limoeiro ‘Volkameriano’ e tangerineira ‘Cleópatra’, assim como, em híbrido citrandarin ‘1707’, ‘Cravo 1710’ e citrumelo ‘Swingle’ tiveram maior vigor vegetativo e, conseqüentemente, maior produtividade, devido o ‘Tahiti’ produzir flores e frutos em novos ramos crescentes, de modo que a produção está diretamente associada ao desenvolvimento vegetativo das plantas.

A limeira ‘Tahiti’, mais popularmente conhecido como ‘limão Tahiti’, é uma planta vigorosa, com porte de médio a alto e com folhagem exuberante de coloração verde escura. A floração ocorre, principalmente, nos meses de setembro a outubro, mas, em cultivos irrigados, acontece praticamente o ano todo. As flores possuem cinco pétalas de coloração branca aromáticas com grande número de estame contendo pólen inviável. Os frutos, em geral, se desenvolvem por partenocarpia (sem formação de sementes), são de tamanho médio, casca lisa, fina e de coloração esverdeada; quando amadurecem, têm polpa suculenta com suco ácido, representando 50% do peso do fruto. A produtividade do ‘Tahiti’ varia de acordo com o espaçamento da cultura e o porta-enxerto utilizado alcançando produtividades que variam de 6 a 21 t ha⁻¹ (MOURÃO FILHO et al., 2010).

3.4. Salinidade em citros

Os citros são considerados sensíveis à salinidade, embora haja divergências quanto ao nível máximo de salinidade tolerado pelas plantas. Mass (1993) descreve que, a salinidade limiar da laranjeira é de 1,4 dS m⁻¹, já Singh et al. (2003), em sua revisão, destacam que a tolerância é variável entre os porta-enxertos usados, sendo o percentual de 0,05% de sais na água o limite para o crescimento de frutos de laranja, o que é equivale a 500 mg dm⁻³. Considerando a relação média de salinidade da água proposta por Richard (1954), onde 1 dS m⁻¹ equivale a 640 mg dm⁻³, as plantas de citros não mantêm a produção quando a concentração de sais for superior a 0,78 dS m⁻¹.

Segundo Ferguson & Grattan (2005), as plantas de citros toleram salinidade entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹, com redução no crescimento e produção das plantas a partir desse valor. De acordo com Brito et al. (2014), pode ser usada água de até 2,0 dS m⁻¹, o que provoca pequena restrição no

crescimento de genótipos de citros recomendados como porta-enxertos, notadamente em limoeiro ‘Volkameriano’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e o híbrido trifoliado HTR - 069 (em fase de inscrição no Registro Nacional de Cultivares - RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA como BRS Santana).

Tendo em vista a capacidade dos genótipos de se adaptarem as condições diversas, acaba por possibilitar os estudos de seleção de genótipos tolerantes aos vários fatores de estresse abiótico, como é o caso da salinidade, sendo capazes de manter produções economicamente viáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (TESTER & DAVENPORT, 2003; BRITO et al. 2014). A tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em um genótipo, entre estádios de desenvolvimento; em cada fase, a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS & FLOWERS, 2005; HUSSAIN et al., 2012). Para Brito (2008) e Silva (2014), o limoeiro ‘Cravo’ apresenta maior tolerância ao estresse salino e o TSKC x (LCR x TR) – 040 potencializou a eficiência no uso da água sob condições de salinidade, sendo indicados como porta-enxertos de citros.

Mesmo com a expressiva tolerância do limoeiro ‘Cravo’ à restrição hídrica, além de outros atributos de valor agrônômico, nem todas as variedades copa nele enxertadas conseguem atingir o máximo potencial produtivo, pois o seu uso intensivo acarreta problemas de ordem biótica deixando o sistema produtivo vulnerável (MATOS JUNIOR, 2005). Sendo assim, existe a necessidade de promover um programa de melhoramento genético para diversificação de cultivares porta-enxerto e com combinação com as copas é de notória relevância, sendo uma das características mais importantes a tolerância à salinidade.

Na tentativa de se comprovar essa variabilidade, autores têm estudado plantas cítricas enquanto porta-enxerto, podendo se destacar nesse aspecto, o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e os híbridos oriundos do cruzamento entre a tangerineira ‘Sunki Comum’ (TSKC) com outro híbrido formado pelo limoeiro ‘Cravo’ (LCR) e o *Poncirus trifoliata* (TR), em especial, o denominado TSKC x (LCR x TR) – 040, que apresentarem boa tolerância ao estresse salino quando expostos ao estresse durante a fase de formação do porta-enxerto (SILVA et al., 2014, SÁ et al., 2017).

Outros híbridos oriundos do cruzamento da TSKC com o citrumelo Swingle (CTSW), a exemplo do TSKC x CTSW - 041 e o híbrido resultante entre o cruzamento LCR e o limoeiro Volkameriano (LVK), nomeado LCR x LVK – 038, também apresentam o mesmo potencial (BARBOSA et al., 2017). Já o híbrido entre o TSKC com a citrange (*C. × sinensis* x *P. trifoliata*) ‘Argentina’ - 019 foi sensível à salinidade na fase de porta-enxerto (SÁ et al., 2017).

Vários estudos estão sendo desenvolvidos com participação direta do Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros, com o

objetivo de identificar genótipos de citros tolerantes ao estresse salino, aliando, também, enxertos (variedade copa) e sua combinação com porta-enxertos, visando viabilizar a produção de citros irrigados com águas salinas. Nos esforços de melhoramento de genótipos (híbridos) provenientes de vários cruzamentos visa-se selecionar genótipos tolerantes aos vários fatores de estresse abiótico, com ênfase no salino (BRITO et al. 2014).

Tais estudos devem se estender até a fase de produção, já que o efeito do estresse salino pode ocasionar distúrbios fisiológicos que podem ser evidenciados, primariamente, pela redução da condutância estomática, com reflexos na difusão de CO₂ e na taxa fotossintética. Com isso, ocorrem prejuízos em todo o processo de crescimento e desenvolvimento da planta (HUSSAIN et al., 2012), o que pode reduzir a produção da cultura. Dessa forma, nas tentativas de melhoramento objetiva-se identificar materiais com mecanismos de tolerância e/ou sobrevivência ao estresse (MAGALHÃES FILHO et al., 2008), para avaliar a viabilidade do seu uso em campo.

A título de exemplo, Barbosa et al. (2017) verificaram uma redução na condutância estomática nos híbridos cítricos entre a tangerineira ‘Sunki Comum’ (TSKC) e o citrumelo ‘Swingle’ descritos como TSKC x CTSW - 033 e TSKC x CTSW – 041, que apresentaram redução linear na ordem de 22,20% e 13,12%, respectivamente, por aumento unitário da salinidade na água de irrigação, correspondendo a um decréscimo de 71% e 42%, respectivamente, das plantas irrigadas com água de 4,0 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com 0,8 dS m⁻¹. Além da redução na atividade estomática, de acordo com Barbosa et al. (2017), provoca também diminuição na taxa de assimilação em função de redução na atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase / oxigenase (RuBisCO).

Sá et al. (2015), observaram que os híbridos de tangerineira ‘Sunki Comum’, após 24 horas da aplicação dos tratamentos tiveram efeito significativo da interação entre salinidade e os híbridos nas variáveis *Ci*, *A*, *EiUA* e *EiCi* e efeito isolado para *E* e *gs*. O híbrido TSKC x CTSW–028, logo nas primeiras 24 horas da aplicação dos tratamentos salinos, passou por alterações expressivas nas variáveis de trocas gasosas, no maior nível de salinidade, reduzindo a *Ci* em 13% e ampliando em 112% a *A*, em 53,8% a *EUA* e em 160%, diferindo dos resultados do efeito da salinidade para (*Ci*) durante as primeiras 24 h. Silva et al. (2014) estudaram o estresse salino em híbridos trifoliados, como porta-enxertos, com resultados convergindo para informações de tolerância de plantas avaliadas por Fernandes et al. (2011) e BRITO et al. (2014), que observaram porta-enxertos de citros durante um maior período de estresse salino.

O fechamento dos estômatos, porém, tem sido observado na maioria dos trabalhos que envolvem citros e salinidade, o que tem ocasionado reduções na taxa de assimilação de CO₂ dos

híbridos, podendo, conseqüentemente, relacionar a um menor influxo de CO₂ na cavidade subestomática para realização do fenômeno da fotossíntese (TAIZ et al. 2015).

Segundo Silva et al. (2014), estudos relacionados à fotossíntese e à fluorescência da clorofila vêm sendo evidenciados como bem-sucedidos, em diferentes genótipos de citros sob irrigação com águas salinas na fase inicial de crescimento, auxiliando na identificação de materiais com tolerância e/ou que desenvolvam mecanismos fisiológicos para percepção do estresse salino.

Como auxiliar na interpretação dos dados de estresse salino, o estudo da fluorescência da clorofila *a* é muito relevante, pois o aumento da fluorescência inicial (*F_o*) indica danos ao centro de reação do PSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII (BAKER & ROSENQVST, 2004). Conforme afirmam Silva et al. (2014), o aumento da salinidade proporciona acréscimo nos valores da fluorescência inicial das plantas de citros, sendo o maior incremento no híbrido HTR-127, da ordem de 155 fótons quando se utilizou água com 4 dS m⁻¹, em comparação a 0,3 dS m⁻¹.

Além dos atributos fisiológicos, diferentes aspectos morfológicos de crescimento podem ser analisados para se evidenciar os efeitos da salinidade e classificar os genótipos quanto à tolerância, dentre os quais o número de folhas, a ramificação e a altura da planta (PATRIA, 2013).

Entre as variáveis de crescimento destaca-se o diâmetro do caule, sobretudo quando medido no ponto da enxertia, por ser um indicador da compatibilidade entre o porta-enxerto e a copa, já que, geralmente, os sintomas de incompatibilidade só são identificados, visualmente, após alguns anos da enxertia influenciados também, por condições ambientais (HARTMANN et al., 2002). Mattos Junior et al. (2005) indicam que, em alguns casos de incompatibilidade ocorre em função de um desbalanço no fluxo de seiva proveniente do porta-enxerto ou da variedade copa que leva à formação da “Pata de elefante”, alteração morfológica no diâmetro do porta-enxerto (maior ou menor) que o diâmetro na copa.

3.5. Seleção de plantas

De acordo com Resende (2002a), a seleção pode ser natural ou pode ocorrer sob influência humana, com base em critérios estabelecidos pelo melhorista, na tentativa de selecionar plantas, conforme o objetivo. Em citros, vários autores vêm desenvolvendo pesquisas com porta-enxertos e copa/porta-enxertos com o intuito de contribuir para a formação de um grupo de genótipos que viabilizem a produção da cultura em cultivos irrigados com águas salinas (FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014; BRITO et al., 2020).

Nos estudos, alguns fatores, como a influência ambiental proveniente da interação e a complexidade da base genética do material dificultam os trabalhos de seleção de genótipos promissores. Segundo Carrijo et al. (2008), para recomendar plantas com potencial para produção

comercial, é necessário selecionar indivíduos superiores, com base em genitores com potencial de produção alta, para composição da população.

É necessário estabelecer uma rede experimental, com amostras de toda a diversidade ambiental, associada aos locais de plantio (DUDA, 2003). Resende (1999) informa que, a seleção deve se basear em indivíduos com média de produção elevada, integrantes de população com ampla variabilidade genética, com potencialidades para resultar em ganhos genéticos no decorrer das gerações. É uma ferramenta essencial e estratégica de melhoramento se se utilizando da variabilidade existente em uma população e entre indivíduos (FERREIRA, 1992; GOLLE et al., 2009).

Os benefícios da seleção vêm da variabilidade genética existente na população e do controle genético dos caracteres que se espera melhorar, além da acurácia seletiva. Assim, estimar parâmetros genéticos a fim de prever os ganhos com a seleção é fundamental (BERTI, 2010).

3.6. Variabilidade genética

A variabilidade genética em uma população é ferramenta básica para o melhorista, pois possibilita o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de famílias de meios-irmãos, além das interferências ambientais ou da espécie que interferem nesta distribuição (SEBBENN et al., 1999). Tais variações genéticas, existente em uma determinada população, são fundamentais para a sobrevivência e adaptação ambiental a possíveis mudanças.

A devastação das florestas e a exploração agropecuária, juntamente com ações humanas e do crescimento/desenvolvimento tecnológico, faz com que, gradativamente, se perca a variabilidade genética. Vencovsky (1987) afirma ser essencial a preservação da variabilidade por meio de sementes nativas e exóticas, bem como a preservação de germoplasmas com a finalidade de se tornarem fontes de estudos em iniciativas futuras de melhoramento e conservação genética.

As populações com maior potencial adaptativo as condições ambientais adversas são indicativas da sua alta taxa de variabilidade (MARTINS-CORDER et al., 1996). Os estudos da variação genética entre populações naturais são essenciais para o conhecimento da estrutura das populações e podem ser realizados, de maneira eficiente, a partir de testes de procedências e progênies (RESENDE, 1999b). Assim, o objetivo dos programas de melhoramento genético é melhorar uma população e manter a variabilidade genética da população, o requisito essencial para obtenção de ganhos genéticos em longo prazo (MORI, 1993).

A variação genética muitas vezes se dá por mutação espontânea. No caso dos citros, a maioria das variedades cítricas existentes são de mutações espontâneas de gemas e, em seguida, de processos de seleção, tanto conduzidos por agricultores como por melhoristas (SPIEGEL-ROY; GOLDSCHMIDT, 2008; XU et al., 2013; WU et al., 2014). As estratégias de seleção, natureza

genética das mutações, proteção e registro de novas variedades são em muitos países, resultados resultantes de tais esforços. As mutações somáticas envolvem mudanças no DNA, relativamente comum em citros e que pode ser transmitida tanto por reprodução vegetativa como pela embrião nuclear (SOARES FILHO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014).

Em relação às mutações, elas podem ou não alterar o fenótipo, o que depende do interesse dos melhoristas, quando descobrem naquele determinado fenótipo uma característica nova interessante do ponto de vista tanto genético, como comercial. Os autores Roose & Williams (2007) indicam que, nas mutações, o gene será alterado por meio de processos de exclusão, adição, substituição ou rearranjo da sequência de nucleotídeos. Quando apenas um alelo é alterado, as mutações são quase sempre, recessivas e devem expressar a homozigose de caracteres mutantes (MACHADO et al., 2005). Para ser um evento aleatório, a mutação deve ser de ponto ou gema, sendo necessário um processo de seleção dos indivíduos resultantes, com intuito de se obter materiais com características de interesse (OLIVEIRA, 2013).

Observa-se na literatura que as taxas de mutação dependem da espécie, do ambiente e de práticas culturais, como a poda (SPIEGEL-ROY & GOLDSCHMIDT, 2008). Saunt (2000) afirma que, a ocorrência de mutação em citros é maior em laranjeiras doces de umbigo, em pomeleiros, cultivares de tangerineiras dos grupos ‘Clementina’ (*C. Clementina hort. ex Tan.*) e em ‘Satsuma’ (*C. unshiu Marcow.*). Castle & Gmitter (1999) destacam que, nas laranjeiras, todas as cultivares são decorrentes de mutações somáticas.

Segundo Oliveira (2013), em ambientes mais estressantes, decorrentes de fatores bióticos, como pragas, ou abióticos, como seca, alta temperatura, encharcamento e salinidade, dentre outros, aumentam a frequência de mutação de gemas. A poda é um manejo que estimula a brotação das gemas dormentes. Por esse motivo, as plantas borbulheiras de citros devem ser renovadas a cada cinco anos (BRASIL, 2013).

Machado et al., (2005) destacam as principais características envolvidas na mutação de gemas, dentre elas, aspectos morfológicos das folhas, vitalidade das plantas, tempo de maturação da fruta, tamanho e forma da fruta, coloração do interior e do exterior da fruta, número de sementes, rendimento, açúcar e teor de ácido da polpa. Vale enfatizar que alguns mutantes espontâneos têm características desfavoráveis, como frutas anormais, e folhas com características atípicas também aparecerão, razão para o seu descarte (SPIEGEL-ROY; GOLDSCHMIDT, 2008).

3.7. Parâmetros genéticos

A estimativa dos parâmetros genéticos possibilita coletar informações da ação gênica na herança dos caracteres, fornecendo a base para a avaliação requerida pelo melhoramento

(VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; DUDA, 2003), além de fornecer dados essenciais à seleção e definição do programa de melhoramento de uma população (PINTO JUNIOR, 2004). Ademais, a obtenção dos parâmetros genéticos pode permitir a avaliação da viabilidade do programa de melhoramento, bem como auxiliar, de forma efetiva, o progresso genético dos materiais estudados.

A estimativa de tais parâmetros é ainda mais importante, quando se refere as espécies perenes, ao contrário das plantas de ciclo anual, pois pode garantir a tomada de decisão, por parte dos melhoristas, de forma mais precisa e rápida, considerando o longo ciclo dessas espécies (CANUTO, 2009). Dentre os parâmetros mais importantes destacam-se os coeficientes de variação genética e herdabilidade, as correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres e a acurácia seletiva (DUDA, 2003; CRUZ, 2005 SILVA et al., (2016)).

Logo, é necessário o conhecimento do grau de parentesco entre as progênes estudadas, sendo a variância genética aditiva o principal indicador das propriedades genéticas analisadas em uma população, por se referir à semelhança entre parentes, ganhando destaque entre os parâmetros, a variância genética aditiva que, em quantidade suficiente, promove o melhoramento efetivo pela seleção de indivíduos em uma população (FALCONER, 1981;1987).

A variância fenotípica observável em indivíduos de uma população, é composta de valores não genéticos, pode ser decomposta em três componentes, sendo eles, a variação causada pelo ambiente, a variação relacionada às diferenças na hereditariedade e aos efeitos conjugados do meio (VENCOVSKY e BARRIGA 1992). Na variação de um caráter podem ser considerados componentes, como variação entre plantas dentro das parcelas, diferenças ambientais entre parcelas e variação pelas diferenças genéticas entre progênes (VENCOVSKY 1987). Segundo Falconer (1981), para que se conheça a estrutura do material que será testado, bem como suas contribuições genéticas para cada caráter avaliado por certo método de melhoramentofaz-se necessário o estudo dessas variações.

A herdabilidade consiste na proporcionalidade da variação total devido à natureza genética, e pode ser estimada pelo quociente entre a variação genética e a variância total, fornecendo uma estimativa do quanto de variação fenotípica está sob controle genético, podendo ser obtida no sentido amplo e restrito (FALCONER, 1987; PINTO JUNIOR, 2004; BORÉM e MIRANDA, 2005). É um dos parâmetros genéticos mais relevantes, notadamente por permitir predição dos ganhos, demonstrando o potencial esperado pelo programa de melhoramento genético, sendo que a seleção dos melhores indivíduos pode ser promovida pela escolha de genótipos potenciais a partir de variáveis com maior herdabilidade (KAGEYAMA, 1980).

Borém e Miranda (2005) apontam que, a herdabilidade, no sentido amplo, consiste na razão da variância genotípica pela variância fenotípica e, em sentido restrito, pode ser definida como a

razão da variância aditiva pela variância fenotípica. Ainda sobre isso, eles pontuam a herdabilidade no sentido restrito é mais útil, uma vez que, quantifica a importância relativa da proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração. A herdabilidade pertence à população e depende do efeito ambiental aos quais os indivíduos são submetidos, não pertencendo somente a um caráter. Portanto, o valor da herdabilidade poderá sofrer alterações em qualquer um dos componentes da variância fenotípica (FALCONER, 1987).

3.8. Modelos mistos

O programa SELEGEN (Sistema estatístico e seleção genética computadorizada, via modelos lineares mistos) está sendo amplamente utilizado para análise de modelos lineares mistos, via REML/BLUP (Restricted Maximum likelihood/Best Linear Unbiased Predictor). São utilizados processos estatísticos de eficiência máxima, otimizando a eficiência global do melhoramento genético. O uso de procedimentos ótimos de estimação de variância e predição de valores genéticos, difere do que é feito, de maneira tradicional pois os modelos para índices de seleção, componentes principais genéticos e análise de agrupamento genético trabalham em nível genotípico e não fenotípico.

De acordo com Patterson & Robin Thompson (1971), a análise de variância e regressão têm limitações em lidar com dados desbalanceados e tratamentos com parentesco, sendo a REML uma forma de maior flexibilidade e eficiência na modelagem de dados com estas características. Pode ser considerado uma generalização da ANOVA para situações mais complexas e de forma eficiente, pois desdobra a variação fenotípica em seus vários componentes como genético, ambiental e de interação genótipo-ambiente. Além disso, permite comparar indivíduos ou constituições genéticas através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, blocos); os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos são corrigidos simultaneamente, podendo ser aplicados aos dados desbalanceados e delineamentos não ortogonais.

Para atender a rotina dos programas de melhoramento genético vegetal criou-se o software SELEGEN-REML/BLUP, contemplando várias espécies de plantas, como por exemplo, alógamas, autógamas, de sistema reprodutivo misto e de propagação clonal, além de considerar vários delineamentos experimentais, vários delineamentos de cruzamento. As pesquisas de avaliação de cultivares devem ser abordadas do ponto de vista genético e estatístico (RESENDE e DUARTE, 2007). Nesse sentido, os autores citados recomendam o uso da acurácia seletiva, considerando as proporções entre as variações de natureza genética e residual, associadas ao caráter em avaliação, além da magnitude da variação residual.

Pinto Junior et al (2013), estudando a avaliação genética de seleções e híbridos de limões ‘Cravo’, ‘Volkameriano’ e ‘Rugoso’ como porta-enxertos para laranjeiras ‘Valência’, na presença da morte súbita dos citros, concluíram que para o parâmetro produção de frutos, a acurácia seletiva de cinco colheitas é de 84,59%. Os ganhos genéticos de 11,5% na produção de frutos são obtidos pela seleção dos sete melhores porta-enxertos, enquanto a seleção do melhor genótipo confere ganho genético de 16,3%.

Quanto maior o valor do coeficiente de variação genética, mais heterogêneos serão os genótipos. Yokomizo et al. (2016), pesquisando os progênies de polinização aberta de *Euterpe oleracea* para peso médio do cacho, produção de frutos, peso médio do cacho vazio, comprimento médio da ráquis e número de cachos, observaram valores de 7,40 a 21,20 e de 3,70 a 10,59, dos coeficientes de variação genética aditiva individual e entre progênies respectivamente; isso sugere a presença de material superior em razão da existência de variabilidade genética e, também, são esperados ganhos genéticos aplicando-se procedimentos adequados de seleção.

3.9. Componentes principais para a caracterização da divergência genética

Além de informações sobre a existência de variação genética, é crucial saber o grau de diferenças genéticas entre os indivíduos, para manter ou aumentar a variabilidade genética detectada (SOUZA, 2001). Segundo o autor, para evitar o cruzamento entre indivíduos geneticamente similares, as informações descritas servem de base para o delineamento de estratégias reprodutivas. Informações de dissimilaridade genética proporcionam a obtenção de indivíduos mais produtivos em virtude de cruzamentos controlados (RAO et al., 1981; HUMPHREYS, 1991; CRUZ et al., 1994; SOUSA, 2001).

O estudo das diferenças genéticas no melhoramento inclui a identificação de indivíduos geneticamente diferentes e seus cruzamentos, pois possuem altos efeitos heteróticos e maior variabilidade genética nas proles (RAO et al., 1981). Os métodos de agrupamento UPGMA, Tocher e a análise de componentes principais (PCA) são multivariados comumente utilizados na predição da divergência genética. O princípio básico dessa análise de agrupamento é reunir os genótipos em grupos diferentes, de forma que haja homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos (CRUZ et al., 2004; MANFIO et al., 2012). O pesquisador (em função do tipo de informação desejada) é quem vai definir qual método deve ser utilizado para fazer o agrupamento, ou até mesmo, o uso conjunto dos métodos (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Para a redução do banco de dados em função da eliminação de variáveis redundantes, dispersão gráfica e agrupamento de genótipos, na área experimental utiliza-se de análise de componentes principais (PCA) (RESENDE, 2015). A técnica consiste em converter um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominado

componentes principais (HONGYU et al., 2016). De acordo com o autor, o principal objetivo do uso desta técnica é explicar a variância e covariância de um determinado vetor que é composto de variáveis aleatórias através dos componentes principais, e executa com base nessas variâncias, o agrupamento de indivíduos de acordo com as mudanças nas características.

Esta técnica consiste em apresentar a importância ou a variação dos componentes principais em ordem decrescente de contribuição, ressaltando que o último componente é aquele que tem menor efeito sobre a variação total e pode, até mesmo, ser excluído da análise. A técnica ACP, além de proporcionar o estudo de divergência genética de um dado grupo de genótipos por meio do gráfico de dispersão, também permite verificar a porcentagem de contribuição relativa de cada caractere para a variabilidade genética dos genótipos avaliados (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Sobre a Projeção GGE Biplot na discriminação da eficiência de linhagens de milho-pipoca ao uso do nitrogênio, Santos et al. (2016) recomendam o seu uso para a identificação confiável de linhas de milho pipoca, eficientes e responsivas ao uso de nitrogênio. Oliveira et al. (2019), estudando a seleção de milho híbrido por meio da análise GGE biplot, identificaram que os híbridos ideais eram os que apresentavam alto rendimento, estando na componente principal um (CP1) e valores baixos na componente principal dois, no biplot gerado para estimar o melhor genótipo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

O experimento foi instalado em área do CCTA/UFCG, localizado no município de Pombal, PB, sob coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, altitude de 194 m, onde se tem clima do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, conforme classificação de Koppen.

4.2. Fatores em estudo e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de um esquema fatorial 10 x 2, correspondente a:

- a. Dez combinações copa/porta-enxerto, referentes à combinação da limeira-ácida 'Tahiti' com dez porta-enxertos, sendo nove provenientes de três progênies de citros (três genótipos de cada) e uma testemunha, o limoeiro 'Cravo Santa Cruz', todos fornecidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMG-Citros).
 - i. A primeira progênie referiu-se ao cruzamento tangerineira 'Sunki' comum (TSKC) x híbrido limoeiro 'Cravo' x trifoliata (LCR x TR);
 - ii. A segunda referiu-se ao cruzamento tangerineira 'Sunki da Flórida' (TSKFL) x (LCR x TR);
 - iii. A terceira ao cruzamento TSKC x trifoliata 'Benecke' (TRBK).

Dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹, com níveis abaixo e acima da salinidade limiar da cultura, que é de 1,1 dS m⁻¹ na água de irrigação (Maas, 1993); o nível mais alto de salinidade corresponde a boa parte das águas subterrâneas disponíveis no semiárido. Ressalta-se que a aplicação foi iniciada aos 15 dias após o transplante (DAT) das mudas em lisímetros, e perdurou durante os dois primeiros anos de cultivo, considerando, porém, as condições de balanço hídrico local.

Combinados os fatores, obtiveram-se 20 tratamentos (dez combinações copa/porta-enxerto x dois níveis de salinidade), repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas.

4.3. Condução do experimento

As mudas relacionadas às diferentes combinações copa/porta-enxerto foram formadas em sacolas plásticas, com capacidade de dois litros, no viveiro de produção de mudas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas - BA, seguindo recomendações de produção de mudas certificadas (Figura 1 A).

Após o transporte e adaptação das mudas ao clima da região, foi realizado o transplante para sacolas com capacidade de 5 L. No manejo, a haste principal da planta enxertada foi podada na altura de 50 cm, deixando-se brotar três hastes da variedade copa, para formar a base da copa da planta. O transplante das mudas para os lisímetros ocorreu aos 365 dias após a semeadura dos porta-enxertos (DAS).

Os lisímetros foram formados a partir de caixas de poliuretano, com capacidade para 150 L, pintadas na cor branca, de modo a aumentar a refletância da luz solar e reduzir o calor no seu interior. Na base de cada lisímetro foi instalado um registro de 18 mm, de modo a garantir o escoamento do excesso de água do solo, que foi coletado em um recipiente para determinação de seu volume (Figura 1 B).



Figura 1- Planta enxertada (A) e lisímetro com detalhes do registro e do recipiente para coleta do dreno (B)

O espaçamento usado entre os lisímetros foi de 2,0 x 2,0 m. O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi oriundo da fazenda experimental da UFCG, no Município de São Domingos - PB, com coleta de amostras nas profundidades de 0 - 0,2 m e de 0,2 - 0,4 m. No início do segundo ciclo, período que coincidiu com chuvas no semiárido da região de Pombal, foi feita poda nas plantas de cada combinação, visando iniciar o ciclo de desenvolvimento das plantas em um mesmo momento. Ao final do primeiro ano, foram coletadas amostras do material de solo de todos os lisímetros para determinação das características físicas e químicas do solo, dando suporte à determinação da adubação no segundo ano de produção. Em cada lisímetro inseriu-se uma camada de cobertura morta com 1 kg de palha de milho triturada, na tentativa de reduzir a evaporação da água do solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado com a adição, inicialmente, de 15 L de brita e areia (camada com cerca de 0,04 m de altura), para facilitar a drenagem do excesso de água. Seguindo a essa primeira camada, o preenchimento simulou uma cova de plantio em campo (0,40 x 0,40 cm), com o auxílio de um cilindro ajustado no centro do lisímetro (0,44 m de diâmetro e 0,4 m de altura), colocando-se uma mistura de 40 L de solo e 20 L de esterco bovino curtido. A adubação fosfatada foi realizada no centro do lisímetro; a parte externa do cilindro, preenchida somente com solo.

Assim, no preenchimento, tinham-se 15 L de brita+areia, seguidos de 60 L de solo+esterco dentro do cilindro e 60 L de solo fora do cilindro, de modo que os lisímetros receberam um volume de 135 L. O fornecimento de água salinizada às plantas, conforme cada nível de salinidade, foi realizado usando um sistema de irrigação localizada, a partir de mangueiras de 18 mm com gotejadoras autocompensantes com vazão de 8 L/h por gotejador e disposição de 4 gotejadores por planta (Figura 2).



Figura 2 - Preenchimento dos lisímetros, formação do dreno brita + areia e registro (A), uso do cilindro para auxiliar no preenchimento (B), adubação fosfatada (C) e o lisímetro pronto com a cobertura morta (D).

A adubação foi feita semanalmente, utilizando a recomendação proposta por Mattos Junior et al. (2005), e levando em consideração o que tinha no solo (Tabela 1), como também os tratos culturais, controle de plantas invasoras e de pragas.

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado para o preenchimento dos lisímetros e cultivo das plantas de citros. Pombal, PB.

	Ph	C.E	P	N	K	Na	Ca	Mg	SB	(t)	MO
	CaCl ₂ 1:	dS/m ⁻¹	mg/dm ³	%	cmol _c /dm ³				cmol _c /dm ³		g Kg ⁻¹
Solo	7,26	0,03	7	0,16	0,52	0,36	4,55	2,35	7,79	7,42	3
Esterco	6,47	1,09	98	2,44	3,82	1,54	4,52	2,63	12,51	10,97	40

4.4. Preparação das águas e irrigação.

O manejo de irrigação transcorreu pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, dividindo o volume a ser aplicado (mL) por 0,9, para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a lixiviação de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Expressão 1) (AYERS & WESTCOT, 1999). A lixiviação foi realizada toda semana, com acréscimo dos 10% de cada irrigação no último evento.

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

Onde 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 coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, para ser acoplado a uma mangueira que direcionava a água drenada para um recipiente com capacidade de 18 L, possibilitando a mensuração do volume drenado.

As águas com condutividade elétricas de 3 dS m⁻¹ foram preparadas com a adição de NaCl à água de 0,3 dS m⁻¹, que correspondeu a água do sistema de abastecimento local.

No preparo da água de irrigação com CE de 3,0 dS m⁻¹, se considerou a relação entre CEa e a concentração de sais (10*meq L⁻¹ = 1 dS m⁻¹ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de 0,1 a 5,0 dS m⁻¹, em que se enquadra o nível testado. O NaCl foi adicionado à água de abastecimento, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutímetro portátil ajustado à temperatura de 25 °C. Após preparação, a água foi armazenada em recipiente plástico de 500 L, devidamente protegido, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

4.5. Variáveis analisadas

4.5.1. Eficiência no Uso da Água

A eficiência do uso de água (EUA) foi calculada para todos os genótipos nos dois níveis de condutividade da água de irrigação tendo-se considerado a produção total dos frutos e a lâmina bruta de água aplicada pela irrigação, conforme a equação $EUA = P/LBA$, em que: P é a produção em kg por planta, e LBA é a lâmina bruta de água aplicada os genótipos, em litros por planta.

4.5.2. Parâmetros fisiológicos

As avaliações das variáveis fisiológicas foram realizadas no primeiro ano, aos 30, 90, 150, 210, 270, 330 após o plantio e, no segundo ano, a cada dois meses após a poda das plantas. Para mensuração das trocas gasosas das plantas, é utilizado um equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e CO_2 do ambiente, em folhas situadas à uma altura de 3 m da superfície do solo, 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 (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i); a avaliação foi feita na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, são estimadas a eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$) (A/C_i) e eficiências intrínseca de uso de água (A/g_s).

As análises de fluorescência da clorofila a foram feitas conjuntamente com as avaliações de trocas gasosa utilizando-se de um fluorômetro de pulso modular, modelo OS5p da Opti Science, utilizando o protocolo Fv/Fm, para determinação das variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (F_o), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (GENTY et al. 1989). Este protocolo é realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 minutos, ao amanhecer, usando um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primeiros estejam oxidados, ou seja, os centros de reação estejam abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado foram avaliados os parâmetros fisiológicos do protocolo Yield, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), a fim de se determinar as variáveis: Fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'); fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m'); taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (Y_{II}), . A partir dos resultados foram determinados: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), usando-se a expressão 2; coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (q_L), por meio da expressão 3; rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y_{NPQ}), através da expressão 4; e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y_{NO}) com uso da expressão 5.

$$F_o^{tr} = F_o / [((Fm - F_o) / Fm + F_o / Fm')] \quad (\text{OXBOROUGH; BAKER, 1997}) \quad \text{Exp. 2}$$

$$qL = \frac{(Fm' - F')}{(Fm' - F_o')} * \left(\frac{F_o'}{F'} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 3}$$

$$Y_{NPQ} = \left(\frac{F'}{Fm'} \right) - \left(\frac{F'}{Fm} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 4}$$

$$Y_{NO} = \frac{F'}{Fm} \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 5}$$

4.5.3. Variáveis de crescimento

As análises de crescimento foram realizadas no mesmo momento que as fisiológicas, a partir da aplicação dos tratamentos, foram mensurados o diâmetro de caule do porta-enxerto a dois centímetros do solo, o diâmetro de caule no ponto de enxertia e o diâmetro de caule na copa a dois centímetros acima do ponto da enxertia, usando um paquímetro digital

4.5.4. Componentes de produção e qualidade dos frutos

Durante o primeiro e segundo ano de produção, em cada parcela, foram contabilizados o número de frutos por planta, o peso médio de frutos (g por fruto) e o peso total dos frutos por planta (kg por planta).

Após a colheita dos frutos, houve determinação das variáveis relacionadas à sua qualidade: diâmetro longitudinal (do ápice à base do fruto) e transversal (região equatorial do fruto).

4.6. Análise estatística

Os dados foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' para cada ambiente, com intuito de verificar a homogeneidade das variâncias residuais.

As análises genético-estatísticas são realizadas pela metodologia dos modelos mistos, em que os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (Restricted Maximum Likelihood – REML) (RESENDE, 2016) e os valores genotípicos preditos pelo método da melhor predição linear não viesada (Best Linear Unbiased Prediction – BLUP) (HENDERSON, 1975).

Foram realizadas análises individuais, para se determinar a heterogeneidade de variâncias, com base no seguinte modelo estatístico:

$$y = X_m + Z_g + W_p + e,$$

em que: y é o vetor de dados; m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); p é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no

caso) (aleatórios); 'e' é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para os casos em que se verificou a variação dos coeficientes de herdabilidade em seu sentido amplo se efetuou a padronização dos dados, por meio do fator de correção obtido de acordo com a seguinte expressão, descrita por Resende (2007):

$$\frac{\sqrt{h_{ik}^2}}{\sqrt{h_t^2}}, \text{ em que: } h_{ik}^2 - \text{herdabilidade individual no sentido amplo para o caráter } i \text{ na avaliação } k; h_t^2: \\ \text{média das herdabilidades individuais no sentido amplo das } k \text{ avaliações para o caráter } i.$$

Após a padronização dos dados, foi realizada a análise conjunta considerando os genótipos e época de colheita, a partir do modelo estatístico abaixo:

$$y = Xb + Za + Wc + e, \text{ em que: } y: \text{vetor de dados; } b: \text{vetor dos efeitos dos blocos (fixos) somados} \\ \text{à média geral; } a: \text{vetor dos efeitos genotípicos individuais (aleatórios); } c: \text{vetor dos} \\ \text{efeitos de parcelas (aleatórios) } e: \text{vetor de erros (aleatórios); } X, Z \text{ e } W: \text{representam as} \\ \text{matrizes de incidência para os referidos efeitos.}$$

Foram realizadas também análises de deviance (ANADEV) para testar a significância dos componentes de variância conforme os efeitos aleatórios do modelo. Em modelos mistos, a ANADEV substituiu o teste F da ANOVA no caso de experimentos desbalanceados (BORGES et al., 2010a).

Por meio dos componentes de variância foi usado o teste da razão de verossimilhança (LRT), em que a significância do modelo foi avaliada pelo teste qui-quadrado com um grau de liberdade. Para isso, foram obtidas as deviances com o modelo completo e reduzido. Em seguida, subtraída da deviance completa a deviance do modelo reduzido de cada efeito e comparado com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade a 1% e 5% de significância (RESENDE, 2007).

De acordo com Resende (2007), a partir das variâncias genotípicas e fenotípicas, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido amplo. Onde:

Vg: variância genotípica.

Vperm: variância de ambiente permanente.

Ve: variância residual temporária.

Vf: variância fenotípica individual.

$h2g = h2$: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais.

r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por $(Vg + Vperm)/Vf$.

$c2perm = c2$: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

$h2mg$: herdabilidade de médias de genótipos.

Acgen: acurácia na seleção de genótipos.

Média geral do experimento.

Eficiência do uso de ‘m’ medidas ou colheitas

O modelo utilizado foi o 28, blocos ao acaso, teste de híbridos, média de parcela, medidas repetidas.

Em conjunto se utilizou a análise multivariada de variância, incluindo genótipos e variáveis, para se chegar à matriz GE. A análise considera cada local como um ambiente. Informações sobre o meio fenotípico comprovado a análise multivariada GT biplot. Modelo (Eq. 1):

$$\bar{Y}_{ij} - \mu = G_i + E_j + GE_{ij} \quad (1)$$

Onde: \bar{Y}_{ij} é a média fenotípica do genótipo i no ambiente j ; μ é a constante geral; G_i é o efeito aleatório do genótipo i ; E_j é o efeito fixo do ambiente j ; e GE_{ij} é o efeito aleatório da interação entre o genótipo i e o variáveis j (Yan 2001).

O método GT Biplot foi embasado usando a expressão Eq. 2:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

onde: Y_{ij} é o desempenho esperado do genótipo i na variáveis j , μ é a constante geral de observações; β_j é o principal efeito das variáveis j ; g_{i1} e e_{1j} são as principais pontuações do i th genótipo no j th variáveis, respectivamente; e ε_{ij} é o resíduo não explicado de ambos os efeitos (“ruído”).

Os gráficos biplot no modelo GT serão gerados através da simples dispersão de g_{i1} e g_{i2} para avaliar os genótipos; e de e_{1j} e e_{2j} para avaliar as variáveis com base na Decomposição de Valores Singulares (SVD), na Eq. 3:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

onde: λ_1 e λ_2 são os valores próprios mais elevados do primeiro e do segundo componentes principais: ACP₁ e ACP₂, respectivamente; ξ_{i1} e ξ_{i2} são os autovetores do i th genótipo de ACP₁ e ACP₂, respectivamente; e η_{1j} e η_{2j} são os autovetores do j ésimo ambiente de ACP₁ e ACP₂, respectivamente. As análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team 2014).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227p.
- ASSIS JÚNIOR, R. N.; SILVA, E. F. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre os atributos físicos de um neossolo flúvico do município de Quixeré, CE – Brasil. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.36, p.1778-1786, 2012.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. **Salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal e limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995.128p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, Revisado I.
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n. 403, 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, 2017.
- BASSANEZI, R. B.; BUSATO, L. A.; SANCHES, A. L.; BARBOSA, J. C. Danos da morte súbita dos citros sobre a produção de laranja. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, n.5, p. 497-503, 2005.
- BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O S.; SÁ, J. F. de.; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belorizonte, v.35, n.281, p.36-45, 2014.
- BERTI, C. L. F. **Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma, em teste de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio – SP**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – SP.
- BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 4ª Edição Viçosa - UFV, 2005. 525p.
- BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N.A.; VIEIRA, A.R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, v.69, p.833- 841, 2010.
- BORGHETTI N, R. B; BORGHETTI J, R.; FILHO, E. F. R. **A integração das águas; Revelando o verdadeiro aquífero guarani**. 2010 Disponível em: <http://www.aintegracaodasaguas.com.br/sumario/1-disponibilidade-e-uso-da-agua>. Acesso em 02/11/2017.

- BRASIL. MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução normativa No 48**, de 24 de setembro de 2013. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 21 dezembro. 2020.
- 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**, v. 56, n.5, p. 611-619, 2009.
- BRITO, M. E. B., FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., SOARES, L. A. DOS A., SOARES FILHO, W. DOS S., & SUASSUNA, J. F. Screening of citrus scion-rootstock combinations for tolerance to water salinity during seedling formation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, n. 1, p.48163, 2020.
- BRITO, M. E. B.; BRITO, K. S. A. DE; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SUASSUNA, J. F.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S. DE; XAVIER, D. A. Growth of ungrafted and grafted citrus rootstocks under saline water irrigation. **African Journal and Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3600-3609, 2014a.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A.S; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 17-27, 2014b.
- BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S., SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Trocas gasosas e fluorescência de variedades de porta-enxerto cítricos sob estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p.1-8, 2016.
- BRITO, M. E. B.; SILVA, E. C. B. DA; FERNANDES, P. D.; SOARES FILHO, W. DOS S.; COELHO FILHO, M.A.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. de;. BARBOSA, R. C. A. Salt balance in the substrate and growth of ‘Tahiti’ acid lime grafted onto Sunki mandarin hybrids under salt stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 954-961, 2015.
- BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. de SÁ.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, suppl., p.857-865, 2012.
- BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p 343-353, 2008.

- CANUTO, D. S. de O. **Diversidade Genética em Populações de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão) Utilizando Caracteres Quantitativos**. 2009. 113f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista – SP.
- CARRIJO, P.R.M.; BOTREL, M.C.G.; FAGUNDES, R.S. Avaliação da distribuição da normalidade dos dados do diâmetro à altura do peito em florestas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na região de Cascavel – PR. **Cultivando o Saber Cascavel**, v.1, n.1, p.95-106, 2008.
- CARVALHO, S. A.; GRAF, C. C. D.; VIOLANTE, A. R. **Produção de material básico e propagação**. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. R.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 279-316.
- CASTLE, W. S.; GMITTER, F. G. Rootstock and scion selection. In: TIMMER, L. W.; DUNCAN, L. W. (Ed.). **Citrus health management: Plant Management Series**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1999. p. 21-34.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p.115-127, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C. D.; CARVALHO, S. P.; VENCOVSKY, R. Estudos sobre a divergência genética. II. Eficiência da predição do comportamento de híbridos com base na divergência de progenitores. **Revista Ceres**, v. 41, n.234, p. 183-194, 1994.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004.
- CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 394p.
- DALASTRA, C.; HERNANDEZ, F. B. T.; BARBOZA, G. C.; SONEGO, C. R. Qualidade da água do córrego do Cedro para fins de irrigação na produção de alimentos consumidos in natura. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 52-63, 2014.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F de (Ed). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129-141.
- DUDA, L. L. **Seleção Genética de Árvores de *Pinus Taeda* L. na Região de Arapoti, Paraná**. 2003. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, UFPR.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG – Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.

- FAO - Statistical yearbook. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2014. Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00> [18 abril 2016].
- FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P.; NOGUEIRA, O. L.; FALCÃO, P. N. B.; SANTOS, N. S. A. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção em progênies de polinização aberta de açazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1051-1056, 2008
- FERGUSON, L.; GRATTAN, S. R. How Salinity Damages Citrus: Osmotic Effects and Specific Ion Toxicities. **Hort Technology**, v.15, n.1, p.19-28, 2005.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; MELO, A. S.; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p.259-267, 2011.
- FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, n.45, p.22-30, 1992.
- FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- GENTY B, BRIANTAIS JM, BAKER. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim Biophys Acta**, v. 990, p.87-92, 1989.
- GOLLE, D. P., REINIGER, L. R. S., CURTI, A. R., BEVILACQUA, C. B. Melhoramento Florestal: ênfase na aplicação da biotecnologia. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1606-1613, 2009.
- GRIEVE, A. M.; PRIOR, L. D.; BEVINGTON, K. B. Long-term effects of saline irrigation water on growth, yield, and fruit quality of Valencia orange trees. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 58, p. 342 – 348, 2007.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR., F. T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico. aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.
- HUMPHREYS, M. O. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) populations. **Heredity**, v. 66, n. 3, p. 437-443, 1991.
- 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**, v. 81, p. 103- 112. 2012.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal, 2019. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> acesso, Consultado em 22/12/2020.
- KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden.**1980. 125f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.
- KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. New fluorescence parameters for determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, p. 209-218, 2004.
- LECHINOSKI, A. L.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. das.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M.; COSTA, R. C. L. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. F.). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.927-929, 2007.
- LEVY, Y.; SYVERTSEN, J. Irrigation Water Quality and Salinity. Effects in Citrus Trees. **Horticultural Reviews**, [S.L.], v. 30, p. 37-82, 2004.
- MACHADO, D. L.; SIQUEIRA, D. L. D.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; SILVA, D. F. P. D. Evaluation of rootstocks for ‘Tahiti’ acid lime in northern state of Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n.1, e.790, 2017.
- MACHADO, M. A.; CRISTOFANI, M.; AMARAL, A. M.; OLIVEIRA, A. C. Genética, melhoramento e biotecnologia de citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundag, 2005. p. 221-277.
- MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genótípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.
- MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L.R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, p. 75-82, 2008.
- MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; RESENDE, M. D. V.; SANTOS, C. E. M.; SATO, A. Y. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 63-68, 2012.
- MARTINS-CORDER, M.P.; MORI, E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; LOPES, C.R. Estudo da variabilidade enzimática em *Eucalyptus urophylla* das ilhas das flores. **Revista Scientia Florestalis**, n.50, p.43-49. 1996.

- MASS, E. V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, Victoria, v. 12, n.2, p. 195-216, 1993.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag, 2005, 929p.
- MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C. DE; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semi-arid region. Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.
- MEDINA, C. L.; CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. Citros. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. (Ed.). **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. 1. Ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. p. 498-516.
- MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M.; SANTOS, K. C. F.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salinosódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.484- 490, 2011.
- MORI, E.S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção**. 1993. 119f. Tese (Doutorado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.
- MOURÃO FILHO, F. A. A. de.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; STUCHI, E. S.; CANTUARIASVILÉS, T.; BREMER, H. Desenvolvimento e produção de limeira ácida ‘tahiti’ sobre diferentes porta-enxertos cultivada com e sem irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade. **Anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.
- NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; PEREIRA, F.C.; KALAKI, R.B.; **O retrato da citricultura brasileira**. p.137. 2010.
- OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.
- OLIVEIRA, R. P. Biologia molecular. In: CUNHA SOBRINHO, A. P.; MAGALHÃES, A. F. J.; SOUZA, A. S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. S. (Ed.). **Cultura dos citros**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. v. 1., p. 161-172.
- OLIVEIRA, R. P.; SOARES FILHO, W. S.; MACHADO, M. A.; FERREIRA, E. A.; SCIVITTARO, W. B.; GESTEIRA, A. S. Melhoramento genético de plantas cítricas. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 281, p. 22-29, 2014.
- OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; SCIVITTARO, W.B. Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v.108, n.655, 2005.

- OLIVEIRA, T. R. A. D., CARVALHO, H. W. L. D., OLIVEIRA, G. H. F., COSTA, E. F. N., GRAVINA, G. D. A., SANTOS, R. D. D., & CARVALHO FILHO, J. L. S. D. Hybrid maize selection through GGE biplot analysis. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 166-174, 2019.
- OXBOROUGH, K.; BAKER, N.R. An instrument capable of image chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v.20, p.1473-1483, 1997.
- PARAMESH, M., REDDY, D., PRIYA, M. S., SUMATHI, P., SUDHAKAR, P. AND REDDY, K. GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.7, p.538-543, 2016.
- PÁTRIA, F. M. F. **Tolerância de genótipos de citros à salinidade, em cultivo in vitro e hidropônico**. 87f. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das almas, 2013.
- PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v.58, p.545-554, 1971.
- PINTO JUNIOR, J. E. **REML/BLUP para a análise de múltiplos experimentos no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* ex Maiden**. 2004. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.
- POMPEU JUNIOR, J.; SILVA, B.; RESENDE, M, D, V.; Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 199-209, 2013.
- PRIOR, L.D.; GRIEVE, A.M.; BEVINGTON, K.B.; SLAVICH, P.G. Long-term effects of saline irrigation water on Valencia orange trees: relationships between growth and yield, and salt levels in soil and leaves. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 58, p.349–358, 2007.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; BLUMER, S. Morfologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. R.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p. 107-123.
- R Core Team. (2014). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- RAO, N. K. S.; SWAMY, R. D.; CHACO, E. K. Differentiation of plantlets in hybrid embryo callus of pineapple. **Scientia Horticultura**, v.15, p. 235-238, 1981.
- RESENDE, M. D. V. Software selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding, **Crop Breeding Applied Biotechnology**, v.16, n.4, pp. 330-339, 2016.

- RESENDE, M.D.V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999b. p.589-647.
- RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP; Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 361, p.2007
- RESENDE, M.D.V. Software SELEGEN-REML/BLUP. Colombo: Embrapa Florestas, 2002a. 67p.
- RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, 2015.
- REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; SILVA, M. F. da; LEANDRO, W. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2010.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and álcali soils. **Washington**: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- ROOSE, M. L.; WILLIAMS, T. E. Mutation breeding. In: KHAN, I. A. (Ed.). **Citrus: genetics, breeding and biotechnology**. Wallingford: CAB International, 2007. p. 345-352.
- SÁ, F. V. S. de.; BRITO, M. E. B.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO A. S. de.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L. Biochemical components and dry matter of lemon and mandarin hybrids under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.249-253, 2017.
- SÁ, F. V. S. de.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A. de.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira “Sunki Comum” sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.4, p.463-470, 2015.
- SANTOS, A., CECCON, G., TEODORO, P. E., CORREA, A. M., ALVAREZ, R. D. C. F., SILVA, J. F. AND ALVES, V. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão caupi ereto via REML/BLUP e GGE Biplot. **Bragantia**, v.75, p.299-306, 2016.
- SANTOS, R. T. dos. **Identificação e caracterização de corpos de água salinas no semi-árido paraibano**. 2008, 76p., Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, 2008.
- SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; VENCOSVSKY, R.; MACHADO, J.A.R. Interação genótipo x ambiente na conservação “ex situ” de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., em duas regiões do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v.11, n.1, p.75-89, 1999.

- SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. R.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 317-344.
- 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, p.396-407, 2012.
- SILVA, G. O., CARVALHO, A. D. F., VIEIRA, J. V. AND BENIN, G. (2011). Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v.70, p.494-501, 2016.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O. de.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de.; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.3, p. 01-15, 2011.
- SILVA. L. A. S.; BRITO. M. E. B.; SÁ. F. V. S. S.; MOREIRA. R. C. L. M.; WALTER. W. S. S.; FERNANDES.; P. D. F. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.
- SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. **Tropics**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 53-66, 2003.
- SOARES FILHO, W. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P., PASSOS, O. S.; SOUZA, A. S. Melhoramento genético. In: CUNHA SOBRINHO, A. P.; MAGALHÃES, A. F.; SOUZA, A. S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO W. S. (Org.). **Cultura dos citros**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 61-102.
- SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, E. S. Crescimento de combinações copa-porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 211-217, 2015.
- SOUZA JR., C. L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento-plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.
- SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E. E. **Biology of citrus**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 230 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6th ed. Sinauer Associates, Sunderland, CT. 2015. 885p.

- TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.4, p. 1135-1142, 2012a.
- TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237-243, 2012b
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.
- VENCOVSKY, R. **Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas**. Piracicaba: IPEF, 1987. n.35, p.79-84.
- VENCOVSKY, R. **Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas**. Piracicaba: IPEF, 1987. n.35, p.79-84.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- WU, G. A.; PROCHNIK, S.; JENKINS, J.; SALSE, J.; HELLSTEN, U.; MURAT, F.; PERRIER, X.; RUIZ, M.; SCALABRIN, S.; TEROL, J. Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. **Nature Biotechnology**, v. 32, n. 7, p. 656, 2014.
- XU, Q.; CHEN L. L.; RUAN X.; CHEN D.; ZHU A. The draft genome of sweet orange (*Citrus sinensis*). **Nature Genetics**, v. 45, n. 1, p. 59-66, 2013.
- YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T.; HONGYU, K.; OLIVEIRA, M. D. S. P. Análise GGE biplot na avaliação de características de cachos em açaizeiros da região amazônica. **Mundo Amazônico**, 8, 115-130, 2017.
- YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T.; HONGYU, K.; OLIVEIRA, M. D. S. P. Ganho esperado na seleção de progênies de polinização aberta de *Euterpe oleracea* para produção de frutos. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 241-248, 2016.
- 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.

CAPÍTULO I

**EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA PELA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' EM
COMBINAÇÃO COM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SOB IRRIGAÇÃO COM
ÁGUAS SALINIZADAS**

EFICIÊNCIA BIOFÍSICA DA ÁGUA PELA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' EM COMBINAÇÃO COM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS

RESUMO: A região nordeste tem limitações quanto aos recursos hídricos, tanto qualitativas quanto quantitativas. Para que a citricultura avance nesta região, é necessário o uso de irrigação e de combinações copa/porta-enxertos tolerantes, que possam melhorar os índices de crescimento e de produtividade de frutos da cultura. Nesse contexto, objetivou-se estudar a eficiência no uso da água de porta-enxertos para a limeira-ácida 'Tahiti' sob salinidade da água. As combinações foram formadas com enxertia da limeira-ácida 'Tahiti' em dez porta-enxertos, obtendo-se as mudas no viveiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. As plantas foram cultivadas sob estresse salino em lisímetros de drenagem com capacidade de 150 dm³, no delineamento em blocos casualizados (três repetições), esquema fatorial 10 x 2, referente a dez genótipos de citros (nove híbridos triplos e o limoeiro 'Cravo', como comparativo) e dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹). A parcela foi constituída por um lisímetro, contendo uma planta. O início da irrigação com as duas qualidades de água ocorreu aos 15 dias após o transplante das mudas, se estendendo durante os dois primeiros anos de cultivo, com avaliação das plantas em relação a variáveis de produção e ao consumo hídrico, o que permitiu determinar a eficiência no uso da água. As plantas de 'Tahiti' enxertadas nos híbridos TSKC x (LCR x TR) – 017, TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKC x (LCR x TR) – 059 (BRS Bravo); TSKFL X (LCR x TR) – 012; TSKFL x (LCR x TR) – 018 e TSKFL x TRBK – 030, assim como no LCR apresentaram os maiores valores de eficiência no uso da água no primeiro ano. Quando se irrigou as combinações com água de condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹ os híbridos TSKC x (LCR x TR) – 059 (BRS Bravo) e TSKFL x (LCR x TR) – 012 se destacaram com as maiores médias, não diferindo de quando foram irrigado com água de CE de 0,3 dS m⁻¹.

Palavras-chave: Demanda hídrica em citros; tolerância à salinidade; Produção de frutos.

BIOPHYSICAL EFFICIENCY OF WATER BY ACID LIMEIRA 'TAHITI' IN COMBINATION WITH DIFFERENT ROOTSTOCKS UNDER IRRIGATION WITH SALINIZED WATER

ABSTRACT: The northeast region has limitations in terms of water resources, with qualitative and quantitative limitations. For citriculture to advance in this region, it is necessary to use irrigation and tolerant canopy/rootstock combinations, which can improve the growth and productivity rates of the culture's fruits. In this context, the objective was to select salinity tolerant rootstocks for the acid lime tree 'Tahiti', based on water use efficiency. The combinations were formed by grafting the acid lime tree 'Tahiti' into ten rootstocks, obtaining the seedlings in the Embrapa Mandioca e Fruticultura nursery, in Cruz das Almas, BA. Plants were cultivated under salt stress in drainage lysimeters with a capacity of 150 dm³, in a randomized block design (three replications), factorial scheme 10 x 2, referring to ten citrus genotypes (nine triple hybrids and the 'Rangpur' lemon, as a comparison) and two levels of electrical conductivity of the irrigation water (CEa: S1=0.3 and S2=3.0 dS m⁻¹). The plot consisted of a lysimeter, containing a plant. The beginning of irrigation with the two water qualities occurred 15 days after transplanting the seedlings, extending during the first two years of cultivation, with evaluation of the plants in relation to growth, physiological and production variables. The data obtained were evaluated by analysis of variance by the 'F' test. In cases of significance, the mean grouping test (Scott and Knott up to 5% probability) was performed for the rootstock factor during the seedling formation phase at each level of salinity of the water studied (FERREIRA, 2011). The TSKC x (LCR x TR) - 017 hybrids; TSKC x LCR x TR) - 032; TSKC x (LCR x TR) - 059; TSKFL x (LCR x TR) - 012; TSKFL x (LCR x TR) - 018; TSKFL x TRBK - 030 and LCRSTC, obtained the highest values of efficiency in the use of water in the first year. When the combinations were irrigated with water with an electrical conductivity of 3.0 dS m⁻¹, the hybrids TSKC x (LCR x TR) - 059 and TSKFL x (LCR x TR) - 012 stood out with the highest means not of injuring when they were irrigated with EC water of 0.3 dS m⁻¹.

Key Words: Water Demand in Citrus; salinity tolerance; Fruit production.

INTRODUÇÃO

A citricultura possui importância econômica e social de destaque, sendo o Brasil, China e Estados Unidos os maiores produtores mundiais de frutas cítricas (EHSANI; PARSIMEHR, 2020). O Brasil chama atenção por além de ter a maior produção, são observados os melhores rendimentos (TEIXEIRA et al., 2021).

As árvores cítricas, geralmente, são plantadas em regiões de clima quente e com a presença de solos bem drenados, no entanto, essas áreas são sujeitas as secas esporádicas que, frequentemente, requerem irrigação suplementar (ADAMS et al., 2021), visto que as plantas possuem uma elevada demanda de água em seu ciclo produtivo (TEIXEIRA et al., 2021).

Em muitas regiões produtoras dessa cultura, a escassez de recursos hídricos obriga os produtores a utilizarem fontes alternativas de água, como águas com acentuados níveis de sais (PÉREZ-PÉREZ et al., 2016). Todavia, as espécies cítricas são caracterizadas por apresentarem sensibilidade à salinidade, fator que afeta o desenvolvimento e a produção, além de limitar a distribuição destas frutíferas (ROMERO-ROMERO et al., 2020).

Os efeitos negativos da salinidade no crescimento e produção de citros estão relacionados, essencialmente, ao acúmulo gradual de Cl^- e Na^+ para níveis tóxicos nas folhas (PÉREZ-PÉREZ et al., 2016, MAHMOUD et al., 2020). Esse aumento da concentração de sais no cloroplasto diminui significativamente a clorofila, levando a perturbações nas variáveis fotossintéticas (KHALID et al., 2021), a exemplo, ocorre redução na taxa de fixação fotossintética de CO_2 . Este declínio é seguido por fechamento estomático e comprometimento prolongado da fotossíntese (MAHMOUD et al., 2020).

Uma das estratégias para lidar com os efeitos da salinidade nessa cultura é o uso de porta-enxertos (AGUILAR-HERNÁNDEZ et al., 2020; MAHMOUD et al., 2020; KHALID et al., 2021). A tolerância à salinidade desses materiais está principalmente atrelada a sua capacidade de reduzir ou excluir íons Cl^- e limitar sua transferência da raiz para o caule (YAHMED et al. 2016). Essa tolerância depende, também, da capacidade da planta de sofrer alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas para aumentar a eficiência do uso da água, sendo esta variável muito importante por refletir a conversão do consumo de água em unidade de matéria seca produzida (MARIANI; FERRANTE, 2017).

O melhoramento genético de cultivares tolerantes aos sais resulta no desenvolvimento de novos porta-enxertos tolerantes à salinidade que podem ser recomendados para o cultivo em diferentes tipos de solo e condições geográficas (MAHMOUD et al., 2020).

No Nordeste do Brasil, importante região produtora de espécies cítricas, a limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] apresenta boa adaptação às condições

edafoclimáticas, motivo pelo qual seu cultivo está sendo cada vez mais incentivado e disseminado (BASTOS et al., 2017). No entanto, essa espécie é sensível à salinidade, tornando-se necessário o uso de combinações copa/porta-enxerto tolerantes (BRITO et al., 2021), já que a resposta das plantas é diferenciada em condições salinas moderadas e altas (KHALID et al., 2021).

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência biofísica da água pela Limeira Ácida ‘Tahiti’ em combinações com diferentes porta-enxertos de citros durante dois anos, irrigados com águas salinizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área do CCTA/UFCG, localizado no município de Pombal, PB, sob coordenadas geográficas 6°47’20” de latitude S e 37°48’01” de longitude W, em uma altitude de 194 m, onde se tem clima do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, conforme classificação de Koppen.

O experimento utilizou o delineamento experimental em blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de um esquema fatorial 10 x 2, correspondente a:

I. Dez combinações copa/porta-enxerto, referentes à combinação da limeira-ácida ‘Tahiti’ com dez porta-enxertos, sendo nove provenientes de três progênies de citros (três genótipos de cada) e uma testemunha, o limoeiro ‘Cravo’, todos fornecidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMG-Citros).

- i. A primeira progênie referiu-se ao cruzamento tangerineira ‘Sunki’ comum (TSKC) x híbrido limoeiro ‘Cravo’ x trifoliata (LCR x TR);
- ii. A segunda ao cruzamento tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) x (LCR x TR);
- iii. A terceira ao cruzamento TSKC x trifoliata ‘Benecke’ (TRBK).

Dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a): $S_1=0,3$ e $S_2=3,0$ $dS\ m^{-1}$, com níveis abaixo e acima da salinidade limiar da cultura, que é de $1,1\ dS\ m^{-1}$ na água de irrigação (Maas, 1993); o nível mais alto de salinidade corresponde a boa parte das águas subterrâneas disponíveis no semiárido. Ressalta-se que, o transplântio (DAT) das mudas para os lisímetros ocorreu aos 365 dias após a semeadura dos porta-enxertos e aplicação de água salina iniciada aos 15 dias após o transplântio e perdurou durante dois anos de cultivo.

Combinados os fatores tem-se 20 tratamentos (dez combinações copa/porta-enxerto x dois níveis de salinidade), repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas.

As plantas foram cultivadas em lisímetros confeccionado a partir de caixas de poliuretano, com capacidade para 150L, pintadas na cor branca, de modo a aumentar a reflectância da luz solar e reduzir o calor no seu interior; na base de cada lisímetro se inseriu um registro de 18 mm, de modo a garantir o escoamento do excesso de água do solo, o qual foi coletado em um recipiente, para determinação de seu volume.

Os lisímetros foram preenchidos com diferentes materiais, primeiro foram colocados 15 L de brita e areia (camada com cerca de 0,04 m de altura), visando facilitar a drenagem do excesso de água. Seguido a essa primeira camada, o preenchimento simulou uma cova de plantio em campo (0,40 x 0,40 cm), com o auxílio de um cilindro ajustado no centro do lisímetro (0,44 m de diâmetro e 0,4 m de altura), colocando-se uma mistura de 40 L de solo e 20 L de esterco bovino curtido. A adubação fosfatada foi realizada no centro do lisímetro; a parte externa do cilindro preenchida somente com solo pondo-se 15 L de brita + areia, seguidos de 60 L de sol + esterco dentro do cilindro e 60 L de fora do cilindro, de modo que os lisímetros receberam um volume de 135 L. O espaçamento usado foi de 2,0 m entre lisímetros na linha e 2,0 m entre lisímetros nas entre linhas de plantio.

O fornecimento de água salinizada às plantas, conforme cada nível de salinidade, foi realizado usando um sistema de irrigação localizada, a partir de mangueiras de 18 mm com gotejadoras autocompensantes com vazão de 8 L/h por gotejador e disposição de 4 gotejadores por planta. Utilizou-se o método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, dividindo então o volume a ser aplicado (mL) por 0,9, para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a lixiviação de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Expressão 1) (AYERS & WESTCOT, 1999). A lixiviação foi feita semanalmente, com acréscimo dos 10% de cada irrigação no último evento.

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

Onde 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 coleta da água drenada, na base de cada lisímetro foi instalado um registro de 18 mm conectado a uma mangueira conduzindo a água drenada a um recipiente com capacidade de 18 L, possibilitando a mensuração do volume drenado. A adubação foi feita semanalmente, seguindo a recomendação de Mattos Junior et al. (2005), como também os tratos culturais, controle de plantas invasoras e de pragas.

No início do segundo ciclo, período que coincidiu com chuvas no semiárido da região de Pombal, foi feita poda nas plantas de cada combinação, para iniciar o ciclo de desenvolvimento das plantas. Nesse mesmo espaço de tempo foram coletadas amostras do material de solo de todos os lisímetros para determinação das características físicas e químicas do solo, dando suporte a determinação da adubação no segundo ano de produção. Em cada lisímetro foi adicionada uma camada de cobertura morta com 1 kg de palha de milho triturada, com o intuito de reduzir a evaporação de água do solo.

As águas utilizadas na irrigação das plantas foram do sistema de abastecimento local, sendo a água de baixa condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e o nível de condutividade elétrica mais elevado na adição de NaCl à água de abastecimento.

No preparo da água de irrigação com CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, levou-se em consideração a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 \cdot \text{meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de $0,1$ a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, em que se enquadra o nível testado; os sais são adicionados à água de abastecimento, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil ajustado à temperatura de 25°C . Após preparação, a água é armazenada em recipiente plástico de 500 L, devidamente protegido, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que possam comprometer sua qualidade.

O período de colheita dos frutos passou-se durante os dois anos de condução do experimento. A eficiência do uso de água (EUA) calculada para todos os genótipos nos dois níveis de condutividade da água de irrigação, tendo-se considerado a produção total dos frutos e a lâmina bruta de água aplicada pela irrigação, conforme a equação $\text{EUA} = \text{P/LBA}$, em que: P é a produção em kg por planta, e LBA é a lâmina bruta de água aplicada os genótipos, em litros por planta.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foram submetidos ao teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de significância) para o fator porta-enxerto em cada nível de salinidade de água nos dois primeiros anos de produção (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO, CONSUMO HIDRICO E BALANÇO DE SAIS NO SOLO

O monitoramento da temperatura; precipitação e da condutividade da água de drenagem durante o primeiro e segundo ano de condução do experimento permitiram notar que os valores

de temperatura máxima variaram entre 30,4 e 38,7 no primeiro e entre 26,7 e 38 °C no segundo ano de produção, já as temperaturas mínimas oscilaram entre 15 e 28°C no primeiro ano e entre 14,8 a 26,2°C no segundo ano, tendo como medias de temperatura máxima e mínima de 35 e 21,9°C no primeiro ano, e de 34,1 e 22,3°C no segundo ano (Figura 1), respectivamente. Segundo Mattos Junior et al. (2005), a temperatura é um dos fatores que alteram o crescimento e o desenvolvimento das plantas cítricas, sendo temperaturas ideais para frutificação estão em torno de 25 a 30 °C durante o dia e 15 a 20 °C a noite. As temperaturas durante o experimento na maior parte do tempo ficaram bem acima das ideais, o que pode ocasionar um estresse às plantas, alterando a fisiologia, o crescimento e, com isso, a produção.

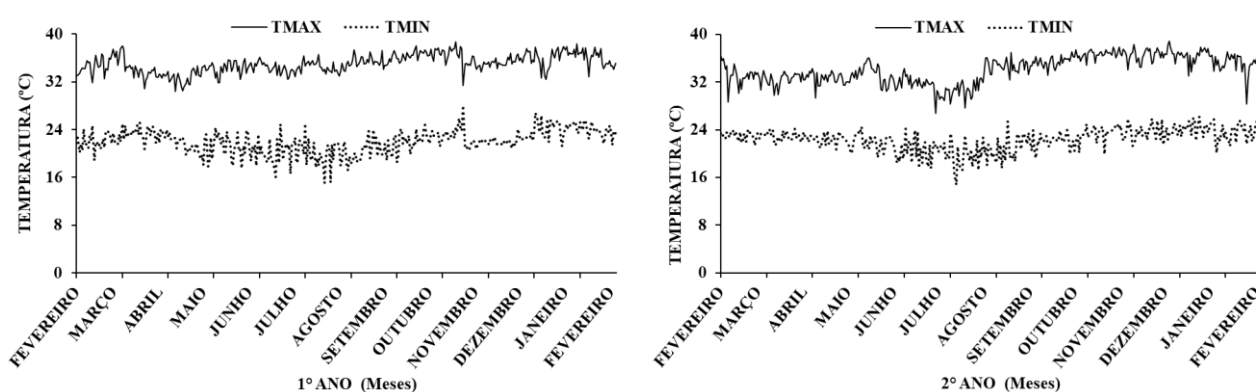


Figura 1. Variação da temperatura durante os dois anos de cultivo. Pombal-PB.

No entanto, de acordo com Medina et al. (2008), durante a fase de desenvolvimento, as plantas cítricas podem se adaptar aos diferentes regimes térmicos, tolerando temperaturas mínimas na faixa de 12 a 13 °C e máximas que oscilam de 37 a 39°C. Durante o primeiro ano, em 44 dias, as temperaturas variaram entre 37 e 38,7°C com dias mais quentes entre agosto e janeiro. Já para o segundo ano, 33 dias estiveram acima dos 37°C com os meses mais quentes de outubro a dezembro, diferenciando do resultado anterior, o que pode estar relacionado com a distribuição das chuvas ao longo do ano, no que se refere as temperaturas mínimas que ficaram acima de 13°C, como já citado.

Embora não se tenha as temperaturas ideais, a seleção de materiais produtivos para estas condições de clima pode ser potencial, também, para outras condições de semiárido, e, assim, manter a produção em tais condições. Todavia, a temperatura pode ocasionar outros problemas, como as altas temperaturas podem aumentar o consumo hídrico das plantas e, assim, exigir uma maior deposição de sais no solo via irrigação, já que mesmo água de baixa condutividade, ao longo do tempo, pode salinizar o solo, ocasionando assim um efeito indireto sobre as plantas, ao analisar o balanço de sais na água de drenagem isso pode ser elucidado (Tabela 1 e 2).

A precipitação pluviométrica, durante os dois anos de estudo das plantas, verificou-se que foi de 514 mm no primeiro ano de produção, que foi relativo a fevereiro de 2016 a janeiro de 2017, observando-se concentração de chuvas entre os meses de março e abril de 2016, com 318 mm, e em janeiro de 2017, com 102 mm (Tabela 1). Já no segundo ano, as chuvas foram melhor distribuídas, com precipitação total de 544,8 mm entre os meses de março e junho de 2017, totalizando um valor de 407 mm, e em janeiro de 2018 com 120 mm (Tabela 2).

Tabela 1 – Precipitação e lâminas de irrigação aplicadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, considerando a condutividade média da água de irrigação e a condutividade elétrica média da água de drenagem (CE_d) em cada combinação copa/porta-enxerto, conforme a salinidade da água aplicada durante o primeiro ano de condução das plantas cítricas. Pombal - PB, 2020.

PORTA-ENXERTOS	PRECIPITAÇÃO 514 mm		
	Salinidade	Irrigação mm	CE _d dS m ⁻¹
1-[TSKC x (LCR x TR) – 017]	0,3 dS m ⁻¹	965,3	2,83
	3,0 dS m ⁻¹		7,41
2-[TSKC x (LCR x TR) – 032]	0,3 dS m ⁻¹	822,1	2,89
	3,0 dS m ⁻¹		7,69
3-[TSKC x (LCR x TR) – 059]	0,3 dS m ⁻¹	969,4	3,30
	3,0 dS m ⁻¹		6,52
4-[TSKFL x (LCR x TR) – 012]	0,3 dS m ⁻¹	951,8	4,56
	3,0 dS m ⁻¹		7,42
5-[TSKFL x (LCR x TR) – 018]	0,3 dS m ⁻¹	962,1	3,04
	3,0 dS m ⁻¹		7,08
6-(TSKFL x TRBK – 011)	0,3 dS m ⁻¹	1230,4	4,16
	3,0 dS m ⁻¹		7,17
7-(TSKFL x TRBK – 017)	0,3 dS m ⁻¹	1043,7	3,45
	3,0 dS m ⁻¹		6,14
8-(TSKFL x TRBK – 028)	0,3 dS m ⁻¹	1151,1	3,26
	3,0 dS m ⁻¹		5,19
9-(TSKFL x TRBK – 030)	0,3 dS m ⁻¹	826,3	3,77
	3,0 dS m ⁻¹		7,80
10-LCR	0,3 dS m ⁻¹	672,4	2,62
	3,0 dS m ⁻¹		5,03

TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo’.

Ao se observar os dados de pluviosidade, nota-se que há necessidade de irrigação complementar, já que a evapotranspiração de referência, na região, está próxima a 2000 mm ano⁻¹, e a cultura dos citros, conforme literatura, necessita de uma demanda entre 600 a 1300 mm, variando de acordo com as condições climáticas (Mato Junior et al., 2005).

Em experimento com a limeira ácida ‘Tahiti’ no semiárido, Braz et al. (2009) verificaram precipitação com valor na ordem 289 mm, ficando bem abaixo dos valores ideais para a

produção da cultura, sendo necessária a reposição de água com 100% da evapotranspiração da cultura (ETc), tais condições da pesquisa, variando entre 4,7 a 5,2 mm, ou seja, entre 1700 a 1900 mm ano⁻¹.

Ao se analisar essas informações e os dados coletados durante os dois anos de condução das plantas cítricas, observa-se que o cultivo da limeira ácida ‘Tahiti’ no semiárido necessita da suplementação hídrica. Nesse sentido, se faz necessário o uso de técnicas como a irrigação para manter a umidade no solo. Todavia, a irrigação feita de forma inadequada pode promover a salinização do solo, já que, em grandes partes das águas da região do semiárido há presença de sais (Medeiros, 1992; Audry e Suassuna, 1995).

A demanda hídrica das plantas de citros, no primeiro ano de condução, variou em função dos meses e dos genótipos, pois no primeiro ano tanto para a salinidade 0,3 e 3,0 dSm⁻¹ foi aplicado a mesma quantidade dentro de cada genótipo, onde os genótipos com os maiores consumos foram o 6-(TSKFL x TRBK – 011); 8-(TSKFL x TRBK – 028) e 7-(TSKFL x TRBK – 017) com uma lâmina de 1230,41, 1151,08 e 1043,72 mm, respectivamente. E os que tiveram os menores consumos estão no 9-(TSKFL x TRBK – 030); 2-[TSKC x (LCR x TR) – 032] e 10-(LCR) com 826,25; 822,08 e 672,40 mm, respectivamente, destaca-se o 10-(LCR) com o menor consumo, ficando bem abaixo dos demais, o que pode estar relacionado ao seu desenvolvimento nas condições que o experimento, sendo as condições de temperatura bem adversas.

A demanda hídrica no segundo ano variou em função da salinidade da água de irrigação e dos genótipos, o menor consumo hídrico foi o LCR, no qual se aplicou uma lâmina de 961,44 e 702,74 mm ano⁻¹ nas águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente, com uma redução de 26,91% no consumo hídrico com 3,0 dSm⁻¹. Os que apresentaram os maiores consumos foram o TSKFL x TRBK – 017; TSKFL x TRBK – 030; TSKFL x TRBK – 030 e TSKFL x TRBK – 011 quando irrigados com água de 0,3 dSm⁻¹, com lâminas equivalentes a 3098,98; 3031,64; 2947,83 e 2946,35 mm ano⁻¹ respectivamente, quando se irrigou com água de 3,0 dSm⁻¹, as maiores lâminas foram observadas nos genótipos TSKFL x (LCR x TR) – 018; TSKFL x (LCR x TR) – 012; TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 030 e o TSKC x (LCR x TR) – 017, com valores de 1525,84; 1394,05; 1243,00; 1139,23 e 1089,09 mm ano⁻¹ (Tabela 2).

O aumento da salinidade, então, ocasionou redução no consumo de água, sendo as menores reduções observadas no TSKC x (LCR x TR) – 017; LCRSTC; TSKFL x (LCR x TR) – 012; e o TSKFL x (LCR x TR) – 018 com valores na ordem de 22,78%, 26,90%, 33,18% e 42,34%, respectivamente, quando se compara as lâminas aplicadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Já as maiores reduções foram notadas nos genótipos TSKFL x TRBK – 017; TSKC x (LCR

x TR) – 059; TSKC x (LCR x TR) – 032; TSKFL x TRBK – 030; TSKFL x TRBK – 028 e o TSKFL x TRBK – 011, com valores de 71,10; 66,81; 65,48; 62,42; 58,03 e 57,81%, respectivamente, quando se compara as lâminas aplicadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Tais reduções podem estar relacionadas com as adaptações das plantas quando submetidas ao estresse salino, com redução do porte das plantas ou maior eficiência no uso da água.

Tabela 2 – Precipitação e lâminas de irrigação aplicadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, considerando a condutividade média da água de irrigação e a condutividade elétrica média da água de drenagem (CE_d) em cada combinação copa/porta-enxerto, conforme a salinidade da água aplicada durante o segundo ano de condução das plantas cítricas. Pombal - PB, 2020.

PORTA-ENXERTOS	PRECIPITAÇÃO		
		544,8 mm	
	Salinidade	Irrigação L	CE _d dS m ⁻¹
1-[TSKC x (LCR x TR) – 017]	0,3 dS m ⁻¹	1410,4	2,70
	3,0 dS m ⁻¹	1089,1	6,70
2-[TSKC x (LCR x TR) – 032]	0,3 dS m ⁻¹	2947,8	2,11
	3,0 dS m ⁻¹	1017,5	5,91
3-[TSKC x (LCR x TR) – 059]	0,3 dS m ⁻¹	2646,9	2,25
	3,0 dS m ⁻¹	883,9	5,26
4-[TSKFL x (LCR x TR) – 012]	0,3 dS m ⁻¹	2086,3	2,33
	3,0 dS m ⁻¹	1394,1	6,08
5-[TSKFL x (LCR x TR) – 018]	0,3 dS m ⁻¹	2646,4	2,07
	3,0 dS m ⁻¹	1525,8	6,16
6-(TSKFL x TRBK – 011)	0,3 dS m ⁻¹	2946,8	3,03
	3,0 dS m ⁻¹	1243,0	7,24
7-(TSKFL x TRBK – 017)	0,3 dS m ⁻¹	3099,0	2,05
	3,0 dS m ⁻¹	895,3	6,15
8-(TSKFL x TRBK – 028)	0,3 dS m ⁻¹	2253,4	2,37
	3,0 dS m ⁻¹	945,6	5,17
9-(TSKFL x TRBK – 030)	0,3 dS m ⁻¹	3031,6	2,11
	3,0 dS m ⁻¹	1139,2	5,85
10-LCR	0,3 dS m ⁻¹	961,4	2,82
	3,0 dS m ⁻¹	702,7	4,87

TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo’.

No entanto, mesmo que o período de precipitação tenha sido pouco expressivo, este determinou a diluição e a lixiviação de parte dos sais do solo, reduzindo, assim, a condutividade elétrica da água de drenagem (CE_d) (Apêndices de 1 a 10). As chuvas se concentraram em poucos meses, com 90 mm em um único dia, em março de 2016 e 91 mm em março de 2017, favorecendo a drenagem, pela necessidade hídrica diária. A exemplo, nos genótipos de maior e menor consumo, sob as duas salinidades no segundo ano de cultivo já que as plantas estavam maiores, com valores semanais de 61,4 e 40 mm respectivamente, no genótipo TSKFL x TRBK

– 011, já para o de menor consumo LCR foi de 29 e 24 mm na salinidade 0,3 e 3,0 dSm⁻¹ (Apêndice 6 e 10). Pode-se afirmar que, as chuvas de maior concentração proporcionam a lixiviação dos sais, favorecendo o desenvolvimento das plantas cítricas.

A condutividade da água de drenagem (CE_d) aumentou em função do tempo, independente do genótipo e da condutividade da água de irrigação aplicada (Apêndices de 1 a 10), significando que, mesmo usando águas de baixa condutividade, há o acúmulo de sais no solo com o passar do tempo, isso, combinado com as altas temperaturas observadas no período experimental, remete a importância de um bom manejo da irrigação, de modo a diminuir o potencial de salinização dos solos. A região semiárida do nordeste brasileiro tem problemas com salinidade, pois a lixiviação e o transporte de sais solúveis são restritos, devido às baixas precipitações e às altas taxas de evaporação, o que é potencializado pelo uso inadequado da irrigação (SILVA et al., 2011).

No primeiro ano de pesquisa (Tabela 1), observam-se nos genótipos 4-[TSKFL x (LCR x TR) – 012] e 6-(TSKFL x TRBK – 011), quando irrigados com água de 0,3 dS⁻¹, valores médios de CE_d de 4,56 e 4,16 dS m⁻¹, já ao aplicar água de 3,0 dS m⁻¹, todos os genótipos tiveram condutividades elétricas da água de drenagem superiores a 5 dS m⁻¹. Os meses de maiores condutividades da água de drenagem foram novembro, dezembro e janeiro (Apendices 1 a 10), observando-se redução da condutividade no início de fevereiro, o que pode ser atribuído as chuvas de janeiro, que foram na ordem de 102 mm, causando assim a solubilização e lixiviação de parte dos sais, baixando a condutividade da água de drenagem e, ao mesmo tempo, ressaltando a importância da intensidade das chuvas, pois uma determinada quantidade no curto espaço de tempo pode reduzir a concentração de sais próximo a zona radicular das plantas.

A condutividade da água de drenagem, no segundo ano, variou entre 2,05 e 3,03 dS m⁻¹ quando se usou água de 0,3 dS m⁻¹ (Tabela 2), sendo o maior valor observado no genótipo 6 - TSKFL x TRBK – 011]. Quando se irrigou com água de 3,0 dS m⁻¹ apenas no LCR foi notado CE_d inferior a 5 dS m⁻¹, sendo todos os valores inferiores aos observados no primeiro ano. Mesmo tendo uma maior demanda hídrica, já que quanto mais se irriga maior deposição de sais no solo, no entanto, o que ocorreu foi uma maior distribuição das chuvas (Apêndice de 1 a 10), e temperaturas inferiores (Figura 1). Isso também pode estar relacionado com o tamanho das plantas, pois o crescimento é acumulativo tendo uma diluição de sais nas plantas. Notou-se que nos meses de novembro, dezembro e fevereiro tiveram os maiores níveis condutividade da água de drenagem, diferente do primeiro ano que não houve precipitações suficientes para baixar os níveis de condutividade da água de drenagem.

Entretanto, mesmo irrigando as plantas com água de $0,3 \text{ dSm}^{-1}$, teve um aumento na condutividade da água de drenagem em função do tempo de exposição, onde os meses com maior condutividade foram novembro; dezembro; janeiro e fevereiro, sendo mais evidente durante o primeiro ano nos genótipos 3-[TSKC x (LCR x TR) – 059], 5-[TSKFL x (LCR x TR) – 018], 6-(TSKFL x TRBK – 011), 7-(TSKFL x TRBK – 017), 8-(TSKFL x TRBK – 028) e 9-(TSKFL x TRBK – 030), quando se estudou o segundo ano percebeu-se ao final do segundo ciclo que os genótipos 1-[TSKC x (LCR x TR) – 017] e LCR ficaram acima de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Apêndices 1, 3; 5; 6; 7; 8; 9 e 10). Considerando que em solos de textura média a concentração de sais no extrato de saturação é metade da concentração da água de drenagem (Ayers & Westcot, 1999), e que a salinidade limiar das plantas de citros é de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Mass, 1993), em todos os genótipos em ambas as condições de salinidade, a concentração de sais no solo teve tendência de ser superior ao limite tolerado pela cultura durante maior parte do período estudado, o que denota a pressão de seleção dos materiais.

Todavia, ao expor os dados climáticos, demanda hídrica e o balanço de sais durante os dois anos de estudo, pode se afirmar que para quantificar tolerância a salinidade em tais condições requer um estudo criterioso, tendo em vista que, os efeitos do estresse sobre o crescimento vegetal são dependentes do tempo de exposição (WILLADINO & CAMARA., 2010). Por isso, ressalta-se que a tolerância é variável entre espécies, entre genótipos e até mesmo dentre uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento da planta (BRITO et al., 2014).

Neste contexto, a eficiência no uso da água pode ser um fator preponderante, para a seleção de genótipos tolerantes a salinidade, pois o consumo hídrico está diretamente envolvido no crescimento e desenvolvimento das plantas.

EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA

A eficiência de uso da água variou nos dois anos de condução do experimento. No primeiro ano de condução do experimento, houve significância nas combinações copa/porta-enxerto ($p < 0,01$), já no segundo ano houve efeito da interação entre os fatores estudados, combinações copa/porta-enxerto e salinidade da água de irrigação (combinações x CE) ($p < 0,01$) (Tabela 3). Com relação a não significância entre os sais, da eficiência de uso da água no primeiro ano, pode estar relacionado à aplicação da lâmina de irrigação única, pois a diferenciação quanto a quantidade de água aplicada foi feita considerando apenas o genótipo e a lâmina de drenagem (Tabela 2), durante o segundo ano para irrigação, o volume de água aplicado foi diferenciado entre genótipos e níveis de salinidade da água (Tabela 3).

A eficiência de uso da água (EUA) no primeiro ano foi diferente, significativamente, entre os porta-enxertos, conforme teste de agrupamento de Scott-Knott (Tabela 4), mesmo sendo materiais oriundos de cruzamentos semelhantes, notando-se a formação de dois grupos de combinações, sendo o grupo de maiores médias composto pela ‘Tahiti’ enxertada nos híbridos de TSKC x (LCR x TR), além do TSKFL x TRBK – 030 e do LCR, com as médias entre 2,924 e 4,585 e Kg mm⁻¹.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para eficiência de uso da água (EUA 1° 2° ANO) após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal- PB, 2020.

Fontes de variação	GL	QM	
		EUA 1° ANO	EUA 2° ANO
GENÓTIPO (GEN)	9	6,7703**	6,7168**
SALINIDADE (SAL)	1	0,8114 ^{NS}	25,0959**
GEN * SAL	9	1,8064 ^{NS}	5,2093**
BLOCO	2	4,0761*	0,9421 ^{NS}
Erro	38	0,9242	1,1662
CV	-	30,58	24,31
Média	-	3,1441	4,4425

*, **= significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; NS= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Ao estudar a combinação da limeira ácida ‘Tahiti’ com cinco anos de idade enxertada no limeiro Cravo, no semiárido baiano, Kirda et al. (2007) obtiveram valores médios de EUA entre 4 e 15 Kg m⁻³ EUA. Todavia, segundo Doorenbos & Kassam (1979), os índices relacionados à eficiência da água para a cultura dos citros situam-se entre 2 e 5, como os observados neste trabalho, com exceção do observado nas combinações da ‘Tahiti’ com os genótipos TSKFL x TRBK – 011 e TSKFL x TRBK – 017, quando as médias foram inferiores ao limite mínimo descrito pelos autores. Convém pontuar que, os maiores consumos hídricos foram nas combinações da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada nos genótipos TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 028 e o TSKFL x TRBK – 017 (Tabela 1), com médias de 1230, 1151 e 1042 mm ano⁻¹ respectivamente.

A eficiência do uso da água foi variável com genótipo em cada salidade no segundo ano, observando-se três grupos de porta-enxertos quando se irrigou com água de 0,3 dS m⁻¹, sendo as maiores médias relativas as combinações da ‘Tahiti’ enxertada nos genótipos TSKC x (LCR x TR) – 017, com EUA de 8,247 Kg mm, o segundo grupo foi formado pelos genótipos TSKC x (LCR x TR) – 059 e o TSKFL x TRBK – 011, com valores de 6,735 e 5,798 Kg mm respectivamente, as menores médias foram observadas nos genótipos TSKFL x TRBK – 028, LCRSTC, TSKFL x TRBK – 017, TSKFL x (LCR x TR) – 012, TSKC x (LCR x TR) – 032,

TSKFL x (LCR x TR) – 018 e TSKFL x TRBK – 030, com valores de 5,348; 4,678; 4,675; 4,535; 4,534; 3,466 e 2,872 Kg mm, respectivamente (Tabela 4).

Quando os genótipos foram irrigados com água 3,0 dS m⁻¹ no segundo ano, formou-se dois grupos, o grupo de maiores médias foi formado pela ‘Tahiti’ enxertada no genótipos TSKFL x (LCR x TR) – 012 e o TSKC x (LCR x TR) – 059, com EUA de 6,237 e 5,798 Kg mm da (EUA), respectivamente, no entanto, a maioria dos genótipos ficaram no segundo grupo, com valores que variaram de 2,51 a 4,042, sendo que, diferente do primeiro ano, as combinações da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em todos os genótipos ficaram na faixa descrita na literatura para cultura (Tabela 4).

Tabela 4 Teste de médias referente à eficiência no uso da água (EUA 1° e 2° ANO) de combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal- PB, 2020.

PORTA-ENXERTOS	EUA 1° ANO	EUA 2° ANO	
		0,3 dS m ⁻¹	3,0 dS m ⁻¹
TSKC x (LCR x TR) - 017	3,475A	8,247Aa	3,503Bb
TSKC x (LCR x TR) - 032	3,774A	4,534Ca	4,042Ba
TSKC x (LCR x TR) - 059	3,814A	6,735Ba	5,798Aa
TSKFL x (LCR x TR) - 012	4,361A	4,535Ca	6,237Aa
TSKFL x (LCR x TR) - 018	2,924A	3,466Ca	3,537Ba
TSKFL x TRBK - 011	1,800B	5,798Ba	3,029Bb
TSKFL x TRBK - 017	1,470B	4,675Ca	2,948Ba
TSKFL x TRBK - 028	2,155B	5,348Ca	2,932Bb
TSKFL x TRBK - 030	3,077A	2,872Ca	3,414Ba
LCR	4,585A	4,678Ca	2,514Bb

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre híbridos pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade e letras minúsculas distintas indicam diferença significativa para os níveis de salinidade pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo’.

Quando se avalia o efeito da salinidade na eficiência no uso da água (EUA) em cada combinação no segundo ano (Tabela 4), verifica-se diferenças significativas nas combinações com os genótipos TSKC x (LCR x TR) – 017, TSKFL x TRBK – 011, LCRSTC e TSKFL x TRBK – 028, notando-se reduções na ordem de 57,52%, 47,75%, 46,25% e 45,17% respectivamente. Ademais, entre os demais, que não sofreram redução significativa na EUA com o aumento da salinidade, destacam-se os genótipos TSKFL X (LCR x TR) – 012 e o TSKFL x TRBK – 030, nos quais se notou aumento nos valores de EUA, o que esta relacionado a uma redução no consumo de água, principalmente.

Se evidencia, assim, que o efeito do estresse salino sob a eficiência no uso da água variou em função dos genótipos e o tempo de exposição, pois não se observou efeito significativo durante o primeiro ano de condução do experimento. Segundo (FLOWERS & FLOWERS,

2005; HUSSAIN et al., 2012 e BRITO et al., 2014), a tolerância é variável entre espécies, genótipos e até mesmo dentro uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento da planta. Com relação ao tempo de exposição, quanto maior, superior será os efeitos da salinidade (WILLADINO & CAMARA., 2010).

Ressalta-se que o genótipos (TSKC X (LCR x TR) – 059 e o TSKFL X (LCR x TR) – 012) se destacaram pois quando irrigados com água de 3,0 dS m⁻¹ estavam entre os genótipos com médias intermediárias, já quando irrigados com água de 3,0 dS m⁻¹, obtiveram as maiores médias 6,237 e 5,798 Kg mm⁻¹, no entanto, no consumo hídrico teve uma redução de 66,58 e 33,17%, e um aumento na condutividade elétrica de 133 e 160% em relação as combinações da ‘Tahiti’ enxertada no TSKC x (LCR x TR) – 059 e o TSKFL x (LCR x TR) – 012, irrigadas com água de 0,3 dS mm⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (Tabela 2), evidenciando que são matérias tolerantes ao estresse salino em relação a eficiência no uso da água.

CONCLUSÕES

A eficiência no uso da água da limeira ácida ‘Tahiti’ é variável com o porta-enxerto, e pode ser reduzida pela exposição prolongada à irrigação com água salina. Os genótipos TSKC x (LCR x TR) – 017, TSKC x (LCR x TR) – 059 (BRS BRAVO) e TSKFL x TRBK – 011 têm alta eficiência do uso da água, mas apenas os TSKC x (LCR x TR) – 059 (BRS BRAVO) e o TSKFL X (LCR x TR) – 012 foram eficientes em condições de estresse salino, sendo eles mais 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. 787-792, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13868-19>.
- AGUILAR-HERNÁNDEZ, M. G.; SÁNCHEZ-BRAVO, P.; HERNÁNDEZ, F.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A.; PASTOR-PÉREZ, J. J.; LEGUA, P. Determination of the volatile profile of lemon peel oils as affected by rootstock. **Foods**, v. 9, n. 2, e241, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9020241>
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido - um estudo de caso**. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais. Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, Revisado I.

- 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**, v. 56, n.5, p. 611-619, 2009.
- BASTOS, D. C.; SOMBRA, K. E. S.; LOUREIRO, F. L. C.; COSTA, A. C. Initial development of Tahiti acid lime trees on different rootstocks in the semiarid region of Ceará, Brazil. **Citrus Research & Technology**, v. 38, n. 1, p. 77-82, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/crt.ICC045>
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; SOARES FILHO, W. D S.; SUASSUNA, J. F. Screening of citrus scion-rootstock combinations for tolerance to water salinity during seedling formation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, e20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.48163>
- BRITO, M. E. B.; BRITO, K. S. A. DE; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SUASSUNA, J. F.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S. DE; XAVIER, D. A. Growth of ungrafted and grafted citrus rootstocks under saline water irrigation. **African Journal and Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3600-3609, 2014a.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A.S; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 17-27, 2014b.
- CINTRA, F. L. D., LIBARDI, P. L., & SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.
- DOORENBOS, JY, AND AMIR H. KASSAM. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. No. 631.587 338.16. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1980.
- EHSANI, A.; PARSIMEHR, H. Electrochemical energy storage electrodes via citrus fruits derived carbon: a minireview. **The Chemical Record**, v. 20, n. 8, p. 820-830, 2020. DOI: <https://doi-org/10.1002/tcr.202000003>
- FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- 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**, v. 81, p. 103- 112. 2012.

- KIRDA, C.; TOPALOGLU, F.; TOPÇU, S.; KAMAN, H. Mandarin yield response to partial root drying and conventional deficit irrigation. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, p.1-10, 2007.
- KHALID, M. F.; MORILLON, R.; ANJUM, M. A.; EJAZ, S.; RAO, M. J.; AHMAD, S.; HUSSAIN, S. Volkamer Lemon Tetraploid Rootstock Transmits the Salt Tolerance When Grafted with Diploid Kinnow Mandarin by Strong Antioxidant Defense Mechanism and Efficient Osmotic Adjustment. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-13, 2021. DOI: <https://doi-org/10.1007/s00344-021-10367-6>
- MAHMOUD, L. M.; DUTT, M.; VINCENT, C. I.; GROSSER, J. W. Salinity-induced physiological responses of three putative salt tolerant citrus rootstocks. **Horticulturae**, v. 6, n. 4, e90, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040090>
- MARIANI, L.; FERRANTE, A. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses—drought, salinity, hypoxia, and lodging. **Horticulturae**, v. 3, n. 4, e52, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040052>
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo ' G A T ' nos estados do R N, PB e C E.** Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.
- PÉREZ-PÉREZ, J. G.; ROBLES, J. M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; BOTÍA, P. Comparison of deficit and saline irrigation strategies to confront water restriction in lemon trees grown in semi-arid regions. **Agricultural Water Management**, v. 164, p. 46-57, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.015>
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production.** Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).
- ROMERO-ROMERO, J. L.; INOSTROZA-BLANCHETEAU, C.; REYES-DÍAZ, M.; MATTE, J. P.; AQUEA, F.; ESPINOZA, C.; GIL, P. M.; ARCE-JOHNSON, P. Increased drought and salinity tolerance in *Citrus aurantifolia* (Mexican lemon) plants overexpressing arabidopsis CBF3 gene. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 244-252, 2020. DOI: <https://doi-org/10.1007/s42729-019-00130-y>
- SAMPAIO, A. H. R., COELHO FILHO, M. A., COELHO, E. F., DANIEL, R., MACHADO, V. V., CARVALHO, G. C., & SANTANA JUNIOR, E. B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141-1148, 2010.

- SILVA, I. N.; FONTES, L. O. de.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de.; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.3, p. 01-15, 2011.
- SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; WALTER, W. S. S.; FERNANDES, P. D. F. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.
- YAHMED, J. B.; AMIEL, P.; MIMOUN, J. B.; MORILLON, R. Characterization of the tolerance to water deficit and salt stress by measuring ions released from leaf discs of *Citrus* and *Poncirus genera*. **Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology**, v. 2, p. 1202–1208, 2016.
- WILLADINO, L., & CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos. **Enciclopédia Biosfera**, vol. 6, n.11, p. 1-23, 2010.
- TEIXEIRA, A.; LEIVAS, J.; STRUIVING, T.; REIS, J.; SIMÃO, F. Energy balance and irrigation performance assessments in lemon orchards by applying the SAFER algorithm to Landsat 8 images. **Agricultural Water Management**, v. 247, e106725, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106725>

CAPÍTULO II

RASTREAMENTO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI' TOLERANTES À SALINIDADE COM APLICAÇÃO DE MODELOS MISTOS (REML/BLUP)

**RASTREAMENTO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI'
TOLERANTES À SALINIDADE COM APLICAÇÃO DE MODELOS MISTOS
(REML/BLUP)**

RESUMO: Objetivou-se selecionar combinações copa/porta-enxerto de citros, durante dois anos de produção, tolerantes à água salinizada, com base em modelos mistos, via REML/BLUP. As combinações foram formadas com enxertia da limeira ácida 'Tahiti' em 10 porta-enxertos, em mudas obtidas no viveiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. As plantas foram cultivadas sob estresse salino em lisímetros de drenagem com capacidade de 150 dm³, usando o delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial 10 x 2, referentes a 10 porta-enxertos de citros (9 híbridos e o limoeiro 'Cravo', como testemunha) e dois níveis de condutividade da água de irrigação (CEa: S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹), com 3 blocos e cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 60 parcelas. O estresse salino se iniciou aos 15 dias após o transplante e foi estendido durante os dois primeiros anos de cultivo, com avaliação das plantas quanto a aspectos de crescimento, fisiológicos e de produção. Os dados obtidos foram avaliados por meio do método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não-viesada), usando-se o software genético-estatístico SELEGEN com o modelo 28. As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos evidenciam a presença de variabilidade genética e indicam potencial de seleção de porta-enxerto para a limeira ácida 'Tahiti'. Considerando o conjunto de variáveis avaliadas, constatou-se o desempenho superior das combinações de limeira ácida 'Tahiti' com os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 059, TSKFL x (LCR x TR) – 012 e TSKFL x TRBK – 011, caracterizando-as como as mais tolerantes à salinidade.

Palavras-chave: Fisiologia em Citros; Citros; 'Tahiti'; Tolerância à Salinidade, Software Selegen.

TRACKING ROOTSTOCKS FOR SALINITY-TOLERANT 'TAHITI' ACID LIME WITH APPLICATION OF MIXED MODELS (REML/BLUP)

ABSTRACT: The objective of this study was to select citrus canopy/rootstock combinations, during two years of production, tolerant to saline water using mixed models, via REML/BLUP. The combinations were formed by grafting the acid lime tree 'Tahiti' into 10 rootstocks, obtaining the seedlings in the Embrapa Cassava e Fruticultura nursery, in Cruz das Almas, BA. The plants were cultivated under saline stress in drainage lysimeters with a capacity of 150 dm³, using a randomized block design, with a 10 x 2 factorial scheme, referring to 10 citrus rootstocks (9 hybrids and 'Rangpur' lemon, as control) and two irrigation water conductivity levels (ECa: S1=0.3 and S2=3.0 dS m⁻¹), with 3 blocks and each plot consisting of a useful plant, totaling 60 plots.. The application of saline stress was started 15 days after transplanting and was extended during the first two years of cultivation, with evaluation of the plants in terms of growth, physiological and production aspects. The data obtained were evaluated using the REML/BLUP method (restricted maximum likelihood/best unbiased linear prediction), using the SELEGEN genetic-statistical software with model 28. The estimates of variance components and genetic parameters evidence the presence of genetic variability and indicate potential for rootstock selection for the acid lime tree 'Tahiti'. Considering the set of variables evaluated, the superior performance of the combinations of 'Tahiti' acid lime with the rootstocks TSKC x (LCR x TR) - 059, TSKFL x (LCR x TR) - 012 and TSKFL x TRBK - 011, characterizing them as the most salinity tolerant.

Keywords: Physiology in Citrus; citrus; 'Tahiti'; Salinity Tolerance, Selegen Software.

INTRODUÇÃO

A citricultura é uma atividade agrícola que se destaca por gerar renda e emprego para o homem do campo, tanto de forma direta quanto indireta, sobretudo por meio de divisas vindas da exportação de seus produtos, em especial do suco de laranja. Na região Nordeste, desempenha grande relevância social, econômica e alimentar, pela geração de emprego e renda, além de ser uma das principais fontes de vitamina C. Contudo, a produtividade média é de apenas 10,1 t ha⁻¹, a Paraíba tem uma produção de 2.450 t com rendimento de 6,88 t ha⁻¹ (IBGE, 2019), o que muito aquém do potencial da cultura, que pode chegar a mais de 40 t ha⁻¹.

A baixa produtividade pode ser atribuída ao uso de combinações copa/porta-enxertos menos produtivos e, ainda, ao déficit hídrico que ocorre nos meses mais quentes do ano, o que remete à necessidade do uso de sistemas de irrigação para aumentar a produção. Todavia, no Nordeste, em especial no semiárido, tem-se limitação hídrica em quantidade e em qualidade, o que é relativo a diversos fatores edafoclimáticos, como a elevada evapotranspiração, baixa umidade relativa do ar, além de irregularidades temporal e espacial na precipitação (ZANELLA, 2014) e solos pouco desenvolvidos com baixa capacidade de armazenamento de água (AYERS; WESTCOT, 1999, SANTOS et al., 2016).

A limitação hídrica nessas regiões reete a necessidade de uso de águas com qualidade inferior para a prática de irrigação de espécies agricultáveis, como o uso de águas provenientes de poços cartesianos presentes nas propriedades locais do semiárido nordestino (SANTOS et al., 2017). Essas águas possuem, em sua composição, elevados teores de sais, os quais podem desencadear diversos processos fisiológicos e morfológicos nas plantas, prejudicando o seu desenvolvimento em campo e limitando a sua produção (SCHOSSLER et al., 2012; BARBOSA et al., 2017; SÁ et al., 2018).

Os principais problemas causados pelo estresse salino nas plantas são de ordem osmótica, caracterizada pela retenção de água no solo, desencadeando problemas de natureza fisiológica como fechamento estomático e redução na transpiração prejudicando a fotossíntese (HASEGAWA et al., 2000), além dos efeitos de ordem iônica, que causam toxidez pelo acúmulo de íons (principalmente Na⁺, Cl⁻ e B) nos tecidos foliares e competição dos sais com nutrientes, como K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (FLOWERS, 2004).

Os efeitos da salinidade, porém, variam com intensidade, a fase do estresse, a espécie, e, até, o genótipo, em citros, por exemplo, a salinidade limiar de plantas de laranjeira doce, segundo Mass (1993), é de 1,4 dS m⁻¹, já Brito et al. (2014) observaram que há porta-enxertos que toleram salinidade da água até 2,4 dS m⁻¹, com pequenas restrições no crescimento, tais

informações, acrescidas de outras literaturas, denotam que o comportamento pode variar em função dos porta-enxertos usados, além da fase fisiológica que pode apresentar variação na tolerância ao efeito dos sais (SINGH et al., 2000), deste modo, a seleção de genótipos que apresentem maior tolerância aos efeitos dos sais pode viabilizar o uso de águas salinas, mesmo em espécies consideradas sensíveis, como os citros (ALMEIDA, 2019; CAPISTRANO, 2019).

Segundo Correa et al. (2015), os programas de melhoramento devem compreender etapas de avaliação e seleção de genótipos superiores. Como os citros são propagados por clones, a seleção deve ser baseada nos valores genotípicos totais dos indivíduos. Por isso, o processo de seleção não pode se basear em médias fenotípicas, e sim em verdadeiros valores genotípicos, para ter certeza da superioridade genética do indivíduo (BORGES et al., 2010). Contudo, se não for adotado métodos estatísticos adequados, os verdadeiros valores genotípicos podem ser mascarados (ALVES; RESENDE, 2008).

Desta maneira, a utilização do softwear SELEGEN (Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos) nesse processo de seleção de combinações de copa/porta-enxerto de genótipos de citros com maior tolerância a salinidade é de grande eficácia, tendo em vista que o programa trabalha em nível genotípico utilizando-se de processos estatísticos de eficiência máxima, otimizando a eficiência global do melhoramento e estimando a variância de predição de valores genéticos (SIMONETTI, 2015; MENDES, 2019, FOLLMANN et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se selecionar combinações de copa/porta-enxertos de citros, irrigados com água salinizada, utilizando mistos, via REML/BLUP durante dois anos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área do CCTA/UFCG, localizado no município de Pombal, PB, sob coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, altitude de 194 m, onde se tem clima do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, conforme classificação de Koppen.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de um esquema fatorial 10 x 2, correspondente a:

- a. Dez combinações copa/porta-enxerto, referentes à combinação da limeira-ácida 'Tahiti' com dez porta-enxertos, sendo nove provenientes de três progênies de citros (três genótipos de cada) e uma testemunha, o limoeiro 'Cravo', todos fornecidos

pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMG-Citros).

- I. A primeira progênie referiu-se ao cruzamento tangerineira ‘Sunki’ comum (TSKC) x híbrido limoeiro ‘Cravo’ x trifoliata (LCR x TR);
- II. A segunda referiu-se ao cruzamento tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) x (LCR x TR);
- III. A terceira ao cruzamento TSKC x trifoliata ‘Benecke’ (TRBK).

Dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹, com níveis abaixo e acima da salinidade limiar da cultura, que é de 1,1 dS m⁻¹ na água de irrigação (Maas, 1993); o nível mais alto de salinidade corresponde a boa parte das águas subterrâneas disponíveis no semiárido. Ressalta-se que a aplicação foi iniciada aos 15 dias após o transplante (DAT) das mudas em lisímetros, e perdurou durante os dois primeiros anos de cultivo, considerando, porém, as condições de balanço hídrico local.

Combinados os fatores, obtiveram-se 20 tratamentos (dez combinações copa/porta-enxerto x dois níveis de salinidade), repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas. As mudas relacionadas às diferentes combinações copa/porta-enxerto foram formadas em sacolas plásticas, com capacidade de dois litros, no viveiro de produção de mudas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas - BA, seguindo recomendações de produção de mudas certificadas.

Após o transporte e adaptação das mudas ao clima da região, foi realizado o transplante para sacolas com capacidade de 5 L. No manejo, a haste principal da planta enxertada foi podada na altura de 50 cm, deixando-se brotar três hastes da variedade copa, para formar a base da copa da planta. O transplante das mudas para os lisímetros ocorreu aos 365 dias após a semeadura dos porta-enxertos (DAS).

Os lisímetros foram formados a partir de caixas de poliuretano, com capacidade para 150 L, pintadas na cor branca, de modo a aumentar a reflectância da luz solar e reduzir o calor no seu interior. Na base de cada lisímetro foi instalado um registro de 18 mm, de modo a garantir o escoamento do excesso de água do solo, que foi coletado em um recipiente para determinação de seu volume.

O espaçamento usado entre os lisímetros foi de 2,0 x 2,0 m. O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi oriundo da fazenda experimental da UFCG, no Município de São Domingos - PB, com coleta de amostras nas profundidades de 0 - 0,2 m e de 0,2 - 0,4 m. No início do segundo ciclo, período que coincidiu com chuvas no semiárido da região de Pombal, foi feita poda nas plantas de cada combinação, visando iniciar o ciclo de

desenvolvimento das plantas em um mesmo momento. Ao final do primeiro ano, foram coletadas amostras do material de solo de todos os lisímetros para determinação das características físicas e químicas do solo, dando suporte à determinação da adubação no segundo ano de produção. Em cada lisímetro inseriu-se uma camada de cobertura morta com 1 kg de palha de milho triturada, na tentativa de reduzir a evaporação da água do solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado com a adição, inicialmente, de 15 L de brita e areia (camada com cerca de 0,04 m de altura), para facilitar a drenagem do excesso de água. Seguindo a essa primeira camada, o preenchimento simulou uma cova de plantio em campo (0,40 x 0,40 cm), com o auxílio de um cilindro ajustado no centro do lisímetro (0,44 m de diâmetro e 0,4 m de altura), colocando-se uma mistura de 40 L de solo e 20 L de esterco bovino curtido. A adubação fosfatada foi realizada no centro do lisímetro; a parte externa do cilindro, preenchida somente com solo.

Assim, no preenchimento, tinham-se 15 L de brita+areia, seguidos de 60 L de solo+esterco dentro do cilindro e 60 L de solo fora do cilindro, de modo que os lisímetros receberam um volume de 135 L. O fornecimento de água salinizada às plantas, conforme cada nível de salinidade, foi realizado usando um sistema de irrigação localizada, a partir de mangueiras de 18 mm com gotejadoras autocompensantes com vazão de 8 L/h por gotejador e disposição de 4 gotejadores por planta.

A adubação foi feita semanalmente, utilizando a recomendação proposta por Mattos Junior et al. (2005), como também os tratos culturais, controle de plantas invasoras e de pragas.

O manejo de irrigação transcorreu pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, dividindo o volume a ser aplicado (mL) por 0,9, para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a lixiviação de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Expressão 1) (AYERS & WESTCOT, 1999). A lixiviação foi realizada toda semana, com acréscimo dos 10% de cada irrigação no último evento.

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

Onde 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 coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, para ser acoplado a uma mangueira que direcionava a água drenada para um recipiente com capacidade de 18 L, possibilitando a mensuração do volume drenado.

As águas com condutividade elétricas de 3 dS m^{-1} foram preparadas com a adição de NaCl à água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, que correspondeu a água do sistema de abastecimento local.

No preparo da água de irrigação com CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, se considerou a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 \cdot \text{meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de $0,1$ a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, em que se enquadra o nível testado. O NaCl foi adicionado à água de abastecimento, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil ajustado à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Após preparação, a água foi armazenada em recipiente plástico de 500 L , devidamente protegido, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

As avaliações das variáveis fisiológicas foram realizadas, no primeiro ano, aos 30, 90, 150, 210, 270, 330 após o plantio e, no segundo ano, a cada dois meses após a poda das plantas. Para mensuração das trocas gasosas das plantas, foi utilizado um equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda., operando com controle de temperatura a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, irradiação de $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e CO_2 do ambiente, em folhas situadas a uma altura de 3 m da superfície do solo, 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 (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i); a avaliação foi feita entre a terceira e quinta folha contada a partir do ápice, considerando a maturação, a posição e a sanidade. De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água (E_iUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$], a eficiência instantânea da carboxilação (E_iC_i) (A/C_i) e a eficiência intrínseca de uso de água (A/gs).

As análises de fluorescência da clorofila a foram realizadas no mesmo dia das avaliações de trocas gasosa, por meio de um fluorômetro de pulso modular, modelo OS5p da Opti Science, mediante o protocolo F_v/F_m , com o qual foram determinadas as variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (GENTY et al. 1989). Esse protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 minutos, usando um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primeiros estivessem oxidados, ou seja, os centros de reação estejam abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, foram avaliados os parâmetros fisiológicos do protocolo Yield, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), a fim de serem obtidas as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de

saturação (F'); fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'); taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (Y_{II}),).

A partir dos resultados dos dois protocolos (Fv/Fm e Yield), foram determinados: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), usando a expressão 2; coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), com a expressão 3; rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y_{NPQ}), através da expressão 4; e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y_{NO}) com uso da expressão 5.

$$Fo' = Fo / [((Fm - Fo) / Fm + Fo / Fm')] \quad (\text{OXBOROUGH; BAKER, 1997}) \quad \text{Exp. 2}$$

$$qL = \frac{(Fm' - F')}{(Fm' - Fo')} * \left(\frac{Fo'}{F'} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 3}$$

$$Y_{NPQ} = \left(\frac{F'}{Fm'} \right) - \left(\frac{F'}{Fm} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 4}$$

$$Y_{NO} = \frac{F'}{Fm} \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 5}$$

As análises de crescimento foram realizadas no mesmo momento que as fisiológicas, a partir da aplicação dos tratamentos, foram mensurados o diâmetro de caule do porta-enxerto a dois centímetro do solo, o diâmetro de caule no ponto de enxertia e o diâmetro de caule na copa a dois centímetro acima do ponto da enxertia, usando um paquímetro digital

Durante os dois anos de cultivo, avaliou-se a produção das plantas em cada parcela, sendo contabilizados o número de frutos por planta e o peso médio total dos frutos por planta (kg por planta). Após a colheita dos frutos, houve determinação das variáveis relacionadas ao seu tamanho: diâmetro longitudinal (do ápice à base do fruto) e transversal (região equatorial do fruto).

As análises genético-estatísticas foram realizadas pela metodologia dos modelos mistos, em que os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* - REML) (RESENDE, 2016) e os valores genotípicos preditos pelo método da melhor predição linear não viesada (*Best Linear Unbiased Prediction* - BLUP) (HENDERSON, 1975). Foram realizadas análises individuais, para se verificar a heterogeneidade de variâncias, empregando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y = X_m + Z_g + W_p + e,$$

onde: y é o vetor de dados; m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g é o vetor dos efeitos

genotípicos (assumidos como aleatórios); p é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no caso) (aleatórios); ' e ' é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para os casos em que se verificou a variação dos coeficientes de herdabilidade em seu sentido amplo, foi efetuada a padronização dos dados por meio do fator de correção, de acordo com a seguinte expressão, descrita por Resende (2007):

$$\frac{\sqrt{h_{ik}^2}}{\sqrt{h_t^2}}, \text{ em que: } h_{ik}^2 - \text{herdabilidade individual no sentido amplo para o caráter } i \text{ na avaliação}$$

k ; h_t^2 : média das herdabilidades individuais no sentido amplo das k avaliações para o caráter i .

Após a padronização dos dados, realizou-se a análise conjunta considerando os genótipos e época de colheita, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$y = Xb + Za + Wc + e$, onde: y : vetor de dados; b : vetor dos efeitos dos blocos (fixos) somados à média geral; a : vetor dos efeitos genotípicos individuais (aleatórios); c : vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios); e : vetor de erros (aleatórios); X , Z e W : representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Com isso, foram realizadas análises de deviance (ANADEV) para testar a significância dos componentes de variância conforme os efeitos aleatórios do modelo. Em modelos mistos, a ANADEV substituiu o teste F da ANOVA no caso de experimentos desbalanceados (BORGES et al., 2010a).

Por meio dos componentes de variância foi usado o teste da razão de verossimilhança (LRT), em que a significância do modelo foi avaliada pelo teste qui-quadrado, com grau de liberdade unitário. Para isso, foram obtidas as deviances com o modelo completo e reduzido. Em seguida, foi subtraída da deviance completa a deviance do modelo reduzido de cada efeito e comparado com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 5% de significância (RESENDE, 2007).

De acordo com Resende (2007), a partir das variâncias genotípicas e fenotípicas, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos de herdabilidade individual no sentido amplo, sendo:

Vg: variância genotípica.

Vperm: variância de ambiente permanente.

Ve: variância residual temporária.

Vf: variância fenotípica individual.

$h^2_g = h^2$: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais.

r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por $(V_g + V_{perm})/V_f$.

$c^2_{perm} = c^2$: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

h^2_{mg} : herdabilidade de médias de genótipos.

Acgen: acurácia na seleção de genótipos.

Média geral do experimento.

Eficiência do uso de 'm' medidas ou colheitas

O modelo utilizado foi o 28, Blocos ao acaso, teste de híbridos, média de parcela, medidas repetidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de deviance (ANADEV), relativa as variáveis de crescimento, fisiológicas e de produção da limeira ácida 'Tahiti' combinada aos dez porta-enxerto irrigados com água de condutividade elétrica (CE) de 0,3 e 3,0 $dS\ m^{-1}$ durante dois anos de cultivo (Tabela 1), denota-se que houve significância ($p < 0,001$) pelo teste da máxima verossimilhança LRT (X^2) para as variáveis de crescimento Dcolo, Denxertia e Dcolo, além das variáveis fisiológicas eficiência instantânea no uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e a Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') em ambas condutividades da água de irrigação, demonstrando que nestas variáveis há variabilidade genética significativa e, assim, tem-se a possibilidade de ganhos com a seleção.

Quanto as variáveis de produção, não se observou diferença significativa entre os genótipos estudados, tanto irrigado com água de condutividade de 0,3 como de 3,0 $dS\ m^{-1}$. Diferentemente do que ocorreu na presente pesquisa, Caspritrano, (2019) estudando genótipos de laranja doce durante oito anos de produção, verificou que os efeitos de genótipos foram altamente significativos ($p < 0,01$) para número de frutos por planta, número de frutos por m^2 , massa média do fruto e produtividade.

Todavia, segundo PEREIRA et al. (2013), em plantas perenes jovens são bastante influenciada pela variação ambiental, tendo maior contribuição para que os potenciais fenotípicos sejam expressos em diferentes magnitudes ao longo do tempo, o que se aplica a presente pesquisa onde os genótipos foram estudados nos dois primeiros anos. Outrossim, de acordo com Reuther (1977), o clima é o componente que mais influencia no crescimento, produção e qualidade dos frutos, considerando o trinômio cultivo-clima-solo.

Tabela 1. Análise de deviance (ANADEV) e teste da máxima verossimilhança (LRT) para as variáveis avaliadas em combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água salinizada. Pombal - PB, 2020.

Variáveis	0,3 dS m ⁻¹		3,0 dS m ⁻¹	
	DEVIANCE	LRT (X ²)	DEVIANCE	LRT (X ²)
Dcolo	846,43	50,87**	633,42	51,27**
Denxertia	817,6	44,23**	571,67	71,12**
Dcopa	756,09	45,5**	520,33	52,46**
Ci	1398,66	0,2 ^{ns}	1434,63	0,00 ^{ns}
E	-47,76	0,79 ^{ns}	-104,73	1,33 ^{ns}
gs	-1137,67	0,02 ^{ns}	-1144,5	0,01 ^{ns}
A	296,92	0,00 ^{ns}	306,01	3,87 ^{ns}
EiUA	248,52	25,1**	209,45	24,4**
EiCi	-1537,22	0,00 ^{ns}	-1488,54	0,91 ^{ns}
FO	1241,59	10,04**	1226,31	22,16**
FM	1693,88	21,14**	1724,46	29,2**
FV	1646,64	17,77**	1680,6	20,67**
FV/FM	-1056,91	1,84 ^{ns}	-1050,15	0,00 ^{ns}
FS	1948,46	0,02 ^{ns}	1846,86	-0,01 ^{ns}
FM'	2081,81	0,56 ^{ns}	2021,74	0,01 ^{ns}
YIELD	-415,84	0,19	-413,72	-0,01 ^{ns}
FO'	1409,95	6,00**	1385,65	11,08**
YNO	-292,92	0,82 ^{ns}	-349,23	2,31 ^{ns}
NF/PLANTA	484,95	0,01 ^{ns}	439,01	0,16 ^{ns}
PM/PLANTA	938	1,05 ^{ns}	846,91	0,06 ^{ns}
CP/FRUTO	435,71	0,00 ^{ns}	414,64	3,42 ^{ns}
CE/FRUTO	191,95	0,05 ^{ns}	190,32	0,28 ^{ns}

^{NS} e **: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, pela análise de deviance com base no teste LRT (X²) com 1 grau de liberdade (χ^2 tabelado: 6,63 para o nível de significância a 1%). Diâmetro do caule (DC), diâmetro da enxertia (DENX), diâmetro da copa (DCOPA) e número de folhas (NF), concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂(A), eficiência no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II (Fv/Fm), Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'), Fluorescência inicial antes do pulso de saturação (FS), o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO), Numero de frutos (NF), peso médio de fruto por planta (PM/PLANTA), comprimento polar médio de fruto (CP/FRUTO) e comprimento equatorial médio de fruto (CE/FRUTO).

Os resultados da análise geral dos modelos mistos referentes aos componentes de variância e parâmetros genéticos, envolvendo os dez porta-enxertos combinados a limeira ácida ‘Tahiti’ sob irrigação com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ durante dois anos de avaliação, são apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 e relativos as características morfológicas e fisiológicas das plantas. Para programas de melhoramento genético de plantas, se faz necessário que se tenha variação genética entre os indivíduos, pois quanto maior for os valores dos coeficientes, maior será heterogeneidade dos genótipos estudados, associada às herdabilidades maiores conduzem aos maiores ganhos genéticos ao longo do programa de melhoramento.

Ao se analisar as Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 verifica-se que a variância fenotípica (Vf) foi desmembrada em variância genética (Vg), variância de efeitos permanentes (Vperm), e variância residual temporária (Ve). A maioria das variáveis estudadas tiveram baixa

variabilidade genética, resultados esperados, pois são bastante influenciadas pelo ambiente, a excessão das variáveis morfológicas e de produção que obtiveram os valores de maior magnitude.

Tabela 2 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto (Dcolo), diâmetro do caule no ponto de enxertia (Denxertia), diâmetro do caule da copa (Dcopa), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Pombal - PB, 2020.

Componentes de variância	Variáveis		
	CE 0,3 dS m ⁻¹		
	Dcolo	Denxertia	Dcopa
Vg	33,9358	24,0683	8,8238
Vperm	28,3262	21,4616	15,7952
Ve	28,5403	24,7278	17,7154
Vf	90,8023	70,2578	42,3346
Parâmetros	Dcolo	Denxertia	Dcopa
H ²	0,373 ± 0,128	0,342 ± 0,123	0,208 ± 0,096
H ² mg	0,705	0,6809	0,5177
Acgen	0,82	0,81	0,72
r	0,685 ± 0,174	0,648 ± 0,169	0,581 ± 0,160
C2perm	0,311955	0,305470	0,373105
Média Geral	46,078	45,253	38,9527
Componentes de variância	CE 3,0 dS m ⁻¹		
	Dcolo	Denxertia	Dcopa
Vg	27,0625	9,2109	11,3656
Vperm	8,0159	7,8335	4,3145
Ve	8,0150	5,5897	4,2178
Vf	43,0934	22,6342	19,898
Parâmetros	Dcolo	Denxertia	Dcopa
H ²	0,6279 ± 0,1671	0,4069 ± 0,1345	0,5711 ± 0,1593
H ² mg	0,871	0,7222	0,8414
Acgen	0,89	0,82	0,88
r	0,8140 ± 0,1902	0,7530 ± 0,1829	0,7880 ± 0,1871
C2perm	0,1860	0,3460	0,2168
Média Geral	35,1900	34,2285	29,1735

Vg: variância genotípica; Vperm: variância de ambiente permanente; Ve: variância residual temporária; Vf: variância fenotípica individual, h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h²mg: herdabilidade de médias de genótipos; Acgen: acurácia na seleção de genótipos; r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por (Vg + Vperm)/Vf e c2perm = c2: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

A existência de variabilidade genética sugere a presença de materiais superiores, assim, se espera ganhos genéticos aplicando-se procedimentos adequados de seleção. Segundo Borges et al. (2010), os pesquisadores devem priorizar os valores genotípicos, pois são os verdadeiros valores a serem preditos. Uma vez que, as novas médias são predições pelo BLUP, isso significa que, em cultivos comerciais os genótipos provavelmente produzem esses valores.

Tabela 3 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis de trocas gasosas, concentração interna de CO² (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência no uso da água (EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiCI), considerando combinações de laranja ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Pombal - PB, 2020.

Componentes de variância	Variáveis					
	CE 0,3 dS m ⁻¹					
	Ci	E	gs	A	EiUA	EiCI
Vg	27,4436	0,0003	0	0,0011	0,0034	0
Vperm	26,4305	0,0112	0,000003	0,004610	0,494505	0,000000
Ve	969,71	0,2383	0,000470	1,798474	1,096520	0,000048
Vf	1023,5845	0,2499	0,0004	1,8041	1,5944	0,00004
Parâmetros	Ci	E	gs	A	EiUA	EiCI
H ²	0,0268 ± 0,0345	0,0014 ± 0,0079	0,0006 ± 0,0053	0,0006 ± 0,0052	0,0021 ± 0,0098	0,0008 ± 0,0060
H ² mg	0,1386	0,008	0,0037	0,0036	0,0098	0,0047
Acgen	0,52	0,10	0,086	0,075	0,095	0,093
r	0,0526 ± 0,0484	0,0462 ± 0,0454	0,0073 ± 0,0181	0,0031 ± 0,0119	0,3123 ± 0,1178	0,0032 ± 0,0120
C2perm	0,0258	0,0448	0,006704	0,002555	0,3101	0,0024
Média Geral	230,7388	1,4337	0,061611	4,786889	3,6138	0,021310
Componentes de variância	CE 0,3 dS m ⁻¹					
	Ci	E	gs	A	EiUA	EiCI
Vg	0,4498	0,0005	0	0,0027	0,0019	0
Vperm	2,9598	0,0112	0,000002	0,2045	0,3705	0,000003
Ve	1243,914	0,1691	0,000453	1,7364	0,8840	0,000060
Vf	1247,324	0,1809	0,0004	1,9437	1,2565	0,0001
Parâmetros	Ci	E	gs	A	EiUA	EiCI
H ²	0,000361 ± 0,0040	0,002891 ± 0,0113	0,000324 ± 0,0038	0,001430 ± 0,0080	0,001536 ± 0,0083	0,001451 ± 0,0080
H ² mg	0,0021	0,0161	0,0019	0,0077	0,007	0,0082
Acgen	0,035	0,176	0,046	0,090	0,060	0,109
r	0,0027 ± 0,0110	0,0649 ± 0,0537	0,0047 ± 0,0145	0,1066 ± 0,0689	0,2964 ± 0,1148	0,0495 ± 0,0469
C2perm	0,0023	0,0620	0,0044	0,1052	0,2949	0,0481
Média Geral	236,2166	1,3902	0,0605	4,5531	3,4366	0,0201

Vg: variância genotípica; Vperm: variância de ambiente permanente; Ve: variância residual temporária; Vf: variância fenotípica individual, h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h²mg: herdabilidade de médias de genótipos; Acgen: acurácia na seleção de genótipos; r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por (Vg + Vperm)/Vf e c2perm = c2: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

Mesmo que a variação genética tenha sido de baixa, a variância fenotípica teve menor influência da variância da parcela permanente (Vperm) na maioria das variáveis estudadas, (Tabela 2, 3, 4, 5 e 6), onde o menor efeito genótipo x bloco, indica que houve uma menor variação no ambiente da parcela experimental, sendo assim, o número de bloco foi o suficiente para predizer o valor real do indivíduo com exatidão nesse experimento, conforme indicado por Araújo et al. (2015).

Tabela 4 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotosistema II (Fv/Fm), Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado, considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Pombal - PB, 2020.

Componentes de variância	Variáveis			
	CE 0,3 dS m ⁻¹			
	FO	FM	FV	FV/FM
Vg	0,6259	10,25	7,4497	0,000001
Vperm	77,9260	1702,1090	1153,0881	0,00005
Ve	357,2825	4541,4114	3513,9122	0,0007
Vf	435,8344	6253,7705	4674,45	0,00076
Parâmetros	FO	FM	FV	FV/FM
H²	0,0014 +- 0,0080	0,0016 +- 0,0085	0,00159 +- 0,0084	0,00117 +- 0,0072
H²mg	0,0072	0,0076	0,0076	0,0065
Acgen	0,073	0,071	0,072	0,075
r	0,1802 +- 0,0895	0,2738 +- 0,1103	0,2482 +- 0,1050	0,0720 +- 0,0566
C2perm	0,0072	0,2721	0,2466	0,0708
Média Geral	154,1555	653,0333	498,8777	0,7625
Componentes de variância	CE 3,0 dS m ⁻¹			
	FO	FM	FV	FV/FM
Vg	0,646	11,1448	8,1985	0
Vperm	119,6478	2549,4694	1553,3064	0,000002
Ve	307,8636	5249,5653	4216,5391	0,000758
Vf	428,1575	7810,18	5778,044	0,0007
Parâmetros	FO	FM	FV	FV/FM
H²	0,00150 +- 0,0082	0,001427 +- 0,0080	0,001419 +- 0,0079	0,043306 +- 0,0439
H²mg	0,007	0,0064	0,0066	0,2131
Acgen	0,06	0,043	0,053	0,633
r	0,2809 +- 0,1117	0,327856 +- 0,1207	0,270248 +- 0,1096	0,0459 +- 0,0452
C2perm	0,2794	0,0064	0,0066	0,002608
Média Geral	152,3055	630,3222	478,0166	0,755617

Vg: variância genotípica; Vperm: variância de ambiente permanente; Ve: variância residual temporária; Vf: variância fenotípica individual, h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h²mg: herdabilidade de médias de genótipos; Acgen: acurácia na seleção de genótipos; r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por (Vg + Vperm)/Vf e c2perm = c2: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

Observa-se que a maioria das variáveis, em especial as fisiológicas, tiveram maior influência da variação ambiental (Ve), onde podemos visualizar a variação do ambiente. No capítulo 2 tem-se que durante a condução da pesquisa houve variação do ambiente em que as plantas estavam inseridas, em especial a temperatura (Figura 1 do Capítulo I), o consumo hídrico e a condutividade da água de drenagem (Apêndices 1 a 10).

Em plantas perenes, ao longo do tempo, a variação ambiental (Ve) tende a aumentar, ocasionado por fatores abióticos desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas (BRAZ et al.,

2013). Outrossim, plantas perenes jovens ficam submetidas às diferentes intempéries climáticas anuais, tendo predominância da variação ambiental, contribuindo para que os potenciais fenotípicos sejam expressos em diferentes magnitudes ao longo do tempo (PEREIRA et al., 2013).

Tabela 5 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (FS) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus × latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ durante os dois anos. Pombal - PB, 2020.

Componentes de variância	Variáveis				
	CE 0,3 dS m ⁻¹				
	FS	FM'	YIELD	FO'	YNO
Vg	18,4543	55,7323	0	1,4957	0,00008
Vperm	137,2503	1932,7828	0,0006	150,4265	0,0027
Ve	23738,2272	49599,8130	0,0293	968,5922	0,0582
Vf	23893,932	51588,328	0,03	1120,5145	0,06109
Parâmetros	FS	FM'	YIELD	FO'	YNO
H²	0,0007 +- 0,0059	0,0010 +- 0,0069	0,0004 +- 0,0045	0,0013 +- 0,0077	0,0014 +- 0,0079
H²mg	0,0045	0,0062	0,0026	0,007	0,008
Acgen	0,098	0,086	0,048	0,074	0,0107
r	0,0065 +- 0,0170	0,0385 +- 0,0414	0,0223 +- 0,0315	0,1355 +- 0,0776	0,0469 +- 0,0457
C2perm	0,0057	0,0374	0,0218	0,1342	0,0455
Média Geral	333,0833	656,9277	0,4544	203,3303	0,5243
Componentes de variância	CE 0,3 dS m ⁻¹				
	FS	FM'	YIELD	FO'	YNO
Vg	159,3461	13,3077	0,0002	1,6816	0,0001
Vperm	60,7685	195,0006	0,0001	190,1704	0,0035
Ve	13130,3117	36197,7719	0,0300	811,9695	0,0409
Vf	13350,43	36406,08	0,0304	1003,822	0,0445
Parâmetros	FS	FM'	YIELD	FO'	YNO
H²	0,0119 +- 0,0230	0,0003 +- 0,0040	0,0083 +- 0,0192	0,0016 +- 0,0086	0,0019 +- 0,0093
H²mg	0,0672	0,0021	0,0478	0,0083	0,0107
Acgen	0,397	0,055	0,341	0,082	0,131
r	0,0164 +- 0,0271	0,0057 +- 0,0159	0,0117 +- 0,0229	0,1911 +- 0,0922	0,0816 +- 0,0602
C2perm	0,0045	0,0053	0,0034	0,1894	0,0796
Média Geral	337,9611	656,1166	0,4555	202,3858	0,5605

Vg: variância genotípica; Vperm: variância de ambiente permanente; Ve: variância residual temporária; Vf: variância fenotípica individual, h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h²mg: herdabilidade de médias de genótipos; Acgen: acurácia na seleção de genótipos; r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por (Vg + Vperm)/Vf e c2perm = c2: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

Ao estudar a variância fenotípica, observam-se nas variáveis diâmetro de caule do porta-enxerto (Dcolo), diâmetro de caule medido no ponto de enxertia (Denxertia) e diâmetro de caule

da copa (Dcopa) a maior influência da variação genética, com valores médios de 37,37; 34,21 e 20,84% do valor total da variação fenotípica, respectivamente, quando se irrigou com água de 0,3 dS m⁻¹, nos mesmos genótipos, quando irrigados com água de 3,0 dS m⁻¹, foi notado aumento no valor total da variação fenotípica, sendo eles na ordem de 62,79; 40,69 e 57,11%, para Dcolo, Denxertia e Dcopa (Tabela 2).

Quando se compara os dois ambientes, entende-se que a maior condutividade da água de irrigação, mesmo obtendo valores fenotípicos inferiores ao ambiente com menor nível de CEa, teve maior intervenção da variação genética, sendo possível encontrar genótipos tolerantes à salinidade, podendo ser elucidado ao pesquisar os genótipos isolados, já que ao se notar valores das estimativas das variância genéticas mais altos, tem-se maior possibilidade de identificar genótipos superiores na população (Vencovsky, 1987).

As características de crescimento podem variar, amplamente, até que uma planta consiga completar seu desenvolvimento em campo devido a influência ambiental (ETTORI et al., 2006). Assim, nesta pesquisa fica evidente a influencia das condições ambientais ao longo do ciclo nos valores fenotípicos das plantas, já que houve uma variação na temperatura (Figura 1 do Capítulo 1), no consumo hídrico e na CEd durante os dois anos de estudo (Apêndices 1 a 10) (RESENDE, 2015).

No entanto, ao se estudar as variáveis fisiológicas (Tabela 3; 4 e 5) nota-se que a variação genética teve pouca interferência sobre a variação fenológica, tanto na salinidade da água de irrigação de 0,3 quanto de 3,0 dS m⁻¹, isso pode estar relacionado com as características dessas variáveis, pois são pontuais, bastante influenciadas pelas condições em que as plantas estão no momento da avaliação. Todavia a análise de deviance expõe que, eficiência no uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (Tabela 1) deferiram ($p < 0,001$) pelo teste da máxima verossimilhança LRT (X^2), as demais variáveis fisiológicas, foram afetadas pelo o tempo, no entanto, ressalta-se que mesmo os valores da variação genética terem sido baixos, é importante estudar tais variáveis, pois vários autores como Silva et al. (2014) Brito et al (2016) (Sá et al. 2018) destacam que pode ser selecionado, materiais de citros tolerantes a salinidade, estudando a fisiologia.

No que diz respeito as variáveis de produção (Tabela 6), quando se estudou as plantas de citros durante dois anos irrigadas com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, observa-se que a variação fenotípica teve maior influência da variação ambiental (Ve), como já relatado, de caráter quantitativo, sendo governados por vários genes. No entanto, as variáveis número de fruto por planta (NF/PLANTA) e peso médio por planta (PMF/PLANTA) tiveram maior atuação da

variação genética, quando irrigado com água de 3,0 dS m⁻¹, sendo, 61 e 50%, respectivamente da variação fenotípica. Para a variância da parcela permanente (Vperm), os valores foram baixos, indicando que o número de blocos foi o suficiente para prever o valor real do indivíduo com exatidão nesse experimento.

Tabela 6 - Estimativa dos componentes de variância relativa às variáveis número de frutos por planta (NF/PLANTA), peso médio de frutos por planta (PMF/PLANTA), comprimento médio do fruto (CP/FRUTO) e comprimento equatorial do (CE/FRUTO), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, irrigadas com águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ durante dois anos de estudo. Pombal - PB, 2020.

Componentes de variância	Variáveis			
	CE 0,3 dS m ⁻¹			
	NF/PLANTA	PM/PLAMTA	CP/FRUTO	CE/FRUTO
Vg	733,2394	1880864,25	1,0955	1,8522
Vperm	40,1992	1947651,09	4,2547	0,3778
Ve	1813,8151	7123162,66	905,5682	8,3546
Vf	2587,2539	10951678,01	910,9184	10,5846
Parâmetros	NF/PLANTA	PM/PLAMTA	CP/FRUTO	CE/FRUTO
H ²	0,2834 ± 0,194	0,1717 ± 0,1513	0,0012 ± 0,0127	0,1749 ± 0,1527
H ² mg	0,6990	0,5059	0,0071	0,5495
Acgen	0,793	0,674	0,065	0,703
r	0,2989 ± 0,199	0,3495 ± 0,2159	0,0058 ± 0,0280	0,2106 ± 0,1676
C2perm	0,0155	0,1778	0,0046	0,0356
Média Geral	121,6833	7389,91	45,0500	51,0500
Componentes de variância	CE 3,0 dS m ⁻¹			
	NF/PLANTA	PM/PLAMTA	CP/FRUTO	CE/FRUTO
Vg	1055,8906	1348646,66	4,2413	1,1518
Vperm	57,1629	69797,34	271,9622	0,9971
Ve	606,4012	1275077,33	484,5822	7,9079
Vf	1719,4548	2693521,34	760,7858	10,0569
Parâmetros	NF/PLANTA	PM/PLAMTA	CP/FRUTO	CE/FRUTO
H ²	0,6140 ± 0,286	0,5007 ± 0,2584	0,0055 ± 0,0275	0,0433 ± 0,0439
H ² mg	0,8978	0,8511	0,0241	0,2131
Acgen	0,898	0,875	0,141	0,608
r	0,6473 ± 0,293	0,5266 ± 0,2650	0,3630 ± 0,2219	0,2136 ± 0,168
C2perm	0,0332	0,0259	0,3574	0,0991
Média Geral	76,3666	3521,11	47,3653	47,5500

Vg: variância genotípica; Vperm: variância de ambiente permanente; Ve: variância residual temporária; Vf: variância fenotípica individual, h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, h²mg: herdabilidade de médias de genótipos; Acgen: acurácia na seleção de genótipos; r: repetibilidade ao nível de parcela, dada por (Vg + Vperm)/Vf e c2perm = c2: coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente.

A herdabilidade foi estimada por meio das análises da ecofisiologia da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada nos dez porta-enxertos sob irrigação com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ (Tabela 2, 3, 4, 5 e 6). Tais estimativas são essenciais para orientar a correta seleção de indivíduos superiores (PEREIRA et al., 2013). O conhecimento dos parâmetros genéticos é essencial para o melhorista e a herdabilidade é um dos mais importantes (LUCIUS et al., 2014). Nas espécies

perenes, a herdabilidade pode ser classificada como de magnitudes baixa ($h^2 < 0,15$), mediana ($0,15 < h^2 < 0,50$) ou alta ($h^2 > 0,50$), como diz Resende (2002). A proporção da variância fenotípica, que é de natureza genética, é expressa pela herdabilidade (FALCONER, 1978), assim, altos valores de herdabilidade estão associados a maior variância genética e/ou menor influência ambiental (POMPEU JUNIOR et al., 2013).

Como todas as variáveis fisiológicas das combinações, em ambas as salinidades, obtiveram-se valores médios baixos da herdabilidade no sentido amplo h^2g , variando de 0,00045 a 0,0268 ao irrigar com 0,3 dS m⁻¹ e entre 0,000366 a 0,043306 ao aplicar água de 3,0 dS m⁻¹ (Tabela 2). Esses valores já eram esperados, pois estão livres de todas as interações e com valores da variação ambiental altos (V_e), estando coerentes com a natureza quantitativa do caráter (Resende, 2002; Santos, 2009; Soares et al., 2009).

A herdabilidade no sentido amplo h^2g é uma ferramenta importante em culturas de propagação vegetativa, como é o caso dos citros (ZHOU & JOSHI, 2012), visto que o genótipo de uma planta é fixado após o cruzamento, pois a variabilidade é liberada de uma única vez, não havendo oportunidade de segregação nas fases futuras. De acordo com Silva et al. (2013), no estudo genético das variáveis, a herdabilidade tem papel preditivo por expressar a confiabilidade com que o valor fenotípico representa o valor genético.

Como já relatado, as variáveis fisiológicas tiveram valores médios de herdabilidade no sentido amplo superiores a 0,0268 (Tabela 3; 4 e 5), demonstrando o controle genético na expressão dos caracteres, ou seja, há probabilidade de seleção, com ganhos genéticos significativos, a herdabilidade e a intensidade de seleção, interferindo diretamente o ganho esperado com a seleção (RESENDE, 2007; SCARPINATI et al., 2009; BORGES et al., 2010).

Os resultados observados permitem inferir a necessidade de uma interpretação diferenciada para as variáveis fisiológicas em relação aos parâmetros genéticos, haja vista que mesmo com valores baixos da variação genética na contribuição para a variação fenotípica, é preciso estabelecer uma correlação entre as variáveis morfológicas e fisiológica, podendo ser feita, por meio do estudo dos parâmetros genéticos das combinações de forma isolada.

Quando se estudou o Dcolo, o Denxertia e o Dcopa (Tabela 2), contatou-se valores de h^2g das combinações, quando irrigada com água de 0,3 dS m⁻¹, na ordem de 0,37; 0,34; 0,20, já quando se irrigou com 3,0 dS m⁻¹, os valores foram de 0,62; 0,40 e 0,57, respectivamente, sendo considerados medianos, exceto para Dcolo e Dcopa ambos ao serem irrigados com água de 3,0 dS m⁻¹, tendo magnitude alta (Resende, 2002), provavelmente, refletida por um caráter quantitativo governado por poucos genes e de menor influência ambiental, corroborando com

os valores de variação genética, onde se pode identificar materiais que poderão ser selecionados como tolerantes à salinidade.

Em relação as variáveis de produção das combinações, de forma geral tem-se o indicativo que o número de fruto por planta (NF/PLANTA) e peso médio por planta (PM/PLANTA), com valores médios na ordem de 0,2834 e 0,1717, respectivamente, quando irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, já quando irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, obtiveram valores superiores na ordem de 0,6140 e 0,5007 para NF e PM/P, considerados altos.

A seleção de matérias tolerantes à salinidade da água de irrigação por meio destas variáveis pode ser interessante, notadamente quando as plantas estão em condições de estresse, quando se notou uma maior herdabilidade no sentido amplo (h²g). No entanto, quanto ao comprimento polar e equatorial dos frutos, os valores de h²g foram baixos, independente da salinidade da água de irrigação, tendo mesmo comportamento das variáveis fisiológicas.

No entanto, para as variáveis de crescimento e do NF/PLANTA e PM/PLANTA os valores da acurácia variaram de 0,72 a 0,89, considerados altos. A acurácia seletiva é um parâmetro muito importante para avaliação genotípica, a partir das informações dos experimentos de campo, podemos determinar a correlação entre o valor genotípico verdadeiro do material genético e aquele estimado ou predito refere-se a esse parâmetro. A acurácia é tanto mais alta quanto menores forem os desvios absolutos entre os valores genéticos paramétricos ou verdadeiros e os valores genéticos estimados ou preditos (RESENDE, 2007).

As estimativas da herdabilidade individual no sentido restrito (h² mg) (Tabela 3, 4 e 5), seguiu o mesmo comportamento em relação as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, tendo valores de baixa magnitude, verificando-se valores entre 0,0026 e 0,13 ao aplicar águas de 0,3 dS m⁻¹ e entre 0,0021 a 0,2131 na salinidade da água de 3,0 dS m⁻¹. Os baixos valores da herdabilidade são típicos de variáveis quantitativas, pois são resultante a interação de vários genes e com elevado influência do ambiente (Tabela 2, 3, 4 e 5), o que pode explicar a baixa magnitude desses valores neste trabalho. Por outro lado, na máxima eficiência quântica do fotossistema II (fv/fm) obteve-se valor magnitude medio, indicando, mais uma vez, a importância de se estudar tais variáveis.

Os valores de h² mg relativas ao Dcolo, Denxertia e Dcopa) quando as combinações foram irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ foram de 0,7050; 0,6809; 0,5177, respectivamente, já ao serem irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, obteve-se valores de 0,8710; 0,7222; 0,8414, respectivamente (Tabela 2), tais valores podem estar relacionados com menor número de genes envolvidos nesses caracteres, ou pela variabilidade existente entre as combinações, ocorrendo

uma menor interferência dos ambientes. O permite destacar as variáveis como potenciais na seleção dos genótipos, já que ha variação genética e herdabilidade alta entre os materiais estudados.

Em geral, a herdabilidade (h^2) foi maior nas variáveis de crescimento e de produção, $h^2 > 0,50$, sendo o Dcolo; o Denxertia e Dcopa em ambas as salinidades, de 0,3 e 3,0 dS m^{-1} , o NF/PLANTA; PMF/PLANTA e CE/FRUTO quando as plantas foram irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1} , e NF/PLANTA e o PMF/PLANTA nas plantas sob 3,0 dS m^{-1} as variáveis com os maiores valores de h^2 (Tabela 2 e 6).

Os coeficientes de herdabilidade baseados na média dos genótipos apresentaram valores superiores às estimativas em nível individual (h^2g) (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6), corroborando com os resultados aqui encontrados. Capistrano (2013), que estudou parâmetros genéticos quantitativos em citros, e Gois (2016), que avaliou parâmetros qualitativos também em citros, encontraram valores similares ao estimados nesta pesquisa. Conforme as estimativas do coeficiente de herdabilidade dos genótipos (h^2mg), o número de repetições e a disposição experimental utilizadas nessa pesquisa foram suficientes para isolar os efeitos ambientais.

A repetibilidade (r) para os dois anos de estudo foi alta (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6) para as variáveis de crescimento e de produção nos dois níveis de condutividade da água de irrigação, com valores acima de 30%. As estimativas foram consideradas elevadas, indicando que o número de avaliações usadas neste estudo justifica a aquisição de ganhos com a seleção das combinações. As estimativas de repetibilidade foram interpretadas para quantificar o desempenho diferencial das plantas ao longo do tempo. Segundo Resende (2015), a repetibilidade pode ser classificada como baixa, quando os valores são inferiores a 0,30, média, entre 0,30 e 0,60, e alta, quando as estimativas são superiores a 0,60. Pompeu Junior (2013), pesquisando porta-enxertos para laranjeiras ‘Valência’, encontrou valores médios de 10% da repetibilidade individual em uma safra, valor considerada baixo, mas ao nível de cinco safras elevou-se a 35,15%, aumentando a acurácia seletiva.

Para o coeficiente dos efeitos ambientais permanentes entre parcelas (C^2_{perm}) os valores variaram entre 0,002 e 0,37, o (C^2_{perm}) quantifica a variabilidade dentro dos blocos. Sendo que o coeficiente é proporcional ao da variabilidade ambiental entre parcelas, a maioria das variáveis dentro dos dois ambientes CE 0,3 e 3,0 dS m^{-1} tiveram valores inferiores a 10% (Tabelas 5; 6; 7; 8 e 9) confirmando a boa precisão experimental. Pois os valores de até 10% não interferem na estimativa dos parâmetros genéticos. De acordo com Resende (2002), bons experimentos em plantas perenes apresentam valores desse coeficiente em torno 10% de toda variação fenotípica dentro dos blocos proporcionados pela variação ambiental entre parcelas.

COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS INDIVIDUAIS

Os resultados das análises individuais dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos de cada porta-enxerto sob águas de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, durante os dois anos de estudos, estão nas Tabelas 7 a 11. Optou-se em estudar as variáveis com maiores valores médios dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos.

O diâmetro de caule dos porta-enxertos, quando irrigados com água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ (Tabela 7) sofreu variação entre os genótipos, podendo, assim, encontrar materiais tolerantes à salinidade da água de irrigação, pois os citros são sensíveis ao estresse salino. A variação genética (VG) foi de 36,5139 a 52,2087 com água de condutividade elétrica (CE) 0,3 dS m⁻¹. Já quando se irrigou com água de 3,0 dS m⁻¹, foram notados valores entre 26,3200 a 40,6570, já para as médias fenotípicas, os valores médios estiveram entre 33,4058 a 54,2006 e de 25,2983 a 41,2867 quando irrigados com água de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, com destaque para os genótipos TSKFL x TRBK – 011; e TSKFL x TRBK – 028 irrigados com ambas águas, e os TSKFL x TRBK – 030 com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, denotando que são genótipos promissores para seleção, pois, a presença de variabilidade sugere que entre os materiais estudados existe genótipos superiores, assim, se espera ganhos genéticos aplicando-se procedimentos adequados de seleção.

A herdabilidade individual (h²g) corresponde a variável diâmetro de caule dos porta-enxertos irrigados com água de CE 0,3 dS m⁻¹ foi maior no TSKFL x (LCR x TR) – 012 e no TSKFL x (LCR x TR) – 018, com valores médios da h²g > 0,50, considerado de magnitude alta, já nos demais tiveram valores entre 15 > 0,50, considerados de magnitude média, já quando as combinações foram irrigadas com água de CE 3,0 dS m⁻¹ os valores de h²g variaram entre 50 e 74 (Tabela 7). Sobre o ganho genético e as novas médias, sabe-se que os genótipos TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 017 e TSKFL x TRBK – 028 se destacaram com valores médios do ganho de 6,1299; 5,9310 e 6,0435 com as novas médias passando a ser 39,9809; 40,657 e 40,1691 respectivamente, quando irrigados com água de CE 0,3 dS m⁻¹.

De acordo com Soares et al. (2009), esse valor também pode ser expresso em porcentagem, com isso, basta dividi-lo pela nova média e multiplicar por cem, sendo assim, os genótipos que proporcionaram ganhos de 11,7; 11,4 e 11,5%. Nas combinações irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, o ganho e a nova média obtiveram valores médios de 4,7908; 5,4669 e 4,9791 com as novas médias de 39,9809; 40,657 e 40,1691, nos genótipos TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 017 e TSKFL x TRBK – 028 respectivamente, esses genótipos proporcionaram ganhos na ordem de 11,9; 13,4 e 12,3.

Tabela 7 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos *Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP's individuais relativos ao diâmetro de caule do porta-enxerto (Dcolo), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ durante dois anos. Pombal - PB, 2020.

Dcolo					
CE 0,3 ds m⁻¹					
PORTA-ENXERTOS	VG	VF	H ² Genotípica	Ganho	Nova Média
TSKC x (LCR x TR) – 017	43,1398	42,1847	0,2258	2,2794	48,3582
TSKC x (LCR x TR) – 032	42,6641	41,5544	0,4926	1,0628	47,1416
TSKC x (LCR x TR) – 059	44,8545	44,4567	0,4297	3,1492	49,228
TSKFL x (LCR x TR) – 012	43,1027	42,1356	0,5349	1,6225	47,7013
TSKFL x (LCR x TR) – 018	47,3934	47,8206	0,5040	4,7769	50,8557
TSKFL x TRBK – 011	52,2087	54,2006	0,4468	6,1299	52,2087
TSKFL x TRBK – 017	51,7848	53,6389	0,4538	5,9310	52,0098
TSKFL x TRBK – 028	52,0359	53,6389	0,4091	6,0435	52,1223
TSKFL x TRBK – 030	47,0907	47,4194	0,4005	4,0239	50,1027
LCR	36,5139	33,4058	0,2748	0,0000	46,0788
Média original da população				46,07	
CE 3,0 ds m⁻¹					
TSKC x (LCR x TR) – 017	37,7202	38,0117	0,5540	4,2472	39,8664
TSKC x (LCR x TR) – 032	32,5731	32,2717	0,7186	2,4517	38,4865
TSKC x (LCR x TR) – 059	30,1340	29,5517	0,6989	0,9856	36,9308
TSKFL x (LCR x TR) – 012	33,7333	33,5656	0,7354	3,2965	39,4372
TSKFL x (LCR x TR) – 018	39,6043	40,1128	0,6154	4,7908	39,9809
TSKFL x TRBK – 011	40,6570	41,2867	0,7401	5,4669	40,657
TSKFL x TRBK – 017	39,6813	40,1986	0,7233	4,9791	40,1691
TSKFL x TRBK – 028	31,9539	31,5811	0,5436	1,7408	37,6418
TSKFL x TRBK – 030	39,5231	40,0222	0,6383	4,6764	39,8664
LCR	26,3200	25,2983	0,5600	0,0000	36,1756
Média original da população				35,14	

Vg: variância genotípica; Vf: variância fenotípica individual; h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, Ganho esperado e Nova media esperada; TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’.

Com relação ao diâmetro de caule medido no ponto de enxertia (Tabela 8), se observa comportamento similar ao diâmetro de caule do porta-enxerto quando as combinações foram irrigadas com água de CE de 0,3 dS m⁻¹, com destaque para os genótipos TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 017 e TSKFL x TRBK – 028 com valores médios da variação genética e fenotípica de 50,0255; 50,0255; 50,5452 e 51,7161; 51,0817 e 52,4200 mm, respectivamente.

A h²g variou de 20,50 a 47,88% onde h²g para todos os genótipos foram considerados de magnitude média, o que pode ocasionar ganho em todos os genótipos e nas novas meédias. No entanto, ressalta-se que os genótipos TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 017 e TSKFL x TRBK – 028 obtiveram as maiores meédias com ganhos na ordem de 10,25; 9,79 e 10,73%, com novas meédias na ordem de 49,0867; 48,9018 e 49,2847 mm, ou seja, os valores genótipos

são inferiores aos da média fenotípica, pois os valores fenotípicos têm a interação com o ambiente, assim pode proporcionar maiores médias.

O genótipo que vinha se destacando entre as maiores médias das componentes de variação e parâmetros genéticos, TSKFL x TRBK – 011 com 37,0412 e 37,9333 mm na variação genética e média fenotípica, permaneceu com as maiores médias do diâmetro da enxertia com água de CE 3,0 dS m⁻¹, sendo acompanhado dos genótipos TSKC x (LCR x TR) – 017; TSKFL x (LCR x TR) – 012 e o TSKFL x (LCR x TR) – 018, com valores médios de 36,8316; 36,1622; 37,1521 e 37,6572; 36,7756, 38,0794 respectivamente, no entanto, ao na h²g, entre os genótipos que estavam se sobressaindo, o que continuou entre os com maiores valores foi o TSKFL x TRBK – 017 com h²g de 50,17% acompanhado do genótipo TSKFL x (LCR x TR) – 012 com h²g de 50,16%, considerado de magnitude altae os demais foram considerados de magnitude média com valores que variaram entre 33,42 a 47,56%, segundo Resende (2002).

Ao estudar (Tabela 8) o diâmetro da enxertia quando irrigado com água de 3,0 dS m⁻¹ os porta-enxertos que se relacionaram às maiores médias decorrentes dos ganhos genéticos foram (TSKC x (LCR x TR) – 017), (TSKFL x (LCR x TR) – 012), (TSKFL x (LCR x TR) – 018) e TSKFL x TRBK – 011, com valores médios de 37,0083; 36,7968; 37,1521; 37,0967; 36,3605 com ganhos de 7,51; 6,97; 7,86; 7,73 e 5,86%. Apesar de as médias de h²g terem valores de magnitude média, os ganhos estimados com a seleção podem ser considerados promissores, pois as combinações em virtude da idade precoce da avaliação e sob as condições que as plantas se encontravam, dado que eram irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, ou seja, sob estresse salino.

Em relação ao diâmetro da copa das combinações copa/porta-enxerto irrigadas com água de CE de 0,3 dS m⁻¹ (Tabela 9), os porta-enxertos TSKFL x TRBK – 011, TSKFL x TRBK – 017 e TSKFL x TRBK – 028 destacaram-se mais uma vez, com as maiores médias nos componentes de variância e parâmetros genéticos, onde a VG variou entre 33,7993 a 41,9537 e a média fenotípica de 30,1497 a 44,0789, para a h²g os valores médios variaram entre 11,14 a 33,79, os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 017 e LCR tiveram as menores h²g, com valores médios de 13,60 e 11,14 tidos como de baixa magnitude, o que pode estar relacionado a menor variabilidade dessas combinações, isso se refletirá nos ganhos genéticos para as novas médias.

O LCR foi o único a não ter ganhos demais genótipos apresentaram ganhos que variaram, 1,44 a 7,15% e as novas médias variaram entre 39,5254 a 41,9537 superiores à média geral das combinações, os valores médios dos componentes de variação e dos parâmetros genéticos da copa foram inferiores aos do diâmetro do colo, tais resultados podem ser

explicados pelas características da copa, uma vez que as medições foram feitas no enxerto e como foi o mesmo para todos, teve uma menor influência da variação genética dos porta-enxerto.

Tabela 8 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos *Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP's individuais relativos ao diâmetro do caule no ponto da enxertia (Denxertia), considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, durante dois anos. Pombal - PB, 2020.

Denxertia					
CE 0,3 ds m⁻¹					
PORTA-ENXERTOS	VG	VF	H ² Genotípica	Ganho	Nova Média
TSKC x (LCR x TR) – 017	40,1604	38,3558	0,2050	0,0864	45,888
TSKC x (LCR x TR) – 032	45,6714	45,8194	0,4520	3,7713	47,6156
TSKC x (LCR x TR) – 059	42,5333	41,5694	0,4056	1,5735	46,4523
TSKFL x (LCR x TR) – 012	45,6185	45,7478	0,4703	2,6447	47,2683
TSKFL x (LCR x TR) – 018	44,6943	44,4961	0,4230	2,1870	46,9196
TSKFL x TRBK – 011	50,0255	51,7161	0,4452	5,0317	49,0867
TSKFL x TRBK – 017	49,5570	51,0817	0,3947	4,7889	48,9018
TSKFL x TRBK – 028	50,5452	52,4200	0,4308	5,2916	49,2847
TSKFL x TRBK – 030	45,9721	46,2267	0,4228	3,7713	48,1266
LCR	37,7585	35,1031	0,2291	0,0000	45,2536
Média original da população	45,25				
CE 3,0 ds m⁻¹					
TSKC x (LCR x TR) – 017	36,8316	37,6572	0,3342	2,7798	37,0083
TSKC x (LCR x TR) – 032	33,4211	33,1650	0,4756	1,4084	35,637
TSKC x (LCR x TR) – 059	31,9373	31,2106	0,3880	0,9460	35,1745
TSKFL x (LCR x TR) – 012	36,1622	36,7756	0,5016	2,5682	36,7968
TSKFL x (LCR x TR) – 018	37,1521	38,0794	0,3801	2,9236	37,1521
TSKFL x TRBK – 011	37,0412	37,9333	0,4717	2,8681	37,0967
TSKFL x TRBK – 017	34,6154	34,7381	0,5017	2,1320	36,3605
TSKFL x TRBK – 028	31,2431	30,2961	0,3804	0,5091	34,7377
TSKFL x TRBK – 030	34,2351	34,2372	0,4080	1,7777	36,0063
LCR	29,6462	28,1928	0,4412	0,0000	34,2285
Média original da população	34,22				

Vg: variância genotípica; Vf: variância fenotípica individual; h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, Ganho esperado e Nova media esperada; TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’.

Já para as combinações irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹ (Tabela dcopa) nos componentes de variância e os parâmetros observa-se que a combinação com o porta-enxerto TSKC x (LCR x TR) – 017, por ter as maiores médias na variação genotípica e fenotípica com valores de 32,8540 e 33,3956, embora sua h²g foi de 45,12% inferior as demais combinações, obteve ganho de 11,20%. Vale enfatizar que essa combinação, quando irrigada com água de 0,3

dS m⁻¹, apresentou valores não tão expressivos, indicando ser um material superior, tolerante ao estresse salino, podendo o referido porta-enxerto híbrido ser utilizado em cruzamentos futuros visando à obtenção de variedades porta-enxerto tolerantes à salinidade. Todavia, as demais combinações tiveram ganhos expressivos de 1,61 a 11,10% a excerto o LCR que não teve.

Quanto à variável número de fruto, tendo as combinações copa/porta-enxerto sido irrigadas com água de CE de 0,3 dS m⁻¹ (Tabela 10), constatou-se que as de maiores médias relacionaram-se aos porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKC x (LCR x TR) – 059 e o TSKFL x TRBK – 011, com valores de 136,2347; 158,9529; 147,6520 e 142,5; 175 e 158,833 números de frutos (NF), respectivamente. O porta-enxerto TSKFL x TRBK – 011, por sua vez, relacionou-se a uma das maiores médias na variação genética e fenológica. Mesmo com a h²g de 13,66%, considerada baixa, o seu ganho foi de 8,78% com uma nova média de 153,303 frutos por planta. Já as combinações com as maiores h²g individuais foram aquelas com os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKFL x (LCR x TR) – 012 e TSKFL x TRBK – 028, com valores de 58,06; 52,07 e 82,67, considerados altos.

Embora a combinação com o porta-enxerto TSKFL x TRBK – 028 tenha apresentado a maior h²g, de 82,67%, o ganho a ela relacionado foi de 5,48%, com as novas médias de 132,224 fruto por planta. Em outra direção a combinação com o porta-enxerto TSKC x (LCR x TR) – 017 manifestou valores menores na VG e h²g de magnitude considerada média, alcançando o valor de 37,26 frutos por planta, tendo um ganho de 26,10%, considerado expressivo para u novos cruzamentos. A variável número de frutos é um caráter quantitativo, controlada, portanto, por vários genes, estando sujeita a maior influência do ambiente, conforme RESENDE (2002).

A maioria das combinações estudadas apresentou h²g consideradas de magnitude moderada a alta. Apenas a combinação com o porta-enxerto TSKFL x TRBK – 011 teve valor médio de h²g de 13,66%, considerado baixo. Vencovsky (1978) e Resende (2002) relatam que, a maioria dos caracteres quantitativos de importância econômica tendem a ter herdabilidade individual de aproximadamente 20%. O que comprova a presença de materiais superiores, na presente pesquisa, ficando mais evidente quando as combinações foram irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, verificando-se apenas a combinação com TSKFL x (LCR x TR) – 012 com média de 37,70% na h²g, mas com ganho de 60,2 frutos por planta e 44,11% na nova média.

A maioria das combinações estudadas apresentou h²g consideradas de magnitude moderada a alta. Apenas a combinação com o porta-enxerto TSKFL x TRBK – 011 teve valor médio de h²g de 13,66%, considerado baixo. Vencovsky (1978) e Resende (2002) relatam que, a maioria dos caracteres quantitativos de importância econômica tendem a ter herdabilidade individual

de aproximadamente 20%. O que comprova a presença de materiais superiores, na presente pesquisa, ficando mais evidente quando as combinações foram irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, verificando-se apenas a combinação com TSKFL x (LCR x TR) – 012 com média de 37,70% na h²g, mas com ganho de 60,2 frutos por planta e 44,11% na nova média.

Tabela 9 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos *Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP's individuais relativos ao diâmetro da copa (Dcopa), considerando combinações de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, durante dois anos. Pombal - PB, 2020.

Dcopa					
CE 0,3 ds m⁻¹					
PORTA-ENXERTOS	VG	VF	H ² Genotípica	Ganho	Nova Média
TSKC x (LCR x TR) – 017	37,5686	41,5734	0,1360	0,8514	39,8041
TSKC x (LCR x TR) – 032	39,9714	40,6928	0,2275	1,7191	40,6719
TSKC x (LCR x TR) – 059	37,2954	36,1217	0,2714	0,5726	39,5254
TSKFL x (LCR x TR) – 012	39,9259	40,6150	0,3379	1,5699	40,5227
TSKFL x (LCR x TR) – 018	39,3339	39,6039	0,2592	1,3718	40,3245
TSKFL x TRBK – 011	41,9537	44,0789	0,3040	3,0009	41,9537
TSKFL x TRBK – 017	40,5399	41,6639	0,2808	2,2940	41,2468
TSKFL x TRBK – 028	40,2225	41,1217	0,2879	1,9526	40,9054
TSKFL x TRBK – 030	38,9170	38,8917	0,2602	1,1707	40,1235
LCR	33,7993	30,1497	0,1114	0,0000	38,9527
Média original da população				38,95	
CE 3,0 ds m⁻¹					
TSKC x (LCR x TR) – 017	32,8540	33,3956	0,4512	3,6804	32,8540
TSKC x (LCR x TR) – 032	27,9268	27,7433	0,6787	1,5917	32,6433
TSKC x (LCR x TR) – 059	26,7301	26,3706	0,5268	1,0873	32,5241
TSKFL x (LCR x TR) – 012	32,2816	32,7389	0,5804	3,2899	32,4635
TSKFL x (LCR x TR) – 018	32,2857	32,7436	0,6578	3,3505	31,7297
TSKFL x TRBK – 011	32,4327	32,9122	0,6284	3,4697	31,2383
TSKFL x TRBK – 017	28,7816	28,7239	0,6937	2,0648	30,7653
TSKFL x TRBK – 028	24,8748	24,2422	0,5463	0,4888	30,2609
TSKFL x TRBK – 030	28,7946	28,7389	0,5842	2,5561	29,6624
LCR	24,7741	24,1267	0,6187	0,0000	29,1736
Média original da população				29,17	

Vg: variância genotípica; Vf: variância fenotípica individual; h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, Ganho esperado e Nova media esperada; TSKC = tangerineira 'Sunki' comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro 'Cravo' (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira 'Sunki da Flórida'; TRBK = trifoliata 'Benecke'; LCRSTC = limoeiro 'Cravo Santa Cruz'.

Para a variável peso médio de frutos por planta - NF/PLANTA (Tabela 11), as combinações, quando irrigadas com água de CE de 0,3 dS m⁻¹, registraram as maiores médias nos porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKC x (LCR x TR) – 059 e TSKFL x TRBK – 011, com valores de 7816,6741; 9167,4892 e 8436,1701 e 8233,33; 10903,0 e 9457,67 g por planta. Já para a maioria das combinações os valores ficaram entre 0,15 < h² < 0,50,

considerados médios, com exceção, das combinações com TSKFL x TRBK – 011 e LCRSTC, cuja herdabilidade foi considerada baixa, com valores médios de 10,71% e 9,0%, respectivamente. Contudo, o híbrido TSKFL x TRBK – 011 está entre os porta-enxertos que determinaram maiores ganhos. Apenas a combinação com LCR apresentou valor inferior a 10%, o que sinaliza que para a maioria das combinações existe a possibilidade de seleção com ganhos genéticos significativos, pois a herdabilidade e a intensidade de seleção afetam diretamente o ganho esperado (RESENDE, 2007; SCARPINATI et al. 2009; SANTOS et al., 2014). Ou seja, a maior variância genética e/ou menor influência ambiental está correlacionada com altos valores de herdabilidade.

Tabela 10 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos *Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP`s individuais relativos ao número de fruto por planta, considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m⁻¹ durante dois anos. Pombal- PB, 2020.

NÚMERO DE FRUTO POR PLANTA					
CE 0,3 ds m⁻¹					
PORTA-ENXERTOS	VG	VF	H² Genotípica	Ganho	Nova Média
TSKC x (LCR x TR) – 017	128,3124	131,167	0,3228	37,2696	142,788
TSKC x (LCR x TR) – 032	136,2347	142,5	0,5806	31,6191	147,613
TSKC x (LCR x TR) – 059	158,9529	175	0,3167	25,9299	158,953
TSKFL x (LCR x TR) – 012	123,3027	124	0,5207	21,1047	138,891
TSKFL x (LCR x TR) – 018	105,9437	99,1667	0,4328	17,2076	128,939
TSKFL x TRBK – 011	147,6520	158,833	0,1366	13,4640	153,303
TSKFL x TRBK – 017	116,4290	114,167	0,4716	10,5403	135,147
TSKFL x TRBK – 028	114,6815	111,667	0,8267	7,2553	132,224
TSKFL x TRBK – 030	104,5456	97,1667	0,3391	4,5449	126,228
LCR	80,7789	63,1667	0,1507	0,0000	121,683
Média original da população				121,68	
CE 3,0 ds m⁻¹					
TSKC x (LCR x TR) – 017	73,0446	72,6667	0,8049	23,9128	100,28
TSKC x (LCR x TR) – 032	82,7714	83,5000	0,7886	30,7216	107,088
TSKC x (LCR x TR) – 059	101,4767	104,333	0,8018	38,8272	115,194
TSKFL x (LCR x TR) – 012	136,6426	143,500	0,3770	60,2759	136,643
TSKFL x (LCR x TR) – 018	107,4623	111,000	0,5764	45,6858	122,053
TSKFL x TRBK – 011	62,4200	60,8333	0,7272	17,6029	93,9696
TSKFL x TRBK – 017	44,3133	40,6667	0,6962	4,0603	80,427
TSKFL x TRBK – 028	55,9854	53,6667	0,6914	8,5745	84,9412
TSKFL x TRBK – 030	59,7264	57,8333	0,7477	12,711	89,0777
LCR	39,8240	35,6667	0,6085	0,0000	76,3667
Média original da população				76,36	

Vg: variância genotípica; Vf: variância fenotípica individual; h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, Ganho esperado e Nova media esperada; TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’.

Em relação ao ganho e as novas maiores médias estes estão de acordo com os maiores valores de variação genética e média fenotípica, sendo as combinações com TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKC x (LCR x TR) – 059 e TSKFL x TRBK – 011, com ganhos de 1083,53; 1777,57 e 1411,91 kg por planta elevando as novas médias para 8473,44; 9167,49 e 8801,83 kg por planta, respectivamente, tendo um ganho de 12,78; 19,38 e 16,04%, estando a combinação com TSKFL x TRBK – 011 entre aquelas com maiores ganhos entre os genótipos estudados.

Ao estudar peso médio de fruto por planta (Tabela 11), considerando águas de irrigação com CE de 3,0 dS m⁻¹, percebe-se que as combinações com os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 032, TSKC x (LCR x TR) – 059 e TSKFL x (LCR x TR) – 012 foram as que alcançaram as maiores médias, com valores de 4159,5489, 5902,9202 e 4313,7555 e de 4313,7555; 6319,33 e 4452,33 g por planta, da variação genética e média fenotípica, respectivamente.

Com relação à h²g, os valores variaram de 26,30 a 81,20, sendo bem superiores, quando as mesmas combinações foram irrigadas com água de CE de 0,3 dS m⁻¹, demonstrando, mais uma vez, o potencial dessas combinações quanto à tolerância à salinidade da água de irrigação e que elas possuem potencial para serem selecionadas para uso em programas de melhoramento genético voltados ao desenvolvimento de variedades porta-enxerto tolerantes à salinidade.

As combinações que alcançaram os maiores ganhos foram aquelas onde estiveram presentes os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 059, TSKFL x (LCR x TR) – 012 e TSKFL x (LCR x TR) – 018, com valores médios de 1270,96; 2381,8 e 1587,22 g por planta, tendo uma porcentagem de 26,52; 40,34 e 31,06% nas novas médias que são de 4792,07; 5902,92 e 5108,34 g de fruto por planta respectivamente. Tais valores são o reflexo da alta variação genética e herdabilidade, como foi relatado anteriormente (Tabela 11).

Destaca-se ainda, que os pesquisadores devem priorizar os valores genotípicos, pois são os verdadeiros valores a serem preditos, como informam Borges et al. (2010). Logo, as novas médias são predições pelo BLUP, ou seja, são estes valores que os genótipos, provavelmente, produzem em cultivo comercial. Observa-se que, apenas a combinação com LCR não alcançou ganho para o caráter peso médio de fruto por planta.

No entanto, à exceção do LCR, todos os demais porta-enxertos relacionaram-se a valores acima da média geral do experimento, demonstrando o potencial dos genótipos estudados. Segundo WINCKLER FILHO (2016), para que possa economizar tempo e recurso, se faz necessário identificar materiais superiores à média geral do experimento, nos programas de melhoramento genético facilitando a busca por genótipos superiores aos já cultivados pelos produtores aumentando assim a variabilidade dos pomares.

Tabela 11 - Estimativas de parâmetros genéticos a partir dos *Best Linear Unbiased Prediction* – BLUP`s individuais relativos ao peso médio de frutos por planta, considerando combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com dez porta-enxertos, sob irrigação com águas 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, durante dois anos. Pombal - PB, 2020.

PESO MÉDIO DE FRUTOS POR PLANTA					
CE 0,3 ds m⁻¹					
PORTA-ENXERTOS	VG	VF	H² Genotípica	Ganho	Nova Média
TSKC x (LCR x TR) – 017	7517,7204	7642,5	0,2227	727,651	8117,57
TSKC x (LCR x TR) – 032	7816,6741	8233,33	0,3724	1083,53	8473,44
TSKC x (LCR x TR) – 059	9167,4892	10903,0	0,1997	1777,57	9167,49
TSKFL x (LCR x TR) – 012	7147,4227	6910,67	0,2600	464,261	7854,18
TSKFL x (LCR x TR) – 018	6507,6028	5646,17	0,2240	180,192	7570,11
TSKFL x TRBK – 011	8436,1701	9457,67	0,1071	1411,91	8801,83
TSKFL x TRBK – 017	7649,7829	7903,50	0,2446	877,612	8267,53
TSKFL x TRBK – 028	7243,9817	7101,50	0,4102	582,053	7971,97
TSKFL x TRBK – 030	6644,1348	5916,00	0,3142	313,005	7702,92
LCR	5768,1879	4184,83	0,0992	0	7389,92
Média original da população				7389,92	
CE 3,0 ds m⁻¹					
TSKC x (LCR x TR) – 017	3448,2409	3435,5	0,6524	762,961	4284,08
TSKC x (LCR x TR) – 032	3595,9218	3609	0,7500	971,92	4493,04
TSKC x (LCR x TR) – 059	4159,5489	4271,17	0,6924	1270,96	4792,07
TSKFL x (LCR x TR) – 012	5902,9202	6319,33	0,2630	2381,8	5902,92
TSKFL x (LCR x TR) – 018	4313,7555	4452,33	0,8120	1587,22	5108,34
TSKFL x TRBK – 011	3232,7490	3182,33	0,5028	587,739	4108,86
TSKFL x TRBK – 017	2392,6281	2195,33	0,5972	141,072	3662,19
TSKFL x TRBK – 028	2899,6514	2791	0,5007	299,767	3820,88
TSKFL x TRBK – 030	3014,2778	2925,67	0,5545	431,371	3952,49
LCR	2251,4731	2029,5	0,5304	0	3521,12
Média original da população				3521,1166	

Vg: variância genotípica; Vf: variância fenotípica individual; h²g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, Ganho esperado e Nova media esperada; TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka]; LCR = limoeiro ‘Cravo’ (*C. ×limonia* Osbeck); TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]; TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’; TRBK = trifoliata ‘Benecke’; LCRSTC = limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’.

CONCLUSÕES

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos evidenciam a presença de variabilidade genética e indicam potencial de seleção de porta-enxertos para a limeira ácida ‘Tahiti’ tolerantes à salinidade.

O ambiente altera as análises de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila *a*.

O ganho e a herdabilidade dos diâmetros de caule e da produção entre os porta-enxertos combinados com limeira ácida ‘Tahiti’ aumentam em condições de irrigação com água salina.

O desempenho superior, considerando o conjunto de caracteres avaliados, das combinações de limeira ácida ‘Tahiti’ com os porta-enxertos TSKC x (LCR x TR) – 059,

TSKFL x (LCR x TR) – 012 e TSKFL x TRBK – 011, caracterizam essas combinações como mais tolerantes à salinidade.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ALMEIDA, J. F. **Ecofisiologia de limeira ácida ‘tahiti’ condicionada a porta-enxertos de citros e salinidade da água. 2019.** 58f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.
- ALVES, R.M; RESENDE, M.D.V. Avaliação genética de indivíduos e progênes de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. **Rev. Bras. Frutic.** 30(3): 696-701, 2008.
- ARAÚJO, M. J.; DIAS, D. C.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 50, n. 10, p. 923-931, 2015.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, Revisado I.
- BARBOSA, R. C. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. da S.; SOARES FILHO, W. dos S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. de A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. *Semina*, v.38, n.2, p.725-738, 2017.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V. F.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BRAZ, T. G. S.; FONSECA, D. M. da; JANK, L.; RESENDE, M. D. V. de; MARTUSCELLO, J. A.; SIMEÃO, R. M. Genetic parameters of agronomic characters in *Panicum maximum* hybrids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 4, p.231-237, 2013.
- BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S., SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Trocas gasosas e fluorescência de variedades de porta-enxerto cítricos sob estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p.1-8, 2016.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A.S; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 17-27, 2014b.

- CAPISTRANO, M. C. - **Avaliação genotípica de laranjeiras – doce via modelos mistos** – 2019. 132 f.: Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Rio Branco, 2019.
- CORREA, E.R.; MEDEIROS, G.C.R.; BARROS, W.S.; BIANCHI, V.J. Evaluation and ranking of Macadamia genotypes using mixed models. **Afr. J. Agric. Res.** 10(38): 3696-3703, 2015
- ETTORI. L. C.; FIGLIOLIA. M. B.; SATO. A. S. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. *In*: HIGA. A. R.; DUQUE SILVA. L. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006. p. 203-225
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, vol. 55, n.396, p.307-319, 2004.
- FOLLMANN, D. N.; SOUZA, V. Q. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DEMARI, G. H.; NARDINO, M.; OLIVOTO, T.; MEIER, C. Desempenho agrônomico e dissimilaridade genética de cultivares de segunda safra de soja usando REML / BLUP e o algoritmo de Gower. **Bragantia**, v.78, n2, p.197-207, 2019.
- GENTY B, BRIANTAIS JM, BAKER. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim Biophys Acta**, v. 990, p.87-92, 1989.
- GOIS, I. B. Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de Citrus. avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 199 - 209 (2016).
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, v.51, n.1, p.463-499, 2000.
- HENDERSON, C. R. Beste Linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Alexandria, v. 31, n. 2, p. 423-447, June, 1975.

- KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. New fluorescence parameters for determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, p. 209-218, 2004.
- LUCIUS, A. S. F; OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VERISSIMO, M. A. A. Desempenho de famílias de cana-de-açúcar em diferentes fases no melhoramento genético via REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p.101-112, 2014.
- MASS, E. V. Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, v. 12, n.2, p. 195-216, 1993.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag, 2005, 929p.
- MENDES, G. G. C. **Análises genéticas, enxertia e formação de pomar de cruzamentos em vasos com espécies arbóreas nativas do Brasil**. 2019. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P.; F. BOTELHO, C.E.; RESENDE, M.D.V.; REZENDE, J. C.; MENDES, A.N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, v.72, n.3, 2013.
- OXBOROUGH, K.; BAKER, N.R. An instrument capable of image chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v.20, p.1473-1483, 1997.
- POMPEU JUNIOR, J., Blumer, S., & Resende, M. D. V. D. (2013). Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n. 1, p. 199-(2013).
- RESENDE, M.D.V. Software selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding, **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** v.16, n.4, pp. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, 2015.
- RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP; Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 361, p.2007
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).

- SÁ, F. V. da S.; BRITO, M. E. B.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. de A.; SANTOS FILHO, W. S. dos; FIGUEIREDO, L. C. de; FERNANDES, P. D. Growth and physiology of citrus rootstocks under salt stress. **Bioscience Journal**, v.34, n.4, p. 907-916, 2018.
- SANTOS, R. F. dos; RODRIGUES, E. da S.; FIGUEIREDO, A. C.; SILVA, J. C. da. Avaliação e monitoramento da condutividade elétrica das águas de poços utilizados para a irrigação na região de Salgueiro-PE. *Revista Semiárido De Visu*, v.4, n.3, p.176-180, 2017.
- SANTOS, S. M. dos; PAIVA, A. L. R. de; SILVA, V. F. da. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, n.3, p.651 - 662, 2016.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. D.; PIAUILINO, A. C. (2012). Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.
- SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; WALTER, W. S. S.; FERNANDES, P. D. F. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.
- SIMONETTI, L. M. Avaliação de novos híbridos de porta-enxertos para a laranjeira ‘valência’. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP, 2015.
- SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. *Tropics*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 53-66, 2003.
- VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. Piracicaba: IPEF, 1987. n.35, p.79-84.
- WINCKLER FILHO, P. R. **Desempenho de famílias e genitores de cana-de-açúcar, série RB12, via modelos mistos no Estado do Paraná**. 46f, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, 2016.
- ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. *Caderno Prudentino de Geografia*, v.1, n.36, p.126-142, 2014.

**SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI'
TOLERANTES À SALINIDADE UTILIZANDO ANÁLISE GT BLIPOT**

SELEÇÃO DE PORTA-ENXERTOS PARA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' TOLERANTES À SALINIDADE UTILIZANDO ANÁLISE GT BLIPOT

RESUMO

Objetivou-se com a pesquisa, analisar a ecofisiologia de combinações copa/porta-enxerto de citros sob irrigação com água salinizada, durante dois anos de produção, utilizando o GGE biplot. As combinações foram formadas com enxertia da limeira ácida 'Tahiti' em 10 porta-enxertos, obtendo-se as mudas no viveiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. As plantas foram cultivadas sob estresse salino em lisímetros de drenagem com capacidade de 150 dm³, usando o delineamento de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de um esquema fatorial, 10 x 2, referentes a 10 porta-enxertos (nove híbridos e o limoeiro 'Cravo', como testemunha) e dois níveis de condutividade da água de irrigação (CEa: S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹), com 3 blocos e cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 60 parcelas. A aplicação do estresse salino teve início aos 15 dias após o transplante, estendendo-se durante os dois primeiros anos de cultivo, com avaliação das plantas quanto aos aspectos de crescimento, fisiológicos e de produção. Os dados foram padronizados, a fim de obter média nula e variância unitária, com isso, realizou-se a estruturação multivariada dos resultados dos genótipos por meio de Análise Componentes Principais (PCA) por grupos de genótipos e variáveis em cada nível de salinidade. As variáveis com maior discriminação e representatividade foram diâmetro do caule do porta-enxerto, diâmetro do caule no ponto da enxertia, diâmetro do caule da copa, número de frutos no 2º ano e produção em ka por planta de frutos no 2º ano, quando os materiais genéticos foram irrigados com CE de 0,3 dS m⁻¹. Já quando foram irrigados com CE de 3,0 dS m⁻¹, foi diâmetro do caule no ponto da enxertia, diâmetro do caule da copa, número de fruto no 2º ano e produção total. O porta-enxerto ideal com maior estabilidade e adaptabilidade foi o 6 - TSKFL x TRBK – 011), quando irrigado com água de 0,3 dS m⁻¹, já com CE de 3,0 dS m⁻¹ os genótipos 5 -TSKFL x (LCR x TR) - 018 e 4 - TSKFL x (LCR x TR) - 012. foram os que mais se aproximaram do ideal.

Palavras-chave: Água salina; Melhoramento em Citros, Componentes principais, Fisiologia em citros.

SELECTION OF ROOTSTOCKS FOR ACID LIME 'TAHITI' SALINITY TOLERANT USING GT BLIPOT ANALYSIS

ABSTRACT

The objective of this study was to predict that, by analyzing an Ecophysiology of citrus canopy/rootstock combinations, during two years of production irrigated with saline water, using the GGE biplot. The consolidated were formed by grafting the acid lime tree 'Tahiti' into 10 rootstocks, obtaining the seedlings in the Embrapa Cassava e Fruticultura nursery, in Cruz das Almas, BA. As they were cultivated under salt stress in drainage lysimeters with a capacity of 150 dm³, without a randomized block design, with a 10 x 2 factorial scheme, referring to 10 citrus genotypes (9 triple hybrids and Rangpur lemon, as control) and two irrigation water conductivity levels (CEa: S1 = 0.3 and S2 = 3.0 dS m⁻¹), with 3 blocks and each plot located by a useful plant, totaling 60 plots. The application of saline stress started 15 days after transplanting, extending over the first two years of cultivation, with evaluation of plants for growth, physiological and production. The data obtained were obtained through analysis of variation by the 'F' test. a multivariate analysis of variance, including genotypes and environment, will be used to arrive at the GE matrix. The analysis considers each location as an environment. Information on the phenotypic medium proven by multivariate GGE biplot analysis. The environments with the greatest discrimination and representativeness were stem diameter, non-grafting point diameter, crown diameter, fruit number in the 2nd year and total yield 2nd when the genetic materials were irrigated with EC of 0.3 dS m⁻¹. When they were irrigated with EC of 0.3 dS m⁻¹, it was diameter at the point of grafting, crown diameter, number of fruit in the 2nd year and total production; The ideal genotype with greater stability and adaptability was 6 when irrigated with 0.3 dS m⁻¹ water, whereas when irrigated with 3.0 dS m⁻¹ EC, genotypes 5 and 4 were the closest to the genotype ideal.

Keywords; saline water; Citrus improvement, Main Component, Physiology in Citrus.

INTRODUÇÃO

A citricultura é uma atividade agrícola que se destaca por gerar renda e emprego para o homem do campo, tanto de forma direta quanto indireta, sobretudo, por meio de divisas provenientes da exportação de seus produtos, em especial, do suco de laranja. Na região Nordeste, desempenha grande relevância social, econômica e alimentar, pela geração de emprego e renda, além de ser uma das principais fontes de vitamina C. Contudo, a produtividade média é de 10,1 t ha⁻¹, já a Paraíba tem rendimento de 6,88 t ha⁻¹ (IBGE, 2019).

A baixa produtividade pode ser atribuída ao uso de combinações copa/porta-enxertos menos produtivos e, ainda, ao déficit hídrico que ocorre nos meses mais quentes do ano, o que remete à necessidade do uso de sistemas de irrigação para aumentar a produção. Neste sentido, a produção agrícola, auxiliada pela irrigação, pode garantir um acréscimo produtivo de 2,7 vezes, se comparado ao cultivo em sequeiro, podendo, em alguns casos, viabilizar a atividade agrícola em áreas áridas ou semiáridas que, por outro lado, são caracterizadas pela limitação da disponibilidade de água, quantitativa e qualitativamente (CHRISTOFIDIS, 2013; DALASTRA et al., 2014).

Tendo em vista essa limitação hídrica nessas regiões, o uso de água de qualidade inferior torna-se uma alternativa para a prática de irrigação de espécies agricultáveis, como o uso de águas provenientes de poços cartesianos presentes nas propriedades locais do semiárido nordestino (SANTOS et al., 2017). Essas águas possuem, em sua composição, elevados teores de sais, causando problemas ao desenvolvimento das plantas, como o efeito osmótico caracterizado pela retenção de água no solo, desencadeando problemas de natureza fisiológica, a exemplo do fechamento estomático e redução na transpiração prejudicando a fotossíntese (HASEGAWA et al., 2000). A toxidez é causada pelo acúmulo de íons, principalmente (Na⁺, Cl⁻ e B) nos tecidos foliares e competição dos sais com nutrientes como K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ ocasionando um desbalanço nutricional (FLOWERS, 2004).

Para viabilizar o uso de água salina, pode-se recorrer a seleção de genótipos que apresentem maior grau de tolerância. Assim também como a melhor combinação copa/porta-enxerto, o que pode ser eficaz para produção de espécies como os citros (ALMEIDA, 2019; CAPISTRANO, 2019). Segundo Brito et al. (2014), a água de CE 2,0 dS m⁻¹ promoveu pequenas restrições no crescimento de genótipos tolerantes, já para Mass (1993) a laranjeira possui uma salinidade limiar de 1,4 dS m⁻¹, o que classifica essas plantas como sensíveis ao estresse salino. Todavia, esse comportamento pode variar em função dos porta-enxertos usados, além da fase fisiológica que pode apresentar variação na tolerância ao efeito dos sais (SINGH et al., 2003).

Segundo Santos et al. (2017) e Yan (2014), a escolha de genótipos estáveis para uma determinada região pode ser realizada por meio de análise de grupo de genótipos (G) e ambientes (E) (GGE biplot), pois permite prever o rendimento médio do genótipo por ambiente específico. Uma vez que, esta análise tem uma melhor compreensão da interação G x E, sendo mais versátil e mais flexível do que outros modelos baseados em modelos lineares simples, regressão e na regressão linear segmentada.

As componentes principais (ACP) permitem reduzir o conjunto de variáveis a serem combinadas, de modo que os dados possam ser mais bem interpretados, possibilitando uma visão holística do comportamento vegetal, com base no que se deseja obter. Ao contrário, a metodologia biplot é uma análise que usa os dois primeiros componentes principais (CP) e descreve os dados graficamente com base em seus padrões. De acordo com Silva et al. (2011), Santos et al. (2016), Paramesh et al. (2016) e Yokomizo et al. (2017), os estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade de diferentes culturas baseadas em gráficos biplot corroboram com a eficiência desta análise para recomendar genótipos e agrupar em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Diante do exposto, objetivou-se selecionar combinações de copa/porta-enxertos de citros, durante dois anos de produção, irrigados com água salinizada, utilizando GGE biplot.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área do CCTA/UFCG, localizado no município de Pombal, PB, sob coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, altitude de 194 m, onde se tem clima do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, conforme classificação de Koppen.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de um esquema fatorial 10 x 2, correspondente a:

- a. Dez combinações copa/porta-enxerto, referentes à combinação da limeira-ácida 'Tahiti' com dez porta-enxertos, sendo nove provenientes de três progênies de citros (três genótipos de cada) e uma testemunha, o limoeiro 'Cravo' (G10 - LCR), todos fornecidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura (PMG-Citros).
 - I. A primeira progênie referiu-se ao cruzamento tangerineira 'Sunki' comum (TSKC) x híbrido limoeiro 'Cravo' x trifoliata (LCR x TR) sendo, genótipos: (**G1** - TSKC x (LCR x TR) – 017); (**G2** - TSKC x (LCR x TR) – 032)) e o (**G3** - TSKC x (LCR x TR) – 32));

- II. A segunda referiu-se ao cruzamento tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) x (LCR x TR), sendo, genótipos: (**G4** - TSKFL x (LCR x TR) – 012), (**G5** - TSKFL x (LCR x TR) – 018);
- III. A terceira ao cruzamento TSKC x trifoliata ‘Benecke’ (TRBK), sendo, genótipos: (**G6** - TSKFL x TRBK – 011), (**G7** - TSKFL x TRBK – 017), (**G8** - TSKFL x TRBK – 028) e o (**G9** - TSKFL x TRBK – 030).

Dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa): S1=0,3 e S2=3,0 dS m⁻¹, com níveis abaixo e acima da salinidade limiar da cultura, que é de 1,1 dS m⁻¹ na água de irrigação (Maas, 1993); o nível mais alto de salinidade corresponde a boa parte das águas subterrâneas disponíveis no semiárido. Ressalta-se que a aplicação foi iniciada aos 15 dias após o transplante (DAT) das mudas em lisímetros, e perdurou durante os dois primeiros anos de cultivo, considerando, porém, as condições de balanço hídrico local.

Combinados os fatores, obtiveram-se 20 tratamentos (dez combinações copa/porta-enxerto x dois níveis de salinidade), repetidos em três blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas. As mudas relacionadas às diferentes combinações copa/porta-enxerto foram formadas em sacolas plásticas, com capacidade de dois litros, no viveiro de produção de mudas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas - BA, seguindo recomendações de produção de mudas certificadas.

Após o transporte e adaptação das mudas ao clima da região, foi realizado o transplante para sacolas com capacidade de 5 L. No manejo, a haste principal da planta enxertada foi podada na altura de 50 cm, deixando-se brotar três hastes da variedade copa, para formar a base da copa da planta. O transplante das mudas para os lisímetros ocorreu aos 365 dias após a semeadura dos porta-enxertos (DAS).

Os lisímetros foram formados a partir de caixas de poliuretano, com capacidade para 150 L, pintadas na cor branca, de modo a aumentar a reflectância da luz solar e reduzir o calor no seu interior. Na base de cada lisímetro foi instalado um registro de 18 mm, de modo a garantir o escoamento do excesso de água do solo, que foi coletado em um recipiente para determinação de seu volume.

O espaçamento usado entre os lisímetros foi de 2,0 x 2,0 m. O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi oriundo da fazenda experimental da UFCG, no Município de São Domingos - PB, com coleta de amostras nas profundidades de 0 - 0,2 m e de 0,2 - 0,4 m. No início do segundo ciclo, período que coincidiu com chuvas no semiárido da região de Pombal, foi feita poda nas plantas de cada combinação, visando iniciar o ciclo de desenvolvimento das plantas em um mesmo momento. Ao final do primeiro ano, foram

coletadas amostras do material de solo de todos os lisímetros para determinação das características físicas e químicas do solo, dando suporte à determinação da adubação no segundo ano de produção. Em cada lisímetro inseriu-se uma camada de cobertura morta com 1 kg de palha de milho triturada, na tentativa de reduzir a evaporação da água do solo.

O preenchimento dos lisímetros foi realizado com a adição, inicialmente, de 15 L de brita e areia (camada com cerca de 0,04 m de altura), para facilitar a drenagem do excesso de água. Seguindo a essa primeira camada, o preenchimento simulou uma cova de plantio em campo (0,40 x 0,40 cm), com o auxílio de um cilindro ajustado no centro do lisímetro (0,44 m de diâmetro e 0,4 m de altura), colocando-se uma mistura de 40 L de solo e 20 L de esterco bovino curtido. A adubação fosfatada foi realizada no centro do lisímetro; a parte externa do cilindro, preenchida somente com solo.

Assim, no preenchimento, tinham-se 15 L de brita+areia, seguidos de 60 L de solo+esterco dentro do cilindro e 60 L de solo fora do cilindro, de modo que os lisímetros receberam um volume de 135 L. O fornecimento de água salinizada às plantas, conforme cada nível de salinidade, foi realizado usando um sistema de irrigação localizada, a partir de mangueiras de 18 mm com gotejadoras autocompensantes com vazão de 8 L/h por gotejador e disposição de 4 gotejadores por planta.

A adubação foi feita semanalmente, utilizando a recomendação proposta por Mattos Junior et al. (2005), como também os tratos culturais, controle de plantas invasoras e de pragas.

O manejo de irrigação transcorreu pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, dividindo o volume a ser aplicado (mL) por 0,9, para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a lixiviação de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Expressão 1) (AYERS & WESTCOT, 1999). A lixiviação foi realizada toda semana, com acréscimo dos 10% de cada irrigação no último evento.

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

Onde 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 coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, para ser acoplado a uma mangueira que direcionava a água drenada para um recipiente com capacidade de 18 L, possibilitando a mensuração do volume drenado.

As águas com condutividade elétricas de 3 dS m^{-1} foram preparadas com a adição de NaCl à água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, que correspondeu a água do sistema de abastecimento local.

No preparo da água de irrigação com CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, se considerou a relação entre CEa e a concentração de sais ($10 \text{ meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$ de CEa), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CEa de $0,1$ a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, em que se enquadra o nível testado. O NaCl foi adicionado à água de abastecimento, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil ajustado à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Após preparação, a água foi armazenada em recipiente plástico de 500 L , devidamente protegido, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

As avaliações das variáveis fisiológicas foram realizadas, no primeiro ano, aos 30, 90, 150, 210, 270, 330 após o plantio e, no segundo ano, a cada dois meses após a poda das plantas. Para mensuração das trocas gasosas das plantas, foi utilizado um equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda., operando com controle de temperatura a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, irradiação de $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e CO_2 do ambiente, em folhas situadas a uma altura de 3 m da superfície do solo, 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 (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (Ci); a avaliação foi feita entre a terceira e quinta folha contada a partir do ápice, considerando a maturação, a posição e a sanidade. De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$], a eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$) (A/Ci) e a eficiência intrínseca de uso de água (A/gs).

As análises de fluorescência da clorofila a foram realizadas no mesmo dia das avaliações de trocas gasosa, por meio de um fluorômetro de pulso modular, modelo OS5p da Opti Science, mediante o protocolo Fv/Fm, com o qual foram determinadas as variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (GENTY et al. 1989). Esse protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 minutos, usando um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primeiros estivessem oxidados, ou seja, os centros de reação estejam abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, foram avaliados os parâmetros fisiológicos do protocolo Yield, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), a fim de serem obtidas as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de

saturação (F'); fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'); taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (Y_{II}).

A partir dos resultados dos dois protocolos (Fv/Fm e Yield), foram determinados: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), usando a expressão 2; coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), com a expressão 3; rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y_{NPQ}), através da expressão 4; e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y_{NO}) com uso da expressão 5.

$$Fo' = Fo / [((Fm - Fo) / Fm + Fo / Fm')] \quad (\text{OXBOROUGH; BAKER, 1997}) \quad \text{Exp. 2}$$

$$qL = \frac{(Fm' - F')}{(Fm' - Fo')} * \left(\frac{Fo'}{F'} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 3}$$

$$Y_{NPQ} = \left(\frac{F'}{Fm'} \right) - \left(\frac{F'}{Fm} \right) \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 4}$$

$$Y_{NO} = \frac{F'}{Fm} \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp. 5}$$

As análises de crescimento foram realizadas no mesmo momento que as fisiológicas, a partir da aplicação dos tratamentos, foram mensurados o diâmetro de caule do porta-enxerto a dois centímetro do solo, o diâmetro de caule no ponto de enxertia e o diâmetro de caule na copa a dois centímetro acima do ponto da enxertia, usando um paquímetro digital.

Durante os dois anos de cultivo, avaliou-se a produção das plantas em cada parcela, sendo contabilizados o número de frutos por planta e o peso médio total dos frutos por planta (kg por planta). Após a colheita dos frutos, houve determinação das variáveis relacionadas ao seu tamanho: diâmetro longitudinal (do ápice à base do fruto) e transversal (região equatorial do fruto).

O método GT Biplot foi embasado usando a expressão Eq. 2:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{1j} + g_{i2}e_{2j} + \epsilon_{ij} \dots\dots\dots(2)$$

onde: Y_{ij} é o desempenho esperado do genótipo i na variáveis j , μ é a constante geral de observações; β_j é o principal efeito das variáveis j ; g_{i1} e g_{i2} são as principais pontuações do i th genótipo no j th variáveis, respectivamente; e ϵ_{ij} é o resíduo não explicado de ambos os efeitos (“ruído”).

Os gráficos biplot no modelo GT serão gerados através da simples dispersão de g_{i1} e g_{i2} para avaliar os genótipos; e de e_{j1} e e_{j2} para avaliar as variáveis com base na Decomposição de Valores Singulares (SVD), na Eq. 3:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

onde: λ_1 e λ_2 são os valores próprios mais elevados do primeiro e do segundo componentes principais: ACP1 e ACP2, respectivamente; ξ_{i1} e ξ_{i2} são os autovetores do i th genótipo de ACP1 e ACP2, respectivamente; e η_{1j} e η_{2j} são os autovetores do j ésimo variável de ACP1 e ACP2, respectivamente. As análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros dois componentes principais (CPA) do biplot, análise aplicada aos genótipos x variáveis, (GT biplot), explicaram 69,3% da variação total na salinidade de 0,3 dS m⁻¹ e 68,84% da variação total na salinidade 3,0 dS m⁻¹ (Figura 1 A e B). Este resultado sugere que os gráficos biplot explicam a maioria das somas de quadrados e interação GE no genótipo. Com base em estudos com análise multivariada (Yan 2001), é possível ter uma seleção segura de genótipos. Segundo Santos et al (2017), um local de estudo ideal deve apontar os genótipos que se sobressaíram diante das variáveis avaliadas, sendo assim, deve-se apresentar um PC 1 de maior valor, significando que este possui uma maior capacidade de representar todas as outras variáveis.

O biplot de quem venceu onde foi dividido em vários grupos por linhas perpendiculares. Para Yihunie e Gesesse (2018) os genótipos são classificados como os que apresentam os melhores resultados em um ou mais variáveis. Portanto, os genótipos dentro do setor por eles limitados estão mais distantes da origem do que os outros nos vértices do biplot. Esses genótipos podem ser utilizados para identificar possíveis macroambientes (Santos al. 2017; Yan 2001); é importante dizer que os genótipos localizados dentro do polígono eram pouco influenciados pelos estímulos das variáveis (Figura 1 A e B).

A Figura 1 (quem vence onde) dos dados multi variáveis permite o agrupamento dos materiais genéticos e visualizar os superiores em quais variáveis, ou seja, em quais variáveis cada genótipo tem o maior destaque, tendo importância para averiguar a presumível existência de megavariável diferentes em uma localidade.

Os vértices do polígono foram os genótipos G3, G10, G5, G8 e G6 quando irrigados com água de CE de 0,3 dS m⁻¹, a divisão sugere a formação de 4 mega-variáveis compostas por (i) as variáveis V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8 e V12; (ii) contendo V9, 10 e V11, (iii) apenas a

variável V4 (Figura 1 A). Já quando os genótipos foram irrigados com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, os vértices do polígono são compostos pelos genótipos G4, G2, G10, G7, G6, G1 e G5, tendo a formação de quatro mega-variáveis com (i) contendo as variáveis V5, V6, V9, V10, V11 e V12, (ii) contendo V2, V3 e V8, (iii) contendo V1 e V7, (iv) V4 (Figura 1 B), há genótipos que não se encacham em nenhuma mega-variável.

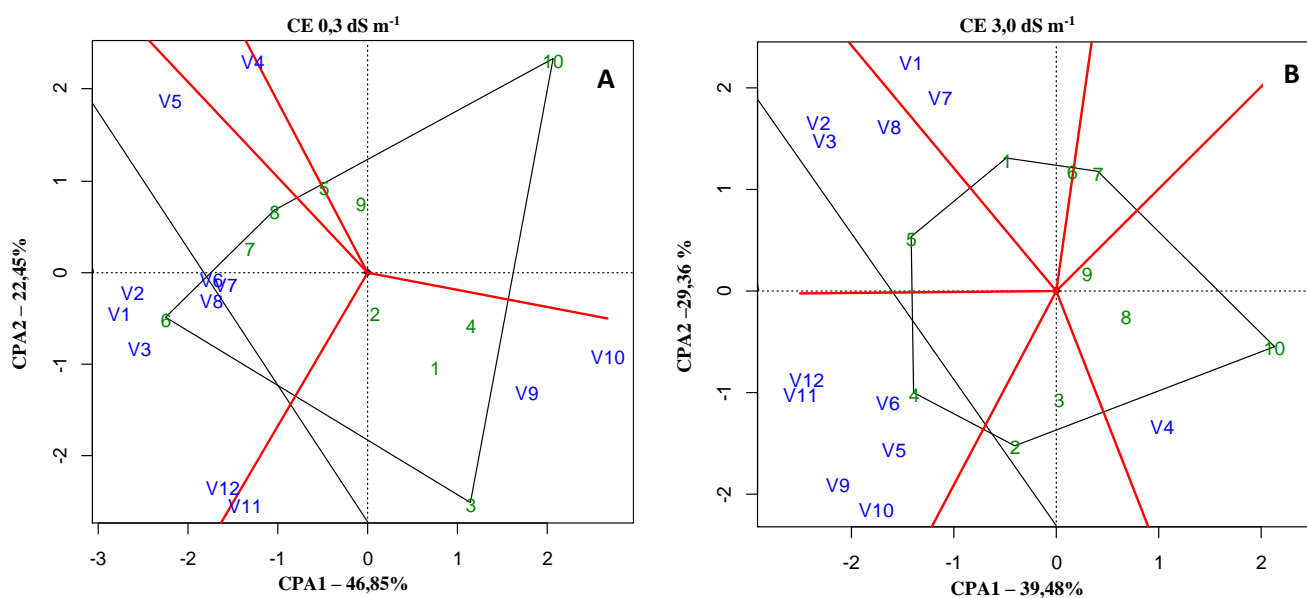


Figura 1 - GT Biplot representando o gráfico "quem venceu onde" (which won where) de dez porta-enxertos em combinação com a limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], considerando as variáveis diâmetro do caule do porta-enxerto (V1), diâmetro do caule no ponto de enxertia (V2), diâmetro do caule da copa (V3), concentração interna de CO₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número de frutos no 1º ano (9), produção total de frutos por planta em kg no 1º ano (10), número de frutos no 2º ano (11), produção total de frutos por planta em kg no 2º ano (12), submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. (TSKC) = tangerineira 'Sunki' comum, (LCR) híbrido limoeiro 'Cravo', (TR) trifoliata, (TSKFL) tangerineira 'Sunki da Flórida' (TRBK), trifoliata 'Benecke' e o (LCRSTC) Cravo Santa Cruz.

Observa-se que os genótipos G6 e G8 estão nos vértices do setor em que as variáveis V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8 e V12 estão posicionados, portanto, são os que tiveram melhor desempenho nestas variáveis; sendo que o genótipo G6 teve maior destaque, com a maior proximidade das variáveis V1, V2, V3, V6, V7, V8 e V12, já o genótipo G3 está no vértice do setor em que os ambientes V9, V10, V11 estão localizados, com isso, é o que possui o melhor desempenho, o G5 teve o melhor desempenho na variável V4, quando os genótipos foram irrigados com CE de 0,3 dS m⁻¹ (Figura 1 A).

Quando os genótipos foram irrigados com água de CE de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 1 B), o genótipo G4 está no vértice do setor em que as variáveis V5, V6, V9, V10, V11 e V12 estão posicionados, sendo o genótipo com melhor desempenho nestas variáveis; o genótipo G5 com a

melhor performance nas variáveis V2, V3 e V8; G1 e G6 o melhor desempenho nas variáveis V1 e V7 e o G10 o na variável V4.

Todavia, verifica-se que os genótipos G1, G2, G4, G7, G9 e o G10 não se aproximaram de nenhuma variável, significando que não foram superiores quando irrigados com água de 0,3 dS m⁻¹ em nenhum variável (Figura 1 A), já quando os genótipos foram irrigados com água de 3,0 dS m⁻¹, o G2, G3, G7, G8 e G9, tiveram baixo desempenho, não se aproximando de nenhum variável. Os genótipos G2, G7 e G9 tiveram baixo desempenho quando foram irrigados com água de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹. Neste contexto, os genótipos que estão em seus setores, mas não estão contidos em nenhuma variável, mesmo estando posicionados nos vértices do polígono, são classificados como inadaptados em comparação com as variáveis testadas na mega-variável, (SANTOS et al. 2017).

Dar-se o nome eixo do variável-média ou EAM a linha contendo uma seta que seria o variável-média (Figura 2 A e B). O genótipo que ultrapassar a seta tem um desempenho médio superior. A menor estabilidade é dada pela maior distância da origem, sendo a linha perpendicular ao eam, em ambas as direções (YAN 2002; 2011). Ao estudar os genótipos quando irrigados com água de CE de 0,3 dS⁻¹ (Figura 1 A), nota-se que o genótipo G6 teve valores médios acima do ambiente médio, tendo o desempenho superior aos demais genótipos avaliados, seguido do G7 > G8 > G5 > G2 > média geral > G9 > G1 > G4 e o G10, Os genótipos G7 e G8 se destacaram por estarem acima da média geral, no entanto, não foram estáveis, embora tenham desempenhos de valores médios interessantes para as variáveis condutância estomática (V5), taxa de assimilação de CO² (V6), fluorescência máxima (V7) e fluorescência variável (V8) quando irrigados com água de CE de 0,3 dS⁻¹.

Quando os genótipos foram irrigados com água de CE de 3,0 dS m⁻¹ a classificação foi: G4 > G5 > G2 > G1 > G3 > média geral G6 > G9 > G7 > G8 > G10, sendo que, os genótipos G4 e G5 os que mais se destacaram com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, embora instáveis, o genótipo G4 que teve valores médios interessantes para as variáveis condutância estomática (V5), taxa de assimilação de CO² (V6), número fruto 1° ano (V9) produção total kg por planta 1° ano, número fruto 1° ano (V11) e produção total kg por planta no 2° ano (V12). Os genótipos mais instáveis de todos o 1 e 2 quando irrigados com água de CE de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 2 B).

Para um determinada variável, um ideótipo é uma forma ideal de planta ou genótipo, pois apresenta alto desempenho médio e alta estabilidade nas mega-variáveis. Segundo (Yan et al. 2007; Yan 2011), a visualização de GT biplot Média versus Estabilidade é uma ferramenta eficaz para avaliar genótipos em ambos os aspectos, assim, podendo ser identificado aqueles que se aproximam do ideótipo. Neste contexto, ao observar a Figura 3 A onde os genótipos

foram irrigados com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, o genótipo G6 superou o ideótipo, pois foi estável (Figura 2 A).

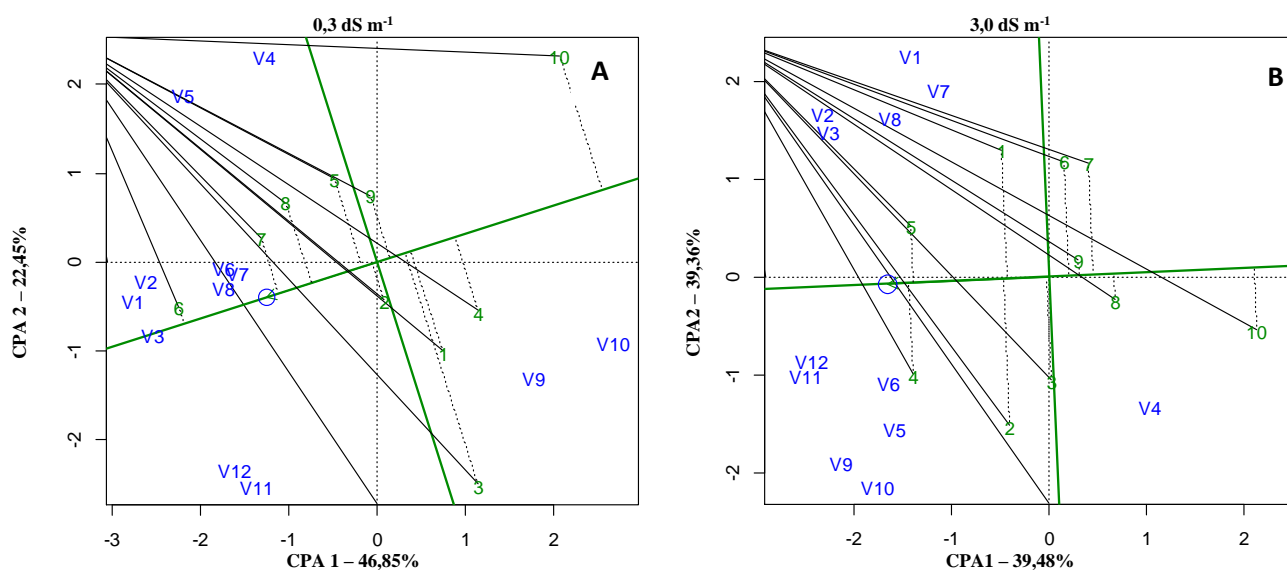


Figura 2 - Adaptabilidade e estabilidade de 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total de frutos por planta em kg no 1° ano (10), número de frutos no 2° ano (11), produção total de frutos por planta em kg no 2° ano (12), submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo, (TSKC) = tangerineira ‘Sunki’ comum, (LCR) híbrido limoeiro ‘Cravo’, (TR) trifoliata, (TSKFL) tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TRBK), trifoliata ‘Benecke’ e o (LCRSTC) Cravo Santa Cruz.

Ao se utilizar água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, o genótipo G9 se aproximou do ideótipo tendo estabilidade, embora tenha ficado abaixo da média geral. Os autores Yokomizo et al, (2017) estudando genótipos de açazeiro perceberam que, nenhum genótipo de açazeiro superou o ideótipo, pois todos os materiais mais produtivos foram também os mais instáveis, o mesmo ocorreu com Aliyu et al. (2014) quando avaliaram cajueiros para número, peso e produtividade de amêndoas. Para a dispersão dos materiais genéticos quando foram irrigados com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ o genótipo 6 superou a média do mega-ambiente, os genótipos 4 e 5 se aproximaram da média do mega-ambiente com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Diferente do que aconteceu em estudos com mangueira (Costa et al. 2016) e mandioca (Peprah et al. 2016), onde as médias não se concentraram próximas as dos mega-variáveis.

A estabilidade elevada só tem sentido quando associada ao desempenho médio, sendo um conceito importante em relação à estabilidade, ilustrado pelas Figura 3 A e B. Visto que, um genótipo estável é esperado, exclusivamente, quando apresenta associado também um alto desempenho médio para a característica em questão (Yan 2011). Os genótipos que estão próximo no eixo EAM ou no centro dos círculos concêntrico representam o ideótipo nas figuras,

no sentido positivo e tem comprimento do vetor igual aos vetores mais longos dos genótipos sobre o lado positivo do EAM, ou seja, mais alta performance. Logo, os genótipos que estão mais distantes do centro são menos desejáveis do que os próximos.

Deste modo, o genótipo G6 quando irrigado com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, foi o genótipo ideal neste conjunto de dados, seguido do G7, G8, G2, G5, no entanto, os genótipos G7, G8, foram mais almejados pelas suas melhores médias para as características, em relação ao G2 e G5, embora o G2 tenha maior estabilidade (Figura 3 A). Para os genótipos com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Figura 3 B) o mais próximo do ideal foi o G5 seguido do G4, sendo que, o genótipo G5 está relacionado com as variáveis, Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), condutância estomática (V5), taxa de fluorescência máxima (V7), fluorescência variável (V8), ressalta-se que, apesar do genótipo G4 não estar dentro do círculo, ele teve as maiores médias com relação as variáveis condutância estomática (V5), taxa de assimilação de CO_2 (V6), número fruto 1º ano (V9), produção total em kg por planta 1º ano (V11), número fruto 2º ano (V12), produção total em kg por planta 2º ano, características que determinam um genótipo ideal.

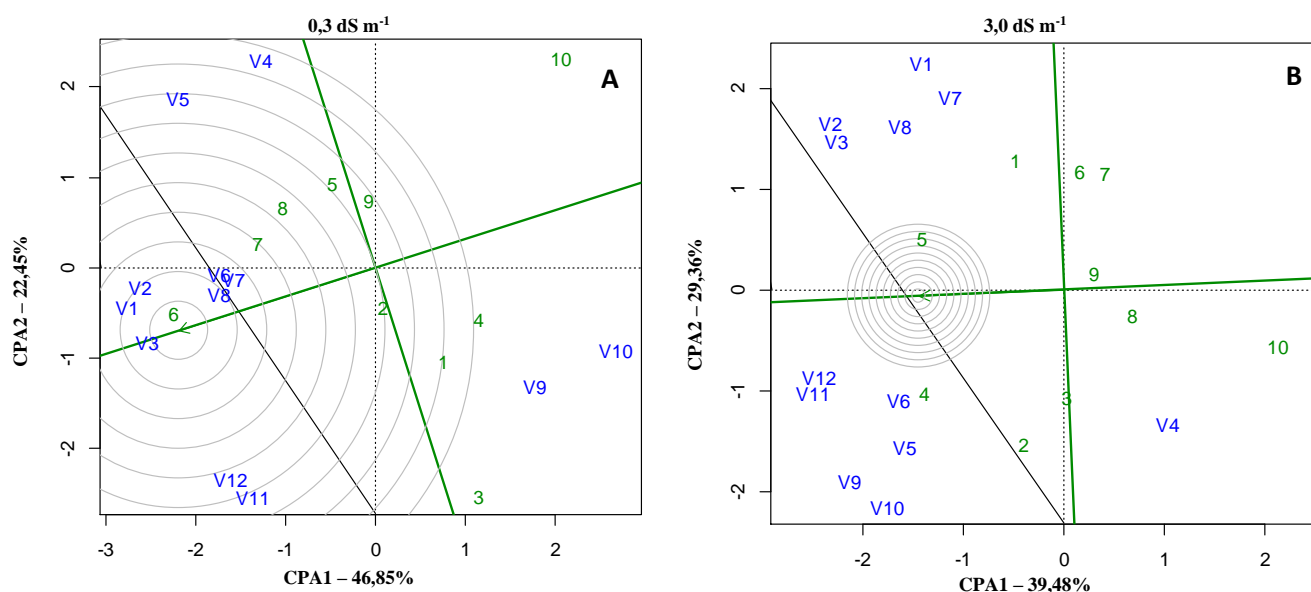


Figura 3 - GT Biplot seleção do genótipo ideal comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO_2 (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO_2 (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1º ano (9) produção total de frutos por planta em kg no 1º ano (10), número de frutos no 2º ano (11), produção total de frutos por planta em kg no 2º ano (12), submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo. (TSKC) = tangerineira ‘Sunki’ comum, (LCR) híbrido limoeiro ‘Cravo’, (TR) trifoliata, (TSKFL) tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TRBK), trifoliata ‘Benecke’ e o (LCRSTC) Cravo Santa Cruz.

Os genótipos com menor desempenho em relação ao grupo avaliado aconteceu com irrigação de água com CE de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, sendo o G9, G1, G4, G3 e o G10, ao passo que quando os mesmos genótipos foram irrigados com água de CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ os genótipos G1, G2, G3, G9, G8, G6, G7 e o G10 obtiveram menor desempenho com destaque para o G1, G3, G9 e o G10 com baixo desempenho em ambas as situações.

A variável ideal, hipoteticamente, é a que está localizado no centro dos círculos concêntricos (ANSARIFARDI et al. 2020). Ao verificar o biplot (Figura 4 A), A variável ideal, ou seja, a variável com melhor desempenho foi (V3) estando no centro do círculo concêntrico, bem próximo está (V1) e (V2) seguido de (V8), (V7), (V6), (V7), (V12), (V11), (V5) e (V4), sendo as melhores variáveis diante dos tratamentos estudados, dando condições para que os tratamentos pudessem expressar as melhores características, já as variáveis (V9) e (10) foram pouco expressivos quando os genótipos foram irrigados com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$.

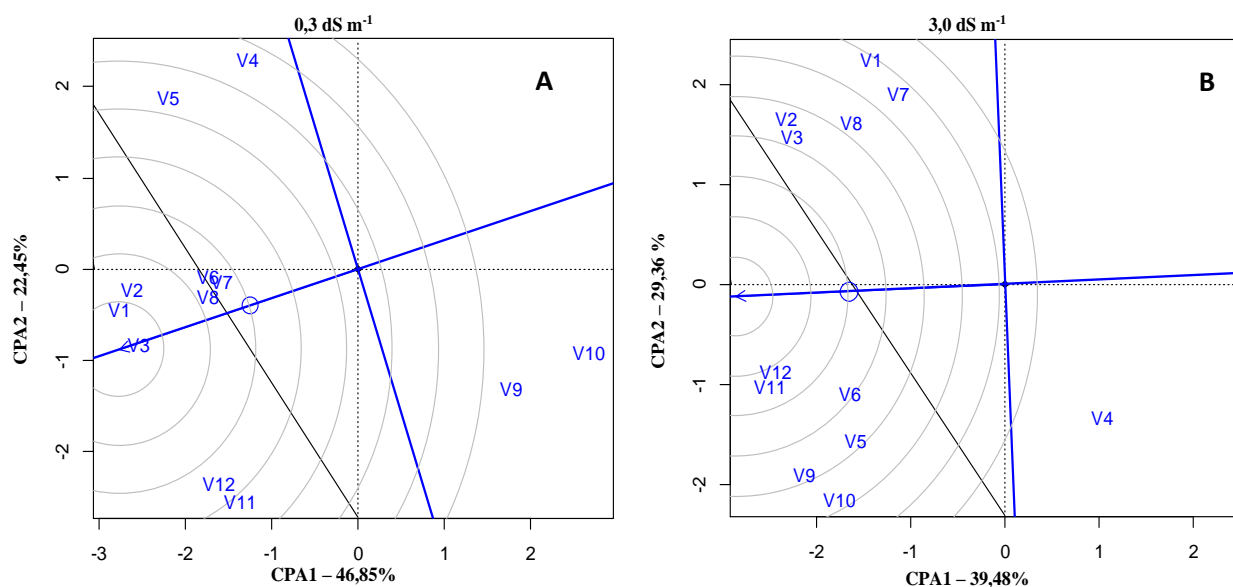


Figura 4. GT Biplot representando o gráfico com os vetores das variáveis comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total de frutos por planta em kg no 1° ano (10), número de frutos no 2° ano (11), produção total de frutos por planta em kg no 2° ano (12), submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo. (TSKC) = tangerineira ‘Sunki’ comum, (LCR) híbrido limoeiro ‘Cravo’, (TR) trifoliata, (TSKFL) tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TRBK), trifoliata ‘Benecke’ e o (LCRSTC) Cravo Santa Cruz.

Logo, ao irrigar os genótipos com água de CE de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as variáveis próximas do ideal foram a (12) e a (11) seguidas V6, V3 V2, V5, V9, V8, V10, V7 e V1, sendo as variáveis com melhores performances para que os tratamentos pudessem expressar as melhores características, a variável com menor influência na expressão dos tratamentos foi o (V4).

Quando os genótipos foram irrigados com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, as variáveis com maior destaque foram as de crescimento, já quando submetido a irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as variáveis mais expressivas foram as de produção, indicando que os genótipos tendem a se diferenciar nas variáveis de crescimento. Com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as variáveis de produção tem maior relação para a diferenciação dos genótipos estudados.

A visualização no GT biplot (Figuras 5 A e B) foi projetar com a finalidade avaliar a variável de teste, utilizado para identificar aquelas que podem ser usadas para selecionar genótipos superiores e eficazes em um mega-variável, ou neste caso de alguma variável (variáveis de crescimento; fisiologia e de produção). Quando os genótipos foram submetidos a irrigação com água de CE de $0,3$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi possível diferenciar de forma mais abrangente os materiais genéticos estudados e permitir a identificação daqueles de melhor performance.

As Variáveis menos discriminantes são aqueles que tem os vetores mais curtos, assim, significa que todos os genótipos são semelhantes, não devem ser utilizadas como variáveis de teste (HONGYU et al. 2015), portanto, as variáveis de teste que possuem vetores mais longos são mais discriminantes.

Quando os genótipos foram irrigados com água de CE de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 5 A) a maioria das variáveis apresentaram vetores longos, significando que são mais discriminantes em relação aos genótipos, permitindo a expressão das diferenças entre os materiais genéticos, no entanto, as variáveis V6, V7 e V8 foram menos discriminantes em relação aos genótipos G3, G6 e G10. Já quando os materiais genéticos foram irrigados com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ apenas as variáveis V4 e V6 foram menos discriminantes apenas em relação ao genótipo G10, as demais variáveis foram mais discriminantes em relação aos genótipos (Figura 5 B), possibilitando diferenciar o comportamento dos diferentes materiais genéticos. Yokomizo et al, (2017) estudando genótipos de açazeiro e PEPRAH et al. (2016) observaram comportamento similar, onde as variáveis possuíam vetores mais longos que a maioria dos genótipos e apenas um material genético com vetor superior ao das variáveis.

Com a figura 4 pode-se também indicar a variável de representatividade da variável teste. Entre todas as demais variáveis, os de representatividade da variável testes seriam os que contém valores dos fatores controláveis e não controláveis na média entre todas as demais variáveis. As variáveis de teste V1, V2, V3, V6, V7 e V8, (Figura 1 A), convergente com a irrigação com $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, essas variáveis tiveram os menores ângulos com EAM (eixo da variável-média) ou seja da variável-média com mais representatividade em relação ao demais. Todavia, quando os materiais genéticos foram submetidos a irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as variáveis de teste com os menores ângulos foram V2, V3, V6, V11 e V12, tipificando, desta

foram, as variáveis de teste que são mais discriminantes e representativos. Neste sentido, ao considerar tais informações pode se afirmar que são as variáveis mais adequados para a seleção de genótipos.

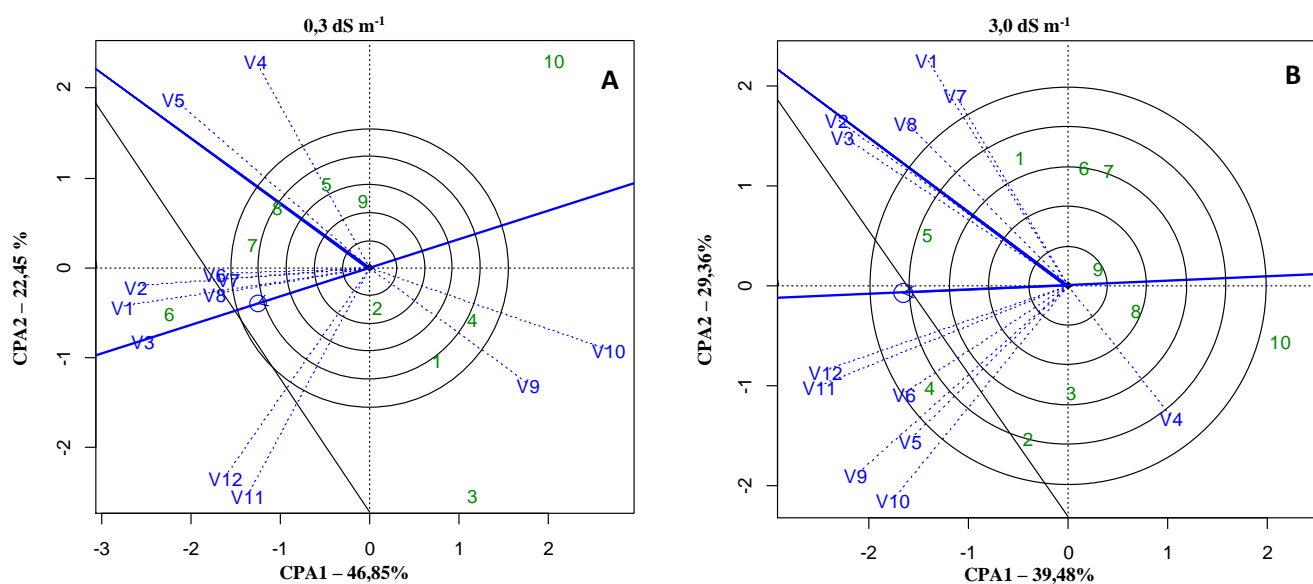


Figura 5 - Discriminação e representatividade comparando 10 genótipos de citros para as variáveis Diâmetro do caule (V1), diâmetro da enxertia (V2), diâmetro da copa (V3), concentração interna de CO₂ (V4), condutância estomática (5), taxa de assimilação de CO₂ (6), fluorescência máxima (7), fluorescência variável (8), número fruto 1° ano (9) produção total de frutos por planta em kg no 1° ano (10), número de frutos no 2° ano (11), produção total de frutos por planta em kg no 2° ano (12), submetidos a água de irrigação de CE de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, de 10 genótipos de citros avaliados em dois anos de cultivo.

No entanto, as variáveis com menor representatividade, pode ser discriminante, podendo ser utilizado para a triagem de genótipos favoráveis especificamente em mega-variáveis; ou até mesmo para selecionar genótipos instáveis, se a variável teste for o único mega-variável (Figura 1 A e B). A partir dos resultados aqui apresentados, para a seleção de genótipos verificou-se que os principais fatores que constituem as distintas variáveis devem ser também conhecidos. Semelhante ao que aconteceu com YOKOMIZO et al (2017) que trabalharam com diferentes ambientes em açazeiro, a considerar que os ambientes são por fatores controláveis ou não controláveis, ocorrendo responsividade diferenciada pelos genótipos, criando especificidade e adaptabilidade específicas.

CONCLUSÕES

Os porta-enxertos com maior destaque quando irrigado com água de CE de 0,3 dS m⁻¹ nas variáveis estudadas foram os (6 - TSKFL x TRBK – 011), (7 - TSKFL x TRBK – 017) e (8 - TSKFL x TRBK – 028), já com a CE de 3,0 dS m⁻¹ foi (4 -TSKFL x (LCR x TR) – 012) e (5 -TSKFL x (LCR x TR) – 018).

As variáveis com maior discriminação e representatividade foram diâmetro do caule do porta-enxerto, diâmetro do caule no ponto da enxertia, diâmetro do caule da copa, número de frutos no 2º ano e produção total de frutos por planta em kg no 2º ano, quando as combinações copa/porta-enxerto foram irrigadas com CE de 0,3 dS m⁻¹. Já com CE de 3,0 dS m⁻¹, as variáveis que permitiram maior discriminação foram o diâmetro do caule no ponto da enxertia, diâmetro do caule da copa, número de frutos no 2º ano e produção total de frutos por planta em kg.

O porta-enxerto ideal, considerando o conjunto de porta-enxertos estudados, com maior estabilidade e adaptabilidade foi o G6 - TSKFL x TRBK – 011, considerando a irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹; já com água de CE de 3,0 dS m⁻¹, os porta-enxertos que mais se aproximaram da condição ideal foram o G4 -TSKFL x (LCR x TR) – 012 e o G5 -TSKFL x (LCR x TR) - 018.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSARIFARD, I.; MOSTAFAVI, K.; KHOSROSHAHLI, M.; BIHAMTA, MOHAMMAD R.; RAMSHINI, H. A study on genotype–environment interaction based on GGE biplot graphical method in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 7, p. 3327-3334, 2020. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.1610>.
- ALIYU, O.M., ADEIGBE, O.O.; LAWAL, O.O. Phenotypic stability analysis of yield components in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) using additive main effect and multiplicative interaction (ammi) and gge biplot analyses. **Plant Breeding Biotechnology** 2(4): 354-369. <https://doi.org/10.9787/PBB.2014.2.4.354>.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29, Revisado I.
- BARBOSA, R. C. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. da S.; SOARES FILHO, W. dos S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. de A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. *Semina*, v.38, n.2, p.725-738, 2017.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V. F.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S., SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Trocas gasosas e fluorescência de variedades de porta-enxerto cítricos sob estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p.1-8, 2016.

- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A.S; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 17-27, 2014b.
- ALMEIDA, J. F. Ecofisiologia de limeira ácida ‘tahiti’ condicionada a porta-enxertos de citros e salinidade da água, 2019. 58f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.
- BROCANELLI, G. R. R., da Costa FERRAZ, V. A., & FIGUEIREDO, A. M. R. Análise dos fatores de crescimento das receitas de exportações brasileiras de suco de laranja: 1997-2015. *Espacios*, v.38, n.47, p.1-16, 2017.
- CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. D. S.; PEREIRA, J. M. R. O intervalo de tempo para uma máxima previsibilidade da precipitação sobre o Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.31, n.2, p.105-113, 2016.
- CAPISTRANO M.C. - Avaliação genotípica de laranjeiras – doce via modelos mistos – 2019. 132 f.: Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Rio Branco, 2019.
- ETTORI. L. C.; FIGLIOLIA. M. B.; SATO. A. S. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. *In: HIGA. A. R.; DUQUE SILVA. L. Pomar de sementes de espécies florestais nativas*. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006. p. 203-225
- FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, vol. 55, n.396, p.307-319, 2004.
- FOLLMANN, D.N.; SOUZA, V.Q.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DEMARI, G.H.; NARDINO, M.; OLIVOTO, T.; MEIER, C. Desempenho agrônômico e dissimilaridade genética de cultivares de segunda safra de soja usando REML / BLUP e o algoritmo de Gower. *Bragantia*, v.78, n2, p.197-207, 2019.
- GENTY B, BRIANTAIS JM, BAKER. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim Biophys Acta*, v. 990, p.87-92, 1989.
- GOIS, I. B.. Seleção genômica (GWS) e fenômica no melhoramento de Citrus. avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1, p. 199 - 209 (2016).

- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, v.51, n.1, p.463-499, 2000.
- HONGYU, K.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. S.; SARTI, D. A.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S. Comparação entre os modelos ammi e gge biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biomassa** 33(2): 139-155. (2015).
- KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. New fluorescence parameters for determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, p. 209-218, 2004.
- LUCIUS, A. S. F; OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VERISSIMO, M. A. A. Desempenho de famílias de cana-de-açúcar em diferentes fases no melhoramento genético via REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p.101-112, 2014.
- MASS, E. V. Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, v. 12, n.2, p. 195-216, 1993.
- MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag, 2005, 929p.
- MENDES, G. G. C. **Análises genéticas, enxertia e formação de pomar de cruzamentos em vasos com espécies arbóreas nativas do Brasil**. 2019. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P.; F. BOTELHO, C.E.; RESENDE, M.D.V.; REZENDE, J. C.; MENDES, A.N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, v.72, n.3, 2013.
- OXBOROUGH, K.; BAKER, N.R. An instrument capable of image chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v.20, p.1473-1483, 1997.
- Peprah, B.B., Agyeman, A., Parkes, E., Kwadwo, O., Issac, A.K., Emmanuel, O. & Labuschagne, M.T. (2016). Stability, agronomic performance and genetic variability of 10 cassava genotypes in Ghana. **Journal of Plant Breeding and Crop Science** 8(9): 157-167. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2016.0581>.
- POMPEU JUNIOR, J., Blumer, S., & Resende, M. D. V. D. (2013). Avaliação genética de seleções e híbridos de limões cravo, volkameriano e rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(1), 199-(2013).

- ROMEO, R.; BRUNO, A. D.; PISCOPO, A.; MEDINA, E.; RAMÍREZ, E.; BRENES, M.; POIANA, M. Efeitos do enriquecimento fenólico na vitamina C e atividade antioxidante do suco de laranja comercial. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e.2019130, 2020.
- SÁ, F. V. da S.; BRITO, M. E. B.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. de A.; SANTOS FILHO, W. S. dos; FIGUEIREDO, L. C. de; FERNANDES, P. D. Growth and physiology of citrus rootstocks under salt stress. **Bioscience Journal**, v.34, n.4, p. 907-916, 2018.
- SANDY, T. DOS SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA¹, G. B. S.; SÁ, F. V. S.; JESSILANNE P. B. DE M. COSTA¹, J. P. B. M & FERNANDES. P.D. Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.5, p.320-325, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n5p320-325>.
- SANTOS, A. DOS; AMARAL JÚNIOR, A. T. DO; KUROSAWA, R. DO N. F.; GERHARDT, I. F. S.; FRITSCH NETO, R. GGE Biplot projection in discriminating the efficiency of popcorn lines to use nitrogen. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 1, p. 22-31, fev. 2017.
- SANTOS, R. F. dos; RODRIGUES, E. da S.; FIGUEIREDO, A. C.; SILVA, J. C. da. Avaliação e monitoramento da condutividade elétrica das águas de poços utilizados para a irrigação na região de Salgueiro-PE. *Revista Semiárido De Visu*, v.4, n.3, p.176-180, 2017.
- SANTOS, S. M. dos; PAIVA, A. L. R. de; SILVA, V. F. da. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, n.3, p.651 - 662, 2016.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. D.; PIAUILINO, A. C. (2012). Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.
- SILVA. L. A. S.; BRITO. M. E. B.; SÁ. F. V. S. S.; MOREIRA. R. C. L. M.; WALTER. W. S. S.; FERNANDES.; P. D. F. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.
- SIMONETTI, L. M. Avaliação de novos híbridos de porta-enxertos para a laranjeira ‘valência’. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, 2015.
- SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. *Tropics*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 53-66, 2003.

- VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. Piracicaba: IPEF, 1987. n.35, p.79-84.
- WINCKLER FILHO, P. R. **Desempenho de famílias e genitores de cana-de-açúcar, série RB12, via modelos mistos no Estado do Paraná.** 46f, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, 2016.
- ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. Caderno Prudentino de Geografia, v.1, n.36, p.126-142, 201.
- Yan, W. (2011). gge biplot vs. ammi Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the India Society of Agricultural Statistics* 65(2): 181-193.
- Yan, W., Kang, M.S., MA, B., Woods, S. & Cornelius, P.L. (2007). gge biplot vs. ammi analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science** 47(2): 643-653. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>.
- Yan, W. (2002). Singular-value partition for biplot analysis of multi-environment trial **Agronomy Journal** 94 (5): 990-996. <https://doi.org/10.2134/agronj> data. 2002.0990.
- Yan, W and L.N. Hunt. Interpretation of genotype \times environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.*, 41: 19-25. 2001.
- Yihunie, T. A. and Gesesse, C. A. (2018). GGE Biplot Analysis of genotype by environment interaction in field pea (*Pisum sativum*L.) genotypes in Northwestern Ethiopia. **Journal Crop Science and Biotechnology**, 21, 67-74. <https://doi.org/10.1007/s12892-017-0099-0>.

APÊNDICE

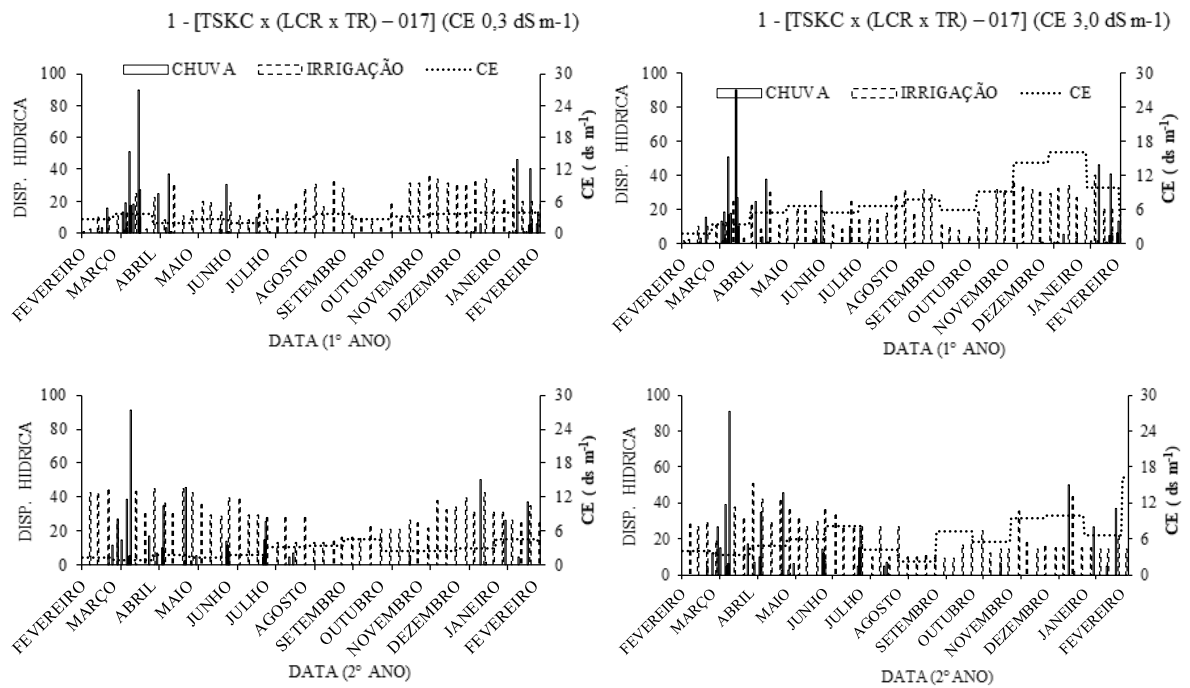


FIGURA - 1 - Dados da disponibilidade hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKC x (LCR x TR) - 017, Pombal-PB. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], LCR = limoeiro ‘Cravo (*C. ×limonia* Osbeck), TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

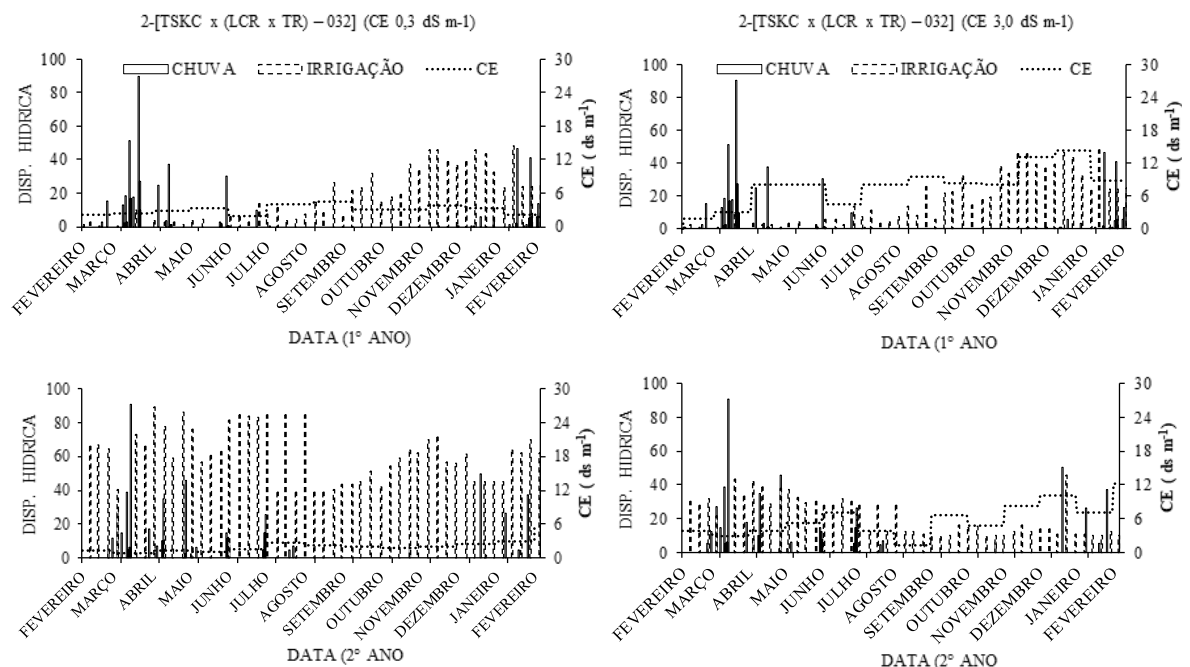


FIGURA 2 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKC x (LCR x TR) - 032, Pombal-PB. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], LCR = limoeiro ‘Cravo (*C. ×limonia* Osbeck), TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

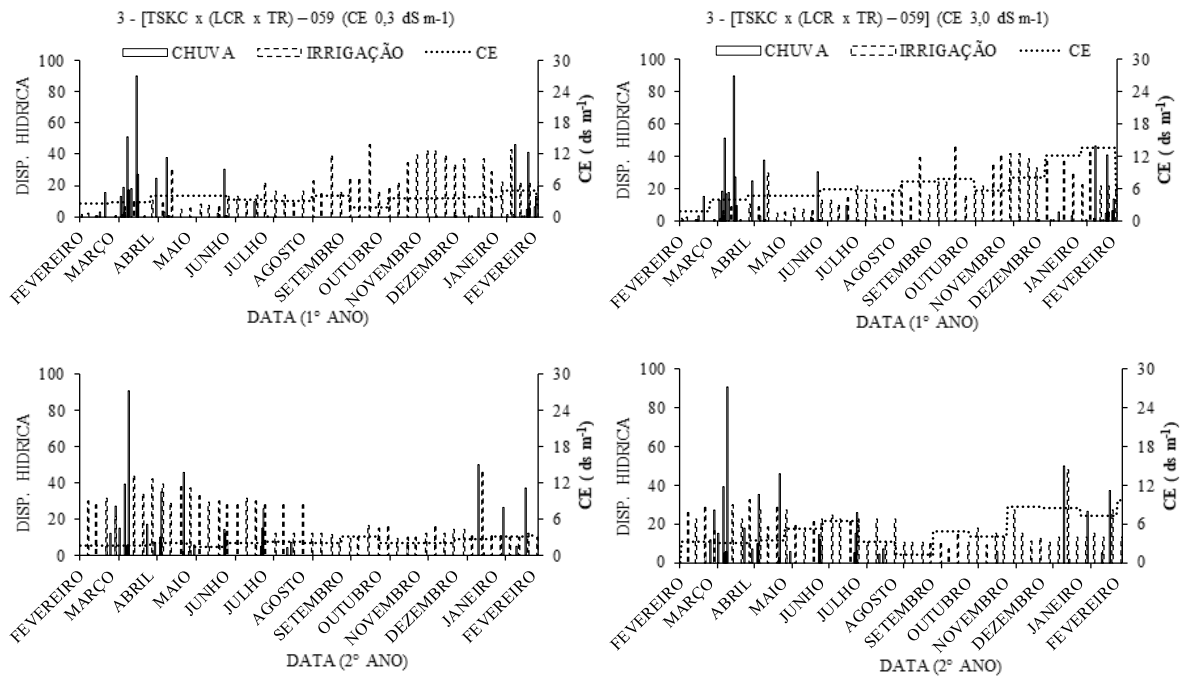


FIGURA 3 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKC x (LCR x TR) - 059 (BRS Bravo), Pombal-PB. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], LCR = limoeiro ‘Cravo (*C. ×limonia* Osbeck), TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

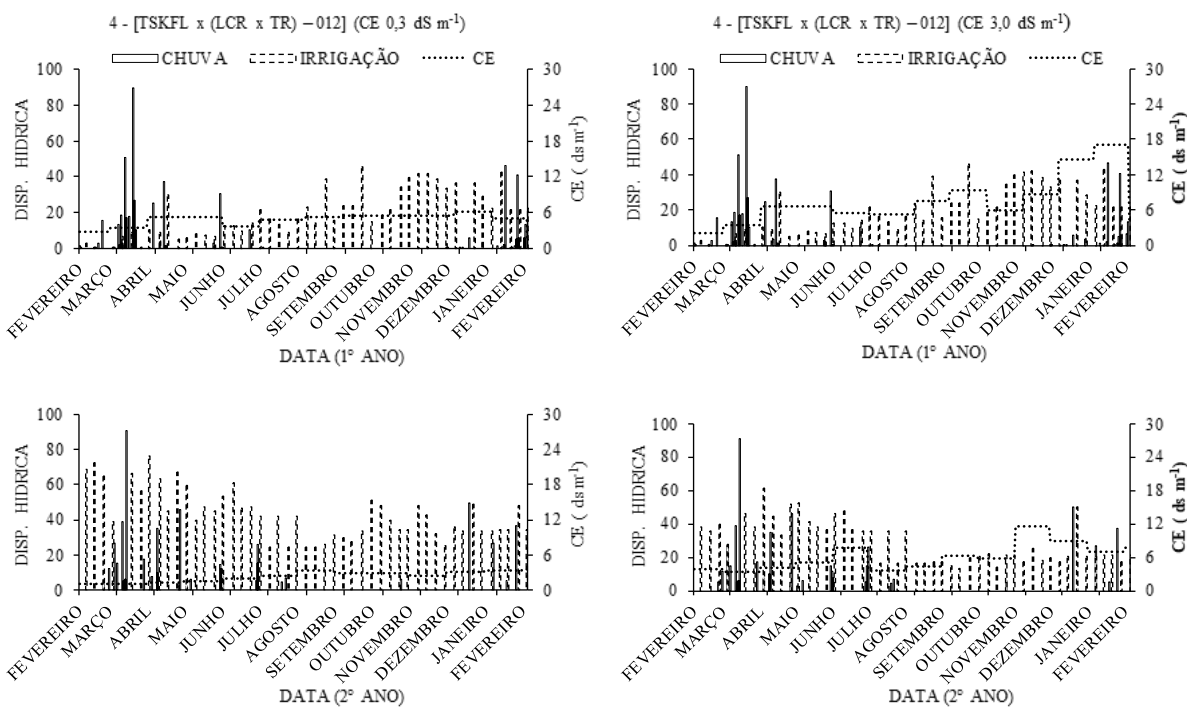


FIGURA 4 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x (LCR x TR) - 012, Pombal-PB. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], LCR = limoeiro ‘Cravo (*C. ×limonia* Osbeck), TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

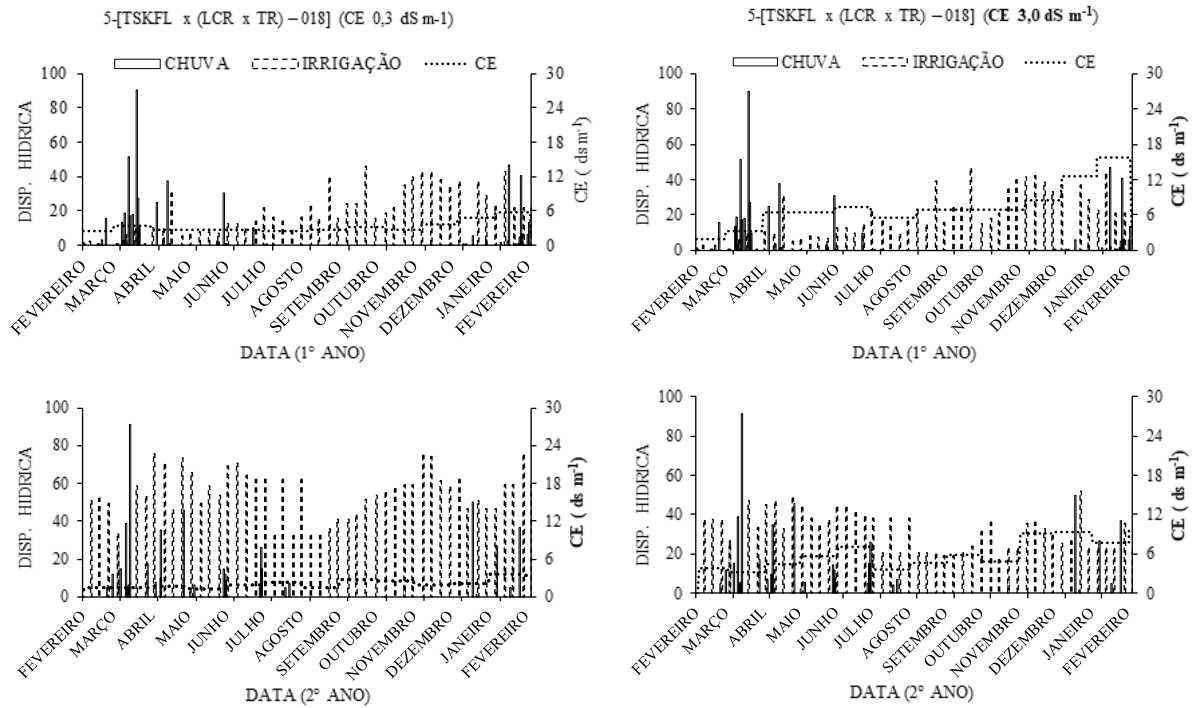


FIGURA 5 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x (LCR x TR) – 018, Pombal-PB. TSKC = tangerineira ‘Sunki’ comum [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], LCR = limoeiro ‘Cravo (*C. ×limonia* Osbeck), TR = trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

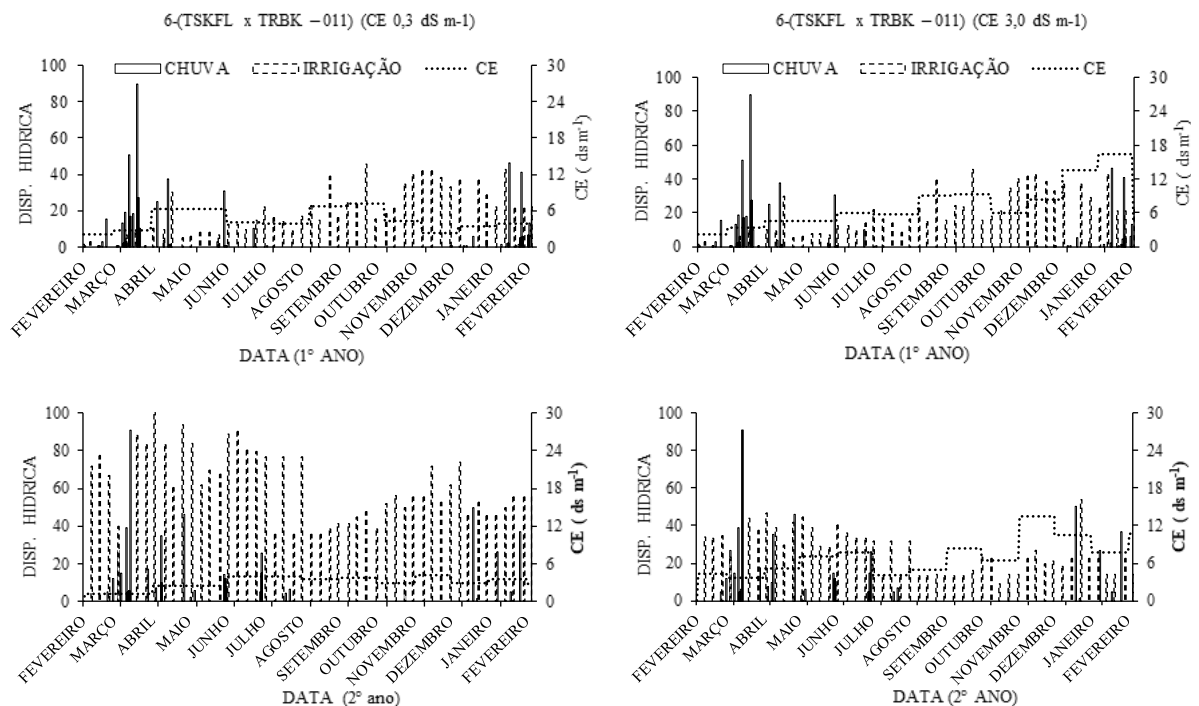


FIGURA 6 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x TRBK - 011, Pombal-PB. TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], TRBK = trifoliata ‘Benecke’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

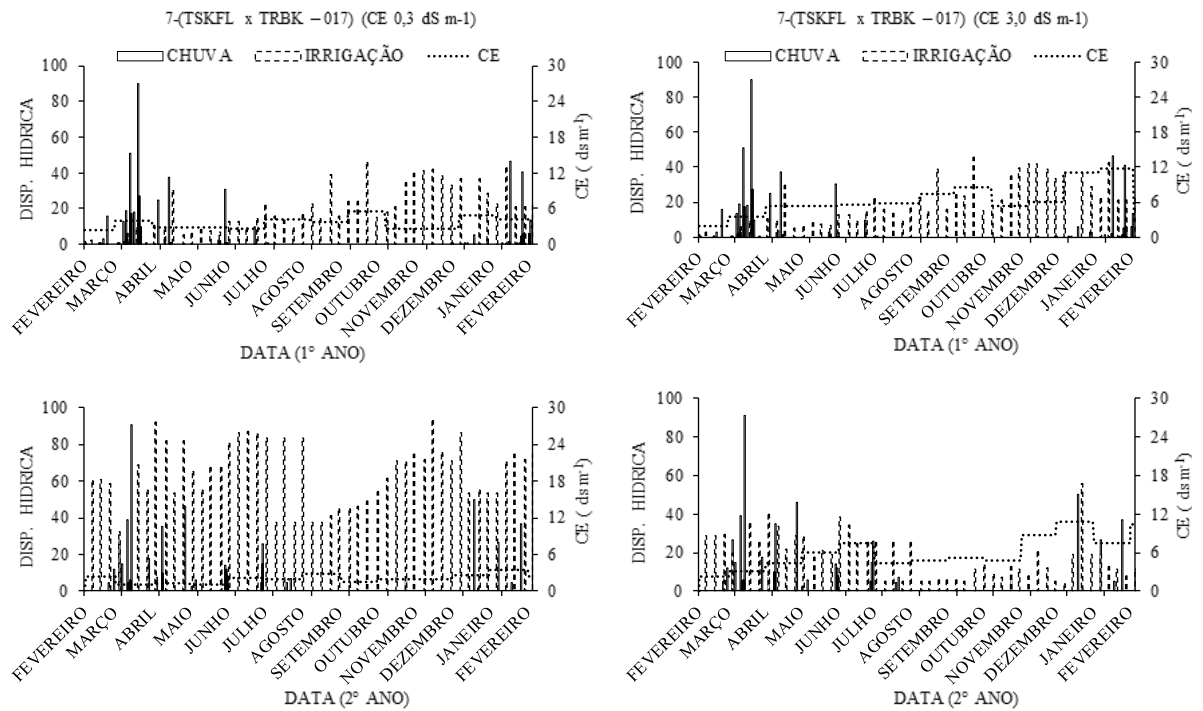


FIGURA 7 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x TRBK - 017, Pombal-PB. TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], TRBK = trifoliata ‘Benecke’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

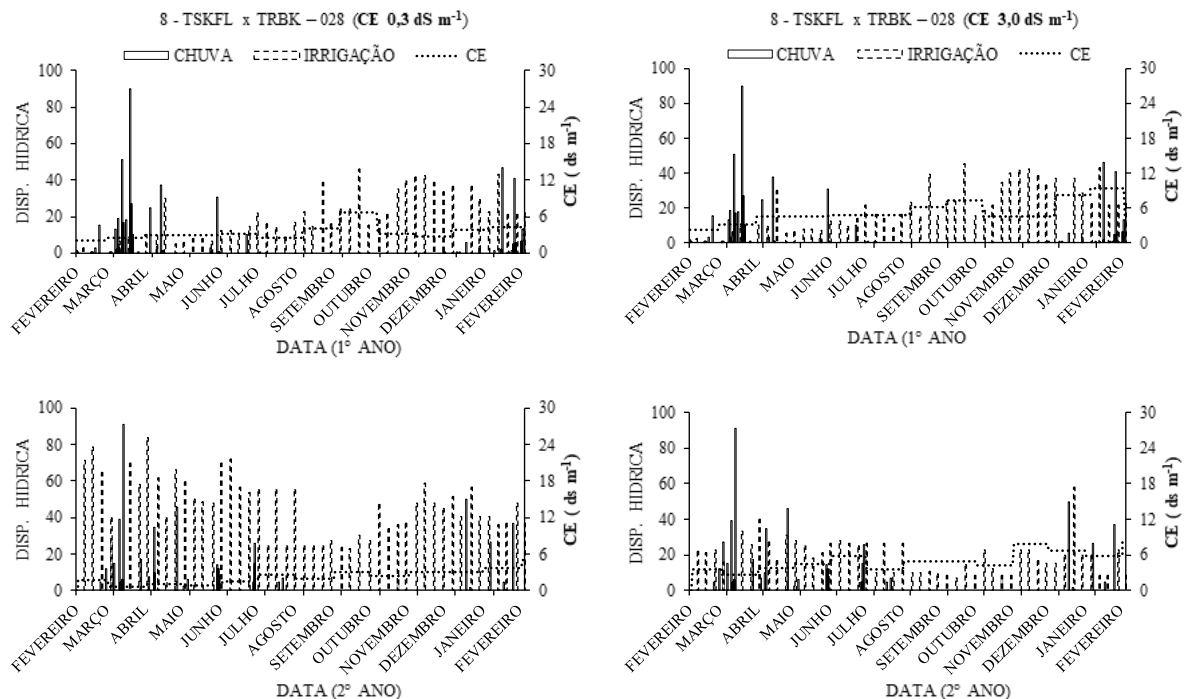


FIGURA 8 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x TRBK - 028, Pombal-PB. TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], TRBK = trifoliata ‘Benecke’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

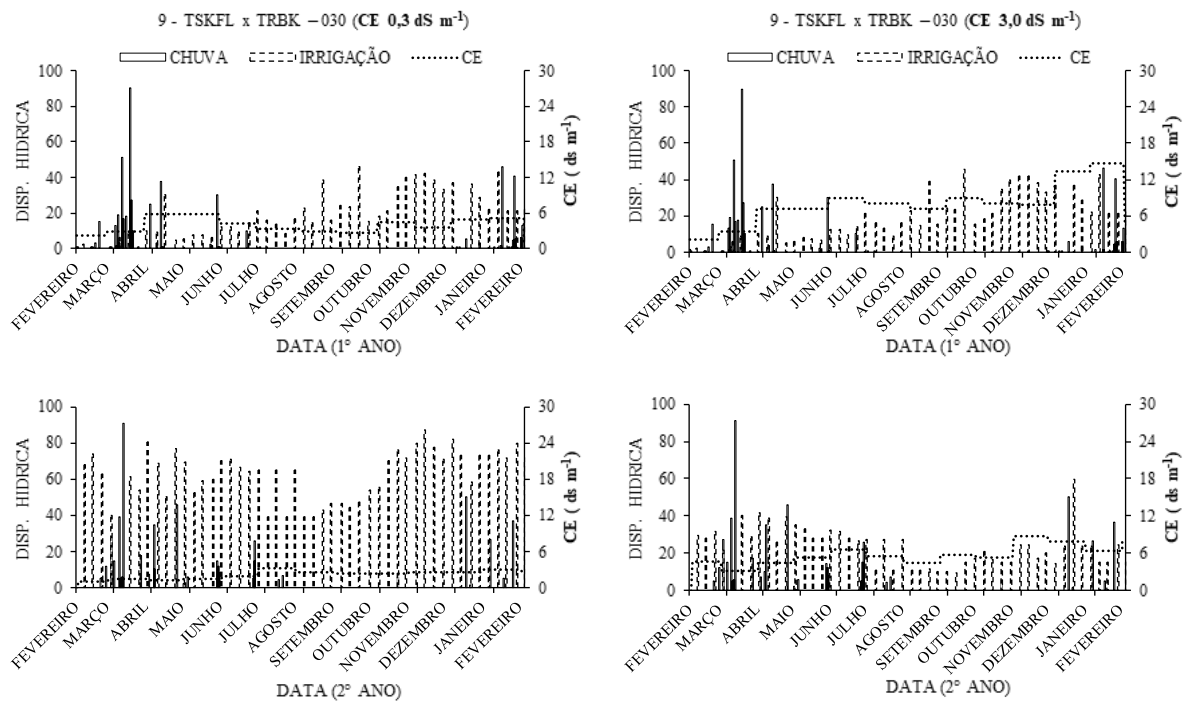


FIGURA 9 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto TSKFL x TRBK - 030, Pombal-PB. TSKFL = tangerineira ‘Sunki da Flórida’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka], TRBK = trifoliata ‘Benecke’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.].

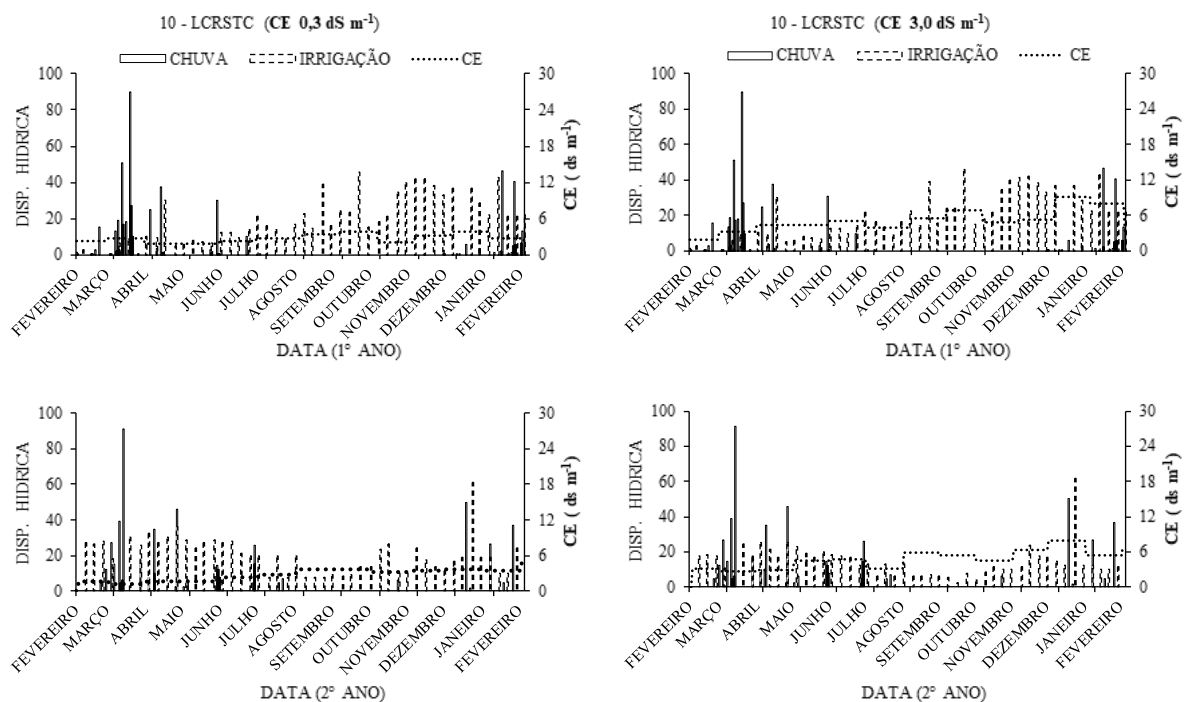


FIGURA 10 - Dados da demanda hídrica (precipitação e irrigação) e o balanço de sais na água de drenagem, durante o primeiro e segundo anos do estudo, sob dois níveis de condutividade da água de irrigação, considerando o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus × limonia* Osbeck), Pombal-PB.