



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA  
TROPICAL**

**JULIANA FORMIGA ALMEIDA**

**ECOFISIOLOGIA DE LIMEIRA ÁCIDA TAHITI  
CONDICIONADA A PORTA-ENXERTOS DE CITROS E  
SALINIDADE DA ÁGUA**

**POMBAL – PB**

**2019**

**JULIANA FORMIGA ALMEIDA**

**ECOFISIOLOGIA DE LIMEIRA ÁCIDA TAHITI  
CONDICIONADA A PORTA-ENXERTOS DE CITROS E  
SALINIDADE DA ÁGUA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. MARCOS ERIC BARBOSA BRITO

**POMBAL-PB**

**2019**

A447e Almeida, Juliana Formiga.  
Ecofisiologia de limeira ácida Tahiti condicionada a porta-enxertos  
citros e salinidade da água / Juliana Formiga Almeida. – Pombal, 2019.  
58 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia  
Agroalimentar, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito".  
Referências.

1. Citricultura. 2. Irrigação. 3. Estresse salino. 4. *Citrus* spp. 5.  
*Poncirus trifoliata*. 6. Melhoramento genético. Brito, Marcos Eric Barbosa.  
II. Título.

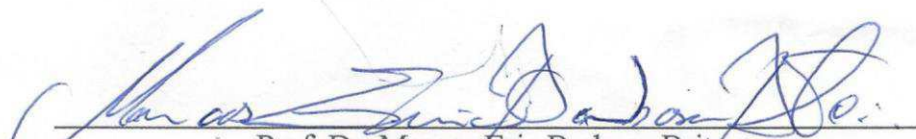
CDU 634.3(043)

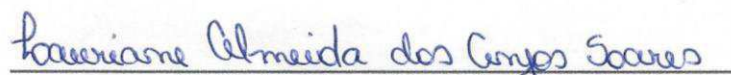
**JULIANA FORMIGA ALMEIDA**


**ECOFISIOLOGIA DE LIMEIRA ÁCIDA TAHITI  
CONDICIONADA A PORTA-ENXERTOS DE CITROS E  
SALINIDADE DA ÁGUA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de  
Campina Grande, como parte das exigências do programa  
de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para  
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: 01 de março de 2019

  
Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito  
(PPGHT/CCTA/ UFCG)  
Orientador

  
Profa. Lauriane Almeida dos Anjos Soares  
(CCTA/UFCG)  
Examinadora interna

  
Prof. Dr. Francisco Vaniés da Silva Sá  
(UFERSA)  
Examinador Externo

## **DEDICATÓRIA**

*A Deus pela vida e a perseverança, meus pais, Francisco e Joana Lúcia, meu esposo Francivaldo, pelo apoio, incentivo e compreensão em todos os momentos da minha vida.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus que me conduziu até aqui, me amparou e protegeu durante toda esta caminhada.

Aos meus pais, Francisco e Joana, pelo carinho, amor, compreensão, incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao meu esposo Francivaldo, pelo companheirismo, compreensão, apoio, amizade, paciência e amor.

À minha tia Lúcia, por me acolher em sua casa.

Ao meu orientador, Professor Marcos Eric Barbosa Brito, pela paciência, orientação, ensinamentos, incentivo, dedicação e amizade.

Aos meus amigos Luderlândio, Rômulo, Giuliana e Neto, pela ajuda essencial durante a condução do experimento. Em especial ao Luderlândio pela paciência e contribuição nos momentos de estudo e na área experimental.

Aos minhas amigas Adriana, Gisele, Elny, Thais, Albanisa, Rayana e Alzira, pelos momentos de diversão, pela amizade e contribuição nos momentos de estudo.

Ao meu primo Gildevan, pela oportunidade de emprego, em momentos em que estive sem bolsa.

A todos os professores do PPGHT pela competência.

Ao Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical da Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura por fornecer as mudas das combinações copa/porta-enxerto de citros utilizadas neste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse esse curso.

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

- FIGURA 1.** Ilustração da área de coleta do solo para o preenchimento dos lisímetro (A), da camada de brita e areia grossa (B), registro para saída da água de drenagem (C), do enchimento dos lisímetros com o cilindro ao centro (D), da cobertura com palha de milho triturada (E), CCTA/UFCG, Pombal- PB, 2019. 23
- FIGURA 2.** Ilustração do sistema de irrigação (a) e da coleta da água de drenagem (b) CCTA/UFCG, Pombal- PB, 2019. 23
- FIGURA 3.** Variação da temperatura durante os meses de setembro 2016 a fevereiro 2017, equivalente ao período de produção do primeiro ano. Pombal-PB, 2019. 28
- FIGURA 4.** Dados de precipitação pluviométrica durante os meses de setembro 2016 a fevereiro 2017, equivalente ao primeiro ano de produção. Pombal-PB, 2019. 29
- FIGURA 5.** Variação da condutividade elétrica da água de drenagem ( $CE_{ad}$ ) em função do tempo de exposição das plantas aos níveis de salinidade da água. Pombal-PB, 2019. 31
- FIGURA 6.** Taxa de assimilação de  $CO_2$  (A) (A) das combinações copa/porta-enxerto de citros aos 240 e 360 dias sob salinidade da água (CE) ( $dS\ m^{-1}$ ) e eficiência instantânea da carboxilação –  $EiCi$  (B) aos 240 dias sob salinidade da água (CE) ( $dS\ m^{-1}$ ). Pombal, PB, 2019. 34
- FIGURA 7.** Eficiência intrínseca no uso da água ( $EiUA$ ) em função de diferentes combinações copa/porta-enxerto de citros aos 300 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 35
- FIGURA 8.** Condutância estomática –  $g_s$  (a), Taxa de assimilação de  $CO_2$  –  $A$  (b) eficiência instantânea da carboxilação –  $EiCi$  (c) em função de diferentes combinações copa/porta-enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 36
- FIGURA 9.** Rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) de Combinações copa/porta-enxerto de citros aos 300 dias após a aplicação das águas salinizadas (a) e em função de diferentes genótipos de porta-enxerto aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas (b). Pombal, PB, 2019. 39
- FIGURA 10.** Diâmetro da enxertia (DE) em função de diferentes genótipos de citros (a) e da irrigação com água salinizadas (b) aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 43

- FIGURA 11.** Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto em função de diferentes genótipos de citros (a) e da irrigação com água salinizadas (b). Pombal, PB, 2019. 45
- FIGURA 12.** Taxa de crescimento relativo do diâmetro da enxertia (a) e do diâmetro do caule da copa (b) de genótipos de citros em função da irrigação com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 45
- FIGURA 13.** Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule do porta-enxerto em função de diferentes genótipos de citros (a) e da irrigação com água salinizadas (b). Pombal, PB, 2019. 46
- FIGURA 14.** Taxa de crescimento absoluto do diâmetro da enxertia (a) e do diâmetro do caule da copa de genótipos de citros em função da irrigação com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 47



## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>TABELA 1.</b> Características químicas do solo utilizado para o preenchimento dos lisímetros de cultivo das plantas de citros. Pombal, PB, 2019.	24
<b>TABELA 2.</b> Resumo da análise de variância relativa a concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>C<sub>i</sub></i> ), transpiração ( <i>E</i> ), condutância estomática ( <i>g<sub>s</sub></i> ), transpiração ( <i>E</i> ), taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> ( <i>A</i> ), eficiência intrínseca no uso da água ( <i>E<sub>i</sub>UA</i> ) e eficiência instantânea da carboxilação ( <i>E<sub>i</sub>C<sub>i</sub></i> ) aos 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas (DAIE). Pombal, PB, 2019.	33
<b>TABELA 3.</b> Resumo da análise de variância relativa à fluorescência inicial ( <i>F<sub>o</sub></i> ), fluorescência máxima ( <i>F<sub>m</sub></i> ), fluorescência variável ( <i>F<sub>v</sub></i> ) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II ( <i>F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub></i> ) de genótipos de citros aos 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.	37
<b>TABELA 4.</b> Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( <i>F<sub>o</sub>'</i> ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( <i>F<sub>m</sub>'</i> ), Fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( <i>F<sub>S</sub></i> ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( <i>Y<sub>NPQ</sub></i> ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( <i>Y<sub>NO</sub></i> ), de genótipos de citros aos 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.	38
<b>TABELA 5.</b> Resumo da análise de variância relativo ao diâmetro do colo (DC), diâmetro da enxertia (DE) e diâmetro da copa (DCP) de combinações copa/porta enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.	40
<b>TABELA 6.</b> Teste de medias referente ao diâmetro do caule do porta-enxerto e da copa das combinações entre a lima ácida 'Tahiti' e cada genótipo de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.	41
<b>TABELA 7.</b> Resumo da análise de variância relativo à taxa de crescimento relativa diâmetro do colo (TCRDC), taxa de crescimento relativo do diâmetro da enxertia (DE), taxa de crescimento relativo do diâmetro da copa (DCP), taxa de crescimento absoluto do diâmetro do colo (TCADC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro da enxertia (TCADE) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro da copa (TCADCP) de combinações copa/porta enxerto de citros irrigados com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.	44

- TABELA 8.** Resumo da análise de variância relativa a Diâmetro Longitudinal (DL), Diâmetro Transversal (CD transversal) do fruto de combinações copa/porta enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 47
- TABELA 9.** Teste de médias referente ao diâmetro longitudinal e transversal de frutos das combinações entre a lima ácida ‘tahiti’ e cada genótipo de citros, irrigadas com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. 48

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Objetivos Especificos .....</b>	<b>15</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Citros .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Salinidade em citros .....</b>	<b>17</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Localização do experimento.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Tratamento e delineamento estatístico.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Instalação e condução do experimento .....</b>	<b>22</b>
<b>4.4 Preparo das águas de irrigação .....</b>	<b>24</b>
<b>4.5 Variáveis analisadas.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5.1 Variáveis climáticas e o balanço de sais .....</b>	<b>25</b>

4.5.2 Variáveis fisiológicas .....	25
4.5.3 Variáveis de crescimento e produção.....	26
<b>4.6 Análise estatística .....</b>	<b>27</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Monitoramento climático e comportamento dos sais aplicados via água de irrigação .....</b>	<b>28</b>
<b>5.2 Trocas gasosas .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3 Fluorescência da clorofila.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4 Crescimento das combinações copa/porta-enxerto.....</b>	<b>40</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>

## RESUMO

ALMEIDA, Juliana Formiga. **Ecofisiologia de limeira ácida tahiti condicionada a porta-enxertos de citros e salinidade da água**. 2019. 58p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical)- Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.

Um dos entraves para o alto rendimento da citricultura na região nordeste, consiste na escassez de água de qualidade para a irrigação, pois a maioria das águas encontradas nessa região possui grande quantidade de sais, limitando o crescimento e produção das plantas, fazendo-se necessário estudar o uso de matérias genéticas com potencial tolerante, que visem melhorar a produção, nessa região. Diante o exposto, objetivou-se avaliar a ecofisiologia da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em diferentes genótipos oriundos de progênies do cruzamento entre a tangerineira ‘Sunki’, o limoeiro ‘Cravo’ e o *Poncirus trifoliata* sob salinidade da água de irrigação. O experimento foi realizado em condições de campo, no município de Pombal, PB, Brasil, em condições de clima semiárido. Para isso, utilizou-se lisímetros com capacidade para 150 dm<sup>3</sup>, onde se estudou 10 combinações copa/porta-enxerto, referentes à Tahiti enxertada em 10 genótipos de citros (nove híbridos e uma testemunha), irrigadas com dois níveis de salinidade da água 0,3 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, perfazendo um esquema fatorial 10 x 2. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com 3 repetições sendo a parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas. As mudas enxertadas foram transplantadas aos 365 dias após a semeadura, sendo o início das aplicações do estresse salino aos 15 dias após o transplantio, perdurando até a produção do primeiro ano, até os 375 dias após o transplantio. Durante esse período, as plantas foram analisadas quanto ao crescimento, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e produção. A salinidade da água de irrigação até 3,0 dSm<sup>-1</sup> pode ser utilizada no cultivo de combinações sem ocasionar maiores restrições, ao comprimentos dos frutos exceto nas combinações 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC). A combinação de tahiti com genótipo 8 TSKFL x TRBK – 028 possui uma maior sensibilidade a irrigação com água salina e as combinações com os genótipos 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017], 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] e 6 TSKFL x TRBK – 011 apresentam uma maior tolerância ao estresse salino.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Citrus* spp, *Poncirus trifoliata*, crescimento, estresse salino, melhoramento genético

## ABSTRACT

ALMEIDA, Juliana Formiga. **Ecophysiology of tahiti acid lime tree conditioned to citrus rootstocks and water salinity**. 2019. 58p. Dissertation (Master in Tropical Horticulture)-Federal University of Campina Grande, Pombal-PB.

One of the obstacles to the high yield of citrus fruits in the northeast region is the scarcity of quality water for irrigation, since most of the water found in this region has a large amount of salts, limiting the growth and production of the plants. The use of genetic material with potential tolerance, aimed at improving production, in this region. The objective of this study was to evaluate the ecophysiology of the Tahiti acid lime tree grafted on different genotypes from the progenies of the 'Sunki' tangerine, the 'Cravo' lemon tree and the *Poncirus trifoliata* under irrigation water salinity. The experiment was carried out under field conditions in the municipality of Pombal, Brazil, under semi - arid climatic conditions. For this, lysimeters with a capacity of 150 dm<sup>3</sup> were used, in which 10 cup / rootstock combinations were studied for Tahiti grafted on 10 citrus genotypes (nine hybrids and one control), irrigated with two levels of salinity of water 0 , 3 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>, making up a 10 x 2 factorial scheme. A randomized complete block design was used, with 3 replications, the plot consisting of one plant, totaling 60 plots. The grafted seedlings were transplanted at 365 days after sowing, and the beginning of saline stress applications at 15 days after transplanting, lasting up to the first year, up to 375 days after transplanting. During this time, the plants were analyzed for growth, gas exchange, chlorophyll a fluorescence and yield. The salinity of the irrigation water up to 3.0 dSm<sup>-1</sup> can be used in the cultivation of the combinations without causing greater restrictions to fruit lengths except for combinations 3 (TSKC x (LCR x TR) - 059] and 10 (LCRSTC). The combination of tahiti with genotype 8 TSKFL x TRBK - 028 has a higher sensitivity to saline water irrigation and combinations with genotypes 1 [TSKC x (LCR x TR) - 017], 5 [TSKFL x (LCR x TR) 018] and 6 TSKFL x TRBK - 011 present a higher tolerance to salt stress.

**KEY WORDS:** Citrus spp, *Poncirus trifoliata*, growth, saline stress, genetic improvement

## 1. INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira é representada, principalmente, pelas laranjas, tangerinas, limas e limões, e se desenvolve em todo o território nacional, porém mais concentrado na região sudeste e nordeste, garantindo ao Brasil o ranking de maior produção mundial 19 milhões de toneladas de frutas cítricas e exportação do suco concentrado e congelado de laranja. (IBGE, 2018). Em termo de exportação, pode-se destacar também o “limão Tahiti” o qual vem crescendo nesse sentido, destacando-se entre as principais frutas mais exportadas no primeiro semestre do ano de 2017, com 42,97 mil toneladas, cerca de 13% a mais que o ano de 2016 e com expectativa de aumento para os próximos anos (SECEX, 2017).

A região Nordeste apesar de deter a segunda maior produção de citros no Brasil, possui um rendimento considerado baixo, cerca de 12 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018), o que pode ser atribuído ao déficit hídrico natural que ocorre em grande parte do ano, associado ao elevado nível de evapotranspiração, favorecendo o acúmulo de sais na superfície do solo, podendo alcançar níveis tóxicos às plantas e/ou alterarem a estrutura do solo, limitando o crescimento e produtividade de plantas sensíveis, como os citros (DIAS & BLANCO, 2010)

A salinização de áreas nessa região torna-se ainda mais agravante devido à necessidade de remeter a utilização da irrigação para obter produção, empregando, frequentemente, água com altos níveis de condutividade elétrica (CHRISTOFIDIS, 2013), formadas devido a natureza cristalina das rochas que compõe os solos principalmente da região central do Nordeste, e ao fato das chuvas serem escassas e ocorrerem geralmente no verão, reduzindo o tempo de permanência das águas de chuvas na superfície e, conseqüentemente, a infiltração nas fraturas dessas rochas que possuem reduzida capacidade de armazenar e circular suas águas subterrâneas, apresentando assim excessivas concentrações de sais, principalmente cloro, sódio e magnésio (LIMA et al., 2008).

Em condições salina, o crescimento, desenvolvimento e a produção das plantas são reduzidas em consequência da redução do potencial osmótico da solução do solo, do desbalanceamento nutricional, devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes, e o efeito tóxico de íons, particularmente o cloro e sódio (GHEY et al., 2016; SCHOSSLER et al., 2012). Além da redução na capacidade fotossintética, devido limitações estomáticas e não estomáticas, que causa redução no crescimento e na produtividade das plantas (GOMES et al., 2011; SILVA et al., 2013).

Tendo em vista que a salinidade afeta, além das variáveis de crescimento, as trocas gasosas e o processo fotossintético das plantas de citros (BRITO et al., 2012; SILVA et al., 2012; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014; BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2018), no processo de seleção de genótipos ou combinações copa/porta-enxertos de citros tolerantes à salinidade, deve-se atentar para o estudo destas variáveis.

Entretanto, as mesmas diferem quanto à intensidade desses efeitos e a tolerância pode variar com estágio fenológico da cultura, intensidade e duração do estresse salino (BRITO et al., 2014; SOUSA et al., 2017). Tornando-se necessário a identificação de genótipos cítricos tolerantes à salinidade, o que é feito por sucessivas avaliações, as quais devem compreender todo o sistema de produção da cultura, sabendo que alguns dos materiais estudados foram identificado como possíveis materiais tolerantes na fase de formação do porta-enxerto (SILVA et al., 2012; NASCIMNETO et al., 2012; BRITO et al., 2016; BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2017; BRITO et al., 2018), na fase de formação da muda enxertada (BRITO et al., 2014 e BRITO et al., 2015), em condição de campo até a fase de prefloração (SILVA, 2017), há , atualmente, a necessidade de avaliar estas combinações copa/porta-enxerto com potencial sob condição de campo durante a fase de produção para consolidar a recomendação.



## 2. OBJETIVO GERAL

Estudar a ecofisiologia da lima ácida ‘Tahiti’ enxertada em diferentes genótipos oriundos de progênes do cruzamento entre a tangerineira ‘Sunki’, o limoeiro ‘Cravo’ e o *Poncirus trifoliata* sob salinidade da água de irrigação.

### 2.1 Objetivos específicos

- Mensurar as alterações no crescimento das combinações de citros sob estresse salino em época de produção por meio das análises de crescimento;
- Determinar as alterações fisiológicas nas combinações copa/porta-enxerto de enxerto de lima ácida ‘Tahiti’, sob estresse salino, por meio da determinação das trocas gasosas e da análise da fluorescência da clorofila *a*;
- Avaliar a tolerância das combinações entre a lima ácida ‘Tahiti’ enxertada nos porta-enxertos de citros sob condições de irrigação com águas salinizadas
- Avaliar o crescimento dos frutos das combinações entre a lima ácida ‘Tahiti’ enxertada nos porta-enxertos de citros sob condições de irrigação com águas salinizadas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Citros

Os citros pertencem à família Rutáceas são nativos de áreas subtropicais e tropicais da Ásia, foram introduzidas no Brasil por volta de 1530, através das expedições colonizadoras encontrando condições adequadas ao desenvolvimento provavelmente na Bahia, onde espalharam-se por todo território nacional, concentrando principalmente nas regiões sudeste e nordeste (BARBOSA, 2013). Atualmente as espécies cítricas mais cultivadas no Brasil são as laranjas (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulatae*, *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*) e limas ácidas (*Citrus limettioides*).

São árvores de porte médio, podendo atingir cerca de quatro metros de altura, a sua copa é densa, de formato normalmente arredondado, com folhas persistentes, simples, do tipo lanceolada, ovado ou elíptica, aromáticas assim como as flores, que são axilares podendo apresentar-se solitárias ou em cachos e pequenas cimeiras terminais (LORENZI et al., 2006). Os frutos são denominados hesperídio e com cores, formatos e tamanhos, que variam de acordo com a espécie e variedade (MEDINA et al., 2008), são ricos em vitamina C, possuem ainda vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Na tentativa de obter maiores produtividades, longevidade do pomar, superar os problemas relacionados a estresses abióticos, tais como a salinidade, as plantas cítricas vem sendo 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 de mudas de citros, assim como de outras fruteiras, a combinação copa/porta-enxerto deve atender alguns critérios específicos como o parentesco das espécies a serem unidas, pois as características e necessidades da copa e do porta-enxerto nem sempre são comuns, ou seja, pode ocorrer incompatibilidade (OLIVEIRA et al., 2005).

Além disso, de acordo com Santana et al. (2018), os porta-enxertos influenciam diversas características do enxerto, como vigor, rendimento, qualidade dos frutos e sua tolerância a fatores bióticos e abióticos. Os mesmos autores estudando o vigor e mortalidade de progênies cítricas com potencial uso como porta-enxerto, observaram que as progênies, tendo à tangerina 'Sunki' como progenitora, apresentaram maiores taxas de acerto de frutos e menores taxas de mortalidade que as obtidas da progênie 'Cravo', enquanto no cruzamento

tangerineira Sunki da Florida (SFM) × Citrange x trifoliata Beneke (TRBK) não apresentou nenhum índice de mortalidade.

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 foram influenciadas pelo uso dos porta-enxertos. No entanto as plantas enxertadas em híbrido limoeiro ‘Volkameriano’ e a tangerineira ‘Cleópatra’, assim como as plantas em híbrido citrandarin ‘1707’, ‘Rangpur’1710’ e citrumelo ‘Swingle’ induziram maior vigor vegetativo e, conseqüentemente, 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 àcida ‘tahiti’ mais popularmente conhecida como “limão” é uma planta vigorosa, apresenta porte de médio a alto, com folhagem exuberante de coloração verde escura. A floração ocorre, principalmente, nos meses de setembro a outubro, ocorrendo praticamente o ano todo em plantios irrigados, as flores possuem cinco pétalas de coloração branca aromáticas com grande número de estame contendo pólen inviável. Seus frutos geralmente, se desenvolvem sem a formação de sementes, são de tamanho médio, casca lisa, fina e de coloração esverdeada, quando amadurecem, apresentam 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, conseguindo-se produtividades que variam de 6 a 21 t/ha<sup>-1</sup> (MOURÃO FILHO et al., 2010).

### 3.3 Salinidade em citros

Os citros são considerados sensíveis à salinidade, no entanto, existem divergências quanto à salinidade limiar, Mass (1993), por exemplo, descreve uma salinidade limiar de 1,4 dS m<sup>-1</sup>, enquanto que Singh et al. (2003) relatam a condutividade 2,0 dS m<sup>-1</sup> como limiar e Ferguson & Grattan (2005) afirmam que as plantas de citros toleram salinidade entre 1,2 e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, havendo uma redução a partir deste ponto no crescimento e produção das plantas. De acordo com Brito et al. (2014), a salinidade da água de até 2,0 dS m<sup>-1</sup> pode ser usada, por ocasionar pequena restrição no crescimento de genótipos de citros recomendados como porta-enxertos, notadamente no limoeiro ‘Volkameriano’, tangerineira ‘Sunki Tropical’, limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e o híbrido trifoliado (HTR) – 069.

Ainda, nota-se que a tolerância à salinidade é variável entre espécies, entre genótipos e até mesmo dentro uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento da planta (BRITO et al., 2014). Sendo a tolerância à salinidade em cada fase de desenvolvimento, controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014).

Tendo em vista a capacidade das plantas cítricas de se adaptarem as condições diversas, como é o caso da salinidade, torna-se possível a seleção de genótipos que sejam tolerantes ao estresse (SILVA et al., 2012), sendo importante que os materiais selecionados, além de tolerantes, sejam capazes de manter produções economicamente viáveis, mesmo sob a condição de estresse (BRITO et al., 2014).

Na tentativa de comprovar essa variabilidade, autores vem estudado plantas cítricas enquanto porta-enxerto, podendo se destacar o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, os híbridos oriundos do cruzamento entre a tangerineira Sunki Comum (TSKC) com outro híbrido formado pelo limoeiro Cravo (LCR) e o *Poncirus trifoliata* (TR), com denominação de TSKC x (LCR x TR) – 040, com potencial tolerância ao estresse salino enquanto porta-enxerto (SILVA et al., 2014, SÁ et al., 2017) e outros híbridos oriundos a partir do cruzamento da TSKC com o citrumelo Swingle (CTSW), denominado TSKC x CTSW - 041 e o híbrido resultante entre o cruzamento LCR e o limoeiro Volkameriano (LVK), denominado LCR x LVK – 038 (BARBOSA et al., 2017). O híbrido da tangerineira Sunki Comum (TSKC) com a citrange [*C. Sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L) Raf.] ‘Argentina’ – 019 o CTARG- 019 foram sensíveis quanto à salinidade em fase de porta- enxerto (SÁ et al., 2017).

No entanto, apesar da expressiva tolerância à seca, o limoeiro ‘Cravo’ é susceptível a problemas fitossanitários, que pode impedir as variedades copa de atingir seu máximo potencial produtivo e, em casos mais severos, podendo levar ao colapso da produção (CARVALHO et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2014) e Brito et al. (2014), é crescente a necessidade de se obter novos materiais a partir de melhoramento genético, de modo a diversificar cultivares a serem usadas como porta-enxerto e com combinação com as copas e viabilizar a produção no semiárido sob condição salina. Neste sentido, o Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura - PMG Citros tem desenvolvido híbridos provenientes de vários cruzamentos, os quais poderão ser usados nos sistemas de produção da cultura.

Todavia, tais estudos devem se estender, ainda, na fase de produção, já que o efeito do estresse salino pode ocasionar distúrbios fisiológicos que pode ser evidenciado, primariamente, com a diminuição da condutância estomática que conseqüentemente, leva a redução da difusão  $\text{CO}_2$  e da taxa fotossintética, prejudicando conseqüentemente todo o processo de crescimento e desenvolvimento da planta (HUSSAIN et al., 2012), o que pode gerar redução na produção da cultura. Embora isso possa estar relacionado a mecanismos de tolerância e/ou sobrevivência ao estresse (MAGALHÃES FILHO et al., 2008), é importante o estudo no sentido de verificar a viabilidade do uso dos materiais em campo.

Segundo Silva et al. (2014), estudos relacionados à fotossíntese e a fluorescência da clorofila *a* vem se mostrando bem-sucedidos em diferentes culturas de importância agrícola, incluindo os citros, o que pode ampliar a capacidade de identificação de materiais com potencial tolerância, mesmo na fase inicial do estresse.

Barbosa et al. (2017) verificaram 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 tiveram 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  $\text{m}^{-1}$  em relação às irrigadas com 0,8 dS  $\text{m}^{-1}$ . Além da redução na atividade estomática. A salinidade também ocasionou diminuição na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ .

Sá et al. (2018) relatam que o estresse salino influenciou o crescimento e fisiologia de todos os genótipos por eles estudados, no entanto, no limoeiro 'Volkameriano', no híbrido TSKC x CTSW - 041, no limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e no limoeiro 'Rugoso' foram observados os melhores índices fisiológicos, mesmo sob condições de salinidade da água. Ressalta-se, ainda, que o genótipo TSKC x CTSW - 041 tem demonstrado potencial para se adaptar ao estresse salino, pois, este teve sua taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  e eficiência instantânea de carboxilação aumentadas com a elevação do nível salino, acompanhado por um aumento na eficiência de uso de água, podendo estar relacionado a um acréscimo na atividade fotossintética, promovendo maior fixação do carbono sem alteração na transpiração (SILVA et al., 2014). Corroborando com Brito et al. (2017), que também observaram uma ampliação na assimilação de  $\text{CO}_2$ , contudo, no híbrido TSKC x CTARG - 019 em 45,1% na CE = 4,0 dS  $\text{m}^{-1}$  em comparação com o nível de 0,3 dS  $\text{m}^{-1}$ .

Outra ferramenta importante para percepção do estresse salino é o estudo da fluorescência da clorofila *a* em que o aumento da fluorescência inicial indica destruição do

centro de reação do PSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII (BAKER & ROSENQVST, 2004). Conforme Silva et al. (2014), o aumento da salinidade proporcionou acréscimo nos valores da fluorescência inicial das plantas de citros estudadas, sendo o maior incremento observado no híbrido HTR-127, quando utilizou água com 4 dS m<sup>-1</sup> em comparação a 0,3 dS m<sup>-1</sup>.

Além dos atributos fisiológicos, diferentes caracteres morfológicos de crescimento podem ser visualizados para evidenciar os efeitos da salinidade e classificar os genótipos em tolerantes, moderadamente tolerantes ou moderadamente susceptíveis e susceptíveis, dentre os quais o número de folhas, a ramificação e a altura da planta tem sido indicados (PATRIA, 2013).

Outra variável de fundamental importância quando se trata do estudo de combinações copa-porta-enxerto é o diâmetro do caule, principalmente no ponto da enxertia, devido ser um indicador da compatibilidade entre porta enxerto e a copa, uma vez que, geralmente os sintomas de incompatibilidade só são identificados visualmente, após alguns anos da enxertia, e são influenciados por condições ambientais (HARTMANN et al., 2002). De acordo com Mattos Junior et al. (2005), alguns casos de incompatibilidade ocorrem em função de um desbalanço no fluxo de seiva proveniente do porta enxerto ou da variedade copa que leva a formação da “Pata de elefante” em diâmetro no porta enxerto é muito maior ou menor que o diâmetro na copa.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em campo, no período de setembro de 2016 a fevereiro de 2017, na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, localizado no município de Pombal, Paraíba, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude a uma altitude de 194 m. Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente, temperatura média anual de 28°C e precipitações pluviométricas em torno de 750 mm ano<sup>-1</sup>.

### 4.2 Tratamento e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial, 2 x 10, relativos a:

- a. Dois níveis de salinidade da água de irrigação (CE<sub>a</sub>), S<sub>1</sub>= 0,3 e S<sub>2</sub>= 3,0 dS m<sup>-1</sup>, no qual iniciou a aplicação 15 dias após a transplantação (DAT) das mudas
- b. Dez combinações copa/porta-enxerto, relativas à limeira ácida 'Tahiti' enxertada em dez genótipos de porta-enxertos de citros, oriundos do programa de melhoramento genético de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo:
  - i. Cinco genótipos oriundos do cruzamento: Tangerineira Sunki (*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka) sendo três da seleção Comum (TSKC) e dois da seleção da Flórida (TSKFL)] x [limoeiro Cravo (LCR) (*Citrus limonea* L. Osbeck) x *Poncirus trifoliata* (TR)]: TSKC x (LCR x TR) – 017]; [TSKC x (LCR x TR) – 032]; [TSKC x (LCR x TR) – 059]; [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; [TSKFL x (LCR x TR) – 018].
  - ii. Quatro genótipos do cruzamento TSKFL x [*Poncirus trifoliata* Beneke (TRBK)]: TSKFL x TRBK – 011; TSKFL x TRBK – 017; TSKFL x TRBK – 028; TSKFL x TRBK – 030.
  - iii. E um genótipo testemunha, o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' [*C. limonia* Osbeck (LCRSTC)], por constituir o material mais usado na citricultura brasileira como porta-enxerto.

Unindo-se os fatores, tem-se como resultado 20 tratamentos (2 níveis de salinidade x 10 combinações copa/porta-enxerto), repetidos em 3 blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta, totalizando 60 parcelas.

### **4.3 Instalação e condução do experimento**

As mudas de cada genótipo de citros enxertada com a limeira ácida 'Tahiti' foram obtidas junto ao viveiro de produção de mudas da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA, seguindo recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se materiais de origem apogâmica, as mesmas foram produzidas em sacolas plásticas com 2 L nas quais permaneceram durante o período de aclimação (20 dias) ao clima da região, sendo posteriormente transplantadas para sacolas com capacidade de 5 L. Após alcançar 50 cm de comprimento, as mudas foram podadas, deixando-se brotar três hastes da copa, formando, assim, a muda tipo copinha, sendo o transplante definitivo, ou seja, para os lisímetros sob condição de campo realizado aos 365 dias após a semeadura (DAS).

As plantas de citros foram cultivadas em lisímetros, sob espaçamento de 2 x 2 m, o qual foi confeccionado com uma caixa d'água de 150 L, a qual foi pintada com a cor branca, de modo a aumentar a refletância da luz e conseqüentemente reduzir a absorção e conservação de calor no solo. Após essa preparação, inseriu-se um registro de 18 mm na base do lisímetro, de modo a garantir o escoamento da água lixiviada e determinar o consumo hídrico.

Os lisímetros foram preenchidos com solo, areia, brita e esterco bovino, onde se utilizou uma mistura de 15 L de brita e areia, sendo 8 e 7 L respectivamente, que formaram uma camada de 4 cm, visando facilitar a drenagem do excesso de água (Figura 1 B e C). Seguido a está camada, o preenchimento simulou uma cova de plantio em campo com dimensões de 40 de diâmetro e 40 cm de profundidade, para tanto, misturou-se 40 L de solo com 20 L de esterco bovino curtido e a adubação fosfatada com supersimples, que foram colocados no centro do lisímetro, com o auxílio de um cilindro com as dimensões da cova especificada, a parte externa do cilindro foi preenchida 60 L de solo, de modo que os lisímetros foram preenchidos com um volume de 135 L (Figura 1 D). Após o preenchimento foi colocado uma camada de cobertura morta com 1kg de palha de milho (Figuras 1 E), visando manter uma maior umidade, reduzindo a evaporação; também foi plantado grama de jardim nas entrelinhas para formar um microclima e amenizar a temperatura.



O solo utilizado foi retirado de uma área da fazenda experimental da UFCG, no Município de São Domingos, PB, seguindo a caracterização de horizontes diagnósticos do solo, com coletas de amostras de 0-0,2 m e de 0,2 a 0,4 m (Figura 1 A).



**Figura 1.** Ilustração da área de coleta do solo para o preenchimento dos lisímetros (A), da camada de brita e areia grossa (B), saída do dreno (C), do enchimento dos lisímetros com o cilindro ao centro (D), da cobertura com palha de milho triturada (E) (SILVA, 2018), CCTA/UFCG, Pombal- PB, 2019.

A irrigação, conforme cada nível de salinidade foi realizada usando-se um sistema de irrigação localizada, a partir de fitas gotejadoras de vazão regulada de  $1,9 \text{ L h}^{-1}$  por gotejador, estando dispostos cinco gotejadores por planta, para auxiliar a fixação da fita gotejadora em cada lisímetro, esta foi afixada a um círculo de ferro com diâmetro de 4,2 mm (Figura 2 a).



**Figura 2.** Ilustração do sistema de irrigação (A) e da coleta da água de drenagem (B) (SILVA, 2018), CCTA/UFCG, Pombal- PB, 2019.

O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, sendo que, semanalmente, o consumo de água acrescido de uma fração de lixiviação, correspondente a divisão do valor do volume consumido durante a semana (L) por 0,9, a fim de se obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, possibilitando a redução de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Expressão 1).

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

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

Para realização da coleta da água drenada, conectou-se um registro instalado em cada lisímetro a uma mangueira, a qual permitiu o fluxo do fluido drenado para um recipiente plástico de 18 litros (Figura 2 b).

Até os 15 dias após o transplante, as plantas receberam água com baixa condutividade elétrica ( $CE_a$ ), proveniente do sistema de abastecimento local,  $CE_a$  de 0,3 dS  $m^{-1}$ , a partir deste período foram aplicadas a água com os diferentes níveis de condutividade elétrica.

O manejo nutricional de cobertura seguiu as recomendações propostas por Mattos Junior et al. (2005), levando-se em consideração a análise do solo e do esterco, realizada (Tabela 1), empregando os seguintes fertilizantes: ureia (45% N), fosfato monoamônico (MAP) (10% de N e 46 a 50% de  $P_2O_5$ ) e cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ). Adotando-se, ainda, todos os demais cuidados de controle de ervas daninhas por meio de capinas manuais, prevenção e controle de pragas e doenças, normalmente recomendados (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

**Tabela 1.** Características químicas do solo utilizado para o preenchimento dos lisímetros de cultivo das plantas de citros. Pombal, PB, 2019.

	pH	C.E	P	N	K	Na	Ca	Mg	SB	(t)	MO
	CaCl <sub>2</sub>	dS/m <sup>-1</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	%	cmolc/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>		g Kg <sup>-1</sup>
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 Preparo das águas de irrigação

A água salina foi preparada a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) a água de abastecimento, que possuía condutividade elétrica ( $CE_a$ ) de 0,3 dS  $m^{-1}$ , considerando a

relação entre  $CE_a$  e concentração de sais ( $10 \cdot meq L^{-1} = 1 dS m^{-1}$  de  $CE_a$ ) extraída de Rhoades et al. (1992), válida para  $CE_a$  de 0,1 a 5,0  $dS m^{-1}$  em que se enquadra o maior nível a ser preparado. Após preparação, da água salina 3  $dS m^{-1}$ , está foi armazenada em recipientes plásticos de 500L, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade. Sendo, ainda, aferida antes de cada irrigação a  $CE_a$ , usando-se um condutivímetro portátil ajustado à temperatura de 25°C. A água correspondente ao nível 0,3  $dS m^{-1}$  era proveniente de um tanque e corresponde água de abastecimento.

## 4.5 Variáveis analisadas

### 4.5.1 Variáveis climáticas e o balanço de sais

As variáveis climáticas foram coletadas diariamente, com o auxílio de um termo higrômetro e um pluviômetro, foi realizado o monitoramento da temperatura e da precipitação pluviométrica durante todo o ano de produção.

Para a coleta da água de drenagem, em cada lisímetro foi instalado um registro com uma mangueira de 20 cm e um recipiente plástico com capacidade de 18 litros. A mangueira conectada a cada registro do lisímetro permitia o fluxo do fluido drenado para um recipiente plástico, o qual armazenava a água drenada. A condutividade elétrica da água de drenagem foi aferida através de um condutivímetro portátil, que possui condutividade elétrica ajustada à temperatura de 25°C.

### 4.5.2 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas foram determinadas a cada dois meses, iniciando no mês de outubro de 2016 (240 dias após o início do estresse salino ou 255 dias após o transplante); para determinar as trocas gasosas das plantas utilizou-se o analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro+) com luz constante de 1.200  $\mu mol$  de fótons  $m^{-2} s^{-1}$  e  $CO_2$  proveniente do ambiente a uma altura de 3 m da superfície do solo obtendo as seguintes variáveis: Taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) ( $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $mol$  de  $H_2O m^{-2} s^{-1}$ ), condutância estomática ( $gs$ ) ( $mol$  de  $H_2O m^{-2} s^{-1}$ ) e concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência instantânea no uso da água ( $EiUA$ ) ( $A/E$ ) [ $(\mu mol m^{-2} s^{-1}) (mol H_2O m^{-2} s^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ) ( $A/C_i$ ).

Neste mesmo período, foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, usando-se de um Fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; a priori, foi utilizado o protocolo Fv/Fm, afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (Fo), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv = Fm-Fo) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Genty et al. 1989); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro e no amanhecer, usando um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivessem totalmente oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, foram realizadas avaliações em condições de claro, usando o 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) afim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm'),. A partir dos resultados dessas variáveis, foram determinadas as variáveis: Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), usando-se a expressão 2; o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y<sub>NPQ</sub>), usando-se a expressão 3 e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y<sub>NO</sub>) com uso da expressão 4.

$$F_o' = \frac{F_o}{\left[\frac{F_m - F_o}{F_m} + \frac{F_o}{F_m'}\right]} \quad (\text{OXBOROUGH \& BAKER, 1997}) \quad \text{Exp.2}$$

$$Y_{No} = \frac{F'}{F_m} \quad (\text{KRAMER et al., 2004}) \quad \text{Exp.3}$$

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

#### 4.5.3 Variáveis de crescimento e Produção

Mensalmente foram mensurados, com auxílio de um paquímetro digital graduado em (mm), o diâmetro de caule do porta-enxerto (DC), o diâmetro de caule no ponto de enxertia (DCE) e o diâmetro de caule da copa (DCP), medido 2 cm acima do ponto de enxertia. Também com auxílio de um paquímetro, mensurou-se, a cada colheita, o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos das combinações.

A partir desses dados, calculou-se a taxa de crescimento absoluto que representa o crescimento em função do tempo e a taxa de crescimento relativo (TCR), que expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo ou seja representa o crescimento por unidade de tempo (BENINCASA, 2003):

$$\text{TCR} = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Exp.5}$$

$$\text{TCA} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Exp.6}$$

Em que,  $\ln$  é o logaritmo natural:  $X_2$  = diâmetro de caule no final do período de estudo;  $X_1$  = diâmetro de caule obtido no início do período de estudo;  $t_2 - t_1$  = diferença de tempo entre as amostragens. Sendo os valores da TCR em diâmetro do caule expressos em ( $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e a TCA expresso em ( $\text{mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ).

#### **4.6 Análise estatística**

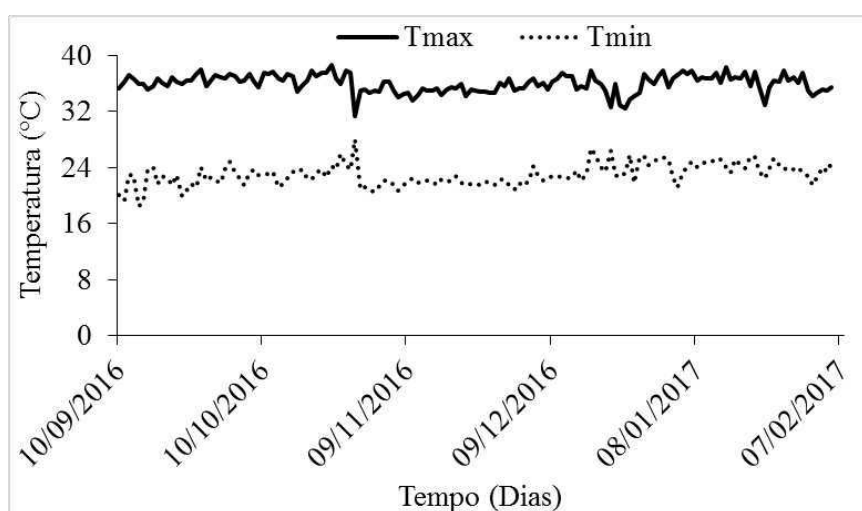
Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado o teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de probabilidade) para o fator combinação copa/porta-enxerto em cada nível de salinidade da água estudado e teste student (t) para o fator salinidade em cada combinação (FERREIRA, 2014).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Monitoramento climático e comportamento dos sais aplicados via água de irrigação

Durante o período experimental, realizou-se o monitoramento da temperatura e da precipitação, observando-se que a temperatura máxima variou entre 28,5 e 38,7 °C e a mínima entre 18,5 e 20 °C, sendo as médias de temperatura máxima e mínima, respectivamente, equivalentes a 35,5 e 22,9 °C, obtidas entre os meses de setembro de 2016 a fevereiro de 2017, período correspondente ao primeiro ano de produção. De acordo com Mattos Junior et al., (2005) a temperatura é um dos fatores que alteram o crescimento e o desenvolvimento das plantas cítricas e as temperatura ideais a frutificação estão em torno de 25 a 30 °C durante o dia e 15 a 20 °C a noite, notando-se, assim, uma condição de temperatura que pode ocasionar estresse às plantas.

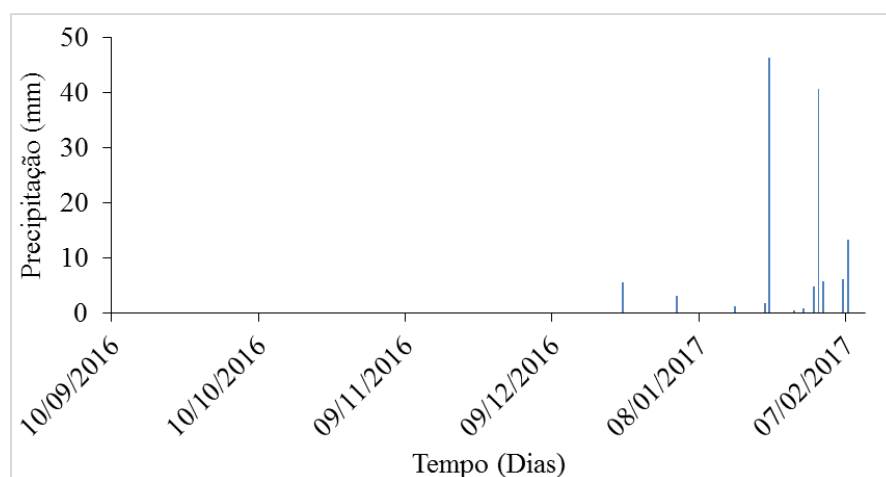
As plantas de citros, adaptam-se a diferentes regimes térmicos, tolerando, durante a fase de desenvolvimento, temperaturas mínimas na faixa de 12 a 13 °C e máximas que oscilam de 37 a 39 °C (MEDINA et al., 2008). Dessa forma, embora não se tenha as temperaturas ideais, pode ocorrer adaptação das plantas e, assim, ocorrer crescimento e desenvolvimento satisfatório, o que poderá ser analisado com os dados de crescimento e produção. Além disso, nesse estudo estamos avaliando genótipos provenientes de duas progênies, havendo assim, variação genética entre os indivíduos.



**Figura 3.** Variação da temperatura durante os meses de setembro 2016 a fevereiro 2017, equivalente ao período de produção do primeiro ano. Pombal-PB, 2019.

Quanto à precipitação pluviométrica no período estudado, observa-se que esta foi concentrada nos meses de janeiro e fevereiro, somando um valor de 183,6 mm (Figura 4), que é insuficiente para a garantia de alta produtividade da cultura dos citros, que demandam, conforme a literatura (MATTOS JUNIOR et al., 2005), entre 600 e 1300 mm, variando com as condições climáticas. Para o cultivo da lima ácida ‘tahiti’ no semiárido, Braz et al. (2009) verificaram precipitação semelhante à observada no período de condução deste experimento, com valor na ordem 289 mm, o que os autores indicaram como insuficiente, sendo necessário a reposição de água com 100% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), o que, para a situação desses autores, variou entre 4,7 e 5,2 mm, ou seja, entre 1700 e 1900 mm ano<sup>-1</sup>.

Analisando-se tal condição de precipitação, nota-se que o cultivo da lima ácida ‘tahiti’ no semiárido necessita de suplementação hídrica, ou seja, o uso da irrigação para viabilizar e promover aumento na produção.



**Figura 4.** Dados de precipitação pluviométrica durante os meses de setembro 2016 a fevereiro 2017, equivalente ao primeiro ano de produção. Pombal-PB, 2019.

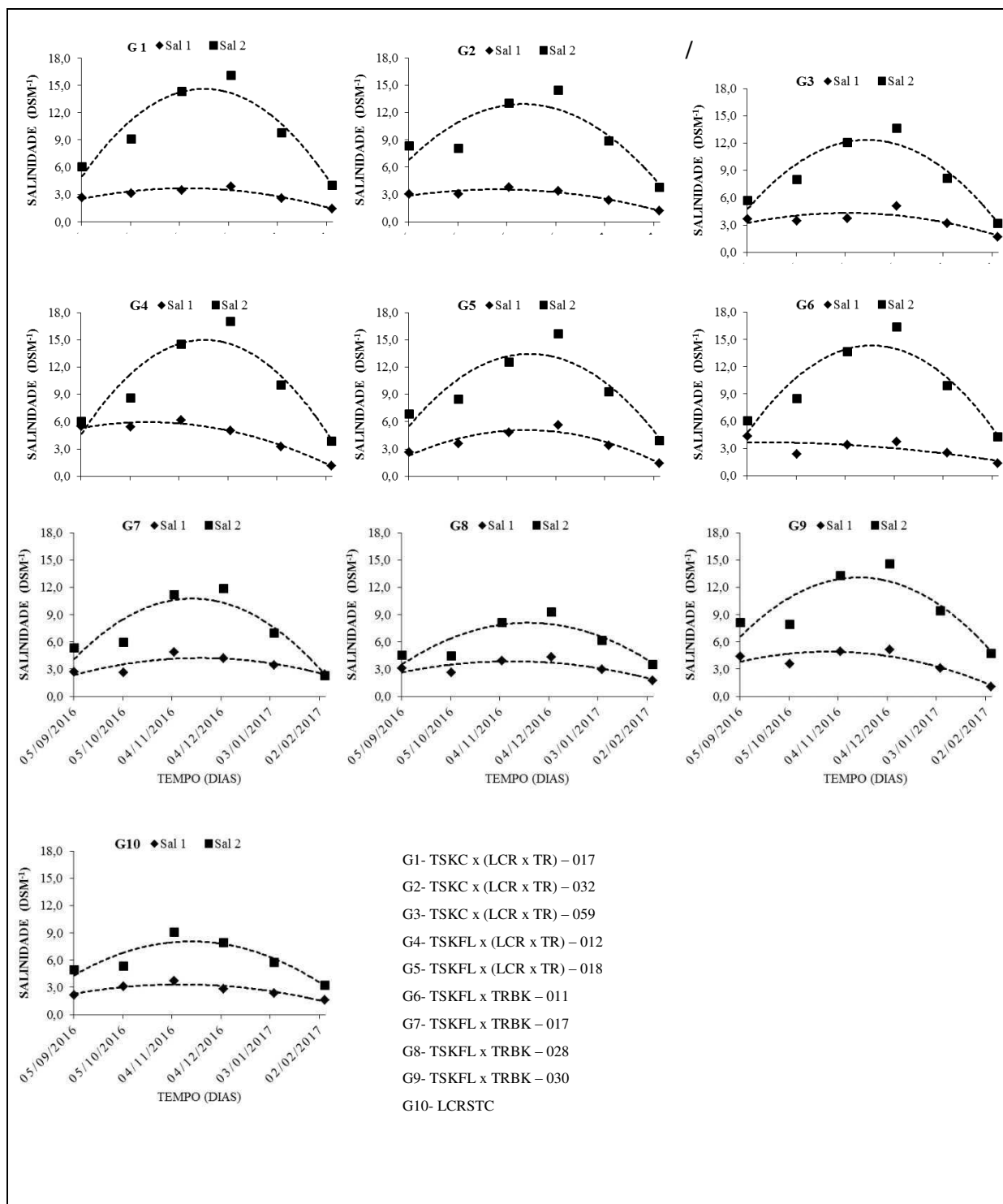
Contudo, o período de precipitação, embora pouco expressivo, concentrou-se durante os meses de janeiro e fevereiro, proporcionando a diluição de parte dos sais do substrato a qual foi observada com a redução da condutividade elétrica da água de drenagem ao final do experimento (CE<sub>ad</sub>) (Figura 5).

Ainda com relação à salinidade do extrato de saturação, independente do genótipo e da salinidade da água de irrigação utilizada, a condutividade elétrica da água de drenagem (CE<sub>ad</sub>) tendeu a aumentar com o passar dos meses, demonstrando o perigo de salinização de áreas irrigadas. Já que o problema da salinidade ocorre com mais frequência nas regiões áridas e semiáridas, como é o caso do Nordeste brasileiro, pois a lixiviação e o transporte de

sais solúveis são restritos devido às baixas precipitações e às altas taxas de evaporação, sendo esse processo acelerado pelas irrigações sem nenhum estudo prévio e pela drenagem deficiente (SILVA et al., 2011).

Nota-se que os maiores níveis de condutividade elétrica foram encontradas nos solos em que foram cultivadas as combinações do tahiti com os genótipos 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017] e 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012] correspondendo a 16,1 e 17 dS m<sup>-1</sup> (Figura 5), ocorridas durante o mês de dezembro e as menores condutividades no referido mês foram obtidas nos solos das combinações do tahiti com os genótipos 7 (TSKFL x TRBK – 017) e 10 (LCRSTC) com 11,9 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Podendo está relacionado com o tempo de exposição e as condições climáticas da região, com altas temperaturas, radiação solar e baixa umidade do ar, proporcionando uma elevada evapotranspiração que conseqüentemente proporcionaram um maior acúmulo de sais no solo. Porém nos meses de janeiro e fevereiro, devido a maior concentração de chuvas (Figura 4), notou-se a lixiviação e/ou solubilização de parte dos sais, ocasionando a redução na condutividade elétrica da água de drenagem, tendo os maiores níveis de CE<sub>a</sub> 4,0; 4,3 e 4,7 dSm<sup>-1</sup> nos genótipo 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017], 6 (TSKFL x TRBK – 011) e 9 (TSKFL x TRBK – 030) quando sob a salinidade 3 dSm<sup>-1</sup>.





**Figura 5.** Variação da condutividade elétrica da água de drenagem ( $CE_d$ ) em função do tempo de exposição das plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ aos níveis de salinidade da água. Pombal-PB, 2019.

Contudo, conforme Ayers & Westcot. (1999), em solos de textura média, aplicando-se uma lâmina de lixiviação entre 0,15 e 0,20, a concentração de sais no extrato de saturação é metade da concentração da água de drenagem, dessa maneira, sabendo que

salinidade limiar das plantas de citros para mesmas condições climáticas de estudo é de 2,0 dS m<sup>-1</sup> (BRITO et al., 2014), nota-se em todas as plantas irrigadas com águas de 3,0 dSm<sup>-1</sup> e nos genótipos 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012] quando irrigados com água de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, uma condição de salinidade no solo superior à salinidade limiar durante todo o período estudado.

Ademais, nota-se, ainda, 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), mesmo quando irrigados com água com menor conteúdo de sais, condutividade da água de drenagem conduzindo a uma salinidade maior que a limiar, principalmente durante os meses de novembro e dezembro, época na qual se notou um maior acúmulo de sais, ressaltando a importância do estudo da tolerância à salinidade em função do tempo. Tal aumento da salinidade pode está relacionado com aplicação dos adubos, o qual foi realizado de acordo com a recomendação de Mattos Junior et al. (2005), para o cultivo de citros no primeiro ano, contudo as plantas diferem em crescimento e consequentemente na absorção dos nutrientes.

## 5.2 Trocas gasosas

Estudando as trocas gasosas das plantas por meio da análise de variância, não se notou efeito significativo dos fatores estudados nas variáveis concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) e transpiração (*E*) (Tabela 2). Já na condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), constatou-se diferenças significativas entre os genótipos aos 360 dias após o início do estresse (DAIE). Assim, como na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), na qual se notou diferenças entre os genótipos 360 DAIE e entre os níveis de salinidade da água aos 240 e 360 DAIE. Na eficiência intrínseca no uso da água (*E<sub>i</sub>UA*) foi observado diferenças entre genótipos aos 300 DAIE e na eficiência instantânea da carboxilação (*E<sub>i</sub>C<sub>i</sub>*) e diferenças entre os níveis de salinidade aos 240 DAIE e os genótipos aos 360 DAIE.

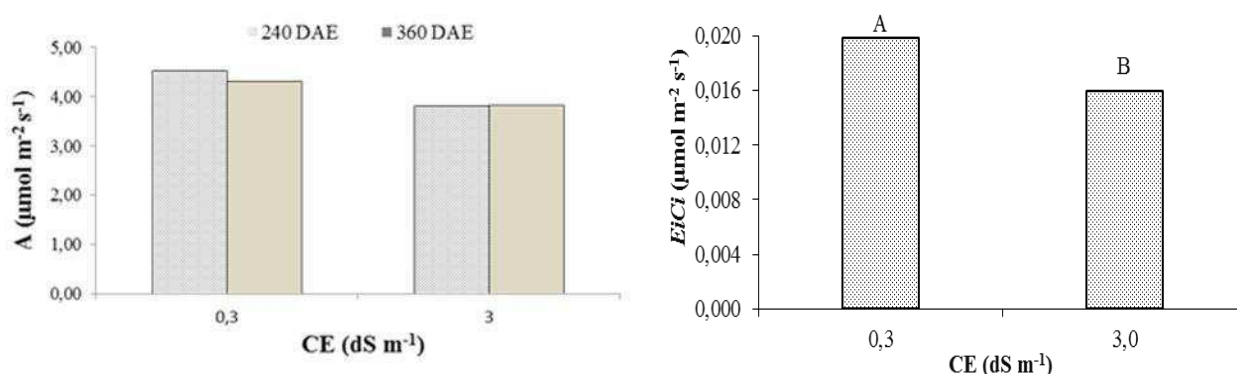
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância relativa a concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) aos 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas (DAE)). Pombal, PB, 2019.

Fontes	Quadrado Médio							
	De Variação	Período (DAIE)	Combinações (G)	Salinidade (S)	G X S	BLOCO	ERRO	MÉDIA
<i>Ci</i>	240	988,377 <sup>ns</sup>	2088,600 <sup>ns</sup>	1421,525 <sup>ns</sup>	2027,466 <sup>ns</sup>	736,554	237,73	11,42
	300	1779,646 <sup>ns</sup>	770,416 <sup>ns</sup>	2900,120 <sup>ns</sup>	4355,460 <sup>ns</sup>	1929,361	231,48	18,98
	360	972,127 <sup>ns</sup>	646,816 <sup>ns</sup>	809,890 <sup>ns</sup>	1417,316 <sup>ns</sup>	710,930	230,01	11,59
<i>Gs</i>	240	0,00021 <sup>ns</sup>	0,00028 <sup>ns</sup>	0,00018 <sup>ns</sup>	0,00061 <sup>ns</sup>	0,0002	0,054	28,44
	300	0,00016 <sup>ns</sup>	0,00071 <sup>ns</sup>	0,00030 <sup>ns</sup>	0,00045 <sup>ns</sup>	0,0002	0,030	47,61
	360	0,00035 <sup>**</sup>	0,00013 <sup>ns</sup>	0,00013 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>	0,0001	0,047	21,46
<i>E</i>	240	0,1131 <sup>ns</sup>	0,0209 <sup>ns</sup>	0,1170 <sup>ns</sup>	0,0034 <sup>ns</sup>	0,1300	1,397	25,81
	300	0,3549 <sup>ns</sup>	0,1058 <sup>ns</sup>	0,3746 <sup>ns</sup>	0,2443 <sup>ns</sup>	0,1963	1,044	42,42
	360	0,1500 <sup>ns</sup>	0,1083 <sup>ns</sup>	0,1318 <sup>ns</sup>	0,9278 <sup>**</sup>	0,0734	1,201	22,55
<i>A</i>	240	1,2872 <sup>ns</sup>	7,7760 <sup>**</sup>	0,4275 <sup>ns</sup>	7,937 <sup>**</sup>	1,1001	4,162	25,20
	300	0,5869 <sup>ns</sup>	1,1371 <sup>ns</sup>	0,6941 <sup>ns</sup>	1,8922 <sup>*</sup>	0,5178	2,075	34,68
	360	2,6432 <sup>**</sup>	3,4800 <sup>*</sup>	0,4989 <sup>ns</sup>	4,2262 <sup>**</sup>	0,6981	4,072	20,52
<i>EiUA</i>	240	0,8148 <sup>ns</sup>	2,7147 <sup>ns</sup>	0,7385 <sup>ns</sup>	2,1531 <sup>ns</sup>	0,6876	3,0869	26,86
	300	2,1838 <sup>**</sup>	0,1707 <sup>ns</sup>	1,2299 <sup>ns</sup>	5,0161 <sup>**</sup>	0,8004	2,3210	38,55
	360	1,2063 <sup>ns</sup>	0,5592 <sup>ns</sup>	0,5216 <sup>ns</sup>	20,8200 <sup>**</sup>	0,6627	3,593	22,65
<i>EiCi</i>	240	0,000042 <sup>ns</sup>	0,00022 <sup>**</sup>	0,000026 <sup>ns</sup>	0,00010 <sup>*</sup>	0,00002	0,017	28,44
	300	0,000014 <sup>ns</sup>	0,000021 <sup>ns</sup>	0,000023 <sup>ns</sup>	0,000036 <sup>ns</sup>	0,000014	0,0094	40,32
	360	0,000079 <sup>**</sup>	0,000084 <sup>ns</sup>	0,000021 <sup>ns</sup>	0,000134 <sup>**</sup>	0,000022	0,018	25,81
<b>GL</b>		9	1	9	2	38	-	-

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

A salinidade da água de irrigação reduziu, a taxa fotossintética (*A*) das combinações copa/porta-enxerto de citros aos 240 e 360 DAE (Figura 6a); assim como a eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) aos 240 DAE (Figura 6b). Para a *A* constatou-se perdas de 11,1% e 15,9% respectivamente ao se aumentar a salinidade de 0,3 para 3,0 dS m<sup>-1</sup>, com valores médios de 4,31 e 3,83 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> em 240 DAE e 4,52 e 3,80 aos 360 DAE (Figura 6a).

Ressalta-se que a fotossíntese aos 360 DAE foi semelhante aos obtida aos 240 DAE, mesmo nas plantas sendo irrigadas com a água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> e o maior tempo de exposição ao estresse. Podendo esse fato estar relacionado a rotas secundárias, tendo como objetivo a produção de compostos orgânicos, a exemplo da prolina, como forma de amenizar os efeitos deletérios da absorção excessiva de íons como o Na<sup>+</sup> e o Cl<sup>-</sup> (TAIZ et al., 2017) e, ou ainda, como no mês de janeiro ocorreram chuvas e se teve redução na salinidade do solo (Figura 5), isso pode ter contribuído para a melhoria da resposta das plantas, que se mantiveram resilientes.

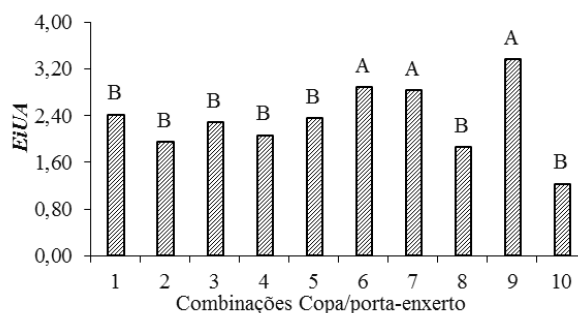


**Figura 6.** Taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A) (A) das combinações copa/porta-enxerto de citros aos 240 e 360 dias sob salinidade da água (CE) ( $\text{dS m}^{-1}$ ) e eficiência instantânea da carboxilação – *EiCi* (B) aos 240 dias sob salinidade da água (CE) ( $\text{dS m}^{-1}$ ). Pombal, PB, 2019.

Geralmente, reduções na taxa fotossintética em citros submetidos a estresse salino são atribuídas às limitações estomáticas, como relatadas por Magalhães Filho et al. (2008), Hussain et al. (2012) e Sousa et al. (2016), fato que não justifica os resultados obtidos no presente estudo, visto que não se observou efeito significativo da salinidade nessa variável. Porém, Silva et al. (2014) relatam que tal comportamento pode ser atribuído a fatores não estomáticos, como por exemplo, a falta de ATP e NADPH oriundos da cadeia transportadora de elétrons do PSII; que são essências na redução do  $\text{CO}_2$  para a formação da glicose, catalisada pela enzima Rubisco.

De forma semelhante a eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) reduziu com o incremento da salinidade da água de irrigação, com valores médios de 0,020 e 0,016  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para as CEa de 0,3 e 3,0  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente, constatando-se uma redução na ordem de 20% com o aumento da salinidade (Figura 6b). Sabendo que essa variável permite avaliar fatores não estomáticos que estejam interferindo na taxa fotossintética (FERRAZ et al., 2012). Portanto, confirma-se que essas reduções podem estar relacionadas a restrições metabólicas no ciclo de Calvin, onde o carbono recebido não está sendo fixado no estágio de carboxilação das células do mesófilo (LARCHER, 2006). Podendo ainda estar associado à redução na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , resultando em uma baixa disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a Rubisco (SILVA et al., 2015).

Estudando a eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*), constata, aos 300 DAIE, que as combinações entre a ‘Tahiti’ e os genótipos 9 (TSKFL x TRBK – 030), 6 (TSKFL x TRBK – 011) – 018) e 7 (TSKFL x TRBK – 017) foram superiores as demais as demais combinações, notando-se valores na ordem de 3,36, 2,88 e 2,83 respectivamente (Figura 7).



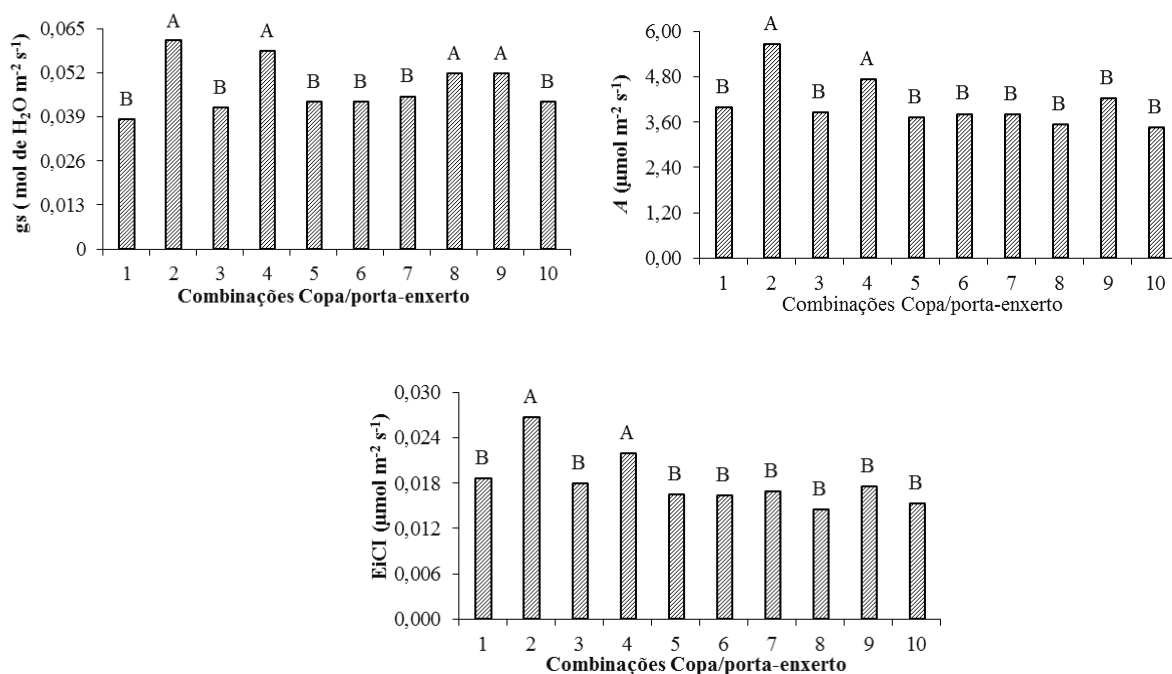
**Figura 7.** Eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) em função de diferentes combinações copa/porta-enxerto de citros aos 300 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade entre as combinações.

A ocorrência desta variação pode ser um indicativo de que esses genótipos tendem a apresentar uma maior tolerância a condições de estresse hídrico e salino. Em virtude desta variável ser independente e obtida pela relação entre  $A/E$ , indicando a quantidade de  $\text{CO}_2$  que a planta pode fixar por unidade de água perdida durante a fixação de carbono (CAMPOS et al., 2016). Assim, quanto maior for a eficiência de uso da água maior será a quantidade de  $\text{CO}_2$  absorvido e fixado pela planta (SUASSUNA et al., 2014).

Contudo, observa-se que  $A$  e  $E$  não sofreram influência dos fatores estudados aos 300 DIAE, porém, nesse período em que foi realizada a avaliação, que corresponde ao mês de dezembro, coincide com um maior índice de radiação solar e altas temperaturas tendo em média a máxima de  $36^\circ\text{C}$  e mínima  $24^\circ\text{C}$  o que pode ter contribuído para diferenciação entre os genótipos que possuía crescimento diferenciado. Ademais, Machado et al. (2005) ao estudar as repostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais observou que temperaturas acima de  $30^\circ\text{C}$ , promoveu decréscimo na mesma, porém de forma mais acentuado em ‘tahiti’.

Nota-se, quanto à condutância estomática ( $g_s$ ) diferença significativa entre as combinações copa/porta-enxerto aos 360 DAIE, com variações de  $0,038$  a  $0,061 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sendo as combinações do Tahiti com o 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032], 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012], 8 (TSKFL x TRBK – 028) e 9 (TSKFL x TRBK – 030) as que apresentaram os maiores incrementos na condutância estomática com  $0,061$ ,  $0,058$ ,  $0,051$  e  $0,051 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente (Figura 8a). Essa variação pode ser oriunda da limitação fotossintética imposta aos genótipos por restrição na difusão de  $\text{CO}_2$  (FLEXAS et al., 2006), assim como variabilidade genética. Estas variações na condutância estomática se assemelham aos

resultados obtidos por Carvalho et al. (2016) em híbridos de citros que apresentaram variações de 0,05 a 0,10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e superiores aos obtidos por Suassuna et al. (2014) em porta-enxertos de citros, que apresentaram  $g_s$  que variaram entre 0,1 a 0,3  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .



**Figura 8.** Condutância estomática –  $g_s$  (A), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  (B) eficiência instantânea da carboxilação -  $EiCi$  (C) em função de diferentes combinações copa/porta-enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade entre as combinações.

Observou-se também, diferenciação nos valores de taxa assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) e na eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ) nas combinações copa/porta-enxerto aos 360 DAIE, constatando-se os maiores valores médios nas plantas de ‘Tahiti’ enxertadas nos genótipos 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032], 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012] ao ser comparado as demais combinações, com valores médios 5,65 e 4,72  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e com 0,027 e 0,022  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente (Figura 8b). Este efeito é um indicativo de que essas combinações tendem a ser mais eficientes fotossinteticamente, em face de uma maior disponibilidade de carbono na cavidade subestomática e uma maior eficiência no consumo durante a atividade fotossintética (TAIZ et al., 2017). Brito et al. (2018), afirmam que a variação nas trocas gasosas obtida entre diferentes genótipos de citros é uma resposta as

mudanças no crescimento da planta, estando estas associadas a expressão gênica de cada genótipo.

### 5.3 Fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila *a* tem sido uma das ferramentas utilizadas para a seleção genética de tolerância à salinidade, pois a cinética da fluorescência muda em resposta a estresses abióticos (BAKER, 2008). Entretanto, as variáveis de fluorescência inicial (*F<sub>o</sub>*), fluorescência máxima (*F<sub>m</sub>*), fluorescência variável (*F<sub>v</sub>*) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*) das combinações copa/porta-enxerto de citros aos 240, 300 e 360 dias não foram influenciadas pela salinidade da água de irrigação e combinações. (Tabela 3) e os valores médios eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*) das combinações copa/porta-enxerto variaram de 0,76 a 0,75 indicando que não houve danos nos centros de reação dos fotossistemas e o balanço energético foi compensado (MELO et al., 2010).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância relativa à fluorescência inicial (*F<sub>o</sub>*), fluorescência máxima (*F<sub>m</sub>*), fluorescência variável (*F<sub>v</sub>*) e eficiência quântica fotoquímica máxima do Fotossistema II (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*) de genótipos de citros aos 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Fontes de Variação	Período (DAS)	Genótipos (G)	Salinidade (S)	G X S	BLOCO	ERRO	MÉDIA	CV (%)
<i>F<sub>o</sub></i>	240	280,416 <sup>ns</sup>	1,35000 <sup>ns</sup>	392,609 <sup>ns</sup>	6281,116 <sup>**</sup>	201,414	168,916	8,40
	300	87,1277 <sup>ns</sup>	0,01666 <sup>ns</sup>	179,868 <sup>ns</sup>	2000,016 <sup>**</sup>	109,578	137,316	7,62
	360	349,962 <sup>ns</sup>	41,66666 <sup>ns</sup>	744,259 <sup>ns</sup>	3624,450 <sup>**</sup>	555,800	187,500	12,57
<i>F<sub>m</sub></i>	240	4827,488 <sup>ns</sup>	4752,600 <sup>ns</sup>	6310,933 <sup>ns</sup>	116479,21 <sup>**</sup>	4734,707	711,733	9,67
	300	1302,140 <sup>ns</sup>	5645,400 <sup>ns</sup>	2344,918 <sup>ns</sup>	48815,116 <sup>**</sup>	3157,520	573,466	9,80
	360	3933,785 <sup>ns</sup>	1041,666 <sup>ns</sup>	9998,740 <sup>ns</sup>	29129,716 <sup>*</sup>	8238,155	761,066	11,93
<i>F<sub>v</sub></i>	240	3804,757 <sup>ns</sup>	4914,150 <sup>ns</sup>	4896,594 <sup>ns</sup>	69846,616 <sup>**</sup>	3802,616	542,816	11,36
	300	1419,420 <sup>ns</sup>	5626,016 <sup>ns</sup>	1575,424 <sup>ns</sup>	31077,800 <sup>**</sup>	2505,431	436,150	11,48
	360	3210,044 <sup>ns</sup>	1500,000 <sup>ns</sup>	7151,740 <sup>ns</sup>	12679,266 <sup>ns</sup>	7683,371	573,566	15,28
<i>F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub></i>	240	0,00051 <sup>ns</sup>	0,00058 <sup>ns</sup>	0,00066 <sup>ns</sup>	0,00075 <sup>ns</sup>	0,00038	0,7610	2,57
	300	0,00055 <sup>ns</sup>	0,00125 <sup>ns</sup>	0,00030 <sup>ns</sup>	0,00014 <sup>ns</sup>	0,00036	0,7589	2,50
	360	0,00054 <sup>ns</sup>	0,00032 <sup>ns</sup>	0,00080 <sup>ns</sup>	0,00057 <sup>ns</sup>	0,00141	0,7513	5,00
GL		9	1	9	2	38	-	-

\*, \*\*= significativo ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; <sup>ns</sup>= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

A fluorescência não variou com a salinidade, indicando que os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação sobre as combinações copa/porta-enxerto são mais intensas com a exposição mais prolongada (ZHANG et al., 2013). Relativo às variáveis de fluorescência avaliadas em condições de iluminação nota-se, para a fluorescência mínima do

tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), Fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F$ ), e para o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y_{NPQ}$ ), não foram influenciados, significativamente, por nenhum dos fatores estudados. Já o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) foi influenciado, de forma significativa, pela salinidade da água aos 300 DAS e foi diferenciado entre os genótipos aos 360 DAS (Tabela 4). Demonstrando que o aumento da salinidade proporciona perdas de energia e conseqüentemente, reduz a disponibilidade de energia (ATP) para a fase química.

**Tabela 4.** Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), Fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y_{NPQ}$ ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ), de genótipos de citros após 240, 300 e 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Fontes de Variação	Quadrado Médio							
	Período (DA)	Genótipo (G)	Salinidade (S)	G X S	BLOCO	ERRO	MÉDIA	CV (%)
$F_o'$	240	694,787 <sup>ns</sup>	102,587 <sup>ns</sup>	961,332 <sup>ns</sup>	11536,04 <sup>**</sup>	456,242	222,593	9,60
	300	300,616 <sup>ns</sup>	72,6105 <sup>ns</sup>	419,630 <sup>ns</sup>	3212,317 <sup>**</sup>	236,661	181,338	8,48
	360	1013,282 <sup>ns</sup>	223,553 <sup>ns</sup>	1840,664 <sup>ns</sup>	8110,844 <sup>*</sup>	1756,650	251,150	16,69
$F'$	240	6344,742 <sup>ns</sup>	277,350 <sup>ns</sup>	9648,683 <sup>ns</sup>	9326,150 <sup>ns</sup>	7258,009	263,950	32,28
	300	10351,483 <sup>ns</sup>	17170,416 <sup>ns</sup>	7671,231 <sup>ns</sup>	13020,20 <sup>ns</sup>	9077,778	324,450	29,37
	360	12188,238 <sup>ns</sup>	4,816667 <sup>ns</sup>	6098,890 <sup>ns</sup>	13359,35 <sup>ns</sup>	5753,472	299,850	25,30
$F_m'$	240	25902,044 <sup>ns</sup>	11648,266 <sup>ns</sup>	56572,303 <sup>ns</sup>	1326638,1 <sup>**</sup>	34495,150	635,100	29,24
	300	33626,77 <sup>ns</sup>	25626,666 <sup>ns</sup>	26822,629 <sup>ns</sup>	87,31666 <sup>ns</sup>	27070,983	513,666	32,03
	360	28037,214 <sup>ns</sup>	99389,400 <sup>ns</sup>	13136,140 <sup>ns</sup>	8437,850 <sup>ns</sup>	24999,218	621,800	25,43
$Y(NPQ)$	240	0,00899 <sup>ns</sup>	0,00819 <sup>ns</sup>	0,0128 <sup>ns</sup>	0,7675 <sup>**</sup>	0,0068	0,522	15,90
	300	0,0616 <sup>ns</sup>	0,00072 <sup>ns</sup>	0,04065 <sup>ns</sup>	0,02725 <sup>ns</sup>	0,05579	0,322	73,33
	360	0,0147 <sup>ns</sup>	0,0422 <sup>ns</sup>	0156 <sup>ns</sup>	0,0284 <sup>ns</sup>	0,0153	0,502	24,64
$Y(NO)$	240	0,01041 <sup>ns</sup>	0,000018 <sup>ns</sup>	0,01503 <sup>ns</sup>	0,08642 <sup>**</sup>	0,01384	0,378	31,12
	300	0,0324 <sup>ns</sup>	0,1168 <sup>*</sup>	0,0217 <sup>ns</sup>	0,1821 <sup>**</sup>	0,0252	0,574	27,70
	360	0,0324 <sup>*</sup>	0,0000002 <sup>ns</sup>	0,02211 <sup>ns</sup>	0,04520 <sup>ns</sup>	0,01512	0,403	30,49
GL		9	1	9	2	38		

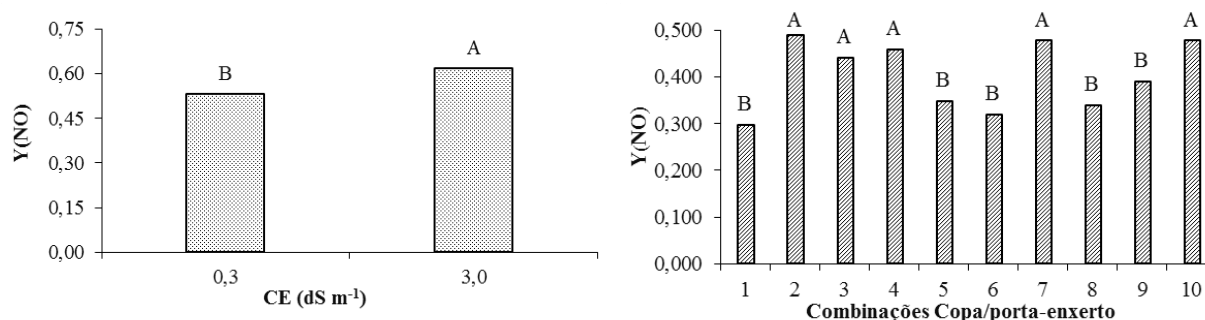
\*, \*\*= significante ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade; NS= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) das combinações copa/porta-enxerto de citros aos 300 DAS aumentou com o incremento da salinidade da água, passando de 0,53 para 0,62 nas CEa de 0,3 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, com porcentagem de incremento na ordem de 17% (Figura 9a). O fato da salinidade proporcionar maior valor médio para a variável supra citada, pode ser um indício de maior fotodano, já que esse parâmetro é um indicativo de fotoinibição (COLOMBO et al., 2018).

O aumento no rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada, ( $Y_{NO}$ ) acompanhado pela manutenção da eficiência quântica fotoquímica máxima do fotossistema II, também foi observado por Brito et al. (2017), nos genótipos TSKC X CTSW-057, TSKC X



CTSW-015 e TSKC X CTSW-019 ao estudar a fluorescência da clorofila *a*, em porta-enxerto de tangerineira com swingle sob salinidade da água



**Figura 9.** Rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) de Combinações copa/porta-enxerto de citros aos 300 dias após a aplicação das águas salinizadas (A) e em função de diferentes genótipos de porta-enxerto aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas (B). Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade

Os maiores valores de  $Y_{NO}$ , medidos aos 360 DAIE, foram observados nos genótipos 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032], 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012], 7 (TSKFL x TRBK – 017) e 10 (LCRSTC) (Figura 9b). Esse comportamento sugere que a energia de excitação direcionada para a fase fotoquímica da fotossíntese e os mecanismos de proteção foram ineficientes nos genótipos supracitados (TATAGIBA, 2013).

Entretanto, observou que os genótipos 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032], e 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012] mostraram-se eficientes quanto às trocas gasosas (Figura 8), obtendo os maiores valores de  $A$ ,  $gS$  e  $EiCi$ , contudo, estes mesmos genótipos apresentam uma maior dissipação não regulada de energia de excitação na forma de calor, a qual seria aproveitada para a síntese de moléculas de ATP, fonte de energia indispensável para a fase química da fotossíntese. Resultando em baixa eficiência (COLOMBO, 2018), o que pode ser observado ao estudar o crescimento dessas plantas. O fato dos demais genótipos apresentarem valores médios inferiores para o  $Y_{NO}$  pode ser resultado de uma maquinaria fotossintética com maior capacidade fotoprotetora, sendo uma característica das plantas tolerantes a estresses abióticos (RIVAS et al., 2016).

## 5.4 Crescimento das combinações copa/porta-enxerto

Aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas, constatou-se efeito da interação entre os níveis de salinidade da água em cada combinação copa/porta enxerto para o diâmetro de caule do porta-enxerto, diâmetro de caule da copa (Tabela 5), demonstrando que ambos os fatores, genótipos e salinidade, interferem de forma conjunta no crescimento das plantas. Já no diâmetro de caule medido no ponto de enxertia, foi notado efeito significativo dos fatores de forma isolada. Corroborando com estes resultados, foram constatadas diferenças entre genótipos e efeito da salinidade, ambos significativos, em variáveis de crescimento nos trabalhos desenvolvidos por Fernandes et al. (2011) e Sá et al. (2017).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância relativa a diâmetro de caule do porta-enxerto (DCP), diâmetro do caule da copa (DCC) e diâmetro da enxertia (DE) de combinações copa/porta enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Quadrados médios				
FV	GL	DCP	DCC	DE
<b>GENOTIPO</b>	9	181,241 <sup>**</sup>	40,009 <sup>**</sup>	59,226 <sup>**</sup>
<b>SALINIDADE</b>	1	1682,962 <sup>**</sup>	2583,839 <sup>**</sup>	1832,090 <sup>**</sup>
<b>S x G</b>	9	28,955 <sup>*</sup>	18,271 <sup>*</sup>	21,128 <sup>ns</sup>
<b>BLOCO</b>	2	24,398 <sup>ns</sup>	40,804 <sup>**</sup>	19,610 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>		8,59	7,91	8,16
<b>MÉDIA</b>		39,47	33,761	39,132

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

O diâmetro de caule do porta-enxerto, foi reduzido com incremento de sais na água de irrigação, em todas as combinações de copa/porta-enxerto (Tabela 6), no entanto, nas combinação do tahiti com os genótipos 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032] 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] e 9 (TSKFL x TRBK – 030) essa redução foi menor em torno de 16, 13 e 17% respectivamente.

Reportando a trocas gasosas, observa para combinações acima citadas, valores de  $A$  na ordem de 5,66, 3,73 e 4,21  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $EiCi$  de 0,027; 0,016 e 0,018  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  respectivamente. De acordo com Mattos júnior et al. (2005), valores de taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  variam de 4 a 10  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , estando os valores encontrado dentre desse intervalo considerado normal a cultura dos citros, o que justifica a menor redução no crescimento dessas combinações, exceto da combinação 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] que pode indicar aclimatização dessa, à condição de estresse imposta.

Observa-se, também, nas combinações da tahiti com os híbridos 6 (TSKFL x TRBK – 011), 7 (TSKFL x TRBK – 017) e 8 (TSKFL x TRBK – 028) maiores valores médios de diâmetro caulinar do porta-enxerto quando submetido a irrigação com água 0,3 dSm<sup>-1</sup>. Essa superioridade, nestas combinações da tangerineira ‘Sunki da Flórida’ (TSKFL) com o *Poncirus trifoliata* Bencke, pode ser atribuído as características peculiares da Sunki, como parental feminino de baixa poliembrionia para produção de porta-enxerto híbridos, possibilitando uma maior previsibilidade de resultados em hibridações, além de gerar progênies com vigor relativamente bom e mais uniformes, as quais compreendem indivíduos que guardam certa semelhança entre si (SOARES FILHO et al., 2014).

Contudo, a combinação da Tahiti com o híbrido 8 (TSKFL x TRBK – 028) quando aumentou o nível salino sofreu redução em torno de 40% em crescimento de diâmetro do caule do porta enxerto, assim como no diâmetro de caule da copa, denotando assim, a sensibilidade desse genótipo ao sal, além disso, ao reportar as trocas gasosas de forma isolada para o fator genótipo (Figura 8) esse aporta de uma baixa taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> 3,52 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e menor *EiCi* 0,014 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> dentre os genótipos estudados.

A redução no diâmetro do colo sob irrigação salina tem sido relatada em várias frutíferas, como o mamoeiro (LIMA NETO et al., 2016; DINIZ et al., 2018), maracujazeiro (SANTOS et al., 2018) e citros (BRITO et al., 2018). Brito et al. (2008), ao estudarem sensibilidade de variedades e híbridos de Citrage à salinidade na formação de porta-enxertos, observaram redução no diâmetro com incremento da salinidade, porém com menor intensidade na tangerina Sunki, parental feminino do genótipo 9.

**Tabela 6.** Teste de medias referente ao diâmetro do caule do porta-enxerto e da copa das combinações entre a lima ácida ‘Tahiti’ e cada genótipo de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

GEN	DC(mm)		Dcopa (mm)	
	0,3	3	0,3	3
TSKC X (LCR x TR) – 017	46,01Ba	35,01Ab	38,6Ba	30,59Ab
TSKC X (LCR x TR) – 032	40,03Ba	33,49Bb	38,61Ba	28,44Bb
TSKC X (LCR x TR) – 059	40,77Ba	28,63Cb	36,16Ba	26,49Bb
TSKFL X (LCR x TR) – 012	40,73Ba	31,94Bb	40,35Aa	31,84Ab
TSKFL X (LCR x TR) – 018	44,90Ba	37,14Ab	38,47Ba	32,41Ab
TSKFL X TRBK – 011	53,82Aa	40,23Ab	43,42Aa	32,15Ab
TSKFL X TRBK – 017	52,27Aa	41,47Ab	40,32Aa	28,32Bb
TSKFL X TRBK – 028	51,44Aa	30,48Bb	43,08Aa	24,29Bb
TSKFL X TRBK – 030	44,51Ba	38,66Ab	35,97Ba	27,67Bb
LCRSTC	33,22Ca	24,74Cb	33,99Ba	23,69Bb

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os híbridos pelo teste de Skott-Knott, p<0,05 e letras minúsculas distintas indicam diferença significativa para os níveis de salinidade pelo Teste estudent (t) p>0,05.

No tocante ao diâmetro de caule da copa (tabela 6), constataram-se, em todas as combinações de copa/porta-enxerto, reduções nos valores médios com o aumento da salinidade da água, que variaram de 15 a 43%, possivelmente pelo efeito nocivo da salinidade que durante todo o período encontrou-se em condições maior que a limiar, quando irrigado com água  $3 \text{ dSm}^{-1}$ , chegando ao mês de dezembro a  $CE_d$  variando de 8,0 a  $16 \text{ dSm}^{-1}$ , o que corresponde ao dobro e o quádruplo da salinidade limiar. Esse efeito nocivo do sal pode ser evidenciado na taxa fotossintética e no rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) do PII que conseqüentemente reflete no crescimento da planta.

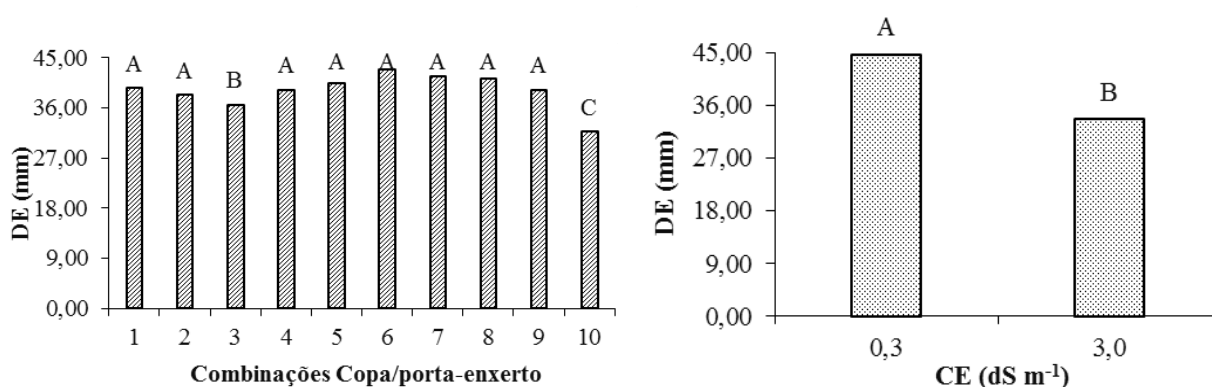
Ademais, vale salientar que durante o mês de fevereiro 360 (DIAE), no qual foi realizado a análise de fotossíntese, a salinidade do solo devido às chuvas apresentava-se menor, tendo a condutividade da água de drenagem, em torno de 3,2 a  $4,7 \text{ dSm}^{-1}$  e ainda promoveu redução de 11,1% na taxa fotossintética (Figura 6), e aumentou em torno de 17% rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) (Figura 9), em relação as plantas irrigadas com água  $0,3 \text{ dSm}^{-1}$  que aportavam  $CE_d$  em torno de 1,1 a  $1,8 \text{ dSm}^{-1}$ .

Segundo Sousa et al. (2017), a elevada concentração de sal na solução do solo em plantas cítricas exerce efeito sobre o potencial osmótico e reduz a disponibilidade de água livre, fazendo com que a planta desprenda maior energia para extrair água do solo e, assim, tentar manter sua turgescência, o que pode implicar em redução no seu crescimento, como observado neste trabalho.

Ressalta-se, que as menores reduções no crescimento em diâmetro de caule da copa sob condições de irrigação com água de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  foram observadas nas combinações com os porta-enxerto 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017], 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012] e 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018], de 20, 21 e 15% respectivamente (Tabela 6). Mesmo o sal tendo influenciado negativamente  $A$  e a  $EiCi$  (Figura 8) estes genótipos aportaram de uma menor redução no diâmetro da copa. Acredita-se que estas combinações proporcionaram atenuação às condições salinas, pois há variabilidade na aclimatização entre variedades de uma mesma espécie (PEREIRA et al., 2017; SÁ et al., 2016). Já que a condutividade de água de drenagem do solo no qual cultivava esses genótipos chegou a 16,1, 17,0 e  $15,7 \text{ dS m}^{-1}$  conseqüentemente levando a salinidade no solo ao quádruplo do limiar dos citros. Santana et al. (2018) afirmam que os porta-enxertos influenciam certas características do enxerto, como vigor, rendimento e qualidade dos frutos e tolerância a fatores bióticos e abióticos.

Ainda, em relação às combinações copa/porta-enxerto verificou nas combinações 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012], 6 (TSKFL x TRBK – 011), 7 (TSKFL x TRBK – 017) e 8 (TSKFL x TRBK – 028), quando irrigadas com água de condutividade  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , os maiores valores de diâmetro de caule da copa, de forma similar ao diâmetro de caule do porta-enxerto, possivelmente pelo potencial do parental feminino. Entretanto, a combinação do tahiti com o híbrido 8 (TSKFL x TRBK – 028) quando sob salinidade da água  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  foi a que mais sofreu redução no seu diâmetro de caule do porta enxerto e da copa, em relação às demais com redução de 40%, demonstrando assim a sensibilidade desse híbrido quando submetido ao estresse salino.

Relativo ao diâmetro de caule no ponto de enxertia, no qual se notou efeito isolado dos fatores, denotando, que a salinidade da água não exerceu influencia na compatibilidade da copa com o porta-enxerto. Constatou-se maiores valores de diâmetro na combinação entre a ‘Tahiti’ e o genótipo 6 (TSKFL x TRBK – 011), não diferindo estatisticamente, porém, das demais combinações, exceto das combinações com os porta-enxerto 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 [LCRSTC], nos quais se notou os menores diâmetros, sendo equivalentes, respectivamente, a 36,59 mm e 31,79 mm (Figura 10a), o que denota a variação genética dos materiais, embora alguns possuam relação parental. Rodrigues et al. (2016), ao estudarem produção de mudas de citros com diferentes combinações de copa e porta-enxerto, observaram menor diâmetro da enxertia no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e híbrido TSKC, em relação ao Sunki como porta-enxerto.



**Figura 10.** Diâmetro da enxertia (DE) em função de diferentes genótipos de citros (A) e da irrigação com água salinizadas (B) aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade entre as combinações.

Independentemente das combinações de copa/porta-enxerto, as plantas irrigadas com água de 3,0 dS m<sup>-1</sup> tiveram maior redução, correspondente a 24,74% no diâmetro de caule no ponto de enxertia ao comparar com as plantas irrigadas com água de baixa salinidade (Figura 10b). Tal fato pode ser explicado pelo desprendimento de energia da planta para absorver água em um substrato salino. Com isso, ocorre a redução no crescimento e uso da água pela planta, permitindo, assim, uma maior concentração de sais no substrato e prejudicando as atividades metabólicas das plantas (MUNNS & TESTER, 2008).

Quanto às taxas de crescimento avaliadas, não houve efeito da interação dos fatores; entretanto, observou-se significância para os fatores isolados, todas as variáveis foram significativas para a salinidade na água e apenas taxa de crescimento relativa e absoluta do diâmetro do colo e taxa de crescimento absoluta do diâmetro da enxertia foram significativas para as combinações de copa/porta-enxerto (Tabela 7).

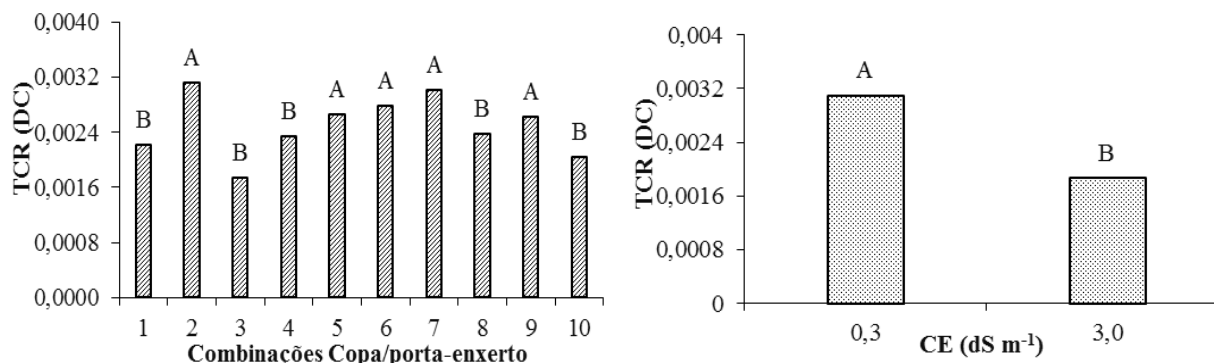
**Tabela 7.** Resumo da análise de variância relativa à taxa de crescimento relativo diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDC), taxa de crescimento relativo do diâmetro da enxertia (DE), taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule da copa (DCP), taxa de crescimento absoluta do diâmetro do caule do porta-enxerto (TCADC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro da enxertia (TCADE) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule da copa (TCADCP) de combinações copa/porta enxerto de citros irrigados com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Fontes de variação	QUADRADO MÉDIO					MÉDIA	CV (%)
	GENÓTIPOS (G)	SALINIDADE (S)	G X S	BLOCO	ERRO		
<b>TCRDC</b>	0,00001**	0,00023**	3,6121 <sup>ns</sup>	5,9210 <sup>ns</sup>	3,667	0,0024	24,36
<b>TCRDE</b>	4,9145 <sup>ns</sup>	0,00003**	2,5255 <sup>ns</sup>	1,6755 <sup>ns</sup>	3,9534	0,0021	29,44
<b>TCRDCP</b>	2,4330 <sup>ns</sup>	0,00003**	6,2428 <sup>ns</sup>	9,0037 <sup>ns</sup>	4,4299	0,0022	29,59
<b>TCADC</b>	0,0024**	0,0453**	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0004	24,40	24,40
<b>TCADE</b>	0,0008*	0,0564**	0,00037 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0003	0,0734	26,24
<b>TCADCP</b>	0,00043 <sup>ns</sup>	0,4391**	0,00057 <sup>ns</sup>	0,00088 <sup>ns</sup>	0,00033	0,0664	27,51
<b>GL</b>	9	1	9	2	38		

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

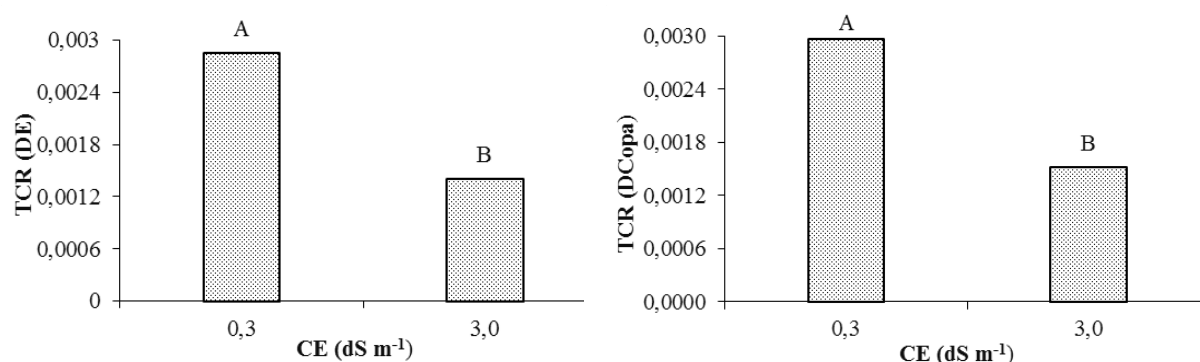
A taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto (TCRDC) foi menor nas combinações de copa/porta-enxerto 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017], 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012], 8 (TSKFL x TRBK – 028) e 10 (LCRSTC), independentemente das águas salinizadas (Figura 11a). A taxa de crescimento relativo é uma estimativa da eficiência da planta em acumular matéria seca (PEIXOTO et al., 2006). Esses autores ainda relatam que os índices fisiológicos razão da área foliar, taxa de assimilação líquida e de crescimento relativo são ferramentas capazes de identificar a potencialidade de variedades de citros. Logo, observa-se principalmente, que as combinações

3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC) corroboram com menor crescimento na maioria das variáveis estudadas, demonstrando menor potencial, neste trabalho.



**Figura 11.** Taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule do porta-enxerto em função de diferentes genótipos de citros (A) e da irrigação com água salinizadas (B). Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade entre as combinações.

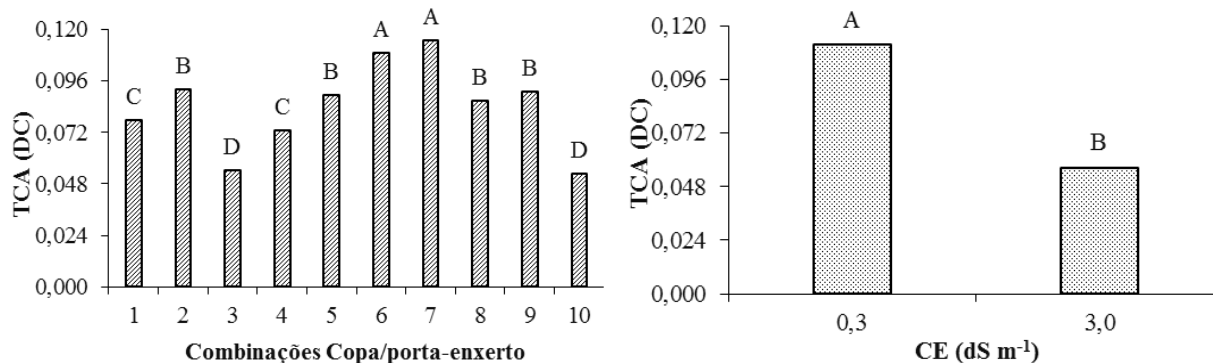
Analisando isoladamente a interferência da salinidade na água de irrigação na taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule da enxertia (DE) e da copa (DCP) (Figura 12 a e b) verificou-se redução drástica com aumento da salinidade na água, correspondendo a perda de 39,71; 50,7; e 50% no maior nível salino, respectivamente. Sabendo que a taxa de crescimento relativo se relaciona à eficiência em formar novos tecidos com base nos pré-existentes (BARBOSA, 2013), pode-se dizer que o aumento da salinidade reduz a eficiência do crescimento das plantas estudadas.



**Figura 12.** Taxa de crescimento relativo do diâmetro da enxertia (A) e do diâmetro do caule da copa (B) de genótipos de citros em função da irrigação com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Essa alteração morfológica em situação de estresse ocorre em referência do desbalanço hídrico, nutricional ou hormonal, resultando no fechamento estomático, declínio transpiratório, redução na fotossíntese e, conseqüentemente, baixa taxa de crescimento da cultura (MESQUITA et al., 2014; TAIZ et al., 2017). Sendo observada esta diminuição na taxa de crescimento em trabalhos com salinidade, como Oliveira et al. (2015) na cultura do mamoeiro e Freire et al. (2012) em maracujazeiro.

A taxa de crescimento absoluto do diâmetro do colo TCA (DC) (Figura 13a), foi maior na combinação copa/porta-enxerto 7 (TSKFL x TRBK – 017), não diferindo estatisticamente da 6 (TSKFL x TRBK – 011), supostamente pela similaridade fenotípica, enquanto que, as menores taxas foram nas combinações 3 e 10, notadamente os genótipos 6 (TSKFL x TRBK – 011) e 7 (TSKFL x TRBK – 017) possui uma maior velocidade de crescimento diferentemente do genótipo 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC).

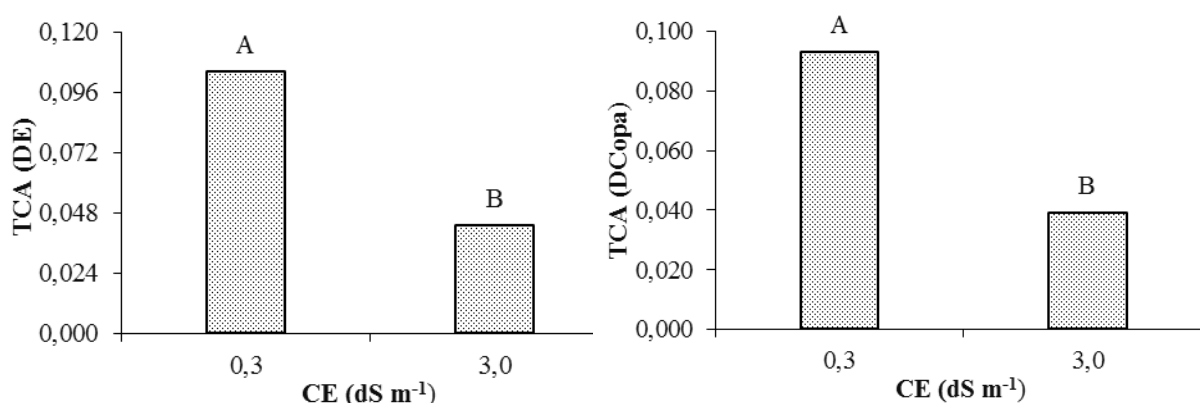


**Figura 13.** Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule do porta-enxerto em função de diferentes genótipos de citros (A) e da irrigação com água salinizadas (B). Pombal, PB, 2019. Combinações copa/porta-enxerto: 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017]; 2 [TSKC x (LCR x TR) – 032]; 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059]; 4 [TSKFL x (LCR x TR) – 012]; 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018]; 6 (TSKFL x TRBK – 011); 7 (TSKFL x TRBK – 017); 8 (TSKFL x TRBK – 028); 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC). Mesma letra maiúscula indica similaridade entre as combinações.

Do mesmo modo, que as demais taxas de crescimento, a TCA (DC) comportou-se inversamente proporcional ao acréscimo na condutividade elétrica da água, reduzindo de 0,111 (0,3 dS m<sup>-1</sup>) para 0,056 (3,0 dS m<sup>-1</sup>), equivalente a 49,54% de atenuação (Figura 13b), na velocidade de crescimento das combinações estudadas. Souza et al. (2017) afirma que irrigação com condutividade elétrica da água de irrigação acima de 0,3 dS m<sup>-1</sup> afeta negativamente as taxas de crescimento absoluto do diâmetro do caule em porta-enxertos de goiabeira.



Similarmente, as taxas de crescimento absoluto do diâmetro da enxertia e do caule da copa (Figura 14a e b), declinaram na maior salinidade da água, variando de 0,104 para 0,043 (diâmetro da enxertia) e 0,093 para 0,039 (diâmetro da copa), entre o menor e maior nível salino da água, nesta ordem. Essa redução está interligada ao efeito tóxico de concentrações crescentes tanto de  $\text{Na}^+$ , como de  $\text{Cl}^-$  nas folhas, ocasionando assim, redução no alongamento celular caulinar e copa das plantas em resposta ao estresse salino (ESTEBAN et al., 2016).



**Figura 14.** Taxa de crescimento absoluto do diâmetro da enxertia (a) e do diâmetro da copa de genótipos de citros em função da irrigação com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Avaliando os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos das combinações copa/porta-enxerto de citros irrigadas com água de diferentes salinidades, por meio da análise de variância (Tabela 8), observa-se efeito da interação entre os níveis de salinidade da água em cada combinação copa/porta enxerto para o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos.

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância relativa a Diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT) do fruto de combinações copa/porta enxerto de citros aos 360 dias após o início da aplicação das águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

Quadrados médios			
FV	GL	DL	DT
<b>GENOTIPO</b>	9	22,883**	13,385**
<b>SALINIDADE</b>	1	164,573**	141,680**
<b>S x G</b>	9	17,322**	14,193**
<b>BLOCO</b>	2	10,114 <sup>ns</sup>	08223 <sup>ns</sup>
<b>CV(%)</b>		4,29	4,42
<b>MÉDIA</b>		50,40	45,23

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

Relativo aos diâmetros longitudinais e transversais dos frutos, em cada nível de salinidade, observa-se efeito diferenciado da salinidade em cada combinação copa/porta-

enxerto quando irrigados com água 0,3 dSm<sup>-1</sup> (Tabela 9), tendo os maiores diâmetros encontrados nas combinações do tahiti com os porta-enxertos 1 [TSKC x (LCR x TR) – 0173], 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018], 8 (TSKFL x TRBK – 028), 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC) em torno de 52,7 e 46,7; 55,7 e 49,7; 54,6 e 48,9; 53 e 47,9; 53,9 e 47,9; 56,2 e 50,9 para diâmetro longitudinal e transversal, respectivamente.

Contudo, quando aumentou a salinidade na água para 3 dSm<sup>-1</sup>, as combinações não diferiram entre si, no entanto, na combinação com genótipo 7 (TSKFL x TRBK – 017), foi notado um incremento no diâmetro com o aumento do nível de salinidade se comparado a água 0,3 dSm<sup>-1</sup>. Plantas submetidas a qualquer estresse refletem inferioridade na produção, mas os genótipos de citros respondem divergentemente aos níveis de salinidade (BRITO et al., 2017).

**Tabela 9.** Teste de médias referente ao diâmetro longitudinal e transversal de frutos das combinações entre a lima ácida ‘tahiti’ e cada genótipo de citros, irrigadas com águas salinizadas. Pombal, PB, 2019.

GEN	D L (mm)		DT (mm)	
	SAL			
	0,3	3	0,3	3
TSKC X (LCR x TR) – 017	52,7Aa	49,59Aa	46,72Aa	44,92Aa
TSKC X (LCR x TR) – 032	49,41Ba	48,54Aa	42,84Ba	43,52Aa
TSKC X (LCR x TR) – 059	55,72Aa	46,40Ab	49,73Aa	42,45Ab
TSKFL X (LCR x TR) – 012	50,21Ba	47,86Aa	45,11Ba	42,07Aa
TSKFL X (LCR x TR) – 018	54,63Aa	50,17Ab	48,90Aa	44,35Ab
TSKFL X TRBK – 011	49,64Ba	50,91Aa	45,43Ba	46,29Aa
TSKFL X TRBK – 017	45,42Ca	46,73Aa	42,74Ba	42,92Aa
TSKFL X TRBK – 028	53,01Aa	48,69Ab	47,52Aa	43,06Ab
TSKFL X TRBK – 030	53,92Aa	49,67Ab	47,91Aa	44,19Ab
LCRSTC	56,23Aa	48,93Ab	50,93Aa	43,19Ab

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os híbridos pelo teste de Skott-Knott, p<0,05 e letras minúsculas distintas indicam diferença significativa para os níveis de salinidade pelo Teste student (t) p>0,05.

Estudando o efeito da salinidade nos diâmetros dos frutos em cada combinação (Tabela 9), nota-se que as combinações entre a tahiti e os genótipos 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018], 8 (TSKFL x TRBK – 028), 9 (TSKFL x TRBK – 030) e 10 (LCRSTC) apesar de terem as maiores médias de diâmetro quando submetidos a água 0,3 dSm<sup>-1</sup> mostraram-se mais sensíveis, havendo maior redução dos frutos oriundos das plantas quando irrigadas com água de maior salinidade 3 dSm<sup>-1</sup>. Porém as demais combinações não diferenciaram-se entre si, podendo destacar a combinação 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017], que também estava dentro o grupo de maiores diâmetros dos frutos quando sob salinidade 0,3 dSm<sup>-1</sup> e conseguiu manter o tamanho de seus frutos, quando sob salinidade 3 dSm<sup>-1</sup>.

Todavia, certamente a combinação tahiti com o genótipo 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017] utilizou-se de mecanismos nos quais permitiu minimizar os efeitos dos sais principalmente sob a qualidade de seus frutos, visto que esse obteve redução de 23,5 e 17 % em diâmetro de colo e copa, respectivamente, e sua taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  era em torno de 3,99 um pouco abaixo da considerado normal (MATTOS JÚNIOR et al 2005). No entanto, esse mesmo possui um menor rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{\text{NO}}$ ), se comparado aos demais genótipos acima citado (Figura 9), o que revela uma maior eficiência a condições de estresse, já que possui uma menor perda de energia, sendo direcionando maior parte de energia para a fotossíntese.

Contudo, segundo Ayers e Westcot (1991), como critério para escolha de uma cultura, quanto à tolerância à salinidade, pode ser aceita a diminuição no rendimento potencial de até 10%, isto é, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%, diante do exposto pode-se enfatizar que a salinidade da água de irrigação até  $3,0 \text{ dSm}^{-1}$  pode ser utilizada no cultivo dessas combinações sem causar maiores restrições ao comprimento dos frutos exceto as combinações 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC) as quais tiveram redução de 16% e 12% para diâmetro longitudinal e 14% e 15% para diâmetro transversal respectivamente.

A seleção da combinação copa e porta-enxerto de citros deve atender, primeiramente, a critérios decisivos, como resistência a doenças, produtividade e qualidade dos frutos, além de adaptabilidade aos estresses abióticos da região (SOARES FILHO et al., 2011). De acordo com Luchetti et al. (2003) frutos estão aptos a colheita em padrão comercial quando as médias de comprimento e diâmetro varia entre 5,5 a 7,0 cm e 4,7 a 6,3 cm respectivamente. Todavia, frutos com os respectivos diâmetros, foram obtidos nas combinações do tahiti com os genótipos 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] e 10 (LCRSTC) irrigados com água  $0,3 \text{ dSm}^{-1}$ ; quando sob água  $3 \text{ dSm}^{-1}$  nenhum genótipo alcançou o diâmetro de ponto comercial. Porém os que mais se aproximaram foram 5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] e 6 (TSKFL x TRBK – 011) com diâmetros longitudinais e transversais de 50,17 e 44,34; 50,91 e 46,91 mm, respectivamente.

O fato de mesmo quando irrigadas com água de menor salinidade a maioria das combinações copa/porta-enxerto estudadas não obter diâmetro de frutos em padrão comercial, pode está relacionado com a idade das plantas e a adaptação dessas as condições climáticas do semiárido alta incidência de luz e de temperatura, as quais se mostram acima das ideais a frutificação (Figura 3), assim como para o processo de fotossíntese.

## 6. CONCLUSÕES

O aumento da salinidade na água de irrigação reduz o crescimento de plantas cítricas; reduz a condutância estomática ( $g_s$ ) e a taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) e influencia no rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ).

As combinações de tahiti com os genótipos 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC) apresentaram menor crescimento, podendo ser ananizantes;

As combinações com os genótipos 2 TSKC x (LCR x TR) – 032 e 4 TSKFL x (LCR x TR) – 012 apesar de possuir alto potencial fisiológico são sensíveis quando sob salinidade apresentando uma elevada dissipação de energia não regulada.

As plantas de tahiti cultivadas com o porta-enxerto do genótipo 8 TSKFL x TRBK – 028 possui uma maior sensibilidade a irrigação com água salina, que reduz drasticamente o crescimento.

As combinações com os genótipos 1 [TSKC x (LCR x TR) – 017] ,5 [TSKFL x (LCR x TR) – 018] e 6 TSKFL x TRBK – 011 apresentam uma maior tolerância ao estresse salino, possuem uma maior eficiência instantânea de carboxilação, assim como um maior crescimento em diâmetros de caule e dos frutos sob salinidade.

A salinidade da água de irrigação até  $3,0 \text{ dSm}^{-1}$  pode ser utilizada no cultivo das combinações sem ocasionar maiores restrições, ao comprimento dos frutos exceto nas combinações 3 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 10 (LCRSTC).

A interação genótipo e sal não foi significativa, quando se estudou as variáveis fisiológicas de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1999. 184 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, n. 403, p.1607-1621, 2004.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v. 59, p. 89-113, 2008.

BARBOSA, R. C. A. **Tolerância à salinidade de genótipos de citros recomendados como porta-enxertos**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.

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**, Londrina, v. 38, n. 2, no prelo, 2017.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41 p.

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

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S.; 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**, Recife, v.3, n.4, p.343-353, 2008.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. dos.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. de.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, suppl., p.857-865, 2012.

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**, Mossoró, v. 27, p. 17-27, 2014.

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**, Brisbane, v. 9, n. 10, p. 954-961, 2015.

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**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p.1-8, 2016.

BRITO, M. E. B.; SA, F. V. S. ; SILVA, L. A. ; SOARES FILHO, W.S.; GHEYI, H. R.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Saline stress onto growth and physiology of trifoliolate citrus hybrids during rootstock formation. **Bioscience Journal**, Uberlândia v. 33, n.6, p.1523-1534, 2017.

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

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

CAMPOS, A. R. F.; LIMA, R. L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; NASCIMENTO, R. SILVA, S. S. Physiological attributes of jatropha under different planting densities and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1112-1117, 2016.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 1, p.115-127, 2013.

COLOMBO, J. N.; PUIATTI, M.; SILVA FILHO, J. B.; VIEIRA, J. C. B.; SILVA, G. C. C. Viabilidade agroeconômica do consórcio de taro (*Colocasia esculenta* L.) e pepino em função do arranjo de plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 1, p. 056-064, 2018.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, p. 129-141. 2010.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P

DINIZ, G. L. ; SALES, G. N. ; SOUSA, V. F. O. ; ANDRADE, F. H. A. ; SILVA, S. S.; NOBRE, R. G. . Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 41, n.1, p. 218-228, 2018.

ESTEBAN, W.; PACHECO, P.; TAPIA, L.; BATIAS, E. Remediation of salt and boron-affected soil by addition of organic matter: an investigation into improving tomato plant productivity. **Idesia**, Tarapacá, v.34, n.3, p.25-32, 2016.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS- CARBÓ, M. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 127, p. 343-352, 2006.

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

FREIRE, J.L.O.; CAVALCANTE, L.F.; REBEQUI, A.M.; DIAS, T.J.; VIEIRA, M.S. Crescimento do maracujazeiro amarelo sob estresse salino e biofertilização em ambiente protegido contra perdas hídricas, **Holos**, Parelhas, v.4, p.55-68, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

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

GENTY B, BRIANTAIS JM, BAKER. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim Biophys Acta**, 990:87–92, 1989.

GHEYI, H. R.; DIAS, S. N. da.; LACERDA, C. F. de. GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016.504p.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 365-370, 2011.

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.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**: novembro 2017. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 novembro 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa Artes e Textos, 2006. 532 p.

LIMA, E. A.; NASCIMENTO, D. A.; GUILERA, S. C.; BRANDÃO, L. C. R. Mapa de variação da concentração total de sais das águas subterrâneas da região nordeste do Brasil. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15., 2008. **Anais...** Natal: Revista Águas subterrâneas, 2008.

LIMA NETO, A. J.; CAVALCANTE, L.F.; MESQUITA, F. O.; SOUTO, A. G. L.; SANTOS, G. P.; SANTOS, J. Z.; MESQUITA, E. F. Papaya seedlings irrigation with saline water in soil with bovine biofertilizer. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán v.76, p. 235-241, 2016.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

LUCHETTI, M.A.; MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. **Aspectos gerais e distribuição de cultivo**. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. (Eds.). Lima ácida Tahiti. 1., 2003. Campinas: Instituto Agrônomo, 2003. p. 1-12.

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.

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

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**, Jaboticabal, v. 39, n.1, e.790, 2017.

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**, Campinas, v. 67, p. 75-82, 2008.

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 Agrônomo e Fundag, 2005. 929p.

MESQUITA, F.O.; CAVALCANTE, L.F.; BATISTA, R.O.; MEDEIROS, R.F.; RODRIGUES, R.M.; SANTOS, W.O. Avaliação da taxa de crescimento absoluto de mamão Havaí sob o efeito salino e de biofertilizante: Parte I. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 443 – 455, 2014.

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**. Piracicaba: Editora Agrônomo Ceres, 2008. p. 498-516.



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

MOURÃO FILHO, F. A. A. de.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; STUCHI, E. S.; CANTUARIAS-VILÉS, T.; BREMER, H. Desenvolvimento e produção de laranja 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.

MULLER, G. W.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; DOMINGUES, E. T. Compatibilidade da laranja Pêra clone Bianchi, sobre doze porta-enxertos, após 23 anos de plantio. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 17, n. 1, p. 123-141, 1996.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p.239-250, 2008.

OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCIVITTARO, W. B. Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v.108, n.655, p. 35-38, 2005.

OLIVEIRA, J.L.; SANTOS, F.G.B.; FREIRE, J.L.O.; MELO, D.A.; TORRES, E.C.M. Comportamento morfofisiológico de mudas de mamoeiro "Sunrise Solo" produzidas com águas salinas e biofertilizante bovino. **Revista Principia**, v.27, p. 30-38, 2015.

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.

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.

PEIXOTO, C.P.; CERQUEIRA, E.C.; SOARES FILHO, W.S.; CASTRO NETO, M.T.; LEDO, C.A.S.; MATOS, F.S.; OLIVEIRA, J.G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p. 439-443, 2006.

PEREIRA, F. A. de L.; MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; PRESTON, W.; VASCONCELOS, C. B. L. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.12, p.846-851, 2017.

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. **Jornal de Biociências**, Uberlândia, 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).

RIVAS, R.; FALCAO, H. M.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; PIMENTEL, C.; SANTOS, M. G. Drought tolerance in cowpea species is driven by less sensitivity of leaf gas exchange to water deficit and rapid recovery of photosynthesis after rehydration. **South African Journal of Botany**, Oxford, v. 103, p. 101-107, 2016.

RODRIGUES, M. J. S.; OLIVEIRA, E. R. M.; GIRARDI, E. A.; LEDO, C. A. R.; SOARES FILHO, W. S. Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, Vol. 38, n.1, pp.187-201, 2016

SÁ, F. V. da S.; NOBRE, R. G., SILVA, L. de A.; MOREIRA, R. C. L.; PAIVA, E. P. de; OLIVEIRA, F. A. de. Tolerance of guava rootstocks under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.12, p.1072-1077, 2016.

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**, Campina Grande v.21, n.4, p.249-253, 2017.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; FIGUEIREDO, L. C.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Growth and physiology of citrus rootstocks under salt stress. **Bioscience Journal**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 907-916, 2018.

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

SANTOS, A. S.; ARAUJO, R. H. C. R.; NOBRE, R. G.; SOUSA, V. F. de O. ; RODRIGUES, M. H. B. S. ; FORMIGA, J. A.; GOMES, F. A. L. ; SANTOS, G. L. ; ONIAS, E. A. . Effect of Hydrogen Peroxide in the Growth of Yellow Passion Fruit Seedlings Under Salinity Stress. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 151-162, 2018.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p. 1564, 2012.

SECEX- Secretaria de comercio exterior. **Base de dados do comércio exterior**, 2017. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download>

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**, Patos, v.7, n.3, p. 01-15, jul./set., 2011.

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

SILVA, F. L. B. da.; LACERDA, C. F. de.; NEVES; A. L. R.; SOUSA, G. G. de.; SOUSA, C. H. C. de.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; WALTER, W. S. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, L. A. **Ecofisiologia de Combinações Copa/porta-enxerto de Citros sob Salinidade da Água até a Préfloração**. 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, PB.

SINGH, A.; SAINI, M. L.; BEHL, R. K. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates – A review. **Tropics**, Chapadinha, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 53-66, 2003.

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

SOARES FILHO, W.S.S.; SOUZA, U.; LEDO, C.A.S.; SANTANA, L.G.L.; PASSOS, O.S. Poliembrião e potencial de obtenção de híbridos em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.4, p.950-956, 2014.

NASCIMENTO, A. K. S.; FERNANDES, P. D.; SUASSUNA, J. F.; OIVEIRA, A. C. M. SOUSA, M. S. S.; AZEVEDO, J. G. N. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Irriga**, Edição Especial, Botucatu p.438-452, 2012.

SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 415-425, 2016

SOUSA, J.R.M.; GHEYI, H.R.; BRITO, M.E.B.; SILVA, F.A.F.D.; LIMA, G.S. Dano de membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 353-368, 2017.

SOUZA, L.P.; NOBRE, R.G.; SILVA, E.M.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A. de.; REBOUÇAS NETO, M. O. de.; SILVA, G. L. da.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, F. R. B. Características agronômicas do girassol irrigado com águas salinas em substratos com fertilizantes orgânicos. **Revista Agrogeambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n.1, mar. 2017.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. S. A.; NASIMENTO, R.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 464-477, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 818 p.

TATAGIBA, S, D. **Fotossíntese; metabolismo antioxidativo e respostas de defesa de plantas de arroz infectadas por *Microdochium oryzae* e supridas com silício**. 2013. 126f. Tese (doutorado); Universidade Federal de Viçosa.