



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ**

**FISIOLOGIA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS SOB  
ÁGUA SALINA EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

**Pombal-PB  
Dezembro de 2014**

**FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ**

**FISIOLOGIA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS SOB  
ÁGUA SALINA EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

**Orientador: Prof. D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito**

**Pombal-PB**

**Dezembro de 2014**

### **Catálogo da Publicação na Fonte.**

Sá, Francisco Vanies da Silva.

Fisiologia de porta-enxertos de citros sob água salina em cultivo hidropônico. / **Francisco Vanies da Silva Sá. – Pombal, PB, 2014.**

55 f.

Orientador(a): Prof. D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito

Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar.

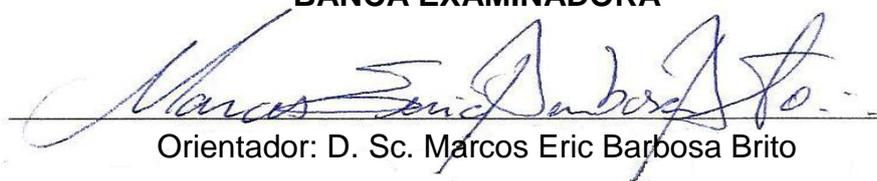
**FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ**

**FISIOLOGIA DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS SOB  
ÁGUA SALINA EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

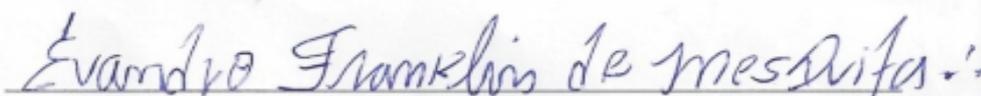
**Apresentada em: 18 de Dezembro de 2014**

**BANCA EXAMINADORA**



Orientador: D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito

Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG



Evandro Franklin de Mesquita

Professor D. Sc. CCHA/UEPB



Reginaldo Gomes Nobre

Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG

**Pombal-PB**

**Dezembro de 2014**

## DEDICATÓRIA

*Com muito carinho, ao minha esposa Emanoela Pereira de Paiva pelo seu amor, amizade, compreensão e incentivo, por me fazer erguer a cabeça e seguir em frente quando já havia de desistir, pela motivação de concluir esse trabalho.*

### **DEDICO**

*Aos meus pais, Francisco Forte da Silva e Maria de Lourdes da Silva Sá e meus avôs, Sebastião Forte de Sá e Maria Eliza da Silva Sá pelo apoio, incentivo, integridade, moral e conduta em me fazer acreditar que com muito esforço e força de vontade conseguimos mudar o nosso destino.*

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, ser supremo ao qual devo minha existência.

Aos meus pais Aos meus pais, Francisco Forte da Silva e Maria de Lourdes da Silva Sá e meus avôs, Sebastião Forte de Sá e Maria Eliza da Silva Sá por estarem presente em toda a minha existência.

Ao professor Marcos Eric Barbosa Brito, pelas suas sabias palavras e pelo voto de confiança, que foi fundamental para minha permanência nesta instituição no ano de 2010.

A minha esposa Emanoela, por me fortalecer ao longo dessa jornada e pelo incentivo e colaborações na conclusão desse trabalho.

Aos professores Marcos Eric Barbosa Brito, Evandro Franklin de Mesquita, Josinaldo Lopes Araújo e Francisco Hevilasio Freire Pereira pelo apoio, amizade, orientação e pelo voto de confiança que foram e sempre serão fundamentais para minha vida acadêmica e profissional.

Aos amigos e colegas de trabalho, em especial há **Luderlândio de Andrade Silva** e **Rômulo Carantino Lucena Moreira** pela sua eterna amizade e companheirismo.

Aos professores do curso de Agronomia por me conduzir, me ajudar e orientar-me para vida profissional.

A todos aqueles que estiveram presentes e colaboraram direta ou diretamente de alguma forma para o cumprimento desta etapa da minha vida, um grande abraço.

Para aqueles que por ventura tentaram ou contribuíram negativamente para está conquista, seja atrasando-a ou tornando-a mais exaustiva, deixo-lhes o meu sincero obrigado, pois sem vocês está conquista não seria tão prazerosa e excitante.

*"Quantas chances desperdicei, quando o que eu mais queria era provar para todo o mundo o que eu não precisava provar pra ninguém".*

**Renato Russo**

*"Não importa que o passado seja tão desolador.  
Você sempre poderá começar tudo de novo".*

**Buda**

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ilustração do sistema hidropônico montado a partir de vasos de Leonard.....	<b>22</b>

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Concentração dos nutrientes na solução nutritiva para cultivo hidropônico de citros (adaptado de HOAGLAND & ARNON, 1950). .....	22
<b>Tabela 2.</b> Análise química da água utilizada no preparo das soluções.....	25
<b>Tabela 3.</b> Concentração intercelular de CO <sub>2</sub> de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	27
<b>Tabela 4.</b> Condutância estomática de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.....	30
<b>Tabela 5.</b> Transpiração de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014...	32
<b>Tabela 6.</b> Taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	33
<b>Tabela 7.</b> Eficiência do uso da água de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.....	36
<b>Tabela 8.</b> Eficiência intrínsecas da carboxilação de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	37
<b>Tabela 9.</b> Fluorescência mínima da clorofila <i>a</i> de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	40

<b>Tabela 10.</b> Fluorescência máxima da clorofila <i>a</i> de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	<b>42</b>
<b>Tabela 11.</b> Fluorescência variável da clorofila <i>a</i> de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014 .....	<b>43</b>
<b>Tabela 12.</b> Eficiência quântica do PSII de genótipos, variedades e híbridos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.....	<b>44</b>

# SUMÁRIO

	Pág.
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 Citros.....	14
2.2 Água na agricultura .....	15
2.3 Efeito de sais no solo .....	16
2.4 Efeito de sais nas plantas .....	17
2.5 Salinidade em plantas cítricas.....	18
2.6 Atividade fisiológica de plantas cítricas.....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Localização .....	21
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.3 Condução das mudas .....	21
3.4 Preparo da Solução .....	24
3.5 Variáveis analisadas .....	25
3.5.1 Trocas Gasosas .....	25
3.5.2 Fluorescência do Fotossistema II (PSII).....	25
3.6. Análises estatísticas.....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>47</b>

Sá, F. V. S. **Fisiologia de porta-enxertos de citros sob água salina em cultivo hidropônico** Pombal: UFCG, 2014. 55 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

## RESUMO

Objetivou-se estudar os mecanismos fisiológicos quanto ao estabelecimento do estresse salino na produção de mudas de genótipos de citros, na fase de formação de genótipos de citros recomendados como porta-enxertos e cultivadas em casa de vegetação, em sistema hidropônico. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB. Foram estudados, em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 13), dois níveis de salinidade (0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>) e 13 genótipos de portas-enxertos de citros, com três repetições e quatro plantas úteis. Aos 90 dias após a semeadura procedeu-se a avaliação as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a, às 24 e 48 horas após aplicação dos tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F, comparando-se as médias por meio do teste Scott-Knott e Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Todos os porta-enxertos estudados apresentaram modificações nas suas atividades fisiológicas, seja em relação as trocas gasosa ou em relação à fluorescência, demonstrando a rapidez do estabelecimento do estresse salino nessas plantas. A salinidade não influenciou as trocas gasosas nos híbridos Tangerineira ‘Sunki Comum’ (TSKC ) x Citrange Argentino (CTARG) – 019; limoeiro ‘Cravo’ (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR) – 001 e no Híbrido Trifoliado (HTR) – 116 durante as primeiras 48 horas. A Tangerineira ‘Sunki Comum’ (TSKC) x Citrumelo Swingle (CTSW) - 033; a Tangerineira ‘Sunki Comum’ (TSKC) x (limoeiro ‘Cravo’ (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) – 040 e o limoeiro ‘Volkameriano’ (LVK) não tiveram suas fluorescências alteradas com uso de água salina na solução nutritiva durante as primeiras 48 horas.

Palavras-chave: Salinidade, Trocas gasosas, Fluorescência, *Citrus sp.*

Sá, F. V. S. **Physiology of citrus rootstocks under saline water using hydroponic system.** Pombal: UFCG, 2014. 55 f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande. Center of Sciences and Technology Agroalimentar. Pombal, PB.

## ABSTRACT

In order to study the physiological mechanisms for the establishment of salt stress in seedlings of citrus genotypes, during the rootstocks citrus phase, grown in a greenhouse with hydroponically system. The experiment was realized in a greenhouse at the Center of Science and Technology Agrifood - CCTA, of the Federal University of Campina Grande, UFCG, Pombal, PB, Brazil. It was studied, in a randomized block design, with a factorial scheme (2 x 13), two salinity levels (0.3 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) and 13 genotypes citrus rootstocks with three replications and four plants useful. At 90 days after sowing it was evaluated the gas exchange and chlorophyll fluorescence at 24 and 48 hours after salt stress beginner. The variables were subjected to the 'F' test, comparing the means by Scott Knott test (p≤0.05). All rootstocks studied showed changes in their physiological activity, because the gas exchange or in efficiency of PSII demonstrating the rapid establishment of salt stress in these plants. Salinity did not affect gas exchange of the rootstocks Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) – 019; limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR) – 001 and Hibrido Trifoliado (HTR) – 116 during the first 48 hours. The rootstocks Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrumelo Swingle (CTSW) - 033; the Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x (limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) – 040 and limoeiro 'Volkameriano' (LVK) did not has changed their fluorescence using salt water in the nutrient solution during the first 48 hours.

Keywords: Salinity, Gas exchange, Fluorescence, *Citrus sp.*

# 1 INTRODUÇÃO

Na fruticultura irrigada torna-se necessário atentar para a prevenção da salinização, particularmente quando a fonte hídrica tem altas concentrações de sais, ressaltando-se que tais culturas são consideradas sensíveis; e, com o Brasil ocupando o terceiro lugar na produção mundial de frutas, é fundamental a geração de conhecimentos que viabilizem a utilização de águas salinas, garantindo sua sustentabilidade. Dentre as fruteiras, os citros se destacam como a de maior importância para o País, sendo a laranja doce [*Citrus sinensis* L. Osbeck] a fruta de maior produção e exportação (AGRIANUAL, 2013).

Salienta-se que o cultivo citrícola brasileiro está alicerçado, em sua maioria, na combinação do limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) como porta-enxerto e a laranjeira Pêra (*C. sinensis*) como variedade copa (AZEVEDO, 2003; MATTOS JUNIOR et al., 2005). Apesar de suas características agrônomicas serem aceitáveis, com destaque para a tolerância à seca e a indução de produção precoce, o 'Cravo' é suscetível ao declínio (MATTOS JUNIOR et al., 2005) e à morte súbita dos citros (BASSANEZI et al., 2003), o que induz a procura por novos porta-enxertos para produção de mudas cítricas, com intuito de promover a diversificação das combinações de plantas cítricas, de modo a atender as mais diversificadas condições sazonais brasileiras.

Dentre estas condições encontra-se a do nordeste brasileiro, o qual é contemplado com regiões de clima semiárido, onde as concentrações de sais no solo constituem um dos fatores que mais concorrem para a redução do crescimento e da produtividade das culturas, o que pode ser relacionado à deficiência hídrica e às condições climáticas com alta evaporação ao ano ano (AYERS; WESTCOT, 1999; TESTER; DAVENPORT, 2003).

Os sais podem afetar o desenvolvimento das plantas, elevando a pressão osmótica e reduzindo a disponibilidade de água, como também por efeitos tóxicos por íons específicos que causam sintomas característicos de lesões e de natureza nutricional (RICHARDS, 1954; AL-YASSIN, 2004; FLOWERS; FLOWERS, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013; SYVERTSEN; GARCIA-SANCHEZ, 2014).

Todavia, nota-se que algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis, mesmo em altos níveis de salinidade no solo, fato relacionado à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas espécies possuem, o que as permite absorver, mesmo em condições salinas, quantidade suficiente de água (AYERS; WESTCOT, 1999). Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de genótipos mais tolerantes quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (TESTER; DAVENPORT, 2003).

A tolerância à salinidade é, portanto, variável entre espécies e dentro de uma mesma espécie, entre fases de desenvolvimento. Em geral, tem sido identificada como fenômeno específico a um estágio de desenvolvimento, podendo um genótipo ser mais tolerante em uma fase e mais sensível em outra (FOOLAD et al., 1998; ORCUTT; NILSEN, 2000; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014).

Uma prática que pode viabilizar o uso de água de baixa qualidade e de solos salinos é a utilização de genótipos de elevada tolerância a esse fator abiótico. O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à salinidade via programas de melhoramento genético, entretanto, exige o desenvolvimento de estudos para avaliação do efeito da salinidade sobre aspectos da fisiologia da planta e da caracterização química das plantas, visando identificar processos que possam ser responsáveis por eventuais mecanismos de tolerância.

Diante do exposto objetivou-se estudar os mecanismos de estabelecimento do estresse salino na fisiologia de porta-enxertos de citros, variedades e híbridos, na fase de formação de porta-enxertos cultivadas em casa de vegetação, em sistema hidropônico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Citros

Os citros pertencem à família Rutaceae, e são nativos do sudeste da Ásia, mais especificamente das regiões da Índia e do sul da China (SWINGLE; REECE, 1967), são árvores pequenas que podem atingir de 4,5 a 12,0 m de altura quando adultas (REUTHER, 1973).

O Brasil se destaca sendo o maior produtor e exportados de frutas cítricas, sendo responsável por mais de 28,4% do total de frutos produzidas no mundo .A citricultura Brasileira é principalmente representada pelo cultivo de laranjas (762.765 ha), tangerinas (52.023 ha) e limas e limões (48.244 ha), representando uma área plantada de aproximadamente 863.032 ha, repercutindo em uma produção média de 20.180.507 t/ano (IBGE, 2014). Sendo a região sudeste a principal produtora de citros representando 78,9% (15.915.575 t/ano) da produção nacional, seguida da região Nordeste que é responsável por 10,2% (2.054.791 t/ano) da produção nacional.

Salienta-se que o cultivo citrícola brasileiro esta alicerçado, em sua maioria, na combinação do limoeiro 'Cravo' (*C. limonia* Osbeck) como porta-enxerto e a laranjeira Pêra (*C. sinensis*) como variedade copa (AZEVEDO, 2003; MATTOS JUNIOR et al., 2005). O emprego de um único porta-enxerto, não permite, em geral, atender ao máximo potencial de cada variedade, impedindo que a planta manifeste toda a capacidade produtiva, além de constituir inconveniente problema no caso de moléstias endêmicas (POMPEU JUNIOR, 2005).

O estado de São Paulo é o responsável por maior parte da produção nacional, com uma área de aproximadamente 600 mil hectares (ABECITRUS, 2013). O Nordeste brasileiro tem se destacado como a segunda região maior produtora de citros do País, contribuindo com 27,82% da área plantada no país (AGRIANUAL, 2013).

A principal variedade é a laranja Pêra, com 37,8%, seguida da 'Natal' e da 'Valência', ambas com 23,9% cada uma. A de limões é liderada pela lima ácida 'Tahiti', sendo pequena a produção de limões verdadeiros, tipo 'Siciliano'. A produção de tangerinas perfaz 5,5 % do total (POMPEU JUNIOR, 2001).

Cerca de 98% do suco concentrado congelado é exportado, principalmente para os Estados Unidos e União Europeia. A exportação de fruta in natura é pequena e, somada à fruta comercializada internamente, representa 30% da produção (DONADIO et al., 2005).

## **2.2 Água Na Agricultura**

A água é o recurso natural mais abundante na face da terra, cobrindo cerca de 75% do planeta que, na verdade, poderia chamar-se planeta água, ressaltando-se que a maior parcela deste percentual é de água salgada, contida, principalmente, nos oceanos, sendo a responsável, através da intervenção nos ciclos energéticos físicos, químicos e biológicos, pela manutenção da vida. Assim, a opção de uso sustentável dos recursos hídricos deve ser relacionada à manutenção e garantia da qualidade de vida, agregando o desenvolvimento econômico social, aliado à conservação do meio ambiente.

Ressalta-se que, dentre as atividades econômicas, a agricultura é responsável por cerca de 70% do uso consultivo dos recursos hídricos; nota-se também, porém, que as taxas de crescimento da população mundial vêm superando as taxas de crescimento da oferta de alimentos, podendo-se destacar, como alternativa: O aumento de áreas produtivas e aumentar a produtividade (PAZ et al., 2000). Estudos preliminares da FAO têm mostrado a importância do aumento da produtividade agrícola para suprir o aumento demográfico e do deslocamento da população para grandes centros urbanos. Tais fatos justificam o uso da água na irrigação de cultivos, como alternativa à melhoria na produtividade e aumento de áreas de cultivo, já que tal tecnologia pode, em média, dobrar a produtividade, possibilitando o cultivo de plantas em épocas e locais com baixa precipitação pluviométrica.

Nota-se, ainda, que o uso de água nos sistemas produtivos, especificamente na irrigação, deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayers e Westcot (1999). No entanto, assim como abordado por estes autores, o aspecto qualidade tem sido pouco considerado devido à quantidade e facilidade na aquisição destes recursos até então ocorrentes. Apesar deste fato se ter modificado em razão da variabilidade climática e do

aumento dos impactos ambientais ocasionados pela irrigação, aumentando a importância do uso de águas com melhor qualidade e manejo da irrigação preconizando o uso racional da água.

Todavia, ao se tratar da região Nordeste tem-se que mais de 60% do seu território são ocupados por áreas com clima semiárido (MEDEIROS et al., 2012) caracterizado por haver baixas precipitações pluviométricas e altas taxas de evaporação ocasionando, naturalmente, um déficit hídrico, o que limita o crescimento e o desenvolvimento das culturas.

A escassez de recursos hídricos em regiões semiáridas envolve ainda aspectos qualitativos, sobretudo no que diz respeito à presença de sais na água em açudes, lagos e poços (MEDEIROS et al., 2003).

A água salina tem dificultado a atividade agrícola uma vez que, na maioria dos casos, afeta o desenvolvimento das plantas em virtude de sua concentração na solução do solo. Seu efeito da salinidade está relacionado à diminuição do potencial osmótico, reduzindo a disponibilidade de água para os vegetais; ao efeito tóxico de íons específicos, como os íons de NaCl (RICHARDS, 1954; FLOWERS; FLOWERS, 2005) e ao efeito de natureza nutricional, sendo este mais marcante que o efeito osmótico, segundo Epstein e Bloom (2006).

### **2.3 Efeitos De Sais No Solo**

Conforme o tipo de problema que afeta os solos salinizados, eles podem ser classificados em salinos, salino-sódicos e sódicos. Os solos salinos correspondem a solos com elevado teor de sais de Na, K, Ca, Mg que se acumulam no perfil do solo (RIBEIRO et al., 2003). Nestes solos a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) é maior que  $4 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , com uma percentagem de sódio trocável (PST) menor que 15%, geralmente apresentam valores de pH menor que 8,5. Tais solos quase sempre são reconhecidos no campo pela presença de crostas brancas de sal em sua superfície. Em tais solos, o estabelecimento de um sistema de drenagem eficiente permite, através da lavagem, eliminar o excesso de sais na zona radicular das plantas (RICHARDS, 1954). Neste caso o aumento da força iônica da solução do solo pelo excesso de sais diminui a energia livre da água, dificultando sua absorção pelas plantas.

Geralmente os altos valores de pH, o excesso de sais e de sódio trocável, as propriedades físicas indesejáveis e a reduzida disponibilidade de nutrientes prejudicam o crescimento adequado das culturas nesses solos. Quando a salinidade não é muito elevada o sódio é o íon predominante, verificando-se toxidez nas plantas, dispersão de argilas e desestruturação dos solos, tornando-os impermeáveis (LEBRON et al., 2002; McBRIDE; BAVEYE, 2002).

## **2.4 Efeitos De Sais Nas Plantas**

Os solos afetados por sais podem causar efeitos adversos no crescimento da maioria das plantas devido à presença de sais solúveis e sódio trocável na zona radicular, causando redução na produção e produtividade a níveis antieconômicos, constituindo-se num sério problema nas áreas irrigadas, principalmente das zonas áridas e semiáridas, caracterizadas por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, fazendo com que os sais não sejam lixiviados e acumulem-se em quantidades excessivas no solo (OLIVEIRA, 1997; LIMA, 1997).

Nessas áreas, os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola, devido principalmente a diminuição do potencial osmótico da solução do solo e toxidez causada pela alta concentração de íons específicos tais como o sódio e o cloreto (MUNNS, 2002).

O cultivo irrigado na região semiárida brasileira apresenta riscos devido, sobretudo, ao aumento da concentração de sais nos mananciais durante o período de secas, trazendo prejuízos ao desenvolvimento das plantas, através da inibição da germinação de sementes, no retardamento do crescimento em altura e do diâmetro do caule, tal como redução no acúmulo de biomassa das plantas (AYERS; WESTCOT, 1999).

Além de práticas de manejo de água e solo, faz-se imprescindível a busca por variedades resistentes já que o aumento da concentração de sais, principalmente os sais de sódio, exercem efeitos complexos sobre as interações iônicas, osmótica, nutricionais e hormonais das plantas (FLOWERS; FLOWERS, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013). Todavia, a salinidade da água exerce efeitos variáveis entre espécies e dentro da própria espécie, ao decorrer do desenvolvimento da planta, sendo que em algumas ocasiões ocorrem variações com o genótipo, o que torna importante a

identificação de materiais com potencial tolerância à salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999; BRITO et al., 2008).

## **2.5 Salinidade Em Plantas Cítricas**

Pompeu Junior et al. (1986) citam, dentre as características importantes para um porta-enxerto, sua tolerância à salinidade, além de influências sobre produção quantitativa e qualitativa de frutos, precocidade e permanência dos frutos na planta.

Cruz et al. (2003) avaliaram a influência da salinidade (0, 20, 40 e 80 mM de NaCl) sobre alguns índices fisiológicos e de crescimento do limoeiro 'Cravo', principal porta-enxerto da citricultura brasileira, verificando redução na produção da matéria seca do caule e das raízes; nos níveis intermediários de NaCl (20 e 40 mM), nem a área foliar e a matéria seca das folhas foram afetadas, o que só ocorreu no nível de 80 mM. O aumento dos níveis de salinidade resultou em menores valores da relação raiz/parte aérea das plantas, na condutância estomática, na transpiração e na temperatura foliar, fato observado também por Brito et al (2008) para a maioria dos híbridos estudados; estes autores destacam também que a salinidade afeta mais significativamente a fitomassa seca total das plantas.

Brito (2007) e Brito et al. (2008), estudando diversos genótipos de citros (variedades e híbridos) durante a formação de porta-enxertos, provenientes de cruzamentos com 'Trifoliata' e tangerina 'Sunki', destacam materiais tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade, ressaltando a importância do melhoramento genético e o potencial de utilização de híbridos de porta-enxertos para adaptação de plantas a solos salinos e águas com baixa qualidade.

## **2.6 Atividade Fisiológica De Plantas Cítricas**

A planta cítrica é originária de sub-bosques de florestas asiáticas com clima úmido. Apresenta grande área foliar, sistema radicular pouco desenvolvido, com pelos radiculares atrofiados e baixa condutividade hidráulica. Essas características não são propícias às plantas sob condições de alta demanda hídrica na atmosfera, comum em climas mais quentes e secos (KRIEDEMANN; BARRS, 1981).

Em sua grande maioria são espécies arbóreas, possuem metabolismo fotossintético do tipo C<sub>3</sub>, onde a primeira molécula estável resultante da fixação do

carbono atmosférico apresenta três átomos de carbono (triose) (TAIZ; ZAIGER, 2013). E apresentam taxa fotossintética variando ente 3 e 19 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (MACHADO et al., 2002; MACHADO et al., 2005; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; BRITO et al., 2012; SUASSUNA et al., 2014).

O cultivo de citros, sob alto déficit de pressão de vapor (DPV) e temperaturas elevadas, comuns dentro de uma casa de vegetação e em condições de campo principalmente nas épocas mais quentes do dia (período vespertino) e nos períodos de repouso vegetativo da espécie que coincidem com épocas mais frias do ano, há redução na abertura dos estômatos e queda significativa da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (MACHADO et al., 2002; RIBEIRO et al., 2004).

A redução na atividade estomática também é verificada quando as plantas estão sob condições de estresse. Cruz et al. (2003) verificaram reduções na atividade estomática de plantas de limoeiro cravo sob condições de estresse salino.

Brito et al. (2012) verificam reduções na atividade estomática e fotossintética de plantas de Limeira acida 'Tahiti' e Pomeleito 'Star Ruby' combinado com Limoeiro cravo e HTR-069 sob condições de estresse hídrico. Sob condições de déficit hídrico, ocorre redução da concentração intercelular de  $\text{CO}_2$ , em razão do fechamento estomático, gerando decréscimos na assimilação do  $\text{CO}_2$  e na eficiência quântica do fotossistema II (BAKER, 1993).

Suassuna et al. (2014) estudando as repostas fisiológicas e de crescimento de potencial porta-enxertos de citros, ressaltam que a tolerância à seca, os mecanismos fisiológicos podem variar de acordo com a severidade e a duração do estresse, dependendo ainda a severidade dos efeitos em função da fase fenológica e do material genético. Os quais facilmente são verificados nos estudos de trocas gasosas. Os autores ressaltam ainda que há grande variabilidade, nas respostas fisiológicas de plantas cítricas ao estresse hídrico, devido as divergências genéticas dos materiais estudados.

Fato este confirmado por Machado et al. (2010) e Silva et al. (2014), os quais também verificaram grande variabilidade nas respostas fisiológicas de plantas cítricas a baixas temperaturas noturnas e ao estresse salino, respectivamente.

Salienta-se ainda que esses comportamentos também foram verificados pelos autores na atividade de fluorescência da clorofila *a*.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização**

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, a uma altitude média de 194 m.

#### **3.2 Delineamento Estatístico**

Dois níveis de salinidade da água de irrigação ( $CE_a$ ) foram testados em 13 genótipos de citros:  $S_0=0,3$  e  $S_1=4,0$  dS  $m^{-1}$ , sendo um nível abaixo e outro acima da salinidade limiar (2,0 dS  $m^{-1}$ ) de variedades de citros, descrita por Singh et al. (2003).

Os respectivos níveis de salinidade foram aplicados em 13 genótipos de porta-enxertos de citros, a saber: Híbrido Trifoliado (HTR) - 127; Tangerineira 'Sunki Comum'(TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) - 019, Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC); Limoeiro Rugoso da Flórida (LRF); limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR) - 001; Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrumelo Swing (CTSW)- 028; Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrumelo Swing (CTSW)- 033; Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrusmelo Swing (CTSW) - 041; Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x (limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) - 040; Híbrido Trifoliado (HTR) 116; limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC); limoeiro 'Volkameriano' (LVK) e Híbrido trifoliado (HTR) – 069.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 13, perfazendo 26 tratamentos com 3 repetições, totalizando 78 parcela, sendo 4 plantas úteis por parcela em um total de 312 plantas .

#### **3.3 Condução Dos Porta-Enxertos**

O crescimento das mudas dos híbridos ocorreram no período de fevereiro a julho de 2013 em recipientes com capacidade de 1.500 mL de substrato, tendo como substrato fibra de coco lavada, de modo a garantir que não houvesse interferência de sais presentes no material, assim como disponibilidade de nutrientes, por se

tratar de um substrato inerte. Ressalta-se que as soluções nutritivas usadas seguiram as recomendações de Hoagland & Arnon (1950), sendo, porém, acrescentado 25% de ferro EDTA, a fim de suprir as necessidades nutricionais dos genótipos (Tabela 1), observado em ensaio preliminar.

Tabela 1. Concentração dos nutrientes na solução nutritiva para cultivo hidropônico de citros (adaptado de HOAGLAND & ARNON, 1950). UFCG, Pombal - PB, 2014.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
Concentração	15	1	6	5	2	2	0,0625	0,01	0,05	0,003	0,0008	0,001

As sementes, devidamente selecionadas e tratadas com fungicida disulfato de thiram (4g kg<sup>-1</sup> de sementes), foram semeadas na razão de três por recipiente, sendo cobertas com o substrato.

O sistema hidropônico alternativo para produção de mudas cítricas foi confeccionado a partir de garrafas tipo pet, com capacidade de 2 litros, adotando-se os princípios básicos do sistema de vasos de Leonard propostos por Santos et al. (2009), todavia, os vasos foram preenchidos com substrato tipo pó de coco, e foram interligados em um sistema de vasos comunicantes, por meio de tubulações. Cada parcela foi composta por 72 vasos, interligado a um recipiente de armazenamento e distribuição da solução nutritiva, assim como ilustrado na Figura 1.

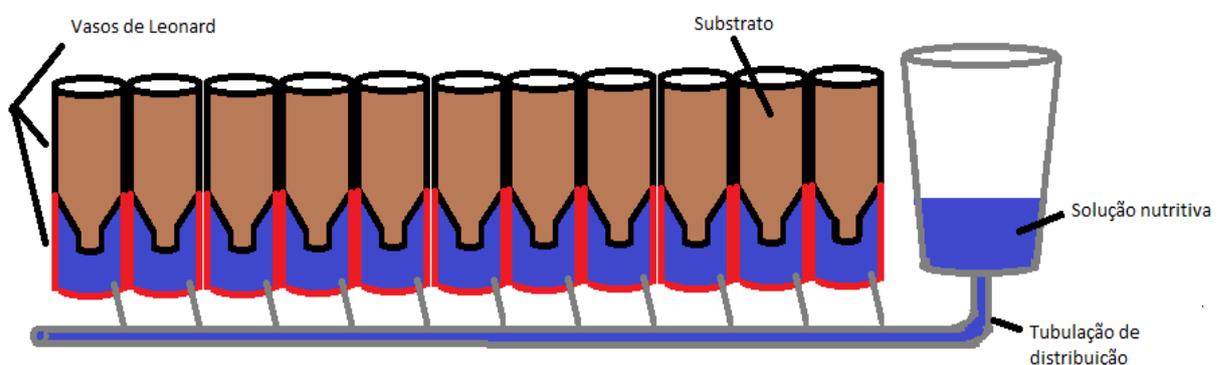


FIGURA 1: Ilustração do sistema hidropônico montado a partir de vasos de Leonard. UFCG, Pombal, PB, 2014.

A assepsia das garrafas foi feita utilizando hipoclorito de sódio à 10%, as garrafas foram colocadas em caixa d'água com capacidade para 1000 litros onde

passaram por um período de repouso de 24 horas, após isso as mesmas foram lavadas em água corrente e colocadas para secar a sombra.

Cada vaso de Leonard foi composto por duas garrafas pets de 2 litros, sendo uma para passagem e armazenamento da solução e a segunda para acomodar o substrato e permitir o crescimento das plantas. Para confeccionar o primeiro recipiente, fez-se o corte a uma altura de 0,15 m da base, com uso de uma tesoura; de maneira semelhante, no segundo recipiente, fez-se um corte a uma altura de 0,05 m da base na garrafa pet. Para finalizar a formação do vaso de Leonard, inverteu-se o segundo recipiente, introduzindo-o no primeiro, de modo a garantir que o sistema estivesse fixo e que ocorra contato da solução com o segundo recipiente.

Os vasos de Leonard foram interligados por meio de microtubos de polietileno 0,006 m de diâmetro inseridos no fundo do primeiro recipiente, por sua vez, os microtubos foram ligados a uma mangueira, também de polietileno, com diâmetro de 0,018 m a qual era responsável por conduzir a solução nutritiva do recipiente de armazenamento e distribuição, sendo este um vaso com capacidade para 40 litros de solução nutritiva, elevado a 0,1 m a fim de garantir a distribuição gravitacional nos vasos interligados, ressaltando-se que o volume do recipiente de armazenamento foi calculado com base no volume necessário para preenchimento de todos os vasos, e garantir manter o nível de solução.

A solução, após contato com o substrato, chegava até a superfície do segundo recipiente por meio da capilaridade, umedecendo o substrato e garantindo o aporte de nutrientes às plantas.

Após completar o preparo dos vasos de Leonard, estes foram envolvidos com uma lona dupla face, visando reduzir o processo de evaporação da solução; ainda, a solução nutritiva foi verificada diariamente e, sempre que necessário, completada, visando garantir que o substrato permanece com umidade sempre próxima a máxima capacidade de retenção.

Após a germinação das sementes, quando os seedlings (pés-francos ou plantas oriundas de sementes) apresentavam três ou mais pares de folhas verdadeiras, deixou-se desenvolver apenas um indivíduo por recipiente, tomando-se o cuidado de manter somente aqueles que representassem o padrão de planta de

cada genótipo, no sentido de selecionar seedlings de origem nucelar, representantes, portanto, de suas respectivas plantas-mãe. Adotaram-se todos os cuidados de controle de ervas-daninhas e de prevenção e controle de pragas, recomendados na produção de mudas cítricas (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

As plantas foram conduzidas até os noventa e dois dias após a semeadura, referentes a 60 dias para total emergência das plântulas, 30 dias para que as mesmas atingissem tamanho suficiente para realização das análises fisiológicas, sendo o início da aplicação das águas salinizadas dado aos 90 DAS, e dois dias para as avaliações fisiológicas de verificação da percepção e estabelecimento do estresse nos porta-enxertos referentes as primeiras 24 e 48 horas após aplicação da salinidade.

### **3.4 Preparação Das Águas De Irrigação**

As águas de irrigação foram preparadas de modo a se ter uma proporção equivalente de 7 : 2 : 1, entre Na : Ca : Mg, respectivamente, a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, relação esta predominante aos íons em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992; AUDRY; SUASSUNA, 1995).

Para tanto, no preparo da água de irrigação com dois níveis de salinidade, foi considerada a relação entre CE<sub>a</sub> e concentração de sais ( $10 \text{ meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$  de CE<sub>a</sub>), extraída de Rhoades et al. (1992), válida para CE<sub>a</sub> de 0,1 a 5,0 dS m<sup>-1</sup> em que se enquadram os níveis testados, tendo como base a água de abastecimento, existente no local. Após preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 60 L, um para cada nível de CE<sub>a</sub> estudado, devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade. Para preparo das águas, com as devidas condutividades elétricas (CE), os sais foram pesados conforme tratamento, adicionando-se águas, até ser atingido o nível desejado de CE, conferindo-se os valores com um condutivímetro portátil que possui condutividade ajustada para 25°C automaticamente.

A solução nutritiva foi preparada com água destilada e possuía uma condutividade elétrica de 2,3 dS m<sup>-1</sup>, esta, então, foi misturada às águas com 0,3 dS

m<sup>-1</sup> (S0) (Tabela 2) e 4,3 dS m<sup>-1</sup> (S1), sendo assim, as soluções disponíveis às plantas possuíam 2,6 e 6,3 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 2. Análise química da água utilizada no preparo das soluções. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Água	CE <sub>a</sub> dSm <sup>-1</sup>	pH	K	Ca	Mg	Na	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS <sup>1</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
	0,3	7,0	0,3	0,2	0,6	1,4	0,2	0,0	0,8	1,3	2,21

1. RAS= Razão de absorção de sódio.

### 3.5 Variáveis Analisadas

#### 3.5.1 Trocas gasosas

Com início do estresse, 90 dias após a semeadura, os híbridos de citros recomendados como porta-enxertos foram avaliados quanto as trocas gasosas, avaliando-se a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração (E) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (gs) (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) na primeira folha madura contada a partir do ápice, utilizando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. Com esses dados quantificou-se a eficiência no uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a eficiência instantânea da carboxilação (EICi) (A/Ci) (KONRAD et al., 2005; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; BRITO et al., 2012), às 24 e 48 horas após início da aplicação das soluções nutritivas adicionadas de água salina.

#### 3.5.2 Fluorescência da clorofila a

Nos mesmos períodos de avaliação das trocas gasosas, quantificou-se nos híbridos de citros recomendados como porta-enxertos a fluorescência da clorofila a usando-se de fluorômetro portátil de pulso contínuo, denominado PEA da Hansatech. Para tanto, realizou-se a adaptação das folhas ao escuro, colocando-se pinças foliares por um período de 30 min. (KONRAD et al., 2005), após este período, procedeu-se as leituras com o equipamento e determinaram-se: a fluorescência inicial (Fo), a fluorescência máxima (Fm), a fluorescência variável (Fm-Fo) e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (MAXWELL; JOHNSON, 2000; MENDONÇA et al., 2010).

### **3.6 Análise Estatística**

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado teste de médias (Tukey até 5% de probabilidade) para o fator níveis de salinidade da água de irrigação e teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de probabilidade) para o fator porta-enxerto durante o estabelecimento do estresse salino com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudando-se as trocas gasosas dos genótipos de citros em função das soluções nutritivas salinizadas ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) até 24 horas após aplicação, verificam-se, quanto à concentração interna de  $\text{CO}_2$ , que os genótipos TSKC x CTSW – 028 e HTR 116 são semelhantes, apresentando as maiores médias de  $295$  e  $284 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente porém diferiram estatisticamente dos demais genótipos ( $p < 0,05$ ) pelo teste Scott e Knott (Tabela 3). A maior concentração de  $\text{CO}_2$  nesses materiais pode estar relacionada ao menor consumo do mesmo no processo fotossintético, todavia, os valores variaram entre  $230$  e  $295 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , valores considerados normais para plantas  $\text{C}_3$  (TAIZ & ZAIGER, 2013).

Tabela 3. Concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Concentração Interna de $\text{CO}_2$ (Ci) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
	24 horas		48 horas	
	$0,3 \text{ dS m}^{-1}$	$4,0 \text{ dS m}^{-1}$	$0,3 \text{ dS m}^{-1}$	$4,0 \text{ dS m}^{-1}$
HTR 127	265 Ba	290 Aa	284 Aa	262 Ba
TSKC x CTARG - 019	279 Ba	278 Aa	290 Aa	263 Ba
TSKC	265 Ba	225 Ab	309 Aa	262 Bb
LRF	245 Ba	251 Ba	259 Ba	257 Ba
LCR x TR - 001	254 Ba	272 Aa	259 Ba	267 Ba
TSKC x CTSW - 028	295 Aa	261 Ab	288 Aa	267 Ba
TSKC x CTSW - 033	252 Ba	269 Aa	256 Ba	279 Aa
TSKC x CTSW - 041	265 Ba	279 Aa	278 Aa	273 Ba
TSKC x (LCR x TR) - 040	270 Ba	235 Ba	266 Ba	235 Ba
HTR 116	284 Ab	295 Aa	278 Aa	282 Aa
LCRSTC	262 Ba	253 Ba	255 Ba	251 Ba
LVK	233 Ba	223 Ba	234 Ba	237 Ba
HTR - 069	251 Ba	264 Aa	270 Ba	260 Ba

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após 24 horas do início da aplicação da solução hidropônica salinizada, observou-se que os portas-enxertos TSKC e TSKC x CTSW – 028 sofreram redução na sua concentração interna de  $\text{CO}_2$  quando a solução nutritiva foi preparada com água de  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  em cerca de 15,1 e 11,6%, respectivamente (Tabela 3), tal aumento do consumo de  $\text{CO}_2$  pode ser interpretado como um mecanismo para

acelerar a fotossíntese líquida, visando diminuir as condições de estresse, por meio da produção de compostos orgânicos alternativos, por outro lado, isso pode ser relacionado à uma restrição estomática, tais hipóteses poderão ser visualizadas quando se discutir tais variáveis. Salienta-se que este comportamento sob condições de salinidade exerceu efeito positivo sob o genótipo TSKC x CTSW – 028, de modo que houve um ajustamento  $C_i$  nesse genótipo após as 48 horas de aplicação da solução salinizada.

Porém no genótipo TSKC a  $C_i$  continuou a diminuir em função da salinidade atingindo reduções de 15,2%, acreditando-se com isso que o estresse salino acelerou o metabolismo do carbono desse genótipo, o que pode gerar um aumento na fotossíntese líquida, o que poderá ser visto quando se estudar a fotossíntese líquida, e referenciando assim distúrbio fisiológico proporcionado pelo estresse salino neste porta-enxerto (Tabela 3).

Ainda na Tabela 3, observa-se que os porta-enxertos HTR 116, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW – 033 e LCRSTC comportaram-se de maneira divergentes aos genótipos TSKC e TSKC x CTSW – 028, verificando-se aumento na  $C_i$  após as primeiras 24 horas sob solução a  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ , desacelerando o seu metabolismo de consumo do carbono, de modo a evitar, assim, o gasto de energia sob condições de salinidade, denotando o início da percepção do estresse salino nesse material, pela expressão de um possível mecanismo de tolerância à salinidade. Verifica-se ainda, que às 48 horas de aplicação dos tratamentos houve uma estabilização da  $C_i$  deste genótipo.

O estudo da  $C_i$  leva-nos acreditar que com aplicação dos níveis de salinidade, houve alterações iônicas, hormonais e enzimáticas após as primeiras 24, indicando a percepção do estresse salino nos três genótipos mencionado acima, dando início a percepção do estresse salino afetando atividade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), para mais ou para menos conforme o comportamento de tolerância do material. Visto que, a Rubisco é responsável pela carboxilação do  $\text{CO}_2$  presente na câmara subestomática (MACHADO et al., 2005). Já de acordo com Larcher (2006), incrementos elevados na  $C_i$  no interior das folhas indicam que o  $\text{CO}_2$  não está sendo utilizado para a síntese de açúcares pelo

processo fotossintético e que o acúmulo deste gás indica que algum fator não estomático interfere nesse processo.

Ainda em relação à concentração interna de CO<sub>2</sub>, observou-se que os portas-enxertos HTR-127, TSKC x CTARG – 019, LRF, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW- 033, TSKC x CTSW – 041, TSKC x (LCR x TR) – 040, HTR-116, LCRSTC, LVK e HTR– 069 não sofreram alterações significativas quando submetidos as soluções salinas durante às 48 horas estudadas (Tabela 3). Tal resultado não foi significativo permite pré-dizer que a percepção e estabelecimento estresse salino nesses genótipos não está possivelmente relacionado a fatores estomáticos, o que poderá ser concretizado mais adiante com o estudo da condutância estomática.

Nos portas-enxertos de citros, mesmos sob o menor nível de salinidade (água de abastecimento), notou-se diferenciação na variável condutância estomática, sendo os genótipos HTR-127, LRF, LCRSTC, LVK e HTR– 069 os materiais com maiores valores médios de condutância estomática (Tabela 4), denotando o potencial destes materiais, haja vista que esta variável é imprescindível na regulação do influxo de CO<sub>2</sub> (REIS; CAMPOSTRINE, 2008), e que esse é o delimitador do crescimento vegetal; destacando-se valores de *g<sub>s</sub>* entre 0,04 a 014 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Ao serem submetidos à solução hidropônica preparada com água salinizada a 4 dS m<sup>-1</sup> durante as primeiras 24 horas, constatou-se maior diminuição da condutância estomática nos genótipos HTR 127 e TSKC x CTSW - 033, demonstrando o início da percepção do estresse salino nesse genótipo, podendo-se denotar que o estabelecimento do estresse salino nesse material está relacionado à fatores estomáticos. No entanto, ao se passar as primeiras 48 horas verificou-se que a condutância estomática desses genótipos estabilizaram-se quando comparado os valores de *g<sub>s</sub>* entre o maior e o menor nível de salinidade estudado (Tabela 4).

Também às 24 horas sob aplicações dos níveis salinos, foram constatadas alterações na *g<sub>s</sub>* do genótipo LRF, averiguando um aumento de 57% na *g<sub>s</sub>* desse genótipo quando comparados resultados obtidos pelo maior nível de salinidade (4,0 dS m<sup>-1</sup>) e pelo menor nível de salinidade estudado (0,3 dS m<sup>-1</sup>) (Tabela 4). Com isso, verifica-se a percepção fisiológica do estresse salino por esse genótipo também é

datada as primeiras 24 de submissão a salinidade, a qual se procedeu até as 48 horas de submissão à salinidade.

Tabela 4. Condutância estomática de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Condutância Estomática (gs) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS $\text{m}^{-1}$	4,0 dS $\text{m}^{-1}$	0,3 dS $\text{m}^{-1}$	4,0 dS $\text{m}^{-1}$
HTR 127	0,14 Aa	0,07 Db	0,12 Aa	0,09 Ca
TSKC x CTARG - 019	0,09 Ba	0,12 Ca	0,08 Ba	0,09 Ca
TSKC	0,05 Ba	0,04 Da	0,05 Ba	0,06 Ca
LRF	0,14 Ab	0,22 Aa	0,14 Ab	0,25 Aa
LCR x TR - 001	0,04 Ba	0,06 Da	0,07 Ba	0,05 Ca
TSKC x CTSW - 028	0,05 Ba	0,06 Da	0,06 Ba	0,05 Ca
TSKC x CTSW - 033	0,06 Ba	0,06 Da	0,06 Ba	0,03 Ca
TSKC x CTSW - 041	0,06 Ba	0,06 Da	0,05 Ba	0,09 Ca
TSKC x (LCR x TR) - 040	0,08 Ba	0,09 Ca	0,11 Aa	0,10 Ca
HTR 116	0,06 Ba	0,05 Da	0,05 Ba	0,04 Ca
LCRSTC	0,12 Aa	0,16 Ba	0,12 Aa	0,16 Ba
LVK	0,14 Aa	0,12 Ca	0,11 Ab	0,18 Ba
HTR - 069	0,12 Aa	0,10 Ca	0,16 Aa	0,08 Cb

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todavia, o comportamento estomático do genótipo LRF foi divergente em relação ao observado no genótipo HTR 127, corroborando com o verificado na *Ci*, denotando que a percepção e estabelecimento do estresse salino, assim como, a expressão do mecanismo de tolerância é variável conforme a variabilidade genética do material estudado como também o seu potencial de tolerância à salinidade (Tabela 4).

A variabilidade de resposta a salinidade pelos genótipos estudados nesse trabalho corroboram com os verificados nos estudos de Brito et al. (2008), Fernandes et al. (2011) e Brito et al. (2014), avaliando o potencial de tolerância e sensibilidade de genótipos, híbridos e variedades de citros em resposta a irrigação com água salina.

Somente às 48 horas verifica-se a percepção fisiológica do estresse salino pelos genótipos LVK e HTR 069 (Tabela 4). Verifica-se ainda que o genótipo LVK desempenhou comportamento semelhante ao genótipo LRF, o qual aumento a sua

atividade estomática em 63% quando submetido ao maior nível de salinidade (4,0 dS m<sup>-1</sup>). Para o genótipo HTR 069, foram constadas respostas semelhantes às observadas no híbrido HTR 127, verificando-se reduções na *g<sub>s</sub>* quando o mesmo foi submetido à solução preparada com água a 4,0 dS m<sup>-1</sup>. Esse comportamento possivelmente está relacionado ao grau de parentesco entre os materiais supracitados.

Singh et al. (2003), Al-Yassin (2004) e Taiz e Zeiger (2013) destacam diferentes mecanismos de tolerância à salinidade, principalmente os relacionados ao ajustamento osmótico e da exclusão de íons tóxicos pelas raízes. Os quais têm relação direta com atividade estomática das plantas. Plantas que necessitam de realizar ajustamento osmótico, precisam perder água de modo que o seu potencial hídrico atinja valores menores que no solo, sendo necessária uma maior abertura estomática assim como verificado nos genótipos LRF e LVK.

De outro modo, para plantas que almejam realizar a exclusão de íons pela raiz, um dos pré-requisitos básicos é a redução da perda de água para a atmosfera que limita a absorção de água e sais pelas raízes, aumentando a seletividade de sais a serem absorvidos pela mesma. Denotando que a redução da atividade estomática dos híbridos HTR 127 e HTR 069, quando submetido à salinidade esteja relacionado à exclusão de íons tóxicos pelas raízes, possivelmente em relação a maior sensibilidade à toxicidade por íons específicos (FLOWERS; FLOWERS, 2005).

Quanto à transpiração dos genótipos de citros, observou-se um reflexo da condutância estomática, fato este já esperado, haja vista que as trocas gasosas são reguladas pelos estômatos (SHIMAZAKI et al., 2007). Em prol deste fato também foram verificadas as maiores taxas transpiratórias nos genótipos HTR-127, LRF, LCRSTC, LVK e HTR-069 na ausência do estresse salino sob o nível de 0,3 dS m<sup>-1</sup> às primeiras 24 horas de exposição aos tratamentos (Tabela 5).

Para os genótipos HTR 127 e LRF foram constatadas alterações na demanda transpiratórias desses genótipos nas primeiras 24 horas, quais prologaram-se no LRF até 48 horas de exposição às condições salinas. Para os genótipos LVK e HTR 069, observaram-se alterações nas taxas transpiratórias somente às 48 horas de exposição a soluções salinas (Tabela 5).

Tabela 5. Transpiração de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Transpiração (mmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	2,50 Aa	1,35 Db	1,94 Aa	1,56 Ca
TSKC x CTARG - 019	1,68 Ba	2,13 Ca	1,44 Ba	1,64 Ca
TSKC	1,10 Ba	0,93 Da	1,08 Ba	1,16 Da
LRF	2,39 Ab	3,11 Aa	2,19 Ab	3,09 Aa
LCR x TR - 001	0,93 Ba	1,35 Da	1,25 Ba	1,07 Da
TSKC x CTSW - 028	1,06 Ba	1,21 Da	1,04 Ba	1,01 Da
TSKC x CTSW - 033	1,25 Ba	1,21 Da	1,18 Ba	0,62 Da
TSKC x CTSW - 041	1,25 Ba	1,24 Da	0,92 Bb	1,56 Ca
TSKC x (LCR x TR) - 040	1,64 Ba	1,69 Da	1,75 Aa	1,65 Ca
HTR 116	1,29 Ba	0,92 Da	1,03 Ba	0,94 Da
LCRSTC	2,18 Aa	2,52 Ba	1,89 Aa	2,34 Ba
LVK	2,30 Aa	2,06 Ca	1,88 Ab	2,51 Ba
HTR - 069	2,13 Aa	1,86 Ca	2,20 Aa	1,54 Cb

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diante destes resultados, verifica-se o rápido reflexo da condutância estomática sob a atividade fisiológica da planta em condições de salinidade. De modo, que as alterações na atividade estomática devido à percepção fisiológica estresse salino, que resulta diretamente em modificações no padrão transpiratório da planta, que por sua vez regula o fluxo de absorção de água, nutrientes (TAIZ; ZAIGER, 2013) e sais pela mesma. Acredita-se, com isso, que as alterações estomática e transpiratória, são importante mecanismo na percepção fisiológica do estresse salino e que as modificações fisiológicas acometidas por essas alterações são indicio do estabelecimento do estresse salino sob a mesma e da expressão do mecanismo de tolerância da espécie.

Ainda sobre a transpiração, foi verificado para o genótipo TSKC x CTSW – 041 às 48 horas após aplicação das soluções salinizadas, um aumento na taxa transpiratória de 69% quando cultivado sob o maior nível de salinidade estudado (4,0 dS m<sup>-1</sup>) quando comparado ao menor nível estudados (0,3 dS m<sup>-1</sup>) (Tabela 5). Todavia, não foram verificadas alterações significativas na condutância estomática desse genótipo em função dos tratamentos aplicados (Tabela 4). Verifica-se ainda que esse material comportou-se de maneira semelhante aos genótipos LVK e LRF,

os quais também aumentaram a taxa transpiratória em função do aumento da salinidade. Denotando a percepção e estabelecimento do estresse salino sob esse genótipo.

Para a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> observou-se que os genótipos LRF, LCRSTC e LVK obtiveram as maiores assimilações de CO<sub>2</sub>, mesmo sob condições de salinidade (Tabela 6). Verifica-se ainda que as menores taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> foram observadas nos genótipos TSKC, LCR x TR - 001, TSKC x CTSW - 028, TSKC x CTSW - 033 e HTR-116, e estes quando submetidos a solução salina, pôde-se verificar valores ainda menores para taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> as quais variaram entre 1,55 e 3,15 (µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), valores estes, relativamente baixos em relação à faixa média encontrada na literatura de que vai de 4,0 a 14 (µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (MACHADO et al., 2005; MACHADO et al., 2007; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; BRITO et al., 2012; FERREIRA et al., 2014; SUASSUNA et al., 2014), denotando o baixo potencial fisiológico desses genótipos, o qual é agravado ainda mais sob condições de estresse salino.

Tabela 6. Taxa de assimilação líquida de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Taxa de assimilação líquida (µmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	7,14 Aa	2,95 Db	5,44 Aa	5,32 Ca
TSKC x CTARG - 019	4,18 Ba	5,39 Ca	3,83 Ba	5,42 Ca
TSKC	3,15 Ba	3,39 Da	1,67 Ba	3,46 Da
LRF	8,40 Ab	11,24 Aa	7,78 Ab	11,77 Aa
LCR x TR - 001	2,80 Ba	3,37 Da	4,23 Ba	2,99 Da
TSKC x CTSW - 028	2,22 Ba	3,48 Da	2,71 Ba	3,15 Da
TSKC x CTSW - 033	3,91 Ba	3,11 Da	4,11 Ba	1,55 Db
TSKC x CTSW - 041	3,19 Ba	2,82 Da	2,70 Ba	4,44 Ca
TSKC x (LCR x TR) - 040	4,74 Ba	6,42 Ba	5,88 Aa	6,54 Ca
HTR 116	2,98 Ba	2,05 Da	2,76 Ba	2,00 Da
LCRSTC	6,87 Aa	8,55 Ba	6,95 Aa	8,79 Ba
LVK	9,04 Aa	8,17 Ba	8,08 Aa	10,62 Aa
HTR - 069	7,44 Aa	5,34 Ca	7,81 Aa	4,97 Cb

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após as primeiras 24 horas de submissão aos tratamentos salinos, verificou-se redução de 58,7% na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> do genótipo HTR 127 quando cultivado em solução nutritiva preparada com água a 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação as plantas cultivadas com água a 0,3 dS m<sup>-1</sup>. Observa-se ainda que às 48 horas os genótipos TSKC x CTSW – 033 e HTR 069 também sofreram reduções em suas taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> quando cultivado sob o maior nível de salinidade estudado (Tabela 6). Salienta-se que apesar das reduções na taxa de assimilação desses genótipos não foram observadas alterações significativas na *Ci* mesmos com as alterações observadas sobre a *gs* (Tabelas 3 e 4). De maneira, que essas reduções podem estar associadas a fatores não estomáticos como a falta de ATP e NADP provenientes da fosforização oxidativa e da cadeia transportadora de elétrons, o que poderá ser verificado com o estudo da eficiência instantânea da carboxilação.

Para os genótipos LRF, TSKC x CTARG – 019, TSKC, TSKC x CTSW – 028, TSKC x CTSW – 041, LCRSTC e LVK verificaram aumento na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> quando cultivado sob o maior nível de salinidade quando comparadas as plantas sob o menor nível de salinidade (Tabela 6). Alguns autores como Taiz & Zaiger (2013) e Syvertsen e Garcia-Sanchez (2014), ressaltam que alguns materiais apresentam a capacidade de compartimentalizar sais nos vacúolos das folhas velhas como estratégias de convívio com estresse salino. Para isso é necessário que estes materiais apresentem alto potencial de crescimento, em outras palavras alta capacidade fotossintética, como verificada no genótipos LRF. Desse modo, com o maior crescimento, haverá uma maior e mais rápida produção de folhas na planta, aumentando o número de vacúolo e o número de folhas fotossinteticamente ativas.

O fenômeno de aumentar a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> aumentando o potencial fotossintético e com isso o aumento no fluxo de seiva na planta. Leva-nos acreditar na existência de outro mecanismo de tolerância anteriormente não identificado na literatura: A diluição de íons no interior da planta. Com o aumento da produção e fluxo de seiva (fotossintatos), há também um aumento na quantidade de energia produzida pela planta. Com isso, a mesma apresenta-se predisposta a crescer. Gerando um aumento em sua taxa de crescimento e com isso, acelerando a

sua divisão e expansão celular (produção e crescimento celular), levando ao aumento do conteúdo citoplasmático, fazendo com que a concentração de sais no interior da planta não atinja níveis que proporcione a toxicidade por íons específicos.

Às 24 horas após o início da submissão das plantas a solução salinizada, averiguou-se, no genótipo HTR-069, TSKC, LRF, TSKC x CTSW – 028 e TSKC x (LCR x TR) - 040 redução na eficiência do uso da água, demonstrando, a partir destas observações, reforça que houve o início do efeito do estresse salino; é interessante notar que tal efeito não progrediu no genótipo HTR 069, TSKC x CTARG – 019, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW – 028, TSKC x CTSW – 041, HTR 116, LVK e HTR – 069, quando avaliados às 48 horas, indiciando atividade do mecanismo de tolerância desses genótipos, possivelmente, atrelada a regulação estomática verificada nesses genótipos às 48 horas (Tabelas 4 e 7). Tais genótipos, por sua vez, foram considerado tolerante a salinidade por Brito et al. (2008), o que permite dar maior embasamento ao estudo aqui observado.

Nos genótipos TSKC x CTSW – 028 e TSKC x (LCR x TR) – 040 foram constatados aumentos da eficiência do uso da água às 24 e 48 horas após o início da submissão das plantas as soluções preparadas com água salina, todavia, o efeito foi mais intenso às 24 horas, tal resultado indica que a priori houve um pico na relação fotossíntese/transpiração e com a adaptação, ocorreu o reestabelecimento de tal. Também foi observado incremento na eficiência do uso da água para porta-enxerto TSKC após 48 horas submetidas à salinidade, para este porta-enxerto (Tabela 7). Ainda sobre a eficiência no uso da água, verifica-se que os resultados observados para os genótipos TSKC x CTSW – 028 e TSKC podem estar relacionado ao um breve aumento na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> datada pela redução do *C<sub>i</sub>*, visto que não foram constatadas restrições estomáticas e transpiratórias nesses genótipos (Tabelas 3, 4, 5 e 7).

Para tanto, quando estudado o genótipo TSKC x (LCR x TR) – 040, não foi verificado influencia significativa da salinidade sob as trocas gasosas desse genótipo, no entanto, verifica-se que as plantas cultivadas durante as primeiras 24 horas na solução preparada com água salina às 4,0 dS m<sup>-1</sup> atingiram taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> 35% superior as plantas cultivadas em solução preparada com água salina às 0,3 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 6). Fato este que explica o breve

aumento da eficiência no uso da água nesse genótipo, identificado a sua percepção do estresse salino de forma eficiente e menos danosa em relação aos demais.

Tabela 7. Eficiência do uso da água de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Eficiência do uso da água $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	2,82 Ba	2,14 Ba	2,80 Ba	3,36 Ba
TSKC x CTARG - 019	2,58 Ba	2,59 Ba	2,72 Ba	3,24 Ba
TSKC	3,02 Aa	3,59 Aa	1,65 Cb	2,99 Ba
LRF	3,62 Aa	3,62 Aa	3,61 Aa	3,81 Aa
LCR x TR - 001	3,02 Aa	2,49 Ba	3,42 Aa	2,80 Ba
TSKC x CTSW - 028	2,05 Bb	2,94 Ba	2,65 Bb	2,94 Ba
TSKC x CTSW - 033	3,19 Aa	2,57 Ba	3,44 Aa	2,58 Ba
TSKC x CTSW - 041	2,61 Ba	2,26 Ba	2,92 Ba	2,86 Ba
TSKC x (LCR x TR) - 040	2,75 Bb	3,82 Aa	3,33 Aa	4,05 Aa
HTR 116	2,31 Ba	2,22 Ba	2,80 Ba	2,18 Ba
LCRSTC	3,13 Aa	3,38 Aa	3,71 Aa	3,73 Aa
LVK	3,99 Aa	4,06 Aa	4,30 Aa	4,25 Aa
HTR - 069	3,53 Aa	2,73 Bb	3,60 Aa	3,13 Ba

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência do uso da água é uma variável que reflete a relação entre a quantidade água gasta pela planta para manter o sua atividade fotossintética a níveis regulares (SHIMAZAKI et al., 2007; TAIZ & ZAIGER, 2013). Desse modo, plantas que tenham a capacidade de aumentar a eficiência do uso da água sob condições de salinidade apresentam grande potencial para regiões áridas e semiáridas, á exemplo do semiárido nordestino que apresenta além de limitações quantitativas devido à escassez desses recursos, problemas de origem qualitativos, devido à presença de altas concentrações de sais presentes nos mananciais hídricos dessa região (MEDEIROS et al., 2003).

Nos genótipos LRF, TSKC x (LCR x TR) – 040, LCRSC e LVK constataram-se as melhores eficiências intrínsecas da carboxilação sob condições de salinidade durante às 48 horas de submissão ao estresse salino, variando de 0,028 a 0,046 (Tabela 8). Todavia as piores eficiências instantâneas da carboxilação foram

averiguadas nos genótipos TSKC, LCR x TR - 001, TSKC x CTSW - 028, TSKC x CTSW - 033 e HTR 116, as quais variaram de 0,006 à 0,013 (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência instantânea da carboxilação de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Eficiência instantânea da carboxilação (EICi)			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	0,027 Aa	0,010 Cb	0,019 Ba	0,020 Ca
TSKC x CTARG - 019	0,015 Ba	0,020 Ca	0,013 Ba	0,021 Ca
TSKC	0,012 Ba	0,015 Ca	0,005 Ba	0,013 Da
LRF	0,034 Ab	0,045 Aa	0,030 Ab	0,046 Aa
LCR x TR - 001	0,011 Ba	0,013 Ca	0,016 Ba	0,011 Da
TSKC x CTSW - 028	0,008 Ba	0,014 Ca	0,010 Ba	0,012 Da
TSKC x CTSW - 033	0,015 Ba	0,012 Ca	0,017 Ba	0,006 Db
TSKC x CTSW - 041	0,012 Ba	0,010 Ca	0,010 Ba	0,016 Ca
TSKC x (LCR x TR) - 040	0,018 Ba	0,027 Ba	0,023 Aa	0,028 Ba
HTR 116	0,011 Ba	0,007 Ca	0,010 Ba	0,007 Da
LCRSTC	0,027 Aa	0,034 Ba	0,028 Aa	0,035 Ba
LVK	0,039 Aa	0,037 Ba	0,035 Ab	0,045 Aa
HTR - 069	0,030 Aa	0,021 Cb	0,029 Aa	0,020 Ca

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência instantânea da carboxilação é dada pela relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006, MELO et al., 2010, FERRAZ et al., 2012), com esta variável pode-se observar fatores não estomáticos que estão interferindo nas trocas gasosas, sendo assim a maior EICi deve significar que tanto o aparato fotossintético esteja em bom funcionamento, quanto as trocas de água na câmara subestomática com o carbono da atmosfera. Desse modo, os baixos valores de EICi observados para os genótipos TSKC, LCR x TR - 001, TSKC x CTSW - 028, TSKC x CTSW - 033 e HTR 116, podem estar relacionados à toxicidade aos sais, proporcionando danos em seu aparato fotossintético e o que poderá ser confirmado quando for estudada a fluorescência da clorofila a.

Quanto aos níveis de salinidade verifica-se que após serem submetidos ao tratamento salino os genótipos HTR-127 e HTR-069 sofreram alterações na sua eficiência instantânea da carboxilação após as primeiras 24 horas. Verifica-se que

esses corroboraram com as alterações procedidas na concentração intercelular de CO<sub>2</sub> e da taxa de assimilação líquida, onde os portas-enxertos HTR-127 e HTR-069 reduziram sua EIC<sub>i</sub> em função do aumento da salinidade, no entanto, estes não se prosseguiram as 48 horas após aplicação das soluções salinizadas (Tabela 8). Acreditando-se com isso, que houve a percepção do estresse pelos genótipos durante as primeiras 24 horas de submissão a salinidade, e que a partir de então os mesmos expressaram algum mecanismo de tolerância, fazendo com que estes retomassem a sua atividade fotossintética normal.

Ainda às 24 horas após aplicação dos tratamentos salinos foram verificados incrementos na EIC<sub>i</sub> do genótipo LRF, os quais se prosseguiram até as 48 horas atingindo um incremento de 53% assim como verificado na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (Tabelas 6 e 8). Somente às 48 horas foram averiguado incrementos na EIC<sub>i</sub> da carboxilação do genótipo LVK, representando um aumento de 28% na EIC<sub>i</sub> das plantas cultivadas sob solução preparada com água à 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação as preparadas com água a 0,3 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 8). Tais resultados indicam a percepção do estresse do LVK às 48 horas de submissão à salinidade.

O fenômeno do aumento da EIC<sub>i</sub> sob condições de salinidade verificado nos genótipos LRF e LVK também é verificado no LCRSTC, porém em menor intensidade chegando atingir incremento de 25% sob o maior nível de salinidade após 48 horas de submissão a salinidade, podendo ser relacionado a uma característica presentes nos genótipos de limões (Tabela 8). Esses resultados podem ser explicados pela expressão do mecanismo de diluição de íons citado anteriormente. Devido à expressão desse mecanismo ocorre intensificação na produção de compostos derivados da fotossíntese, assim como observado nesses genótipos, representando uma alternativa eficiente de amenização do estresse salino sob a planta, por reduzir o efeito tóxico dos íons específicos por meio da diluição dos mesmos no citoplasma celular, possivelmente, em função da incorporação dos sais os compostos de carbono. Acredita-se ainda que esse mecanismo preceda a compartimentalização de sais no vacúolo das folhas velhas, o qual será responsável pela eliminação dos sais do interior da planta pelo fenômeno da abscisão foliar (MUNNS; TESTER, 2008; TAIZ; ZAIGER, 2013). Esse mecanismo pode ser destacado como um dos mais eficientes mecanismos de tolerância à

salinidade, haja vista, que os LRF, LVK e LCRSTC são identificados como genótipos tolerantes a salinidade por Brito (2007) Brito et al. (2008), Brito (2010), Fernandes et al. (2011) e por Brito et al. (2014), após a avaliação de 30 genótipos de citros provenientes do banco de germoplasma do programa de melhoramento genético de citros da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, divisão mandioca e fruticultura situada no município de Cruz das Almas no estado da Bahia, inserido no nordeste do Brasil, quanto a tolerância a salinidade.

Ainda sobre a EICi, após as 48 horas sob as soluções hidropônicas salinizadas observaram-se manifestações do efeito do estresse salino sobre o genótipo TSKC x CTSW- 033, expressas por reduções de 65% na EICi das plantas cultivadas sob o nível de 4,0 dS m<sup>-1</sup> em relação ao nível de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, denotando a percepção do estresse salino por esse genótipo (Tabela 8). O comportamento desse genótipo foi semelhante ao observado nos HTR 127 e HTR 069, no entanto, não foram verificadas alterações nas demais variáveis de trocas gasosas com exceção da EUA, denotando que estas reduções na EICi estão acometidas a danos de origem não estomáticas, que poderá ser melhor elucidado com o estudo da fluorescência da clorofila a mais adiante.

Estudando-se a fluorescência da clorofila constata-se, nos genótipos HTR 127, HTR 116 e HTR - 069 quando submetido ao maior nível de salinidade durante as primeiras 24 horas obtiveram um incremento de 39%, 2,7% e 20%, respectivamente, aumento na fluorescência inicial quando comparado aos valores observado nas plantas sob o menor nível de salinidade (Tabela 9).

A fluorescência inicial ( $F_0$ ) expressa à excitação que as moléculas de clorofila apresentam quando o fotossistema dois (PSII) não está em funcionamento, ou seja, quando mesmo está no escuro, essa variável permite determinar se o aparato fotossintético tem potencial de absorção de luz, perdendo o mínimo de energia na forma de calor, este variável não é estável podendo variar aumentando seu valor, indicando comprometimento no Centro de reação do PSII ou se a transferência da energia de excitação a partir das antenas para a reação centros esta prejudicada (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al, 1989; SCHREIBER et al., 1998), indicando danos na atividade dos pigmentos fotossintetizantes, os quais perdem energia durante o escuro onde os centros de reações estão totalmente abertos e

não a realização da atividade fotossintética, ocorrendo a perda de energia na forma de fluorescência. Em outras palavras, a fluorescência inicial denota a necessidade mínima de fotos para o início da ativação dos centros de reações e com isso início da atividade fotossintética.

Tabela 9. Fluorescência inicial da clorofila a de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Fluorescência inicial da clorofila a		
	24 horas		48 horas
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	-----
HTR 127	395 Bb	550 Aa	354 C
TSKC x CTARG - 019	558 Aa	525 Aa	482 A
TSKC	488 Aa	414 Ba	448 B
LRF	423 Ba	395 Ba	432 B
LCR x TR - 001	416 Ba	497 Aa	458 B
TSKC x CTSW - 028	502 Aa	475 Ba	432 B
TSKC x CTSW - 033	414 Ba	417 Ba	421 B
TSKC x CTSW - 041	446 Ba	516 Aa	467 A
TSKC x (LCR x TR) - 040	407 Ba	390 Ba	430 B
HTR 116	508 Aa	522 Aa	524 A
LCRSTC	467 Aa	456 Ba	508 A
LVK	470 Aa	463 Ba	500 A
HTR - 069	419 Ba	504 Aa	441 B

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Desse modo o aumento da fluorescência inicial observada no genótipo HTR 127 às 24 horas de exposição à salinidade podem indicar danos ao PSII. Concluindo, com isso, intensidade do estabelecimento do estresse salino sob esses genótipos, proporcionando danos de origem estomática e não estomática sob esse genótipo. No entanto, após as 48 horas não foram verificadas influências significativas da salinidade sob a fluorescência do genótipo às 48 horas de aplicação dos tratamentos salinos (Tabela 9).

Quando estudada a fluorescência máxima verifica-se que sob as primeiras 24 horas de exposição às soluções salinas mais concentradas, que perante o teste de agrupamento de médias Skott Knott a identificação de quatro grupos de genótipos, nos quais os genótipos HTR 127, LCRSTC e LVK seguidos dos genótipos TSKC e TSKC x CTSW - 033 detêm os maiores rendimento de fluorescência máxima da

clorofila *a*. No entanto, após a prolongação do estresse até às 48 horas verificou-se a identificação de apenas dois grupos de genótipos, sendo os genótipos TSKC, LRF, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW – 028, TSKC x CTSW – 033, TSKC x (LCR x TR) – 040, LCRSTC e LVK, pertencentes ao grupo que detém as maiores fluorescência máxima da clorofila *a*.

Sabendo-se que a fluorescência máxima representa a capacidade máxima de dissipação energética na forma de fluorescência, ocorrente quando todos os centros de reações estão fechados (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al, 1989). Pronto para dar início ao fluxo de saída de elétrons do fotossistema II para o fotossistema I, via complexo citocromo  $b_6/f$  e plastocianina, deduzindo o ponto de máxima eficiência do aparato fotossintético. Diante disto, o comportamento dos genótipos TSKC, LRF, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW – 028, TSKC x CTSW – 033, TSKC x (LCR x TR) – 040, LCRSTC e LVK em manter em níveis altos a sua fluorescência máxima podem estar relacionada ao maior número de centros de reação ativos do PSII (RC/CS0), necessário para aplicação da atividade fotossintética. Que por sua vez irá aumentar o fluxo de fotoassimilados produzidos na planta, estimulando a produção, crescimento e expansão de novas células, contribuindo para o processo de diluição e posterior compartimentalização de íons no interior da planta, reduzindo os efeitos deletérios de íons tóxicos dentro da mesma.

Verifica-se ainda quanto ao comportamento dentro dos níveis de salinidade que os genótipos HTR 127, TSKC x CTSW – 028 e LCRSTC obtiveram aumentos em sua fluorescência máxima quando cultivados sob o maior nível de salinidade em relação ao menor nível de salinidade. Fato este que se procede até às 48 horas de submissão aos tratamentos salinos com exceção ao LCRSTC (Tabela 10). Verifica-se ainda às 24 horas comportamento contrário dos genótipos TSKC x CTARG – 019, LRF e HTR 069 e dos genótipos TSKC x (LCR x TR) – 040 e HTR 116 às 48 horas de exposição aos níveis salinos, os quais tiveram a sua fluorescência máxima decrescida em função da salinidade (Tabela 10).

Com isso, maior atividade de centros de reação nesses genótipos quando submetidos a condições salinas o que possivelmente auxiliou aos breves incrementos observado na taxa assimilatória líquida de CO<sub>2</sub> para os genótipos HTR 127, TSKC x CTSW – 028 e LCRSTC (Tabela 6), e reduções da atividade dos

centros de reação no PSII dos genótipos TSKC x CTARG – 019, LRF, TSKC x (LCR x TR) – 040, HTR 116 e HTR 069 podem estar associados à redução de aceitadores de elétrons tais como NADP e aumento das necessidades energéticas como o ATP +, que dependem de enzimas sensíveis ao sódio e o cloro comprometendo atividade do ciclo de fixação de carbono (ABDEL-LATIF, 2008). Com isso, elucidando o estabelecimento fisiológico do estresse salino sob esses genótipos a 24 e 48 horas de submissão a salinidade.

Tabela 10. Fluorescência máxima da clorofila *a* de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

Genótipos	* Fluorescência máxima da clorofila <i>a</i>			
	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	1967 Cb	2370 Aa	1547 Cb	2007 Ba
TSKC x CTARG - 019	2421 Aa	2200 Bb	2274 Aa	2054 Bb
TSKC	2079 Ca	2151 Ba	1968 Ba	2161 Aa
LRF	2376 Aa	2070 Cb	1882 Bb	2365 Aa
LCR x TR - 001	2005 Ca	2049 Ca	2481 Aa	2209 Aa
TSKC x CTSW - 028	1899 Cb	2188 Ba	1576 Cb	2194 Aa
TSKC x CTSW - 033	2213 Ba	2121 Ba	2246 Aa	2268 Aa
TSKC x CTSW - 041	1958 Ca	1837 Da	2076 Aa	1864 Bb
TSKC x (LCR x TR) - 040	1986 Ca	1899 Da	2241 Aa	2275 Aa
HTR 116	1893 Ca	1891 Da	2268 Aa	2020 Bb
LCRSTC	2154 Bb	2373 Aa	2260 Aa	2393 Aa
LVK	2293 Aa	2267 Aa	2271 Aa	2286 Aa
HTR - 069	2210 Ba	1860 Db	2309 Aa	1907 Bb

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que quando submetidos à condições salinas durante as 48 horas, que as menores fluorescência variáveis foram obtidas pelos genótipos HTR 127, TSKC x CTARG – 019, TSKC x CTSW – 041, HTR 116 e HTR 069 quando cultivados com solução salinizada à 4,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 11). A fluorescência variável é dada pela razão entre a fluorescência máxima/ fluorescência inicial explicando assim qual a fluorescência útil que esta sendo emitida pelos centros de reações e usada para na produção de ATP e NADPH<sub>2</sub> (SCHREIBER et al., 1998). Dessa forma, os baixos valores de fluorescência observado nesses genótipos podem estar

relacionados à baixa atividade dos centros de reação na produção de ATP e NADPH<sub>2</sub>.

Tabela 11. Fluorescência variável da clorofila *a* de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

* Fluorescência variável da clorofila <i>a</i>				
Genótipos	24 horas		48 horas	
	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>	0,3 dS m <sup>-1</sup>	4,0 dS m <sup>-1</sup>
HTR 127	1572 Bb	1820 Aa	1240 Ca	1606 Ba
TSKC x CTARG - 019	1863 Aa	1675 Bb	1770 Ba	1594 Ba
TSKC	1591 Ba	1736 Ba	1513 Cb	1719 Aa
LRF	1953 Aa	1675 Bb	1442 Cb	1940 Aa
LCR x TR - 001	1589 Ba	1551 Ca	2048 Aa	1726 Ab
TSKC x CTSW - 028	1397 Cb	1713 Ba	1172 Cb	1735 Aa
TSKC x CTSW - 033	1799 Aa	1703 Ba	1812 Ba	1861 Aa
TSKC x CTSW - 041	1512 Ba	1321 Db	1613 Ba	1392 Bb
TSKC x (LCR x TR) - 040	1579 Ba	1509 Ca	1821 Ba	1835 Aa
HTR 116	1385 Ca	1369 Da	1717 Ba	1523 Bb
LCRSTC	1687 Ab	1917 Aa	1746 Ba	1890 Aa
LVK	1823 Aa	1804 Aa	1798 Ba	1760 Aa
HTR - 069	1790 Aa	1356 Da	1858 Ba	1474 Bb

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se ainda, que os genótipos HTR 127, TSKC, LRF, TSKC x CTSW – 028 e LCRSTC quando cultivados sob o maior nível de salinidade 4,0 dS m<sup>-1</sup> aumentaram a seus índices de fluorescência variável em relação as plantas cultivadas no tratamento menos salino 0,3 dS m<sup>-1</sup> aos 24 e 48 horas após aplicação dos tratamentos (Tabela 11). Ressaltando o possível aumento na atividade dos centros de reação, e com isso, a maior utilização de energia luminosa na produção de ATP e NADPH<sub>2</sub>. Ao passo que a redução da fluorescência variável verificada nos genótipos TSKC x CTARG – 019, LCR x TR – 001, TSKC x CTSW – 041, HTR 116 e HTR 069 correspondem a reduções na atividade da clorofila *a*, diminuindo a excitação das molécula de clorofila, prejudicando o transporte de eletros em seu maior grau de energia do sistema antena para centros de reações do PSII afetando, com isso, o transporte de elétrons deste para fotossistema I (PSI), induzindo que a energia seja dissipada na forma de calor ao invés de ser dissipada na forma de

fluorescência. Podendo desencadear ativação processo de fotorrespiração aumentando o gasto de energia pela planta (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Quando em condições de maior salinidade ( $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) por 24 horas a melhores médias de eficiência quântica do PSII foram registradas para os portas-enxertos TSKC, LRF, TSKC x CTSW – 028, TSKC x CTSW – 033, TSKC x (LCR x TR) – 040, LRCRSTC e LVK (Tabela 12). Sendo observando ainda ganhos significativos de 6,5 e 5,4% para eficiência quântica do PSII para os genótipos TSKC e TSKC x CTSW – 028 respectivamente (Tabela 12). E reduções significativas de 7 e 11% para reduções para os genótipos TSKC x CTSW – 041 e HTR 069, respectivamente (Tabela 12). Segundo Butler e Kitajima (1974), o valor da razão  $F_v/F_m$  representa o rendimento quântico da fase fotoquímica da fotossíntese, e que o declínio é um bom indicador do dano fotoinibitório quando plantas estão sujeitas a estresses. Fato possivelmente ocorrido nos genótipos TSKC x CTSW – 041 e HTR 069 que tiveram a eficiência quântica do PSII reduzido quando cultivado no maior nível de salinidade estudado.

Tabela 12. Eficiência quântica do fotossistema II (PSII) de genótipos de citros às 24 horas e 48 horas após aplicação da solução salinizada. UFCG, Pombal, PB, 2014.

* Eficiência quântica do fotossistema II (PSII)				
Genótipos	24 horas		48 horas	
	0,3 dS $\text{m}^{-1}$	4,0 dS $\text{m}^{-1}$	0,3 dS $\text{m}^{-1}$	4,0 dS $\text{m}^{-1}$
HTR 127	0,80 Aa	0,77 Ba	0,80 Aa	0,80 Aa
TSKC x CTARG - 019	0,77 Ba	0,76 Ba	0,78 Ba	0,77 Ba
TSKC	0,76 Bb	0,81 Aa	0,77 Ba	0,80 Aa
LRF	0,82 Aa	0,81 Aa	0,76 Bb	0,82 Aa
LCR x TR - 001	0,79 Aa	0,76 Ba	0,83 Aa	0,78 Bb
TSKC x CTSW - 028	0,74 Bb	0,78 Aa	0,74 Bb	0,79 Aa
TSKC x CTSW - 033	0,81 Aa	0,80 Aa	0,81 Aa	0,82 Aa
TSKC x CTSW - 041	0,77 Ba	0,72 Cb	0,78 Ba	0,75 Ba
TSKC x (LCR x TR) - 040	0,79 Aa	0,79 Aa	0,81 Aa	0,81 Aa
HTR 116	0,74 Ba	0,72 Ca	0,76 Ba	0,75 Ba
LCRSTC	0,78 Aa	0,81 Aa	0,77 Ba	0,79 Aa
LVK	0,80 Aa	0,80 Aa	0,79 Aa	0,77 Ba
HTR - 069	0,81 Aa	0,73 Cb	0,80 Aa	0,77 Ba

\*Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre genótipos pelo teste de Skott knott a 5% de probabilidade e letras minúsculas diferentes indica diferença significativa entre os níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sob o maior nível de salinidade às 48 horas após aplicação dos tratamentos observaram-se alterações significativas nos rendimentos em eficiência quântica do PSII para os genótipos LRF e LCR x TR – 001 e para o TSKC x CTSW – 028 que manteve o mesmo comportamento observado às 24 horas (Tabela 12). Salienta-se que para o genótipo LRF foi verificado aumento da eficiência quântica do PSII, o que está relacionado ao aumento da sua atividade fotossintética sob condições de altos níveis de salinidade (Tabela 6). Todavia para o genótipo LCR x TR – 001 foi observada redução significativa da eficiência quântica do PSII em função do aumento da salinidade de 0,3 para 4,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 12). Segundo Svitsev et al. (1973), a redução da eficiência quântica do PSII pode estar relacionado ao aumento da atividade da clorofilase, enzima envolvida na remoção da calda fitol durante a degradação da clorofila, proporcionada pela condição de estresse a qual a planta foi submetida. Fato que possivelmente ocorre nesse genótipo, visto que, esse comportamento também se procede na fluorescência variável (Tabela 11), denotando baixa atividade dos centros de reação.

## 5 CONCLUSÕES

Todos os genótipos estudados apresentaram modificações nas suas atividades fisiológicas seja em relação a troca gasosa como em relação à eficiência do PSII, demonstrando a rapidez do estabelecimento do estresse salino nas plantas;

A salinidade não influenciou as trocas gasosas dos genótipos Tangerineira 'Sunki Comum'(TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) – 019; limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR) – 001; Híbrido Trifoliado (HTR) - 116 durante as primeiras 48 horas.

Os portas-enxertos Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x Citrumelo Swingle (CTSW)- 033; Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x (limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) – 040 e limoeiro 'Volkameriano' (LVK), respectivamente não tiveram suas fluorescências alteradas com uso de água salina na solução nutritiva durante as primeiras 48 horas.

O aumento da fotossíntese líquida observado em alguns genótipos podem estar relacionada à expressão de um mecanismo de diluição de íons na planta, por meio do aumento do conteúdo citoplasmático amenizando o efeito do estresse salino.

Por meio dessa metodologia podem-se determinar os genótipos com potencial de tolerância a salinidade seguindo o critério que: Os genótipos que apresentam a capacidade de aumentar sua condutância estomática e fotossíntese quando submetidos à salinidade, apresentam o maior potencial de tolerância aos sais. E os genótipos que apresentam reduções na concentração interna de CO<sub>2</sub> sem rendimento na Taxa assimilatória líquida do mesmo, seguida de redução na eficiência da clorofila, apresentam sensibilidade ao estresse salino.

Os genótipos limoeiro 'Volkameriano', 'Cravo Santa Cruz', Limoeiro Rugoso da Flórida, Tangerineira 'Sunki Comum' x (limoeiro 'Cravo' x *Poncirus trifoliata*) – 040, Tangerineira 'Sunki Comum' x Citrange Argentino – 019 e Tangerineira 'Sunki Comum' x Citrusmelo Swing – 041 são os materiais mais tolerantes a salinidade presentes nesse estudo.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-LATIF, A. Phosphoenolpyruvate carboxylase activity of wheat and maize seedlings subjected to salt stress. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 37-41, 2008.

ABECITRUS - **Associação Brasileira Dos Exportadores De Cítricos**. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>> Acesso em 21 de outubro de 2014.

AGRIANUAL: **Anuário Da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Editora FNP, 2013. p.270-281.

AL-YASSIN, A. Influence of salinity on citrus: a review paper. **Journal of Central European Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 263-272, 2004.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido - um estudo de caso**. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I

AZEVEDO, C.L.L. **Sistema de produção de citros para o Nordeste**. Embrapa Mandioca e Fruticultura: Cruz das Almas, BA. Sistema de Produção, 16. Versão eletrônica, 2003.  
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste.htm>. Acesso em 10/06/2014.

BAKER N.R. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: SMITH, J.A.C.; GRIFFITHS, H. (Eds.). Water deficits plant responses from cell to community, **Bios Scientific Publisher**, Oxford, 1993. p. 221-235.

BASSANEZI, R.B.; BERGAMIN, A.F.; AMORIN, L.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOTTWALD, T.R.; BOVI, J.M. Spatial and temporal analyses of citrus sudden death, as a tool to generated hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology**, v.93, p.502-512, 2003.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R.; ÖQUIST, G.; SCHREIDER, U.; LECHNER E.G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v.3, n.4, p.497-514, 1989.

BRITO, M.E.B. **Tolerância de Genótipos de citros ao salinidade**. Campina Grande, 2010, 158p, Tese (Doutorado), Universidade Federal de Campina Grande.

BRITO, M.E.B. **Tolerância de porta-enxertos de citros à salinidade**. Campina Grande, 2007, 107p, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande.

BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p 343-353, 2008.

BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S.; SOARES FILHO, W.S.; SANTOS, R.T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v.27, n.1, p.17-27, 2014.

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

BUTLER, W.L.; KITAJIMA, M. A tripartite model for chloroplast fluorescence. In: **Proceedings of the Third International Congress on Photosynthesis**, ed. Avron, M. (Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam), 1974, p.13-24.

CORDEIRO, G.G.; BARRETO, A.N.; CARVAJAL, A.C.N. Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do Projeto de irrigação de São Gonçalo (2a parte). Petrolina: **EMBRAPA-CPATSA**, 1988. 57p. (Documentos 54).

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; SOARES FILHO, W.S.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F.; DIAS, A.T.; PAES, R.A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.528-531, 2003.

DONADIO, L. C.; ALVES, F. A.; MOREIRA, C. S. Centros de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. cap.1, p. 1-18.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

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**, v.33, p.259-267, 2011.

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 ecotipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012.

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

FERREIRA, E.A.; SILVA, V.A.; SILVA, E.A.; SILVEIRA, H.R.O. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.2, p.158-165, 2014.

FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.

FOOLAD, M.R.; CHEN, F.Q.; LIN, G.Y. RFLP mapping of QTLs conferring salt tolerance during germination in an interspecific cross of tomato. **Theoretical and Applied Genetics**, v.97, p.1133-1144, 1998.

GUPTA, J.P.; GOI, A.T.R. Effect of gypsum applications on physicochemical characteristics of sodic soil and crop yield of rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticumaestivum*). **Indian Journal of Agronomy**, 37:812-814, 1992.

GUPTA, R.K.; ABROL, I.P. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. **Advances in Soil Science**, 11:224-88, 1990.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular, 347)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=1&i=P&e=l&c=1613>>.

Acesso em: 25 mar. 2014.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

KRIEDEMANN, P.E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Water deficit and plant growth**. New York: Academic, 1981. v.6, p.325-418.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LEBRON, I.; SUAREZ, D.L.; YOSHIDA, T. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation. **Soil Science Society of America Journal**. v.66, p.92-98, 2002.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.113-33.

MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.351-359, 2010.

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

MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F.; RIBEIRO, R.V.; MEDINA, C.L.; STUCHI, E.S.; PAVANI, L.C. Deficiência hídrica agrava os sintomas fisiológicos da clorose variegada dos citros em laranjeira 'Natal'. **Bragantia**, v.66, n.3, p.373-379, 2007.

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**, v.40, p.1161- 1170, 2005.

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v.67, p.75-82, 2008.

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

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MCBRIDE, M.B.; BAVEYE, P. Diffuse double-layer models, long-range forces, and ordering in clay colloids. **Soil Science Society of America Journal**, v.66, p.1207-1217, 2002.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba.

MEDEIROS, J.F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J. ; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 7, n.3, p. 469-472, 2003.

MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A.M.B.; MARIN, A.M.P.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H.; PINTO, T.F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

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

MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, v.20, p.255-267, 2010.

MUNNS, R. Genes and Salt Tolerance: Bringing Them Together. **New Phytologist**, v.167, p.645–663, 2005.

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

OLIVEIRA, M. **Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais**. In: Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, UFPB/SBEA, 1997. p.1-35.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress**. New York: John Willey e Sons, 2000. 225p.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.

PITMAN, M.G., LAÜCHLI, A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: LAÜCHLI, A; LÜTTGE, U. (Ed.). **Salinity: Environment–Plants–Molecules**, Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands. 2002. p. 3 - 20.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M. & POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p.61-104.

POMPEU JUNIOR, J. Rootstock and scions in the citriculture of the São Paulo State. In: **International Congress Citrus Nurserymem**, 6., 2001. Ribeirão Preto: [s.n.], 2001. p. 331.

POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; JORGE, J.P.N.; JACON, J.R. Competição de clones de limão cravo e de limão 'Volkameriano' como porta-enxertos em laranja Natal. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8. Brasília, 1986. **Anais...** Brasília, 1986, p.147-151.

QADIR, M.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A.D.; SAHRAWAT, K.L. Phytoremediation of Sodic and Saline-Sodic Soils. **Advances in Agronomy**, 96:197-247, 2007.

QADIR, M.; QURESHI, R.H.; AHMAD, N. Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*. **Geoderma**, v.74, p.207-217, 1996.

REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'formosa' cultivado em condição de campo **Bragantia**, v.67, n.4, p.815-822, 2008

REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: Reuther, W.(ed) The citrus industry. Riverside: University of California, v.3, p.280-337, 1973.

RHOADES, D.J. Drainage for salinity control. In: SCHNFGAARDE, J. V. ed. **Drainage for agriculture**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1974. p.433-460. (Agronomy,17)

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).

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J. & MONTENEGRO, A.A.A. Solos Halomórficos do Brasil: Ocorrência, Gênese, Classificação, Uso e Manejo Sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ, V.H. **Tópicos em Ciência do Solo**. Soc. Bras de Cic do Solo. v. 3, Viçosa, 2003.

RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira "Valência"**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia/

Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. Growth- and leaf-temperature effects on photosynthesis of sweet orange seedlings infected with *Xylella fastidiosa*. **Plant Pathology**, v.53, p.334-340, 2004.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

SANTOS, C.E.R.S; BEZERRA, R.V.; FREITAS, A.D.S.; SEIDO, S.L.; MARTINS, L.M.V.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. **Modificação de vasos de Leonard com garrafas descartáveis tipo Pet**. Embrapa, 2009 (Comunicado Técnico 124).

SANTOS, M.F.G.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F.; MEDEIROS, J.F.; SOUZA, C.C. Solo sódico tratado com gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, p.307-313, 2005.

SANTOS, R.V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.289-317.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 320-336.

SHIMAZAKI, K.I.; DOI, M.; ASMANN, S.M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, n.1, p.219-247, 2007.

SILVA, L.A.; BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V.S.; MOREIRA, R.C.L.; SOARES FILHO, W.S.; FERNANDES, P.D. Mecanismos fisiológicos de percepção do estresse salino de híbridos de porta-enxertos citros em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.18, suplementar, p.1-7, 2014.

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

SUAREZ, D.L. Sodic soil reclamation: Modelling and field study. **Australian Journal SoilResearch**. 39: 1225 - 1246, 2001.

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

SVITSEV, M.V.; PONNAMOREVA, S.A.; KUZNESTOVA, E.A. Effect of salinization and herbicides on chlorophyllase activity in tomato leaves. **Fiziologiya Rastenii.**, v. 20, p. 62-65, 1973.

SWINGLE, W.T.; REECE, P.C. The botany of citrus and its wild relatives. In: Reuther, W.; Webber, H.J.; Batchelor, L.D. (eds) **The citrus industry**. Riverside: University of California, v.1, p.190-430, 1967.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5.ed. 2013. 918p.

TANJI, K.K. Nature and extent of agricultural salinity. In: **Agricultural Salinity Assessment and Management, Manuals and Reports on Engineering Practices** No. 71 (Tanji, K.K., Ed.), pp. 1–17. American Society of Civil Engineers, New York, 1990.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.