



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

**LIZAIANE CARDOSO DE FIGUEREDO**

**BIOQUÍMICA E FITOMASSA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS  
CITRÍCOS SOB ESTRESSE SALINO**

**Pombal-PB  
Julho de 2015**

**LIZAIANE CARDOSO DE FIGUEREDO**

**BIOQUÍMICA E FITOMASSA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS  
CITRÍCOS SOB ESTRESSE SALINO**

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**

**Coorientador: Eng. Agrônomo Francisco Vanies Da Silva Sá**

**Pombal-PB**

**Julho de 2015**

**LIZAIANE CARDOSO DE FIGUEREDO**

**BIOQUÍMICA E FITOMASSA DE GENÓTIPOS DE PORTA-ENXERTOS  
CITRÍCOS SOB ESTRESSE SALINO**

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: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito

Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG

---

Coorientador: Francisco Vanies da Silva Sá

Eng. Agrônomo, Mestrando em Manejo de Solo e Água- DCAT/UFERSA

---

Alberto Soares de Melo

Professor D. Sc. DBO/UEPB

---

Franciscleudo Bezerra da Costa

Professor D. Sc. UATA/CCTA/UFCG

**Pombal-PB**

**Julho de 2015**

## DEDICATÓRIA

*Com muito carinho, a minha Mãe Maria Deuma Cardoso pelo seu amor, amizade, e incentivo, por me fazer erguer a cabeça e seguir em frente e me incentivando a nunca desistir e sempre confiar em mim.*

### **DEDICO**

*Aos meus pais, Maria Deuma Cardoso e Levi Araújo de Figueredo e minha avó, Maria Neuza Cardoso e pelo apoio, incentivo. Por me mostra o caminho certo e pelo apoio nos momentos mais difíceis.*

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, ser supremo ao qual devo minha existência.

Aos meus pais, Maria Deuma Cardoso e Levi Araújo de Figueredo e minha avó Maria Neuza Cardoso, E meus irmãos Ligiane Cardoso de Figueredo, Wendel Cardoso Martins e Carlos Andrey Cardoso Martins por estar me apoiando sempre mesmo à distância.

Ao professor Marcos Eric Barbosa Brito, por seus valiosos ensinamentos e pelo voto de confiança,

A todos os funcionários e professores do CCTA, em especial à Joice Emanuele, e Roberta Chaiene, pelo convívio durante as análises e pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos e colegas de trabalho, **Francisco Vanies Silva Sá, Luderlândio de Andrade Silva e Rômulo Carantino Lucena Moreira** , pela sua amizade e companheirismo e pelo aperreio sempre.

A minhas amigas do quarteto a qual sempre me apoiaram e me ensinaram o que era uma amizade verdadeira, **Dorielly Pinheiro. Jaciara Costa e Ingrid Ramalho**, onde quer que eu esteja levarei sempre em meu coração.

Aos meus Amigos que conquistei durante essa minha etapa acadêmica em especial a **Mariana Lacerda, Josélia Barreto, Raísa Herculano, Silânia Lima, Maria Ângela** onde com elas eu passei meus cinco anos com muita alegria, sempre me lembrarei de vocês com amor e admiração.

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

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

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*  
*(Marthin Luther King)*

*Desejo que você... Não tenha medo da vida, tenha medo de não vivê-la. Não há céu sem tempestades, nem caminhos sem acidentes. Só é digno do pódio quem usa as derrotas para alcançá-lo. Só é digno da sabedoria quem usa as lágrimas para irrigá-la. Os frágeis usam a força; os fortes, a inteligência. Seja um sonhador, mas una seus sonhos com disciplina, Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas. Seja um debatedor de ideias. Lute pelo que você ama.*  
*(Augusto Cury)*

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ilustração do sistema hidropônico montado a partir de vasos de Leonard.....	<b>20</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). .....	<b>20</b>
<b>Tabela 2.</b> Análise química da água utilizada no preparo das soluções.....	<b>23</b>
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis: Clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Corot), relação clorofila a / clorofila b (Cl a/ Cl b) e relação clorofila total / carotenoides (Cl total / Carot), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR), teor relativo de água (TRA) e extravasamento de eletrólitos (EE) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015.....	<b>26</b>
<b>Tabela 4.</b> Teste de agrupamento de médias para as para as variáveis: Clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Corot), relação clorofila a / clorofila b (Cl a/ Cl b) e relação clorofila total / carotenoides (Cl total / Carot) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015 .....	<b>27</b>
<b>Tabela 5.</b> Teste de agrupamento de médias para as para as variáveis: massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR), teor relativo de água (TRA) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015.....	<b>29</b>

# SUMÁRIO

	Pág.
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1. Citros.....	14
2.2 Água na agricultura.....	14
2.3. Salinidade em plantas cítricas .....	16
2.4. Atividade Fisiológica de plantas cítricas .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1. Localização .....	19
3.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	19
3.3. Condução das mudas.....	19
3.4. Preparo da Solução .....	22
3.5. Variáveis analisadas.....	23
3.5.1. Teor Relativo de Água (TRA) .....	23
3.5.2. Extravasamento de Eletrólitos (EE) .....	24
3.5.2. Pigmentos Fotossintetizantes .....	24
3.6. Análises estatísticas .....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

FIGUEREDO, L. C. **Bioquímica e fitomassa de genótipos de porta-enxertos de cítricos sob estresse salino**. Pombal: UFCG, 2015. 38f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

## RESUMO

Objetivou-se estudar alterações bioquímicas e o acúmulo de fitomassa de genótipos de citros sobre estresse salino. Foram estudados, em blocos casualizados, no esquema fatorial (2 x 5), dois níveis de salinidade (0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>) e 5 genótipos de porta-enxertos de citros (tangerineira ‘Sunki’ [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] comum x citrange [*C. sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L) Raf.] ‘Argentina’ - 019 (TSKC x CTARG - 019); limoeiro Rugoso da Flórida (LRF) (*Citrus jambhiri* Lush.); tangerineira ‘Sunki’ comum x (limoeiro ‘Cravo’ *C. limonia* Osbeck x *P. trifoliata*) - 040 [TSKC x (LCR x TR) - 040]; limoeiro Cravo Santa Cruz (LCRSTC) (*Citrus limonia* Osbeck); e limoeiro Volkameriano (LVK) (*C. volkameriano* V. Ten. & Pasq.), com três repetições e quatro plantas úteis. Aos 90 dias após a semeadura iniciou-se a aplicação dos tratamentos salinos que prosseguiu até os 120 dias após a semeadura momento em que as plantas foram avaliadas quanto às características bioquímicas e o acúmulo de fitomassa das plantas. Os genótipo TSKC x (LCR x TR) – 040, LCRSTC e LVK foram os menos afetados pelo estresse salino destacando-se como os materiais mais tolerantes à salinidade. O genótipo LRF não sofreu influência da salinidade sob a síntese de pigmentos, porém reduziu drasticamente o acúmulo de fitomassa, destacando-se como sensível em relação aos demais genótipos estudados. O genótipo TSKC x CTARG – 019 foi o material que teve os pigmentos fotossintetizantes e a fitomassa mais afetado pelo estresse salino, sendo dentre os materiais estudados o mais sensível à salinidade. Os carotenóides amenizam os efeitos do estresse salino nas plantas de citros.

Palavras-chave: *Citrus spp.*, Salinidade, Extravasamento de Eletrólitos, Clorofila e Carotenóides, Teor relativo de água na folha.

FIGUEREDO, L. C. **Biochemistry and biomass rootstocks of citrus genotypes under salt stress**. Pombal: UFCG, 2015. 38f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande. Center of Sciences and Technology Agroalimentar. Pombal, PB.

## ABSTRACT

In order to study biochemical changes and biomass accumulation of citrus genotypes on salt stress. Were studied in a randomized block design, in factorial (2 x 5), two salinity levels (0.3 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>) and five citrus rootstocks genotypes ('Sunki' mandarin [Citrus sunki (Hayata) hort ex Tanaka] common x citrange [C. sinensis (L.) Osbeck x Poncirus trifoliata (L) Raf] 'Argentina' - 019 (TSKC x CTARG - 019); Rough lemon Florida (LRF) (Citrus jambhiri Lush); tangerine 'Sunki' common x (Rangpur lime C. limonia Osbeck x P. trifoliata) - 040 [TSKC x (LCR x TR) - 040]; Rangpur Santa Cruz (LCRSTC) (Citrus limonia Osbeck) and lemon Volkameriano (LVK) (C. Volkamer V. Ten & Pasq), with three replications and four working plants 90 days after sowing began the application of saline treatments that continued until 120 days after sowing time the plants were evaluated for ace biochemical characteristics and biomass accumulation of plants The TSKC x genotype (LCR x TR) -. 040, LCRSTC and LVK were the least affected by salt stress highlighting how materials more tolerant to salinity. The LRF genotype did not influence the salinity in the synthesis of pigments, but dramatically reduced the biomass accumulation, highlighting how sensitive than the other genotypes. The TSKC genotype CTARG - 019 was the material that had the photosynthetic pigments and biomass most affected by salt stress, being among the materials studied the most sensitive to salinity. Carotenoids alleviate the effects of salt stress in citrus plants.

Key words: *Citrus spp.*, Salinity, Leakage of electrolytes, Chlorophyll and Carotenoids, relative water content in the leaf.

## 1. INTRODUÇÃO

A citricultura é uma das mais importantes atividades do cenário agrícola brasileiro, devido ao seu grande valor nutritivo, social e econômico. Difundida principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste do País, a citricultura é de grande importância socioeconômica na região nordeste, devido à geração de emprego e renda, principalmente nos estados da Bahia, Sergipe e Paraíba. Todavia, a produção citrícola na região Nordeste do país é reduzida devido ao déficit hídrico, e as altas concentrações de sais presentes nas águas disponíveis para irrigação, afetando negativamente o comportamento fisiológico repercutindo em baixa produtividade (FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2012; SILVA et al., 2012; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014; ).

Sabendo-se que a salinidade e principalmente a sodicidade promovem efeitos negativos no crescimento e na fisiologia das plantas cultivadas (MESQUITA et al., 2015; SÁ et al., 2015), e se tratando de plantas cítricas esse problema é ainda maior, devido ao baixo nível de sua salinidade limiar, que se situa próximo a  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  (SINGH et al., 2003; BIRTO et al., 2014). Nesse sentido, estratégias que viabilizem o manejo da água salina na irrigação dos pomares citrícolas da região nordeste, surgem como uma alternativa para expansão da cultura e aumento da produtividade (SILVA et al., 2012; BRITO et al., 2014).

Para isso, a identificação de materiais tolerantes ao estresse salino vem sendo o foco de inúmeras pesquisas para expansão da citricultura na região nordeste do Brasil, principalmente nas regiões semiáridas do País. Alguns autores têm estudado novos porta-enxertos condicionados à irrigação com água salina, a exemplo de Fernandes et al. (2011), Silva et al. (2012) e Brito et al. (2014) em parceria com Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Mandioca e Fruticultura. Os mesmos verificam grande variação de respostas de tolerância entre os materiais, com base em parâmetros de crescimento. E destacam a Tangerina Cleópatra, os limoeiros Cravo e Vulkameriano como materiais com amplo potencial de tolerância.

No entanto, a identificação de materiais tolerantes a salinidade é dificultada pelas grandes variações ocorrentes entre cada espécie, dentro de uma mesma

espécie, entre diferentes estádios de desenvolvimento da planta; observando-se que a tolerância á salinidade é controlada por mais de um gene e influenciada pelos fatores ambientais (FLOWERS; FLOWERS, 2005; MUNNS, 2005). Sendo necessárias avaliações mais apuradas que expliquem o comportamento fisiológico e a expressão de mecanismos de tolerância dos materiais em estudo (SILVA et al., 2014). Portanto, o estudo de parâmetros fisiológicos como na fluorescência da clorofila a, o teor de clorofila, a integridade das membranas entres outras variáveis podem explicar o comportamento das plantas ao estresse salino, além de esclarecer os efeitos das condições osmóticas e hídricas sob a eficiência fisiológica dos vegetais (HABIBI; AMIRI, 2013; SILVA et al., 2014).

Com isso, objetivou-se estudar os componentes bioquímicos e o acúmulo de fitomassa de genótipos de citros sob estresse salino.

## **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, são árvores pequenas (SWINGLE; REECE, 1967) que podem atingir de 4,5 a 12,0 m de altura quando adultas (REUTHER, 1973). Onde se encontram como sendo do grupo das fruteiras mais importantes para o Brasil, devido ao valor nutritivo dos frutos e o seu papel socioeconômico na exportação (COELHO et al., 2006).

No Brasil, são estimados mais de 2,2 milhões de hectares com cítricos, envolvendo assim mais de 400 mil empregos diretos, 20 mil citricultores e 17 indústrias de suco (MORAES et al., 1998). Destacando-se como o maior produtor e exportador de frutas cítricas, onde é responsável por mais de 28,4% do total de frutos produzidos no mundo (IBGE, 2012). Onde o Nordeste brasileiro tem se destacado como sendo a segunda região maior produtora de citros do País, contribuindo com 27,82% (AGRIANUAL, 2010).

Na citricultura 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).

Os citros são plantas que regulam bem a perda de água, pois apresentam características morfofisiológicas que as tornam plantas eficientes no uso de água possui também características de tolerância à seca, quando comparadas a outras culturas (PISSINATO et al., 2010; BRITO, 2010).

### **2.2. Água na Agricultura**

A água é o recurso natural mais abundante na face da terra, cobrindo cerca de 75% da água do planeta, onde a maior parcela deste percentual é de água salgada, localizada, principalmente, nos oceanos, sendo a responsável, através da intervenção nos ciclos energéticos físicos, químicos e biológicos, pela manutenção da vida.

A água é de extrema importância para a vida humana, pois ela garante a realização de funções vitais para o organismo. De onde o homem utiliza os recursos hídricos para um grande conjunto de atividades, tais como, produção de energia, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (TUNDISI, 2003). Segundo o mesmo autor, a produção de alimentos, devido ao uso da irrigação, é responsável por 68,3% do consumo de água no Brasil. Para que o uso seja eficiente e adequado da água na irrigação deve-se considerar tanto a disponibilidade quanto a quantidade e a qualidade da mesma, pois alguns vegetais como alface, couve e tomate são consumidos in natura, portanto a água a ser utilizada deve apresentar características adequadas para que dessa forma não possa comprometer a qualidade do alimento que irá para a mesa do consumidor.

Rebouças (2001) enfatiza que, em geral, o mau uso predominante das águas no mundo, e do Brasil, em particular, devido a uma má irrigação e desperdício da mesma, vem ocasionando a escassez relativa e a degradação da qualidade da água disponível, tornando assim a disponibilidade de água doce um fator econômico competitivo no mercado.

A disponibilidade de água para a agricultura é ainda menor no Nordeste brasileiro, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, pois estas regiões possuem uma baixa precipitação média anual de 750 mm concentrada em quatro meses do ano, e uma evapotranspiração média anual de 2000 mm, obrigando assim os agricultores a usar estratégias para armazenar e usar a água nos períodos secos, tais estratégias seria a utilização de poços e barragens subterrâneas, sendo que a maioria das águas de açudes e poços da região contém sais (AUDRY; SUASSUNA, 1995), tornando viáveis somente cultivos de plantas tolerantes a essas condições, ou o cultivo sob manejo de irrigação que preconize o controle de sais no solo.

Assim, o conhecimento do manejo adequado dos recursos hídricos na região Nordeste exige conhecimentos sobre o seu efeito no crescimento e no rendimento das culturas. Para que dessa forma possa atender à demanda hídrica necessária ao ótimo desenvolvimento de cada cultura, sendo associadas à produção de culturas tolerantes à seca. Isto deve ser alcançado da maneira mais eficiente possível, adotando-se técnicas que determinam com maior exatidão o consumo de água pelas culturas (RODRIGUES, 2009).

### 2.3 Salinidades em plantas cítricas

No início ou ao longo do período de exposição das plantas à salinidade fatores fundamentais à vida da planta como o crescimento, a fotossíntese, síntese de proteínas, metabolismo lipídico, a produtividade (PARIDA; DAS, 2005) e o equilíbrio nutricional são afetados (GRATTAN; GRIEVE, 1999).

A salinidade possui dois componentes que são responsáveis pelo estresse: um osmótico e outro iônico. O componente osmótico altera o balanço hídrico da planta, enquanto que o componente iônico é responsável pelos efeitos sobre o desbalanceamento nutritivo e pelos efeitos tóxicos dos íons (Läuchli ; Grattan, 2007; Munns ; Tester, 2008).

Em condições salinas, o crescimento, o desenvolvimento e consequentemente a produção de plantas cítricas podem ser reduzidos, isto pode ocorrer devido aos efeitos dos íons tóxicos, principalmente pelo cloro, boro e sódio, e ao estresse osmótico (LEVY; SYVERTSEN, 2004; DIAS; BLANCO, 2010). Dessa forma, a utilização de porta-enxertos tolerante à salinidade pode viabilizar a utilização de água de baixa qualidade e de solos salinos (FERNANDES et al., 2011).

As principais consequências observadas a partir do acúmulo desses íons tóxicos- nas folhas são necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002). Portanto, haverá limitação da atividade fotossintética não só a partir do fechamento estomático ocasionado pelo estresse osmótico, mas também pelo efeito dos sais sobre as folhas.

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.

Nascimento et al. 2012 Observou-se que, de maneira geral, os genótipos oriundos de Trifoliata foram os que apresentaram maiores números de folhas, fato observado também por Brito (2007), cujos híbridos provenientes de Trifoliata em condições de salinidade tiveram alta capacidade de emissão de folhas.

#### **2.4 Atividade fisiológica de plantas cítricas sob estresse salino**

Em grande maioria as plantas cítricas são espécies arbóreas, possuem seu 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 entre 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).

As plantas cítricas são Plantas consideradas sensíveis aos sais (AYERS; WESTCOT, 1999), tolerando, segundo Singh et al. (2003), uma salinidade limiar de 2,0 dS m<sup>-1</sup>, passando disso poderá ocorrer estresse salino e com isso causar reduções no crescimento por causar déficit hídrico, pela toxidez de íons específicos, pelo desbalanço iônico ou por uma combinação desses fatores. Porém o efeito da salinidade sob as plantas cítricas varia entre espécies e entre genótipos de mesma espécie (BRITO et al., 2008; FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2014; SILVA et al., 2014),

As plantas para sobreviverem ao estresse salino, utilizam vários mecanismos bioquímicos e fisiológicos. As rotas bioquímicas que aumentam a tolerância à salinidade, provavelmente agem aditivamente e sinergicamente (IYENGAR; REDDY, 1996). Tais estratégias incluem o acúmulo seletivo ou a exclusão de íons, o controle na absorção dos íons e seu transporte para as folhas, a compartimentalização dos íons nas células ou na planta como um todo, síntese de solutos compatíveis, mudanças na rota fotossintética, alteração na estrutura das membranas, indução de enzimas antioxidantes e hormônios vegetais (PARIDA ; DAS, 2005).

Portanto com avanço no conhecimento dos processos bioquímicos envolvidos na tolerância das plantas à salinidade possibilitam a inserção de novos genes ao

código genético desses organismos, dando origem às variedades transgênicas tolerantes a salinidade. Pela introdução do gene AtNHX1 tem-se obtido aumento considerável na tolerância à salinidade do milho (YAN et al., 2004)

### 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 de 194 m.

#### 3.2. Tratamentos e delineamento estatístico

Dois níveis de salinidade da água de irrigação ( $CE_a$ ) foram testados em 5 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 5 genótipos de porta-enxertos de citros, a saber: tangerineira 'Sunki' [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] comum x citrange [*C. sinensis* (L.) Osbeck x *Poncirus trifoliata* (L) Raf.] 'Argentina' - 019 (TSKC x CTARG - 019); limoeiro Rugoso da Flórida (LRF) (*Citrus jambhiri* Lush.); tangerineira 'Sunki' comum x (limoeiro 'Cravo' *C. limonia* Osbeck x *P. trifoliata*) - 040 [TSKC x (LCR x TR) - 040]; limoeiro Cravo Santa Cruz (LCRSTC) (*Citrus limonia* Osbeck); e limoeiro Volkameriano (LVK) (*C. volkameriana* V. Ten. ; Pasq.).

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, perfazendo 10 tratamentos com 3 repetições, totalizando 30 parcela, sendo 4 plantas úteis por parcela em um total de 120 plantas.

#### 3.3 Condução Dos Porta-Enxertos

O crescimento das mudas dos híbridos ocorreu no período de abril a julho de 2013 em recipientes com capacidade de 1.500 mL, 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 e Arnon (1950), sendo, porém, acrescentado 25% de ferro EDTA, a fim

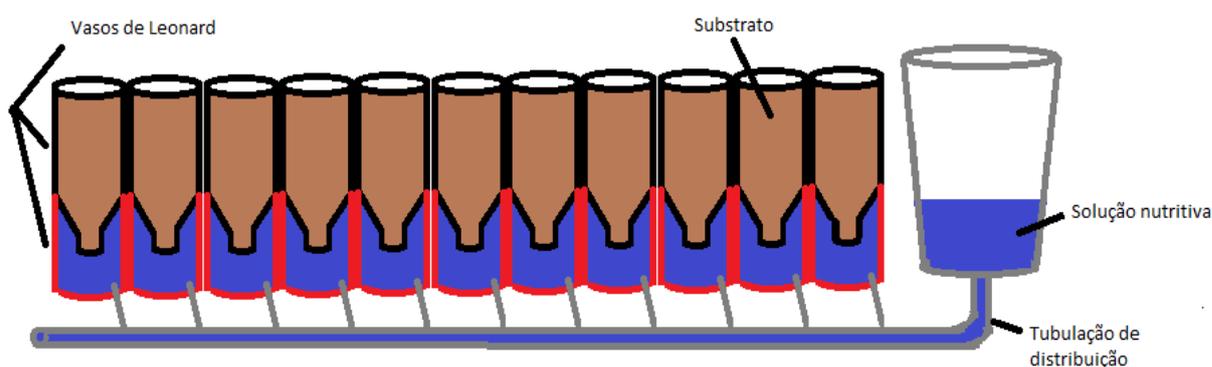
de suprir as necessidades nutricionais dos genótipos (Tabela 1), observado em ensaio preliminar.

**Tabela 1.** Concentração dos nutrientes na solução nutritiva para cultivo hidropônico de citros (adaptado de HOAGLAND ; ARNON, 1950). UFCG, Pombal - PB, 2015.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
	.....(mmol L <sup>-1</sup> ).....											
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 de sulfato 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), interligados em um sistemas 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(Figura 1).



**Figura 1:** Ilustração do sistema hidropônico montado a partir de vasos de Leonard. UFCG, Pombal, PB, 2015.

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 será 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 permanecera com umidade sempre próxima a máxima capacidade de retenção.

Após a germinação das sementes, quando os seedlings (pés-francos ou plantas oriundas de sementes) apresentaram três ou mais pares de folhas verdadeiras, deixaram-se desenvolver-se apenas um indivíduo por recipiente, tomando-se o cuidado de manter somente aqueles que representaram o padrão de planta de cada genótipo, no sentido de selecionar seedlings de origem nuclear, representantes, portanto, de suas respectivas plantas-mãe. Adotaram-se todos os

tratos culturais necessários, seguindo a recomendação de Matos Junior et al. (2005) para a produção de mudas cítricas.

As plantas foram conduzidas até os cento e vinte dias após a semeadura, referentes aos 90 dias para total emergência das plântulas quando as mesmas atingiram diâmetro do caule próximo a 4,0 mm, sendo o início da aplicação das águas salinizadas dado aos 90 DAS, prosseguindo-se até os 120 DAS, para que ocorresse o total estabelecimento do estresse nos porta-enxertos.

### **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 serão 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 que possui 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, 2015.

	CE <sub>a</sub>	pH	K	Ca	Mg	Na	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS <sup>1</sup>
Água	dSm <sup>-1</sup>		.....(mmol <sub>c</sub> L <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 Teor relativo de água na folha (TRA)

O Teor Relativo de Água será determinado aos 120 DAS, de acordo com o conceito desenvolvido por WEATHERLEY (1951) vem a ser uma medida da deficiência de água das folhas, e consiste essencialmente em comparar o teor de água do tecido de uma folha recém-colhida (Peso Verde = PV), com o teor de água do mesmo tecido quando turgido (Peso Turgido = PT), expressando-se o resultado numa base percentual, fazendo-se necessário a obtenção do Peso Seco (PS), de modo que:

$$TRA = (PV - PS) / (PT - PS) \text{ Eq.1}$$

#### 3.5.2 Extravasamento de eletrólitos

Junto à análises de TRA também foram realizadas análises do extravasamento de eletrólitos nos genótipos de citros utilizando-se um perfurador de cobre a fim de se obter, por unidade experimental, cinco discos foliares de área 113mm<sup>2</sup> cada, os quais foram lavados e acondicionados em placas de Petri contendo 20 mL de água deionizada. Depois de fechadas, as placas foram acondicionadas à temperatura de 25° C, por 90 minutos sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (Xi) usando condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®). Posteriormente as placas foram submetidas à temperatura de 80°C, por 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB®) e, após resfriamento do conteúdo das mesmas, aferiu-se a condutividade final (Xf). O extravasamento de eletrólitos foram expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total após o tratamento por 90 minutos a 80° C de acordo com a metodologia de Scotti Campos ; Thu Pham Thi (1997):

$$EE = (X_i/X_f) \times 100 \text{ (Eq.2)}$$

### 3.5.3 Pigmentos fotossintetizantes

Aos 120 dias também foi coletado discos foliares para determinação dos teores de clorofila a e b, clorofila total e carotenoides totais. Os teores de clorofila a, b e carotenoides ( $\text{mg L}^{-1}$ ) foram determinados no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal. A extração da clorofila foi feita em acetona 80% e a quantificação por espectrofotometria. Os cálculos de mg de clorofila e carotenoides por litro de acetona de acordo com a metodologia proposta por Lichtenthaler (1987), baseando-se nas Eq. 3, 4, 5 e 6 a seguir:

$$\text{Clorofila total (mg L}^{-1}\text{)} = 17,3 A_{646} + 7,18 A_{663} \text{ (Eq. 3)}$$

$$\text{Clorofila a (mg L}^{-1}\text{)} = 12,21 A_{663} - 2,81 A_{646} \text{ (Eq. 4)}$$

$$\text{Clorofila b (mg L}^{-1}\text{)} = 20,13 A_{646} - 5,03 A_{663} \text{ (Eq. 5)}$$

$$\text{Carotenoides totais (mg L}^{-1}\text{)} = (1000 A_{470 \text{ nm}} - 1,82 Ca - 85,02 Cb) / 198 \text{ (Eq. 6)}$$

De posse dos dados foi determinadas as variáveis clorofila a, clorofila b, relação clorofila a/b, clorofila total, carotenoides totais, relação clorofila total/carotenoides totais.

### 3.5.4 Fitomassa

Ao final das análises bioquímicas as plantas foram avaliadas quanto ao acúmulo de massa seca das folhas (MSF) (g), caule (MSC) (g) e raiz (MSR) (g) determinada por meio da coleta e fracionamento das plantas, onde separou-se as folhas, caule e raiz e posteriormente acondicionando-as em sacos de papel e colocado-as para secar em estufa de circulação de ar a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas, e posteriormente pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

### 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

Constatou-se influência significativa da interação entre os níveis de salinidade e os genótipos de citros para as variáveis: clorofila *b* e total e para a clorofila *a*, relação clorofila *a* /clorofila *b*, massa seca da folha, massa seca do caule e massa seca da raiz ao nível de 1 e 5% de probabilidade ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ), respectivamente. Para as variáveis: carotenoides e relação clorofila total/Carotenoides, foi verificado apenas efeito significativo do fator genótipo nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). Verificou-se para o teor relativo de água efeito significativo dos níveis de salinidade ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). E para variável extravasamento de eletrólitos não foi verificado efeito significativo dos fatores estudados (Tabela 3). Respostas diferenciadas de híbridos de citros em relação à exposição à salinidade, foram observadas por Brito et al. (2008), Fernandes et al. (2011), por Silva et al. (2014) e por Brito et al. (2014), ao estudarem níveis crescentes de salinidade da água de irrigação sob o crescimento de plantas cítricas durante a fase de porta-enxerto.

Para os teores de clorofila *a*, *b* e total observou-se que o genótipo LVK obteve os maiores teores de clorofila independente dos níveis de salinidade aplicados, verificando-se ainda, que esses teores aumentaram em função da aplicação do estresse (Tabela 4). Fato que indica que o aumento da salinidade não estimulou o aumento da enzima clorofilase responsável pela degradação da clorofila, ou possivelmente, devido a maior eficiência dos carotenoides desse genótipo, em proteger as moléculas de clorofila da ação dessa enzima (TAIZ; ZAIGER, 2013), haja vista, que o mesmo obteve também os maiores índices de carotenoides entre os genótipos estudados. Esse comportamento pode ser explicado, tolerância do genótipo, expressando um mecanismo que estimula o aumento da taxa fotossintética visando fugir dos efeitos do estresse salino (SILVA et al., 2014). Dessa forma, para que ocorra o aumento da fotossíntese, é necessário que haja aumento do número de aceptores de elétrons (clorofila), assim como também, o aumento da atividade destes (TAIZ; ZAIGER, 2013).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis: Clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Corot), relação clorofila a / clorofila b (Cl a/ Cl b) e relação clorofila total / carotenoides (Cl total / Carot), massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR), teor relativo de água (TRA) e extravasamento de eletrólitos (EE) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		Cl a	Cl b	Cl total	Carot	Cl a/Cl b	Cl total/Carot
Sal	1	0,8741 <sup>ns</sup>	0,4186*	2,4994 <sup>ns</sup>	0,0298 <sup>ns</sup>	0,0367 <sup>ns</sup>	0,1395 <sup>ns</sup>
Gen	4	16,5770**	2,9848**	33,2341**	1,2403**	0,2388**	2,2219**
Sal x Gen	4	2,2874*	0,9443**	6,1169**	0,1298 <sup>ns</sup>	0,1191*	0,3701 <sup>ns</sup>
Bloco	2	0,7877 <sup>ns</sup>	0,0532 <sup>ns</sup>	1,2268 <sup>ns</sup>	0,0430 <sup>ns</sup>	0,0093 <sup>ns</sup>	0,3123 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,5553	0,0762	0,9456	0,0779	0,0322	0,2790
CV (%)		13,82	12,99	12,94	18,00	6,98	10,80
Média geral		5,39	2,12	7,51	1,55	2,57	4,89

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio				
		MSF	MSC	MSR	TRA	EE
Sal	1	0,8716*	13,6896*	6,5878*	0,0078*	10,5570 <sup>ns</sup>
Gen	4	9,3392**	10,5944**	4,1165**	0,0023 <sup>ns</sup>	10,3864 <sup>ns</sup>
Sal x Gen	4	0,4644*	2,1664*	0,8031*	0,0036 <sup>ns</sup>	11,9222 <sup>ns</sup>
Bloco	2	0,0619 <sup>ns</sup>	1,5209 <sup>ns</sup>	0,0614 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	9,5524 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,0466	0,6701	0,0480	0,0014	8,2841
CV (%)		12,49	45,73	19,36	4,47	19,97
Média geral		1,72	1,78	1,13	0,85	14,41

\*\* , \* , <sup>ns</sup> = significativo a 1%, 5% e não significativo respectivamente.

Os genótipos LRF, LCRSTC e TSKC x (LCR x TR) - 040 não sofreram alterações nos pigmentos dos cloroplastídios como também em suas relações, denotando que os efeitos deletérios da salinidade nesses genótipos não estão relacionados à degradação dos teores de clorofila e carotenoides (Tabela 4). No entanto para o genótipo TSKC x CTARG – 019 averiguaram-se reduções nos teores de clorofila a, b e total com aumento da salinidade (Tabela 4). De acordo com Garcia et al. (1997), as altas concentrações de sódio ou cloreto acumuladas nos tecidos das folhas, aceleram o processo de senescência foliar e aumentam a síntese de endoproteínases responsáveis pela degradação de ribulose- 1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), além de estimularem a síntese de enzimas responsáveis pela degradação e perda de clorofila à exemplo da clorofilase (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Dessa forma, a redução dos teores de clorofila no genótipo TSKC x CTARG – 019, aponta o aumento da atividade de endoproteínases e enzimas repoisáveis pela degradação dos pigmentos fotossintetizantes no genótipo TSKC x CTARG – 019. Indicando à redução da atividade dos carotenoides sob a proteção das moléculas de clorofila nesse genótipo, possivelmente em função das baixas concentrações observadas, quando comparadas ao do LVK (Tabela 4). Tendo em vista, que os carotenoides podem atuar como agentes antioxidantes (HERNÁNDEZ et al., 2000) protegendo as membranas lipídicas do estresse oxidativo gerados nas plantas expostas à salinidade (FALK; MUNNÉ-BOSCH, 2010). Denotando que plantas que apresentam altos teores de carotenoides sob condições de elevada salinidade é característicos de genótipos tolerantes a salinidade.

Tabela 4. Teste de agrupamento de médias para as para as variáveis: Clorofila a (Cl a), b (Cl b), total (Cl total), carotenoides (Corot), relação clorofila a / clorofila b (Cl a / Cl b) e relação clorofila total / carotenoides (Cl total / Carot) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015.

Genótipo	Clorofila a		Clorofila b		Clorofila total	
	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )					
	0,3	4,0	0,3	4,0	0,3	4,0
TSKC x CTARG - 019	5,56 bA	4,24 bB	2,30aA	1,64 bB	7,86bA	5,88Bb
LRF	5,63 bA	5,64 bA	2,09 aA	1,94 bA	7,72bA	7,58bA
TSKC x (LCR x TR) - 040	3,54 cA	4,10 bA	1,51 bA	1,79 bA	5,05cA	5,88bA
LCRSTC	4,33 cA	4,65 bA	1,52 bA	1,75 bA	5,84cA	6,40bA
LVK	7,06 aB	9,19 aA	2,60 aB	4,09 aA	9,66 aB	13,27aA
Genótipo	Carotenoides	Clorofila a / Clorofila b		Clorofila total / Carotenoides		
	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )					
	-----	0,3	4,0	-----		
TSKC x CTARG - 019	1,24 c	2,44bA	2,59aA	5,56a		
LRF	1,81 b	2,67aA	2,91aA	4,22b		
TSKC x (LCR x TR) - 040	1,07 c	2,36bA	2,28bA	5,11a		
LCRSTC	1,44 c	2,87aA	2,66aA	4,27b		
LVK	2,20 a	2,71aA	2,25bB	5,29 a		

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade, e letras maiúsculas iguais na linha não diferem pelo teste 't' de Student ao nível de 5% de probabilidade. (Tangerineira 'Sunki Comum'(TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) - 019, Limoeiro Rugoso da Flórida (LRF); Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x (limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) - 040; limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) e limoeiro 'Volkameriano' (LVK).

Para a relação clorofila *a*/clorofila *b* observou-se baixos índices para os genótipos LVK e TSKC x (LCR x TR) – 040 quando submetidos ao maior nível de salinidade (4,0 dS m<sup>-1</sup>), denotando reduções nos teores de clorofila *a* (Tabela 4). Segundo Silveira et al. (2010), a redução na biossíntese de clorofilas também pode ser uma resposta para se adaptar a uma nova condição de estresse, no sentido de economia de energia e menor captação de energia luminosa para evitar estresse foto-oxidativo, principalmente ocorrestes na moléculas de clorofila *a* que apresentam maior atividade em relação a clorofila *b*, que atuam por sua vez como acessório da clorofila *a*, captando energia luminosa em condições atípicas ao funcionamento desta. Desse modo a redução atividade da clorofila *a*. O aumento da clorofila *b* pode ser uma estratégia de manter atividade fotossintética, e mandar energia para os sítios bioquímicos da planta.

Para a variável clorofila total/carotenoides não houve efeito significativo dos níveis de salinidade, entretanto os genótipos LRF e LCRSTC obtiveram os menores índices de relação clorofila total/ carotenoides, implicando que nesses genótipos a uma maior proporção de carotenoides em relação aos teores de clorofila quando comparado aos demais estudados, isso pode ter contribuído para ausência dos efeitos deletérios da salinidade sob a degradação da clorofila nesses genótipos (Tabela 4).

Avaliando-se a massa seca das folhas verificou-se reduções no acúmulo de fitomassa dos genótipos TSKC x CTARG – 019 e LVK, em função do aumento da salinidade de 0,3 para 4,0 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 5). Essa redução possivelmente está relacionada à diminuição da área foliar e do número de folhas sob estresse salino, esse mecanismo busca diminuir o a taxa transpiratória, absorção de água e de sais pelas plantas, evitando desse modo toxicidade por íons específicos (Syvertsen; García-Sánchez, 2014). Reduções no acúmulo de matéria seca de porta enxertos de citros sob condições de salinidade também foram observadas por Fernandes et al. (2011).

Para a variável massa seca do caule o aumento da salinidade reduziu o acúmulo de massa seca do genótipo LRF em 93% quando comparada as plantas cultivadas sob o maior (4,0 dS m<sup>-1</sup>) e menor nível de salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>) (Tabela 5). Fato que pode estar relacionado à redução na formação de compostos

orgânicos, devido à inibição da fotossíntese ou pela redistribuição desse fotoassimilado para outras partes da planta, assim como observado por García-Sánchez e Syvertsen (2006) estudando o crescimento do citrange Carrizo e da tangerina Cleópatra, sob salinidade. Essa dependência também foi confirmada por Cruz et. al. (2003), ao observarem redução do acúmulo de fitomassa do caule de plantas de limoeiro Cravo.

**Tabela 5.** Teste de agrupamento de médias para as variáveis: massa seca da folha (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR), teor relativo de água (TRA) de genótipos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. UFCG, Pombal - PB, 2015.

Genótipo	Massa seca da folha (g)		Massa seca do caule (g)	
	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )			
	0,3	4,0	0,3	4,0
TSKC x CTARG – 019	1,30 cA	0,90 cB	1,70 bA	0,52 bA
LRF	1,07 cA	1,14 cA	3,52 aA	0,24 bB
TSKC x (LCR x TR) – 040	0,48 dA	0,59 dA	0,17 cA	0,21 bA
LCRSTC	2,34 bA	2,13 bA	2,55 aA	1,42 bA
LVK	4,30 aA	3,03 aB	4,39 aA	3,19 aA

Genótipo	Massa seca da raiz (g)		Teor relativo de água	
	Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )			
	0,3	4,0	0,3	4,0
TSKC x CTARG – 019	0,79 dA	0,32 bB		
LRF	1,24 cA	0,40 bB		
TSKC x (LCR x TR) – 040	0,30 eA	0,26 bA	0,87 A	0,84 B
LCRSTC	2,60 bA	1,02 aB		
LVK	3,08 aA	1,31 aB		

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade, e letras maiúsculas iguais na linha não diferem pelo teste 't' de Student ao nível de 5% de probabilidade. (Tangerineira 'Sunki Comum'(TSKC) x Citrange Argentino (CTARG) - 019, Limoeiro Rugoso da Flórida (LRF); Tangerineira 'Sunki Comum' (TSKC) x (limoeiro 'Cravo' (LCR) x *Poncirus trifoliata* (TR)) - 040; limoeiro 'Cravo Santa Cruz' (LCRSTC) e limoeiro 'Volkameriano' (LVK).

A massa seca da raiz dos genótipos de citros foram drasticamente reduzida com o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,3 para 4,0 dS m<sup>-1</sup>, com exceção do genótipo TSKC x (LCR x TR) – 040 (Tabela 5). Para Sá et. al. (2013) a redução do sistema radicular com o aumento da salinidade pode estar relacionada aos mecanismos de defesa da planta, como a redução da absorção de íons tóxicos, permitindo que a planta resista mais tempo ao estresse salino. Tendo em vista, que o aumento da absorção de sais pode causar além da toxicidade por íons

específicos, esta pode provocar desordens nutricionais à planta (EPSTEIN & BLOOM, 2006). No entanto, alguns materiais apresentam a capacidade de excluir íons tóxicos pelas raízes, desse modo não necessitando de reduzir o seu sistema radicular sob condições de salinidade, assim como observado no genótipo TSKC x (LCR x TR) – 040 (RODRIGUEZ-GAMIR et al. 2012; GONZÁLEZ et al. 2012).

Com relação ao teor relativo de água, observaram-se reduções de 3,5% em função do aumento da salinidade, isso evidencia diminuição da turgescência celular ocasionada pela redução no potencial osmótico do substrato. Para Brito et. al. (2008), tal comportamento se deve alteração na diminuindo da transpiração, e com isso, na formação de novos tecidos, exercendo efeitos sob o potencial hídrico das células e sua turgescência, afetando a formação de fitomassa nas plantas.

## 5. CONCLUSÕES

Os genótipo TSKC x (LCR x TR) – 040, LCRSTC e LVK foram os menos afetados pelo estresse salino, destacando-se como os materiais mais tolerante à salinidade.

O genótipo LRF não sofreu influência da salinidade sob a síntese de pigmentos, porém reduziu drasticamente o seu acúmulo de fitomassa sob estresse salino, destacando-se como sensível em relação aos demais genótipos estudados.

O genótipo TSKC x CTARG – 019 foi o material que teve os pigmentos fotossintetizantes e a fitomassa mais afetado pelo estresse salino, sendo dentre os matérias estudados o mais sensível à salinidade.

Os carotenoides amenizam os efeitos do estresse salino nas plantas de citros.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: **Anuário Da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Editora FNP, 2010. p.270-281.
- 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. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB,. 1999. 153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.
- 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 03/03/2015.
- BETHKE, P. C.; DREW, M. C. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, v. 99, p. 219-226, 1992.
- 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.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; SIMÕES, W. L.; COELHO, Y. S. Irrigação em citros nas condições do nordeste do Brasil. **Laranja**, v.27, n.2, p.297-320, 2006.

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.

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

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids a antioxidantes - a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology**. v.41, p.189-200, 1997.

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

FALK, J., MUNNÉ-BOSCH, S., 2010. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. *J. Exp. Bot.* 61. 1549-1566.

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.

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

FERREIRA, R. G; TÁVORA, F. J. A. F; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 01, p. 79-88, 2001.

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.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agriculture production: citrus production**. Disponível em: . Acesso em: 10 maio 2010

GARCIA, A. B.; ENGLER, J. A.; IYER, S.; GERATS, T.; VAN MONTAGU, M.; CAPLAN, A. B. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. **Plant Physiology**, v.115, p.159-169, 1997.

GARCÍA-SÁNCHEZ F.; SYVERTSEN J. P. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and Carrizo citrange citrus rootstock seedling is affected by CO<sub>2</sub> enrichment during growth. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, n.131, p.24–31, 2006.

GONZÁLEZ, P.; SYVERTSEN, J. P.; ETXEBERRIA, E. Sodium distribution in salt-stressed citrus rootstock seedlings. **Hort Science**, v.47, p.1504-1511, 2012.

GRATTAN, S. R., GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**. v.78, p.127-157, 1999.

HABIBI, F.; AMIRI, M. E. Influence of *in vitro* salinity on growth, mineral uptake and physiological responses of two citrus rootstocks. **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 6, p. 1320-1326, 2013.

HERNÁNDEZ, J. A., JIMÉNEZ, A., MULLINEAUX, P., SEVILLA, F. Tolerance of pea (*Pisum sativum L.*) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. **Plant, Cell and Environment**, v.23, p.853-862, 2000.

KANG, S.; TITUS, J. S. Increased proteolysis of senescing rice leaves in the presence of NaCl and KCl. **Plant Physiology**, v. 91; p.1232-1237, 1989.

LÄUCHLI, A.; GRATTAN, S. R. Plant growth and development under salinity stress. In: JENKS, M. A.; HASEGAWA, P. M.; JAIN, S. M. (eds.). **Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops**. Dordrecht: Springer, 2007. p.1-32.

LEDO, C.A.S.; MATOS, F.S.; OLIVEIRA, J.G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 439-443, 2006.

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

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (Ed.). **Methods in Enzimology**. London: Academic Press, 1987. p. 350-382.

- 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.; 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.
- MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; CAVALCANTE, L. F.; PAIVA, E. P.; FERREIRA, N. M. Effect of soil conditioners on the chemical attributes of a saline-sodic soil and on the initial growth of the castor bean plant. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2527-2538, 2015.
- MORAES, L.A.H., SOUZA, E.L. de S., BRAUN, J. **Cadeia produtiva da laranja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Ciência e Tecnologia - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, 1998. 49p. (Boletim Técnico, 5).
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bring them together. **New Phytologist**, v.143, p.645-663, 2005.
- NASCIMENTO, A. K. S.; FERNANDES, P. D.; SUASSUNA, J. F.; OLIVEIRA, A. C. M.; SOUSA, M. S. S.; AZEVEDO, J. G. N. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Irriga**, p. 438 - 452, 2012.
- PARIDA, A., DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.
- PISSINATO, A.G.V.; DUTRA, A.D.; COELHO FILHO, M.A.; SOARES FILHO, W. dos S. Resposta de genótipos de citros ao déficit hídrico. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 4., 2010, Cruz das Almas. [Anais...] Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 190).

POMPEU JÚNIOR, 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.

REBOUÇAS, A da C. Água e desenvolvimento rural. **Estud. av.** vol.15 no.43 São Paulo, 2001

RODRIGUES, D.N.B. **Lâminas de irrigação e doses de adubação potássica, via fertirrigação, na cultura da figueira no semiárido cearense**. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 76f. 2009.

RODRIGUEZ-GAMIR, J.; ANCILLO, G.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E.; FORNERGINER, M. A. Influence of salinity on pip gene expression in citrus roots and its relation-ship with root hydraulic conductance, transpiration and chloride exclusion from leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v.78, p.163-166, 2012.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.10, p.1047–1054, 2013.

SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P; COSTA, J. D.; ARAÚJO, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga**, v.20, n.1, p.46-59, 2015.

SCOTTI CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997

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

SILVA. L. A. S, BRITO. M. E. B, SÁ. F. V. S. S, MOREIRA. R. C. L. M, WALTER DOS S. SOARES FILHO. W. S. S; PEDRO D. FERNANDES. P. D. Mecanismos

fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.S1–S7, 2014.

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

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; GRAF, C. C. D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S. S. Irrigação de porta-enxertos cítricos com água salina. **Irriga**, v.11, n.3, p.428-440, 2006.

STOREY, R.; WALKER, R.R. Citrus and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.39-81, 1999

SUASSUNA, J.; AUDRY, P. **A Salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão Crescimento de citros sob salinidade nordestino: caracterização, variação sazonal e limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995.

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

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

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

WEATHERLEY, P. E. Studies in Relative Turgidity and environmental factors. **New Phytol.** 50 : 36-51. 1951.

YAN, Y. X.; FANG, Y. A.; WEI, Z.K.;REN, Z. J. Production and analysis of transgenic maize with improved salt tolerance by the introduction of AtNHX1 gene. **Acta Botanica sinica**, v.26, n. 7, p.854-861,2004.