



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

JOSÉ RIVANILDO DE SOUZA PINTO

**ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE
SALINO**

MOSSORÓ

2017

JOSE RIVANILDO DE SOUZA PINTO

**ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE
SALINO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski

Co-orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)

P659e Pinto, José Rivanildo de Souza.

Ecofisiologia de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) em estresse salino / José Rivanildo de Souza Pinto. -- 2017. 88 f. : il.

Orientador: Jeferson Luiz Dallabona Dombroski.

Coorientador: Vander Mendonça.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2017.

1. Figo. 2. Salinidade. 3. Fisiologia. 4. Bioquímica. 5. Crescimento.

I. Dombroski, Jeferson Luiz Dallabona, orient.

II. Mendonça, Vander, co-orient.

III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ RIVANILDO DE SOUZA PINTO

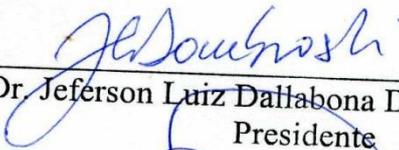
**ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE
SALINO**

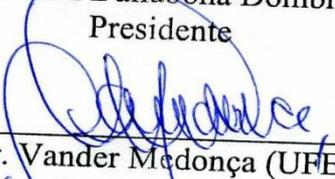
Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

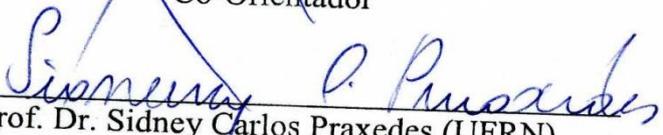
Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

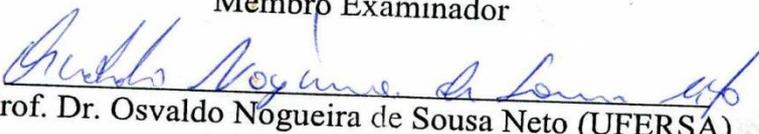
Defendida em: 20 / 07 / 2017

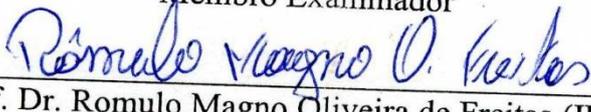
BANCA EXAMINADORA

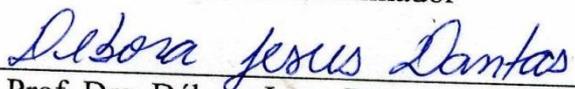

Prof. Dr. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. Vander Medonça (UFERSA)
Co-Orientador


Prof. Dr. Sidney Carlos Praxedes (UFRN)
Membro Examinador


Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto (UFERSA)
Membro Examinador


Prof. Dr. Romulo Magno Oliveira de Freitas (IFBA)
Membro Examinador


Prof. Dra. Débora Jesus Dantas (UFERSA)
Membro Examinador

À minha avó Francisca Rosenda de
Souza (*In Memoriam*). Por ter me
ensinado a amar e a respeitar a terra
desde cedo.
Dedico.

A minha mãe, pai, irmãos,
sobrinhos e a minha querida
esposa. Família sempre foi à base
da minha educação e formação
(*presentes*).
Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelos inúmeros milagres alcançados na vida dos meus familiares e por todas as vitórias e conquistas obtidas na minha vida pessoal e profissional.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por meio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Aos meus pais, Rita de Cássia de Souza Pinto e Antonio Alcivan Pinto, pelos exemplos de guerreiros e heróis que sempre me inspiram a ser um ser humano melhor.

Aos meus queridos irmãos Uberlândia, Givanildo e Josivânia e meus sobrinhos Evinha e Tiaguinho e meu amigo/irmão William Fernandes, por sempre me fornecerem o amor necessário que me deu forças para prosseguir nessa jornada.

À minha querida esposa Jéssica Samara (Girl) por acompanhar e ajudar em todas as etapas desse projeto e por ser o porto seguro que sempre me acolhia nos momentos mais difíceis. Te amo Girl.

Ao meu orientador e amigo Prof. Jeferson Luiz Dallabonna Dombroski, por todo o conhecimento transmitido e a orientação prestada na construção dessa tese, e por entender e me apoiar nos momentos de dificuldade.

Ao meu co-orientador Prof. Vander Mendonça por todo o aporte e ensinamentos prestados para realização desse projeto.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Sidney Praxedes, Prof(a). Débora Dantas, Prof. Rômulo Magno e Prof. Osvaldo Nogueira pelas contribuições e sugestões para finalização desta tese. Ao Prof. Rômulo Magno em especial por toda nossa parceria e caminhada científica, e pela amizade e inspiração no universo da pesquisa.

Aos amigos do laboratório que ajudaram na realização deste trabalho e sem os quais não conseguiria finalizar com sucesso o projeto proposto: Moisés, Geison, Moadir, Eleneide, Diego, Fernando, Bruno, Valdívía, Paulo, Erick, Alaide e Cristiane.

Aos companheiros da pós-graduação, especialmente Valdívía, João Paulo, Raulino, Sidene, Franciézer, Mickael, José Novo, Cheyla, Thiago Azevedo, Claudinha, José Maria, Eduardo pelos estudos, conversas e horas dedicadas ao companheirismo.

Aos amigos pessoais e mais chegados que irmãos Agápito, Antonio Alves, Salomé, Moisés, Joellyton, Alexandre, Isac, Kallyelton, Eilson, Rallison, Adriano

Júnior, Gustavo, Junior e Milene, Junior e Eleneide, Gekson e Halaíne, Davi e Adaílha, Aristóteles e Lúrya, Ricardo Aquino, Janeilde e Talles por toda amizade e compreensão nos momentos de ausência.

À “Elite” Wesley, Abimael, Cleiton, Bruno e Robinho pelo companheirismo e irmandade em todos os momentos.

À secretária da Pós-graduação em Fitotecnia, Camila Diógenes, por sempre estar disposta a auxiliar.

A todos os alunos e funcionários da UFERSA que ajudaram para que este trabalho fosse concretizado.

E por fim, agradeço a todos que, direta e indiretamente contribuíram para a concretização dessa etapa importante para minha formação profissional.

Muito Obrigado!

“Por todo o conhecimento que poderíamos ter alcançado, mas não alcançamos, haverá uma perda eterna, mesmo que não percamos nossa alma”.

(Ellen G. White).

RESUMO

PINTO, José Rivanildo de Souza. **Ecofisiologia de mudas de figueira** (*Ficus carica* L.) **em estresse salino**. 2017. 86f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

A figueira (*Ficus carica* L.) é uma espécie frutífera com grande expansão mundial e que apresenta alto potencial produtivo nas condições de semiárido. Nessas condições as fontes alternativas, tais como poços e açudes, oferecem água com elevados teores de sais, cujos efeitos são danosos às culturas. A salinidade é um fator de estresse que altera o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais limitando a produção vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ecofisiologia de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) sob estresse salino. O experimento foi conduzido em viveiro de mudas, localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, utilizando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições. As mudas foram submetidas a níveis crescentes de condutividade elétrica (CEa) (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) na água de irrigação. Aos 77 dias após a irrigação salina foram avaliados o potencial hídrico foliar (antes do nascer do sol e ao meio dia), as trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática, a concentração interna de carbono e a curva diária de transpiração) e aos 80 dias foram coletadas quatro plantas por tratamento e avaliados o número de folhas, a área foliar, o comprimento da parte aérea e o diâmetro do caule. Em seguida as plantas foram fracionadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de secagem, para obtenção das massas secas de suas partes (raízes, caule, folhas e total). Também foram selecionadas folhas de quatro plantas por tratamento e levadas para análise microscópica, com o intuito de determinar o número de estômatos, comprimento longitudinal e transversal dos estômatos, número e tamanhos dos tricomas de ambas as faces da folha. Folhas de mais quatro plantas foram coletadas para as análises bioquímicas (teor de clorofila a, b, total carotenoides, açúcares totais, proteínas totais e prolina). Os dados foram submetidos ao teste F e a análise de regressão. A salinidade reduziu o potencial hídrico em ambos os horários avaliados (antes do nascer do sol e meio dia), a fotossíntese, a condutância estomática, a concentração interna de CO₂ e a transpiração diária das mudas de figueira aos 77 dias. Também foi observada a redução no número de folhas e área foliar, bem como o comprimento e o diâmetro do caule aos 80 dias. Houve ainda a diminuição de todas as biomassas (raiz, caule, folha e total) com o incremento da salinidade. Na face adaxial da folha, não foram encontrados estômatos e o número e tamanho dos tricomas não foram afetados pela salinidade. Na face abaxial ocorreu a redução da densidade estomática, do tamanho dos estômatos (menor diâmetro longitudinal e transversal) e do número e comprimento do tricoma com o incremento da salinidade. Foi observado ajuste osmótico nas mudas, onde as mesmas acumularam solutos (açúcares solúveis, proteínas solúveis e prolina) para manter os níveis de potencial baixo a fim de absorver água do solo. O aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente no crescimento e desenvolvimento de mudas de figueira cv. "Roxo de Valinhos", podendo ser utilizada água de irrigação, com condutividade elétrica de até 1,5 dS m⁻¹ na produção de mudas.

Palavras-chave: Figo. Salinidade. Fisiologia. Bioquímica. Crescimento.

ABSTRACT

PINTO, José Rivanildo de Souza. **Ecophysiology of fig tree seedlings (*Ficus carica* L.) in saline stress**. 2017. 86f. Tese (Doctorate in agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2017.

The fig tree (*Ficus carica* L.) is a fruitful species with great worldwide expansion and that presents high productive potential in the semiarid conditions. In these conditions, the alternative sources, such as wells and dams, offer water with high salt content, whose effects are harmful to crops. The salinity is a stress factor that alters plant growth and development by limiting vegetal production. The aim of this work was to evaluate the ecophysiology of fig tree seedlings (*Ficus carica* L.) seedlings in saline stress. The experiment was conducted in a nursery of seedlings, located in the semi-arid region of Rio Grande do Norte, using a completely randomized experimental design with twelve replicates. The seedlings were submitted to increasing levels of electrical conductivity (ECa) (0.5, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) in irrigation water. 77 days after the treatments initiation, it was evaluated the potential leaf water in predawn and midday, the photosynthesis rates, the stomatal conductance, transpiration, internal CO₂ concentration and transpiration daily curve. 80 days after the treatments initiation, it was collected four plants per treatment, and evaluated the number of leaves, leaves areas, plant height, and stem diameter. Plants were fractioned (roots, stem, leaves), dried and weighted. It was also selected four plants per treatment, which were taken to microscopic analysis, in order to determinate stomatal density, length, and diameter, and trichomes density and height in both leaf sides. The data was submitted to an F test and regression analysis. The salinity reduced the water potential at both evaluated times (before sunrise and noon), photosynthesis, stomatal conductance, internal CO₂ concentration and daytime transpiration of fig trees at 77 days. It was also observed the reduction in the number of leaves and leaf area, as well as the length and diameter of the stem at 80 days. There was also the decrease of all biomasses (root, stem, leaf and total) with the increase of salinity. On the adaxial side of the leaf, no stomata were found and the number and size of the trichomes were not affected by the salinity. In the abaxial face, a reduction in stomatal density, stomata size (smaller longitudinal and transverse diameter), and number and length of the trichome were observed, with increased salinity. Was observed osmotic adjustment in the seedlings, where they accumulated solutes (soluble sugars, soluble proteins and proline) to keep water potential levels low in order to absorb water from the soil. The increase of salinity in irrigation water negatively interferes in the gas exchange and the growth and development of Figueira cv. "Roxo de Valinhos", irrigation water can be used, with electrical conductivity of up to 1.5 dS m⁻¹ in the production of seedlings.

Keywords: Fig. Salinity. Physiology. Biochemistry. Growth.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Câmara de pressão utilizada na avaliação de potencial hídrico das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 32
- Figura 2. Medidor de fotossíntese (LICOR 6400) utilizado na avaliação de trocas gasosas das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 33
- Figura 3. Porômetro de difusão (AP4) utilizado na avaliação de curva de transpiração diária das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 33
- Figura 4. Mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.35
- Figura 5. Metalizadora (Q150R ES, Quorum) (A), “stubs” recobertos com fios de ouro (B) e microscópio eletrônico de varredura (Vega3, Tescan) (C) utilizados na avaliação de microscopia foliar das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 55
- Figura 6. Estômatos em folha de mudas de figueira irrigadas com água com condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 6,0 dS m⁻¹ (B), Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 61
- Figura 7. Tricomas em folha de mudas de figueira irrigadas com água com condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 6,0 dS m⁻¹ (B), Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 65
- Figura 8. Homogeneizador (A), centrífuga (B) e espectrofotômetro (Cary 60) (C) utilizados nas análises bioquímicas das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017. 78
- Figura 9. Mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	30
Gráfico 2. Potencial hídrico de madrugada – $\Psi_{w_{pd}}$ (A) e potencial hídrico de meio dia – $\Psi_{w_{md}}$ (B) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	37
Gráfico 3. Fotossíntese – A (A), condutância estomática – g_s (B), transpiração – E (C) e concentração interna de CO ₂ – CI (D) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	41
Gráfico 4. Curva diária de transpiração (CDE) de mudas de figueira aos 70 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	43
Gráfico 5. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	52
Gráfico 6. Número de folhas – NF (A) e área foliar – AF (B) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	57
Gráfico 7. Comprimento da parte aérea – CPA (A) e diâmetro do caule – D (B) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	58
Gráfico 8. Massa seca das raízes – MSR (A), massa seca do caule – MSC (B), massa seca das folhas – MSF (C) e massa seca total – MST (D) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	60
Gráfico 9. Potencial hídrico de madrugada – $\Psi_{w_{pd}}$ (A) e potencial hídrico de meio dia – $\Psi_{w_{md}}$ (B) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	63
Gráfico 10. Número de estômatos – NE (A), diâmetro longitudinal – DLE (B) e diâmetro transversal – DTE (C) da face abaxial da folha de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	64
Gráfico 11. Número de tricomas – NTabaxial (A) e comprimento do tricoma – CTabaxial (B) da face abaxial da folha de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	66

Gráfico 12. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.....	74
Gráfico 13. Açúcares solúveis (AS) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	81
Gráfico 14. Proteínas solúveis (PS) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	82
Gráfico 15. Prolina (PRO) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	31
Tabela 2. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	31
Tabela 3. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	35
Tabela 4. Resumo da ANOVA para o potencial hídrico de madrugada ($\Psi_{w_{pd}}$) e o potencial hídrico de meio dia ($\Psi_{w_{md}}$) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	36
Tabela 5. Resumo da ANOVA para fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e concentração interna de CO_2 (CI) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	38
Tabela 6. Resumo da ANOVA para curva diária de transpiração as 6, 8, 10, 12, 14 e 16 horas, de mudas de figueira irrigado com água salina aos 70 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	42
Tabela 7. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	53
Tabela 8. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	53
Tabela 9. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	56
Tabela 10. Resumo da ANOVA para número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do caule (D) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	56
Tabela 11. Resumo da ANOVA para massa seca das raízes (MSR), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca total (MST) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	59
Tabela 12. Resumo da ANOVA para o número de estômatos (NE), diâmetro longitudinal (DLE) e diâmetro transversal (DTE) dos estômatos da face abaxial, número de tricomas ($NT_{abaxial}$) e comprimento de tricomas ($CT_{abaxial}$) da face abaxial, número de tricomas ($NT_{adaxial}$) e comprimento de tricomas	

(CT _{adaxial}) da face adaxial de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	62
Tabela 13. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	75
Tabela 14. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró- RN. UFERSA, 2017.....	76
Tabela 15. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	79
Tabela 16. Resumo da ANOVA para clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total), carotenoides (CAR), açúcares solúveis (AS), proteínas solúveis (PS) e prolina (PRO) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.	80

SUMÁRIO

CAPITULO I	16
INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	16
1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 A Cultura da Figueira	18
2.2 Qualidade da Água de Irrigação na Região Semiárida	19
2.3 Salinidade.....	19
2.4 Respostas Fisiológicas e Bioquímicas à Salinidade	21
REFERÊNCIAS	23
CAPITULO II	27
POTENCIAL HÍDRICO E TROCAS GASOSAS DE MUDAS DE FIGUEIRA (<i>Ficus carica</i> L.) EM ESTRESSE SALINO	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
CAPITULO III	49
CRESCIMENTO DE MUDAS DE FIGUEIRA (<i>Ficus carica</i> L.) EM ESTRESSE SALINO	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO	51

2. MATERIAL E MÉTODOS	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4. CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS	68
CAPITULO IV.....	71
BIOQUÍMICA DE MUDAS DE FIGUEIRA (<i>Ficus carica</i> L.) EM ESTRESSE SALINO.....	71
RESUMO	71
ABSTRACT	72
1. INTRODUÇÃO	73
2. MATERIAL E MÉTODOS	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4. CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS	86

CAPITULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

A figueira (*Ficus carica* L.) é uma das espécies frutíferas com grande expansão mundial, pois apesar de ser considerada uma espécie de clima temperado, apresenta boa adaptação a uma grande quantidade de climas e solos, desde regiões frias do hemisfério norte até regiões quentes com elevada evapotranspiração, como o nordeste brasileiro (SOUZA et al., 2015).

Nas regiões áridas e semiáridas, o excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola. A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas (TESTER; DAVÉNPORT, 2003).

O efeito da salinidade é um dos mais importantes estresses abióticos que ocasionam a redução da produção dos cultivos agrícolas (PATADE et al., 2011; JAMES et al., 2012). A salinidade pode causar estresse para a planta, de duas maneiras diferentes, devido à redução do potencial da água no solo e pela absorção de íons tóxicos (MUNNS; TESTER, 2008).

O excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, ocasionando estresse osmótico, que resulta em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais além do acúmulo de íons tóxicos (AMORIM et al., 2010).

O estresse salino reflete diretamente no processo fotossintético, ocasionando a redução do crescimento e produtividade da cultura (MUNNS, 2011). A planta responde rapidamente na condição de estresse salino através do fechamento estomático, na tentativa de amenizar a perda de água (JAMES et al, 2002). Ainda, pode haver prejuízo na fotossíntese e redução no desenvolvimento foliar (PLAZEK et al, 2013).

O estudo do cultivo em condições de salinidade é importante, por gerar conhecimentos sobre o entendimento dos mecanismos que a planta utiliza para tolerar essa condição de estresse (BHATT et al., 2008). Segundo Hasanuzzaman et al., (2014), deve ser feita uma abordagem pertinente sobre o estresse salino em plantas cultivadas

relacionando os fatores fisiológicos e bioquímicos de forma a permitir a seleção de cultivares tolerantes a salinidade na condição de semiárido. Desse modo, a realização deste trabalho teve como objetivo avaliar a ecofisiologia de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) em estresse salino.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura da Figueira

A figueira (*Ficus carica* L.) é uma das mais antigas espécies frutíferas cultivadas pelo homem. É originária provavelmente do Sul da Arábia, de onde teve sua dispersão primeiramente para a Europa e, posteriormente, para a América. Inicialmente foi cultivada pelos árabes e judeus, em regiões semiáridas, no sudeste da Ásia. Os próprios árabes levaram a figueira para a Península Ibérica, onde foi posteriormente difundida para a África, a Europa e a América, junto com seus primeiros colonizadores (SOUZA et al., 2016).

A figueira é uma frutífera de clima temperado, e que se desenvolve bem em regiões de inverno ameno (NEVES et al., 2002). A frutífera também apresenta boa adaptação ao clima subtropical úmido, o que possibilita seu cultivo em diversas regiões, como é o caso do Sudeste do Brasil, (FRONZA et al., 2010). Já, no que se refere às condições de semiárido, a cultura manifestou alto potencial produtivo adaptando-se muito bem às condições climáticas da Chapada do Apodi (FREITAS et al., 2015).

Foi introduzida no Brasil, juntamente com o marmeleiro, no Estado de São Paulo, durante a primeira expedição colonizadora de Martim Afonso de Souza, em 1532 (MEDEIROS, 2002). No entanto, a cultura teve maior crescimento após a imigração, principalmente com os italianos que trouxeram a maioria das cultivares, e passaram a cultivá-la comercialmente na região compreendida pelo antigo distrito de Valinhos, onde hoje é o principal produtor do estado de São Paulo (SILVA, 2011).

A área de produção de figo no Brasil é de 2.807 ha, com uma produção de 28.044 t, e rendimento médio de 9.991 kg ha⁻¹, e dentre os maiores produtores do país estão os estados do Rio Grande do Sul com uma área de 1573 ha, seguido de São Paulo (546 ha) e Minas Gerais (497 ha) (IBGE, 2014).

As fruteiras de clima subtropical destacam-se na demanda de frutas frescas, que vem crescendo e diversificando-se nos últimos anos. O figo tem grande destaque na fruticultura nacional, sendo geradora de emprego e melhorando a renda dos produtores (DIAS, 2014).

2.2 Qualidade da Água de Irrigação na Região Semiárida

A área de insuficiência hídrica do nordeste brasileiro abrange uma superfície de 150 milhões de hectares. Nessa região, a maioria dos perímetros de irrigação apresenta solos com alto teor de salinidade, que provocam desde a diminuição nos rendimentos das culturas até o abandono das áreas exploradas (BARROS et al., 2004).

Atualmente, cerca de dois milhões de km² de terras agricultáveis, são atingidas pela salinidade (NEVES et al., 2010). Solos salinos são encontrados extensivamente sob condições naturais (SANTOS et al., 2012).

A região do semiárido nordestino apresenta grandes reservatórios subterrâneos, no entanto, grande parte dessas águas contém elevadas concentrações de sais dissolvidos, que afetam negativamente a produção agrícola (PAIVA et al., 2016).

No Estado do Rio Grande do Norte, a principal fonte de água para a irrigação nas regiões produtoras é proveniente de poços artesianos, cuja captação é feita do arenito Açú, em poços com maior profundidade, e do calcário Jandaíra, com menor profundidade, sendo mais utilizados aqueles que exploram o aquífero do calcário por ter um custo consideravelmente menor. Entretanto, essas fontes de água apresentam níveis elevados de sais, podendo causar a salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas (MEDEIROS et al., 2003; TAVARES et al., 2003). Sua utilização é condicionada a tolerância das culturas à salinidade (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA; MAIA, 1998).

A utilização de águas salinas para irrigação tem aumentado à disponibilidade de água para a produção agrícola (RIBEIRO, et. al., 2016) e tem se tornado uma prática necessária na região semiárida devido à escassez dos recursos hídricos adequados para a irrigação.

2.3 Salinidade

A salinidade é um dos principais fatores abióticos que limitam o crescimento e produtividade das culturas (SHOMEILI et al., 2011; PATADE et al., 2011; JAMES et al., 2012; PLAZEK et al, 2013; MUNNS; GILLIHAM, 2015). Seu efeito pode acarretar danos às culturas em todos os estágios de desenvolvimento (ZIA et al., 2011) e atinge a maioria dos cultivos agrícolas devido a sensibilidade que as plantas apresentam às altas

concentrações de sais (HASANUZZAMAN et al., 2014), uma vez que estas, reduzem o potencial hídrico do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas, e provocando efeitos tóxicos, que causam distúrbios funcionais no metabolismo das mesmas (SILVA et al., 2009).

A salinidade prejudica o crescimento da planta alterando o balanço nutricional (CARPICI et al., 2010; GANDONOU et al., 2011; ZIA et al., 2011), diminuem a capacidade fotossintética (KUMAR et al., 2014), além de atingir negativamente o metabolismo celular, e os processos fisiológicos e bioquímicos (HASANUZZAMAN et al., 2014).

A resposta das plantas à salinidade acontece em duas fases distintas. A primeira fase ocorre na matriz do solo, e ocorre rapidamente, quando o sal atinge as raízes da planta diminuindo o potencial osmótico da relação solo-planta, afetando o crescimento da planta devido à redução da disponibilidade de água para a planta. A segunda fase ocorre lentamente, quando o sal atinge a parte aérea da planta em altas concentrações causando toxicidade, ocasionando a redução do crescimento e produtividade (MUNNS; TESTER, 2008).

Ayers e Westcot (1976) classifica a cultura da figueira como uma espécie moderadamente tolerante a salinidade, com salinidade limiar de $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica na água de irrigação, junto com outras espécies como sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum aestivum*), romã (*Punica granatum*), mamão (*Carica papaya*), abacaxi (*Ananas comosus*) e abobora (*Cucurbita pepo*).

Os efeitos negativos da irrigação com água salina em diversas culturas na região semiárida têm sido observados por vários autores. A salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a altura de plantas, número de folhas, área foliar e peso da folha para a cultura do pimentão (ANDRADE et al., 2016). CUNHA et al. (2016) verificaram que o uso de água salina na irrigação provocou redução no desempenho das variáveis de crescimento do milho doce, sendo o efeito mais expressivo sobre o desenvolvimento foliar. Houve redução no número de folhas, diâmetro e comprimento do caule, área foliar e nas taxas de crescimento absoluto e relativo de plantas de girassol ornamental com o aumento dos níveis salinos na água de irrigação (SANTOS JÚNIOR, et al., 2016a; SANTOS JÚNIOR, et al., 2016b). O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o desenvolvimento foliar e o crescimento do caule de plantas de milho (SILVA et al., 2017).

2.4 Respostas Fisiológicas e Bioquímicas à Salinidade

O excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, ocasionando estresse osmótico, que desencadeia alterações nas relações hídricas, na absorção e utilização de nutrientes e no acúmulo de íons tóxicos (AMORIM et al., 2010). As respostas das plantas à salinidade são complexas e de difícil compreensão por envolverem vários genes e diversos mecanismos fisiológicos e bioquímicos (HASEGAWA et al., 2000).

Plantas sob estresse diminuem a capacidade fotossintética, bem como o crescimento (KUMAR et al., 2014). Os prejuízos na taxa fotossintética das plantas sob estresse salino ocorrem, principalmente, pela redução da área foliar, dos teores de clorofilas e da condutância estomática (SENGAR et al., 2013).

Quando submetida ao estresse salino a planta responde rapidamente de forma a fechar seus estômatos na tentativa de amenizar a perda de água da câmara subestomática (JAMES et al., 2002).

Plantas submetidas ao estresse salino iniciam mecanismos de ajuste osmótico para manter a turgidez das células, esse ajuste ocorre devido à redução na disponibilidade do conteúdo de água para as plantas, o que acarreta uma queda na fotoassimilação e conseqüentemente retarda o crescimento das plantas estressadas (GUERZONI et al., 2014).

Plantas tolerantes à salinidade respondem fisiologicamente de forma a minimizar os efeitos do sal. Neste sentido, há alguns compostos chamados osmoprotetores que atuam no ajuste osmótico das células. A prolina é um importante osmoprotetor encontrado nas plantas. Quando em grandes quantidades dentro da planta, não alteram negativamente o seu metabolismo e se acumulam de forma a ajustar a quantidade de água na célula vegetal, evitando perdas excessivas pelo controle do potencial osmótico (SZABADOS et al., 2011).

O aumento no acúmulo de prolina está associado aos estresses abióticos, bem como a outras substâncias, e a ação deste osmoprotetor será evidenciada dependendo da espécie e cultivar (CHICONATO, 2016).

A produção de prolina é aumentada como forma de suprir a necessidade de ajuste osmótico das plantas. Porém, se a planta começa a se recuperar do estresse sofrido, ela ativa o catabolismo que acarretará na degradação da prolina (SZABADOS et al., 2011).

Quando as plantas são submetidas a diversos tipos de estresses abióticos, tais como restrição hídrica, salinidade e elevação da temperatura, desenvolvem mecanismos fisiológicos e bioquímicos para diminuir os efeitos prejudiciais, entre eles está a produção de osmólitos compatíveis, como açúcares, que podem se acumular promovendo um ajuste osmótico e preservando a energia da planta (SIRINGAM et al., 2011).

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. FAO, Irrigation And Drainage Paper. no. 29. Food and Agriculture Organization of the unit Nations, home. 29 Rev. 1. 1976.

AMORIM, A.V. et al. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.113-121, 2010.

ANDRADE, F. H. A. et al. Comportamento da cultura do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.12, n.03, p. 16-26, 2016.

BARROS, M. F. C. et al. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.59-64, 2004.

BHATT, M. J. et al. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in Seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Philadelphia, v. 16, p. 383-401, 2008.

CARPICI, E. B.; CLIK, N.; BAYRAM, G. The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. **African Journal of Biotechnology**, Bowie, v. 9, n. 41, p. 6937-6942, 2010.

CHICONATO, D. A. Estresse salino em plantas jovens de cana-de-açúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas. Jaboticabal, 2016. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal. 2016.

CUNHA, R. C. et al. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p. 191-204, 2016.

DIAS, J. P. T. Etil-trinexapac em diferentes concentrações e épocas de aplicações no crescimento de figueira (*Ficus carica* L.). Botucatu, 2014. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu. Botucatu. 2014.

FREITAS, R. N. S. et al. Caracterização pós-colheita de figos (*Ficus carica* L.) produzidos sob diferentes condições de cultivo na Chapada do Apodi – CE. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n.1, p. 43 - 46, 2015.

FRONZA, D. et al. Produtividade e qualidade de figos Roxo de Valinhos submetidos à fertirrigação e ao armazenamento refrigerado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 494-499, jul/ago, 2010.

GANDONOU, C. B. et al. Effects of NaCl on Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions accumulation in two sugarcane (*Saccharum* sp.) cultivars differing in their salt tolerance. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, Ilhas Vitória, v. 3, p. 155-162, 2011.

GUERZONI, J. T. S. et al. Stressinduced D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 36, p. 309–2319, 2014.

HASANUZZAMAN M. et al. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against saltinduced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research Internatinal**, Juazeiro do Norte, v. 1, p. 1-17, 2014.

HASEGAWA, P. M. et al. Plant cellular and molecular responses to highsalinity. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v. 51, p.463-499, 2000.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2014/pam2014.pdf>. Acesso em 14 de fevereiro de 2017.

JAMES, R. A. et al. Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes Nax1 and Nax2 on grain yield of durum wheat on saline soils. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 39, p. 609–618, 2012.

JAMES, R. A. et al. Factors affecting CO₂ assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. **Functional Plant Biology**. Victoria, v. 29, p. 1393–1403, 2002.

KUMAR, T. et al. Efficient regeneration and genetic transformation of sugarcane with AVP1 gene. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Dubai, v. 14, p. 165-171, 2014.

MEDEIROS, A. R. M. **Figueira (*Ficus carica* L.) do plantio ao processamento caseiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 16p. (Circular Técnica 35)

MEDEIROS, J. F. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.7, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados do RN, PB e CE. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992.

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

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist**, Cambridge, v. 208, p. 668-673, 2015.

MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 1-32, 2011.

NEVES, L. C.; RODIGUES, A. C.; VIEITES, R. L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. “Roxo de Valinhos”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.24, n.1, p.57-62, 2002.

NEVES, G. Y. S. et al. Root growth inhibition and lignification induced by salt stress in soybean. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 196, n. 6, p. 467–473, 2010.

OLIVEIRA, O.; MAIA, C.E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

PAIVA, F. I. G. et al. Qualidade da fibra do algodoeiro BRS verde irrigado com Águas de diferentes níveis salinos. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 209-220, 2016.

PATADE, V. Y., BHARGAVA, S., SUPRASANNA, P. Salt and drought tolerance of 4 sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, 5 and antioxidant defense. **Journal of Plant Interactions**, Berlin, v. 6, p. 275-282, 2011.

PLAZEK, A. et al. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.

RIBEIRO, P. H. P. et al. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 233-247, 2016.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 591-604, jul. – set., 2016a.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.420-432, maio./jun. 2016b.

SANTOS, W. O. Análise do crescimento inicial do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. **Enciclopédia Biosfera** - Goiânia, v.8, N.14; p. 42-50. 2012.

SENGAR, K.; SENGAR, R.S.; SINGH, A. Biotechnological and genomic analysis for salinity tolerance in sugarcane. **International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research**, Baoding, v. 4, p. 407-414, 2013.

SHOMEILI, M. et al. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. **African Journal of Plant Science**, Bowie, v. 5, n. 10, p. 609-616, 2011.

SILVA, A. C. Crescimento, produtividade e alocação de reservas da figueira, em diferentes condições de cultivo. Botucatu, 2011. 144f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu. Botucatu. 2011.

SILVA, E. N. et al. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão - manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 02, p. 240-246, 2009.

SILVA, F. A. et al. Estresse salino e adubação mineral na composição nutricional da cultura do milho. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n.01, p.76 - 83, jan-dez, 2017.

SIRINGAM, K. et al. Salt stress induced ion accumulation, ionhomeostasis, membrane injury and sugar contents insalt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) root sunder iso-osmotic conditions. **African Journal of Biotechnology**, Bowie, v. 10, p. 1340–1346, 2011.

SOUZA, O. P.; MELO, B.; MANCIN, C. A. cultura da figueira. Disponível em http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/figo.html#_Toc42603257 2015. Acesso em: 19 junho de 2016.

SZABADOS, L. et al. Plants in Extreme Environments: Importance of Protective Compounds in Stress Tolerance. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 105-150, 2011.

TAVARES, M. G. et al. Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande. v.3, n.2, segundo semestre, 2003.

TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.19, p.503-527, 2003.

ZIA, A. et al. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v.5, n.25, p. 6040-6047, 2011.

CAPITULO II

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE SALINO

RESUMO

Os processos de troca de gases entre as plantas e a atmosfera podem ser alterados por estresses abióticos. A salinidade é um estresse que pode afetar negativamente o potencial hídrico do solo, a absorção de água pelas plantas, os processos de trocas gasosas, e a fotossíntese. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial hídrico e as trocas gasosas de mudas de figueira em estresse salino. O experimento foi conduzido em viveiro de mudas no semiárido do Rio Grande do Norte, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições. Foram avaliados cinco níveis de salinidade na água de irrigação (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) de mudas de figueira. Aos 77 dias de irrigação salina foi avaliado o potencial hídrico antes do nascer do sol e ao meio dia, a fotossíntese, a condutância estomática, a transpiração, a concentração interna de CO₂ e a curva diária de transpiração. Os dados foram submetidos ao teste F e a análise de regressão. Ocorreu a redução da taxa de fotossíntese, da condutância estomática, da taxa de transpiração e da concentração interna de CO₂ com o aumento da salinidade. A salinidade ocasionou o fechamento estomático que desencadeou uma redução na transpiração diária. Com o fechamento dos estômatos as mudas não captaram o CO₂ necessário para produção de fotoassimilados e a manutenção satisfatória das trocas gasosas foi comprometida. O aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente nas trocas gasosas de mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”, podendo ser utilizada água de irrigação, com condutividade elétrica de até 1,5 dS m⁻¹ na produção de mudas.

Palavras-chave: Figo. Fotossíntese. Condutância Estomática. Potencial Hídrico.

PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF FIG TREE SEEDLINGS (*Ficus carica* L.) IN SALINE STRESS

ABSTRACT

The gas Exchange processes between plants and the atmosphere may be unpaired by abiotic stress factors. Salinity is one of such factors that negatively affects soil water potential, water absorption by plants, gas exchange processes and photosynthesis. The aim of this work was to evaluate the water potential and gas exchange of fig tree seedlings in saline stress. The experiment was carried out at a seedlings research nursery in the semiarid region of Rio Grande do Norte, using a full randomized design with twelve replicates. It was evaluated five salinity levels (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) in irrigation water. 77 days after the treatments initiation, it was evaluated the water potential in predawn and midday, the photosynthesis rates, the stomatal conductance, transpiration, internal CO₂ concentration and transpiration daily curve. The data was submitted to an F test and regression analysis. There was a decrease in photosynthesis rates, in stomatal conductance, transpiration rates, internal CO₂ concentration with salinity increase. Salinity caused stomatal closure, with consequent decrease in transpiration, and CO₂ intake, compromising gas exchange. The increase of salinity in the irrigation water interferes negatively in the gas exchange of fig tree seedlings cv. "Roxo de Valinhos", water can be used, irrigation water with electric conductivity of up to 1.5 dS m⁻¹ in the production of seedlings.

Keywords: Fig. Photosynthesis. Stomatal Conductance. Water Potential.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o maior produtor de figo (*Ficus carica* L.) da América do Sul, com área plantada de 2.807 ha, e produção de 28.044 t ano⁻¹, com rendimento médio de 9.991 kg ha⁻¹ (IBGE, 2014). A cultura da figueira tem grande destaque na fruticultura nacional, com geração de empregos e melhoria na renda dos produtores (DIAS, 2014).

A salinidade é um dos mais importantes fatores abióticos responsáveis pela diminuição do crescimento e do rendimento das culturas (JAMES et al., 2012; PLAZEK et al, 2013; MUNNS; GILLIHAM, 2015), pois podem reduzir a produtividade em todos os estágios de desenvolvimento (ZIA et al., 2011).

O potencial hídrico foliar está relacionado com a disponibilidade de água no solo, o qual decresce quando o conteúdo hídrico é reduzido (PEÇANCHA, 2007). As reduções no potencial hídrico foliar frente às condições adversas de salinidade podem estar associadas aos decréscimos nos potenciais de turgescência das células, em decorrência dos efeitos biofísicos que esse agente estressante é capaz de exercer nas relações hídricas dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O processo de trocas gasosas entre a atmosfera e as células do tecido vegetal é feito pelos estômatos e são vários os fatores fisiológicos que controlam o seu funcionamento (CARNEIRO, 2004). O fechamento estomático é o primeiro mecanismo utilizado por todas as espécies vegetais para evitar a perda excessiva de água por meio da transpiração (SILVA et al., 2004).

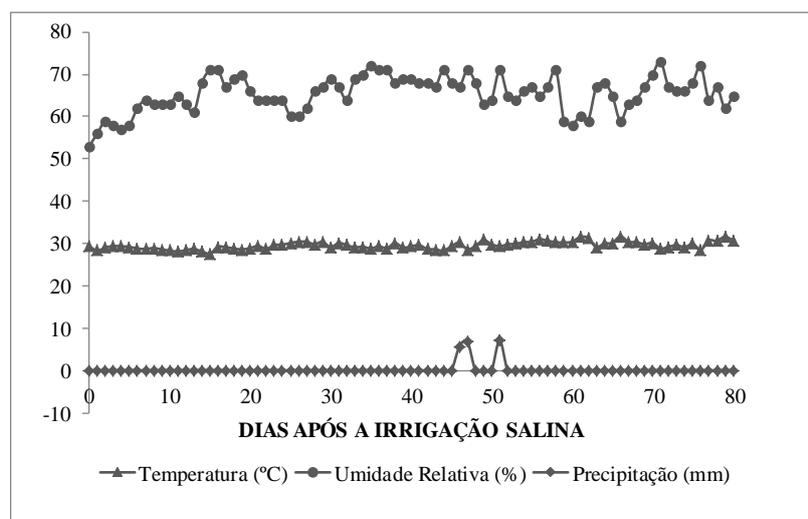
Quando as plantas são submetidas a algum estresse, a fotossíntese é um dos primeiros processos fisiológicos a ser alterado (CHAVES et al., 2009). Em estresse salino, as plantas tendem ao desenvolvimento lento da área foliar, ocasionando a redução da condutividade estomática e limitando a taxa fotossintética (MUNNS, 2011).

Desse modo, a realização deste trabalho teve como objetivo avaliar o potencial hídrico e as trocas gasosas de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) em estresse salino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março de 2016 a janeiro de 2017, em ambiente protegido, com tela sombrite de 50%, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, localizado nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul, 37° 20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, temperatura média anual em torno de 27,50°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm, clima quente e seco, localizada na região semiárida do nordeste brasileiro (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011).

No Gráfico 1 são apresentados os dados médios de temperatura, umidade relativa e precipitação, colhidos na estação meteorológica da UFERSA, no período de condução do experimento. No decorrer da pesquisa, ocorreram três chuvas, nos dias 17, 18 e 22 de dezembro com precipitações de 5,6; 6,8 e 7,1 mm, respectivamente.



Fonte: Estação Meteorológica da UFERSA.

Gráfico 1. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

As mudas produzidas para o trabalho foram provenientes de estacas coletadas de matrizes saudáveis, da cultivar roxo de Valinhos, do Pomar Didático da UFERSA. Foram coletadas estacas semilenhosas, com aproximadamente 20 cm de comprimento, contendo quatro gemas. As estacas foram semeadas em sacolas plásticas, com capacidade de 1,9 L, contendo substrato preparado com 20% de composto orgânico

(Pole Fértil) e 80% de solo, extraído de área de caatinga, e adubado com Super Simples (2 kg t⁻¹). Uma amostra do substrato foi coletada, e enviada para análise físico-química no Laboratório de Análise de Solos da UFERSA (Tabela 1). 90 dias após o plantio foram selecionadas mudas uniformes e transplantadas para recipientes, tipo citropotes, com volume de 3,8 L, contendo o mesmo substrato preparado para as sacolas.

Tabela 1. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

N	M.O	CE	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC
g kg ⁻¹	dS m ⁻¹	(água)		Mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³						
0,42	9,29	0,24	7,15	29,34	76,58	29,04	3,25	0,12	0,0	0,0	3,69	3,69	3,69

Os tratamentos foram compostos por níveis de salinidade da água de irrigação, onde T1 constituiu o tratamento testemunha, proveniente da água de abastecimento, e os demais tratamentos foram obtidos, por meio de uma curva de salinidade, feita através da adição de sal de cozinha (NaCl) dissolvido na água de abastecimento, nas quantidades de T2 = 0,43; T3 = 1,25; T4 = 1,96 e T5 = 2,80 g L⁻¹, nas quais resultaram nas seguintes condutividades elétrica, aproximadamente T1 = 0,5; T2 = 1,5; T3 = 3,0; T4 = 4,5 e T5 = 6,0 dS m⁻¹). A aplicação da irrigação com água salina se deu aos 90 dias após o transplântio. O resultado de análise da água, usada nos tratamentos, pode ser encontrado na Tabela 2.

Tabela 2. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Dureza	RAS	Cátions	Ânios
	(água)	dS m ⁻¹	mmolc L ⁻¹						mg L ⁻¹		mmol L ⁻¹		
T1	6,8	0,45	0,28	5,09	0,8	0,30	2,00	0,40	3,30	50	6,9	6,47	5,7
T2	7,9	1,31	0,37	10,53	0,7	0,30	7,20	1,00	3,40	50	14,9	11,9	11,6
T3	8,0	2,73	0,49	24,85	0,8	0,30	17,80	1,20	3,60	55	32,1	26,44	22,6
T4	8,1	4,25	0,56	34,08	0,9	0,30	31,20	1,40	3,60	60	46,5	35,84	36,2
T5	8,1	5,83	0,63	43,08	0,9	0,30	46,20	1,60	3,70	65	55,6	44,91	51,5

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e doze repetições. As irrigações foram feitas sempre próximas ao mesmo horário e de acordo com o volume necessário para manter o solo próximo à capacidade de campo, de acordo com cada tratamento. O volume de água aplicado foi

determinado a cada dez dias, através da diferença entre o volume de água adicionado no citropote e o volume coletado no recipiente, colocado embaixo dos citropotes, após a drenagem completa da água.

O potencial hídrico foliar ($\Psi_{w_{pd}}$; $\Psi_{w_{md}}$, MPa) foi determinado segundo Scholander (1956), utilizando-se uma câmara de pressão modelo 600 (PMS Instrument Co., Covarllis, Oregon, USA) (Figura 1), antes do nascer do sol ($\Psi_{w_{pd}}$, entre 02h e 04h) e no período de maior demanda evaporativa do ar ($\Psi_{w_{md}}$, entre 11:30h e 13:30h). Foram coletadas quatro (04) folhas por tratamento, saudáveis e bem formadas, aos 77 dias de irrigação salina, em cada um dos horários, para análise.



Figura 1. Câmara de pressão utilizada na avaliação de potencial hídrico das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

As avaliações de trocas gasosas foram feitas aos 70 dias de irrigação com água salina, na terceira ou quarta folha recém-expandida, de oito (08) plantas em cada tratamento, com auxílio de um medidor de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR Biosciences) (Figura 2). A concentração de CO_2 na câmara foliar foi fixada em $400 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, utilizando um cilindro de CO_2 acoplado. Os níveis de luz, para as medições, fornecida pelo aparelho, foi de $1500 \text{ fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Foram obtidas as medidas de fotossíntese (A ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s ; $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), transpiração (E ; $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i ; $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$).



Figura 2. Medidor de fotossíntese (LICOR 6400) utilizado na avaliação de trocas gasosas das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Foi determinada a curva de transpiração diária por meio de um porômetro de difusão AP4 (Delta T) (Figura 3), na epiderme abaxial de oito (08) folhas de cada um dos tratamentos, em seis horários diferentes (06h00; 08h00; 10h00; 12h00; 14h00; 16h00). A transpiração foi determinada aos 70 dias após o início da aplicação da irrigação salina.



Figura 3. Porômetro de difusão (AP4) utilizado na avaliação de curva de transpiração diária das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade, comparando-se os níveis de salinidade por meio de análise de regressão, com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra as plantas aos 77 dias após a irrigação com água salina.

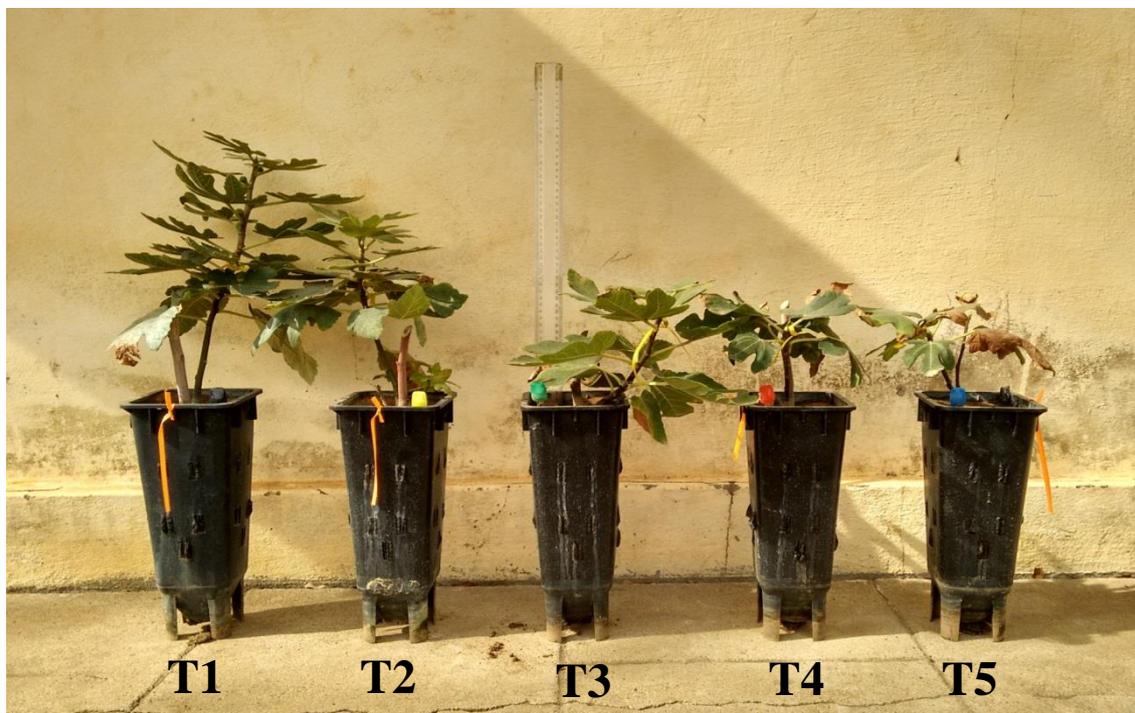


Figura 4. Mudanças de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

O resultado da análise química dos solos, ao término do experimento, na Tabela 3.

Tabela 3. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	CTC a	V
												efetiva	pH 7	
	água	dS m ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³								%	
T1	8,18	0,34	17	137	8,80	11,1	35,7	18,6	0	12,37	74,15	74,15	86,529	85,7
T2	8,01	0,65	16	766	13,8	23,2	38,8	26,8	0	9,9	102,6	102,61	112,51	91,2
T3	8,14	1,60	15	548	11,4	32,7	36,1	26,2	0	9,08	106,4	106,41	115,49	92,1
T4	8,05	1,98	22	689	9,1	40,7	29,1	40,5	0	10,72	119,5	119,47	130,19	91,8
T5	8,09	2,37	21	578	6,8	46,1	28,6	21,6	0	12,37	103,1	103,13	115,50	89,3

De acordo com a análise de variância verificou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, dos níveis de salinidade sobre o potencial hídrico das folhas na madrugada (Ψ_{Wpd}) e ao meio dia (Ψ_{Wmd}), de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o potencial hídrico de madrugada (Ψ_{Wpd}) e o potencial hídrico de meio dia (Ψ_{Wmd}) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO	
		Ψ_W	Ψ_{MD}
Salinidade	4	0,8780**	0,8013**
Reg. Linear	1	3,3640**	3,0803**
Reg. Quadrática	1	0,0944**	0,1116**
Erro	15	0,0095	0,0098
CV (%)		8,51	5,92
Média Geral		1,15	1,68

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Com o aumento da CE na água de irrigação ocorreu redução no Ψ_{Wpd} , com tendência linear (Gráfico 2A) bem como no Ψ_{Wmd} (Gráfico 2B) das mudas de figueira, acarretando decréscimo de 68,90% (-1,64 Mpa) e 53,02% (-2,15 MPa), respectivamente, no Ψ_W nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (6,0 dS m⁻¹) em relação às mudas irrigadas com CE de 0,5 dS m⁻¹. Isso equivale a uma diminuição de 17,22% para cada elevação unitária de CE no Ψ_{Wpd} e de 13,25% no Ψ_{Wmd} .

O potencial hídrico é uma medida da disponibilidade de água para a planta. A redução dos seus valores indica que há uma restrição do conteúdo de água, que faz com que a planta reaja por meio do fechamento estomático, afetando as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera, comprometendo a produção dos fotoassimilados necessários para manter o seu crescimento.

Quando a água de irrigação é rica em sais, o potencial hídrico do solo diminui, forçando a planta a dois tipos de reação: inicialmente, a planta tenta baixar o seu potencial hídrico, através de ajuste osmótico, para que possa continuar a absorver água, que é necessária para manter os estômatos abertos. Quando um limite mínimo é atingido, não há opção a não ser fechar os estômatos, tentando reter o máximo de água dentro da planta.

Como observado nos resultados, tanto ocorre à redução do Ψ_{Wpd} , como no Ψ_{Wmd} evidenciando que ocorreu ajuste osmótico em resposta ao aumento da salinidade em

ambos os horários analisados. Na madrugada (Gráfico 2A), o Ψ_w baixou até o nível médio de -1,64 Mpa ($\Psi_{w_{pd}}$) nas mudas sob estresse salino e -2,15 MPa ($\Psi_{w_{md}}$) no horário de maior demanda evaporativa (meio dia) (Gráfico 2B). Ao meio-dia, os valores do potencial hídrico apresentaram valores mais negativos por ser o horário de maior demanda evaporativa para a espécie, a qual está condicionada à restrição hídrica, conseqüentemente, acentua os efeitos do déficit de água no solo, levando a planta a promover uma redução do seu potencial hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2009).

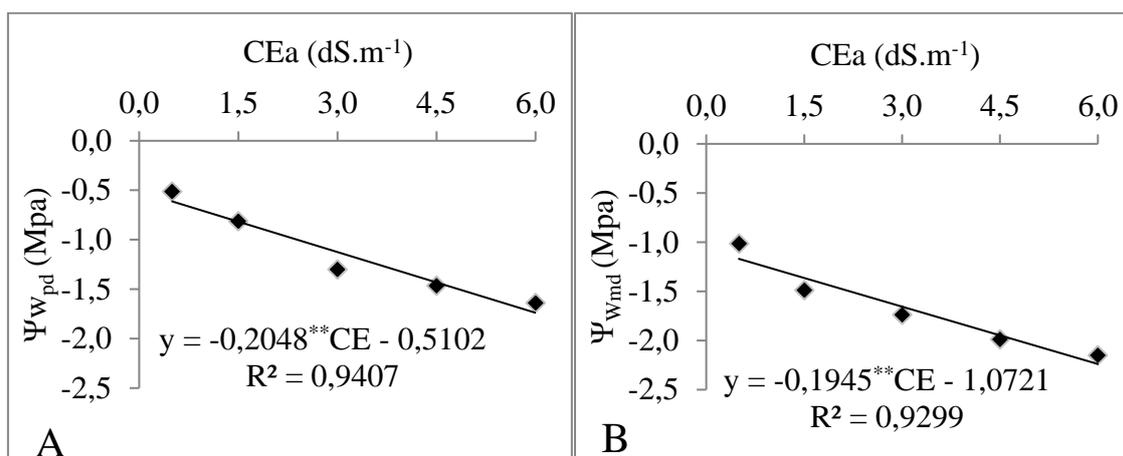


Gráfico 2. Potencial hídrico de madrugada – $\Psi_{w_{pd}}$ (A) e potencial hídrico de meio dia – $\Psi_{w_{md}}$ (B) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

O ajuste no potencial osmótico ocorre pelo acúmulo de solutos no interior das células fazendo com que o potencial fique mais negativo que o potencial do solo e a planta consiga absorver a água do solo. Quando o potencial hídrico foliar fica mais negativo é porque ocorre uma redução no potencial osmótico (MOURA et al., 2016). Essa redução pode ser devido ao aumento da concentração de solutos osmoticamente ativos e de íons no vacúolo para manter o potencial hídrico e a turgescência da célula próxima do nível ótimo (NEPOMUCENO et al., 2001).

Quanto menor for à quantidade de água disponível no solo mais negativo deve ser o potencial hídrico desenvolvido pelas raízes, principalmente no horário do meio-dia, quando a transpiração apresenta valores elevados, para que ocorra a absorção de água pela planta (LARCHER, 2006).

Alguns autores como Nascimento et al., (2015), Silva et al., (2016) e Chiconato (2016) também observaram redução no potencial hídrico em jatobá, coqueiro e cana de açúcar, respectivamente, com o aumento da salinidade.

Verificou-se com a análise de variância, efeito significativo dos níveis de salinidade, ao nível de 1% de probabilidade, sobre a fotossíntese (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ (*CI*) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da ANOVA para fotossíntese (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ (*CI*) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFRSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>CI</i>
Salinidade	4	38,09**	0,0717**	11,20**	2228,1 ^{ns}
Reg. Linear	1	149,93**	0,2691**	38,82**	6055,2**
Reg. Quadrática	1	0,03 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	3,62 ^{ns}	1344,1 ^{ns}
Erro	35	2,19	0,0019	1,38	963,8
CV (%)		13,01	19,13	20,91	11,56
Média Geral		11,36	0,23	5,62	268,45

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Para a fotossíntese verificou-se efeito negativo do aumento da salinidade, com ajuste linear (Gráfico 3A), ocorrendo uma redução de 40,06% ($8,50 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na *A* das mudas de figueira irrigada com água salina de 6,0 (dS m⁻¹) em relação às mudas irrigadas com 0,5 (dS m⁻¹) aos 77 dias. Houve uma redução de 10,01% na *A* para cada unidade de CE acrescentada na água da irrigação.

Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade se destaca a fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons Na⁺ e/ou Cl⁻ nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A salinidade reduz a disponibilidade da água para a planta, fazendo com que ela feche os estômatos a fim de economizar a pouca água disponível. Ao fechar os estômatos a planta deixa de captar o CO₂ necessário para realizar a fotossíntese, ocorrendo assim a diminuição da taxa fotossintética com o aumento da salinidade.

O fechamento dos estômatos é a primeira linha de defesa da planta para enfrentar a restrição hídrica causada por efeitos estressantes, como a salinidade, pois este mecanismo restringe a perda de água por meio da transpiração, mas ao mesmo

tempo em que esse processo ocorre também há queda na assimilação de CO₂, prejudicando com isso o processo fotossintético (MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

A taxa fotossintética da figueira mantida com irrigação da água da torneira (0,5 dS m⁻¹) foi de 14,18 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, esses resultados corroboram com os obtidos por Silva et al., (2010) que verificou fotossíntese de 14,38 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, para mudas de figueira da cv. Roxo de Valinhos, cultivadas em Botucatu, SP.

Na cultura do noni (SOUZA, 2014), jatobá (NASCIMENTO et al., 2015) e cana de açúcar (CHICONATO, 2016) verifica-se a diminuição na taxa de fotossíntese com o incremento da salinidade.

Verificou-se ajuste linear decrescente para a condutância estomática (Gráfico 3B), sendo registrado um decréscimo de 16,76% para cada incremento unitário de CE na água de irrigação, nas figueiras, aos 77 dias, mostrando uma redução de 67,05% (0,1087 mol H₂O m⁻² s⁻¹) na *gs* quando as mudas são submetidas a irrigação com CE de 6,0 dS m⁻¹ em relação as mudas do tratamento controle (0,5 dS m⁻¹).

Uma vez que a salinidade reduz a disponibilidade de água para a planta, fazendo com que ela feche seus estômatos para evitar a desidratação (restringe *gs*). A condutância estomática apresentou padrões similares ao da taxa fotossintética, sugerindo que a queda da assimilação líquida de CO₂ esteja relacionada com o fechamento parcial dos estômatos provocado pela salinidade.

Para a cultivar “Roxo de Valinhos”, Silva et al., (2010) observaram valores de condutância estomática de 0,415 mol H₂O m⁻² s⁻¹, na região de Botucatu em São Paulo, com temperatura média de 21°C, enquanto que as mudas de figueira da mesma cultivar, irrigadas com água da torneira (0,5 dS m⁻¹), nas nossas condições experimentais apresentaram condutância estomática de 0,330 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Esses valores inferiores podem ser atribuídos à maior temperatura encontrada na região semiárida que exerce papel importante na regulação da abertura estomática.

O aumento da salinidade na água de irrigação reduziu linearmente os valores de *E* (Gráfico 3C) das mudas de figueira aos 77 dias, causando um declínio de 44,48% (3,72 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (6,0 dS m⁻¹) em relação às mudas com CE de 0,5 dS m⁻¹. Para cada aumento unitário na CE da água de irrigação ocorre a redução de 11,12% na *E* das mudas de figueira.

Assim como a fotossíntese, a transpiração é regulada pela abertura estomática. Quando ocorre a abertura estomática para que a planta capture o CO₂ atmosférico necessário para o processo fotossintético, automaticamente ocorre à perda de água para

o ambiente, na forma de vapor, sempre que a umidade relativa do ar estiver abaixo de 95-98%.

Para que ocorra a abertura estomática é necessário que as células-guardas dos estômatos estejam túrgidas, e quando elas perdem água, a pressão hidrostática diminui, e elas murçam fazendo com que o estômato feche, diminuindo a captura do CO₂ e a fotossíntese.

Em mudas de noni, Souza (2014) também observou redução de *E* em função do aumento da salinidade (0,5; 1,5; 3,0; 4,5; e 6,0 dS m⁻¹), aos 60 dias de irrigação salina.

A concentração interna de CO₂ da figueira na condição de irrigação salina com água do abastecimento (0,5 dS m⁻¹) apresentou valores de 280 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹ e estão em conformidade com os valores obtidos por Silva et al. (2010) para a cultura da figueira na região de Botucatu, SP, que observou concentração de carbono de aproximadamente 290 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹.

Observou-se uma redução de 12,93% na CI (Gráfico 3D) aos 77 dias, nas mudas de figueira irrigadas com a maior salinidade (6,0 dS m⁻¹) comparadas às mudas irrigadas com CE de 0,5 dS m⁻¹. Verificou-se um comportamento linear decrescente ocorrendo assim, um decréscimo de 3,23% na CI com o aumento unitário da CE.

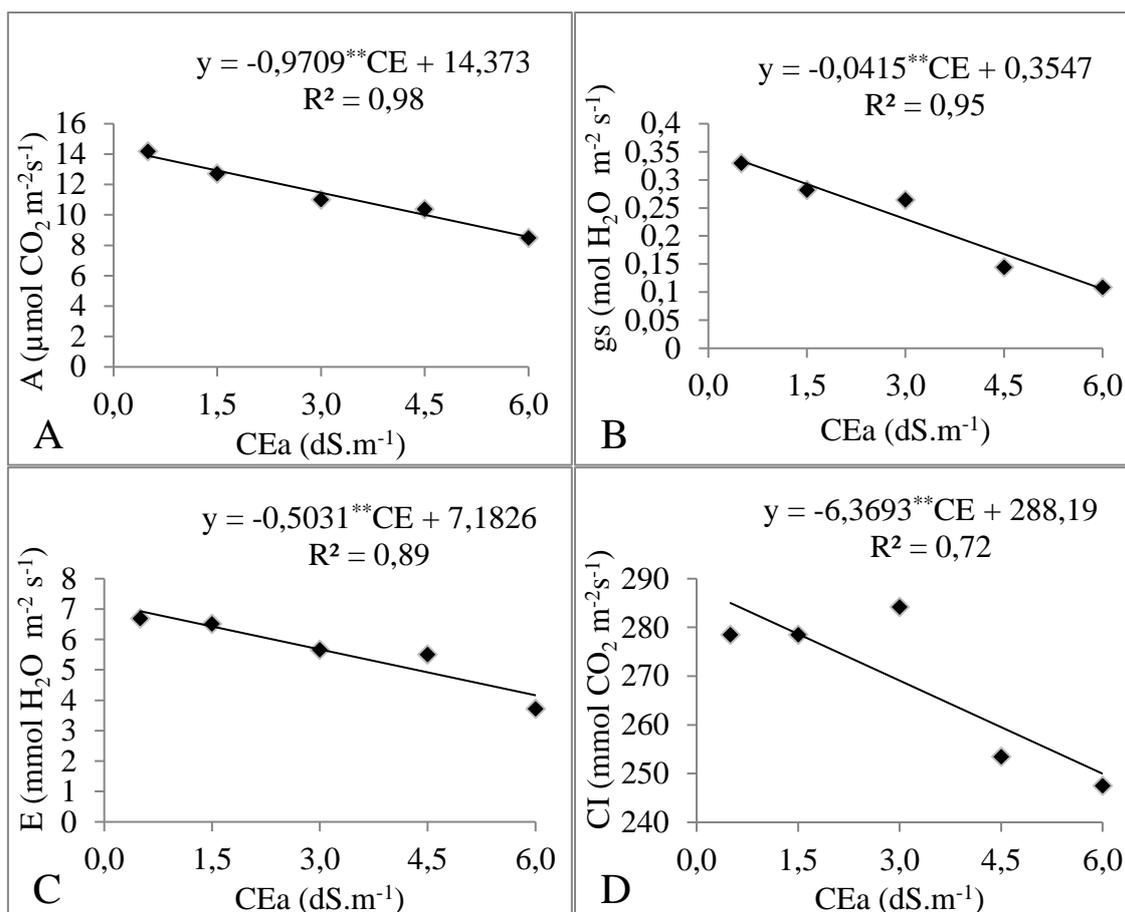


Gráfico 3. Fotossíntese – A (A), condutância estomática – gs (B), transpiração – E (C) e concentração interna de CO_2 – CI (D) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

As plantas sob condições salinas fecham os seus estômatos precocemente como mecanismo de defesa, e este fenômeno se deve à redução da permeabilidade das raízes à água, dando origem ao estresse hídrico. Essa resposta estomática usualmente ocorre antes da inibição da fotossíntese e restringe a disponibilidade de CO_2 nos sítios de assimilação no cloroplasto (SILVA JUNIOR et al., 2012).

Segundo Larcher (2006) limitações não estomáticas da fotossíntese têm sido atribuídas à redução na eficiência de carboxilação, a qual pode ser causada pela acumulação de sais no mesofilo, resultando em alterações na concentração interna de CO_2 .

As baixas taxas fotossintéticas encontradas em função da salinidade mostram que o aumento dos níveis de sais proporciona redução da condutância estomática, o que acarreta diminuição da pressão parcial de CO_2 intercelular, interferindo negativamente na assimilação de CO_2 por parte do aparelho fotossintético (ANGELOCCI, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para a curva diária de transpiração (CDE), não foi observado efeito significativo dos níveis de salinidade em E para o horário das 16h e constatou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, para os horários de 6, 8, 10, 12 e 14h nas mudas de figueira aos 70 dias de irrigação salina (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da ANOVA para curva diária de transpiração as 6, 8, 10, 12, 14 e 16 horas, de mudas de figueira irrigado com água salina aos 70 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	6h	8h	10h	12h	14h	16h
Salinidade	25210,75**	103250,2**	130256,2**	107341,59**	54419,04**	13172,88 ^{ns}
Reg. Linear	100111,2**	408837,0**	305168,5**	420500,00**	210227,5**	45696,80*
Reg. Quadrática	408,89 ^{ns}	908,58 ^{ns}	18643,08 ^{ns}	246,03 ^{ns}	1450,08 ^{ns}	6851,57 ^{ns}
Erro	2645,53	5210,23	10293,72	4459,64	4375,99	6488,83
CV (%)	26,26	26,31	28,26	23,08	28,51	55,31
Média Geral	195,88	274,33	359,03	289,40	232,05	146,13

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. CV: coeficiente de variação.

Observou-se nos tratamentos de 0,5; 1,5 e 3,0 dS m⁻¹, que as mudas aumentaram continuamente a E das 6 até 10 horas, quando ocorreu o pico máximo de E , de 481,38; 409,37 e 310,0 (μmol H₂O m⁻² s⁻¹), respectivamente. A partir desse horário, os valores de E diminuíram até 210,25; 161,5 e 112,62 (μmol H₂O m⁻² s⁻¹) às 16 horas (Gráfico 4).

As plantas mantidas sob irrigação salina de 4,5 e 6,0 (dS m⁻¹) apresentaram pouca variação na transpiração, comparadas às figueiras irrigadas com 0,5 (dS m⁻¹). Na condição de CE 4,5 e 6,0 (dS m⁻¹) mostraram máxima transpiração (193,0 e 158,1 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) às 12 horas e mínima (117,75 e 112,6 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) às 16 horas (Gráfico 4).

Ao longo do dia a variação de transpiração nas plantas irrigadas com os níveis de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ foi muito baixa, sugerindo que as plantas nesses níveis de salinidade apresentaram baixa E e também baixa g_s devido a redução da disponibilidade do conteúdo hídrico para as mudas.

Com o aumento da salinidade houve decréscimo em E . As plantas mantidas com a irrigação de maior CE (6,0 dS m⁻¹) reduziram E em 52; 66; 62; 63 e 59%, respectivamente para os horários de 6, 8, 10, 12 e 14 horas, quando comparadas às plantas do tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) (Gráfico 4).

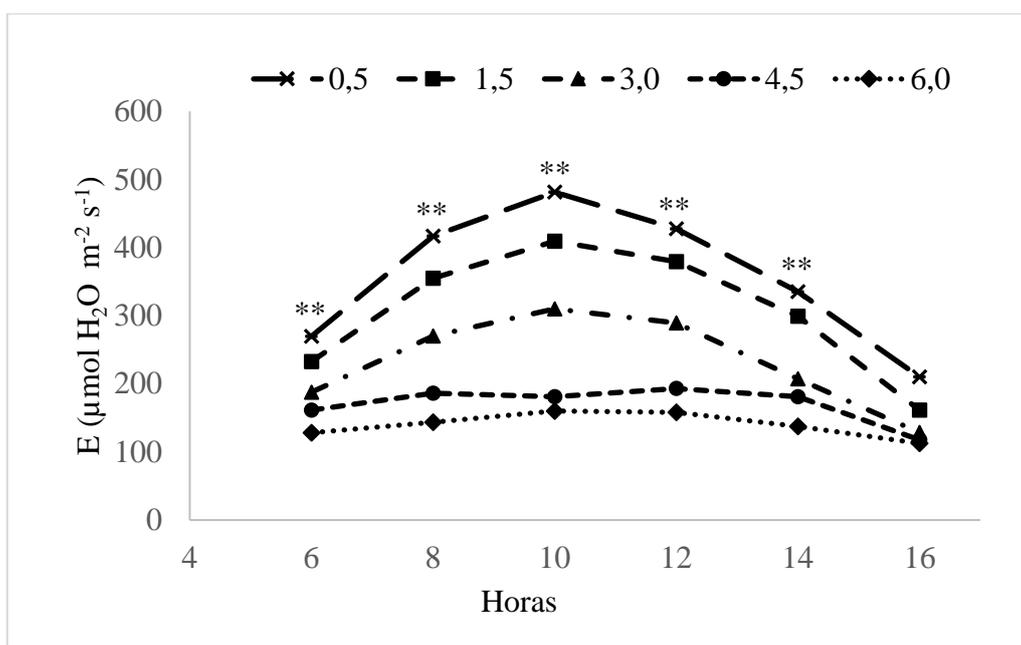


Gráfico 4. Curva diária de transpiração (CDE) de mudas de figueira aos 70 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

A figueira, nas condições de semiárido mantém um curso de transpiração diária apresentando as maiores taxas no horário das 10h sendo observado o decréscimo da transpiração a partir desse horário, isso pode estar relacionado às altas temperaturas da região observadas nesse horário o que indica que a partir das 10h as mudas de figueira começam a fechar os estômatos.

Quando ocorre a restrição da água para as raízes da planta, devido a retenção deste recurso pelo acúmulo de sal, as plantas não conseguem manter um curso diário de transpiração elevado, ficando os valores médios de transpiração por volta de $100 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante todo o dia, nas condições de salinidade de 4,5 e 6,0 (dS m^{-1}), apresentando uma baixa transpiração ocasionada pelo fechamento estomático. Nessa condição de salinidade observa-se, além da baixa transpiração, uma baixa absorção de CO_2 , devido o fechamento dos estômatos, que resulta, entre outras perdas, uma conseguinte redução do crescimento das plantas.

Para a figueira nas condições de cultivo de São Paulo (Botucatu) Silva et al. (2010) registraram valores médios de transpiração de $420 (\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$ entre 9 e

10h30, corroborando com os resultados observados quando as plantas são mantidas com irrigação com água de abastecimento ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) nas condições de semiárido.

Segundo Tonello e Teixeira Filho (2013), para o eucalipto, de uma forma geral, observa-se em várias situações que os maiores valores de transpiração ocorrem no início da manhã, com declínio no decorrer do dia, podendo, em alguns casos, se elevar ao final do período solar. Também o dendê apresenta comportamento semelhante, com maiores taxas de transpiração no início da manhã e posterior redução ao longo do dia (COSTA, 2016).

4. CONCLUSÃO

O potencial hídrico, fotossíntese, condutância estomática, transpiração e concentração interna de carbono foram comprometidos com o aumento da salinidade na água de irrigação em mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”.

O aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente nas trocas gasosas de mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”, podendo ser utilizada água de irrigação, com condutividade elétrica de até $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ na produção de mudas.

REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R.. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, Edição do Autor. 2002, 272p.

CARNEIRO, R. L. C. Modelagem da resistência estomática e estimativa da eficiência do uso da água em plantios jovens de eucalipto irrigados e não irrigados na região da bacia do rio doce. Viçosa, 2004. 88f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa. 2004.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, London, v. 103, p. 551–560, 2009.

CHICONATO, D. A. Estresse salino em plantas jovens de cana-deaçúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas. Jaboticabal, 2016. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal. 2016.

COSTA, S. J. Avaliação biométricas e fisiológica na fase vegetativa do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em região de Cerrado do Tocantis. Gurupi, 2016. 74f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Federal do Tocantis, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - Campus Universitário de Gurupi. Gurupi, 2016.

DIAS, J. P. T. Etil-trinexapac em diferentes concentrações e épocas de aplicações no crescimento de figueira (*Ficus carica* L.). Botucatu, 2014. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu. Botucatu. 2014.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari – ES, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 21 de set. 2016.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2014/pam2014.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2014/pam2014.pdf)>. Acesso em 14 de fevereiro de 2017.

JAMES, R. A. et al. Impact of ancestral wheat sodium exclusion genes Nax1 and Nax2 on grain yield of durum wheat on saline soils. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 39, p. 609–618, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/FP12121>

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Ed. Rima, 2006. 531 p.

- MAGALHÃES FILHO, J. R. et al. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘Valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. **Revista Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.75-82, 2008.
- MOURA, A. R. et al. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, abr.-jun., 2016.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist**, Cambridge, v. 208, p. 668-673, 2015.
- MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 1-32, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00001-1>>.
- NASCIMENTO, H. H. C. et al. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.
- NEPOMUCENO, A. L. et al. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. *Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, v. 23, p. 12-18, 2001.
- PEÇANHA, A. L. Biometria, relações hídricas e trocas gasosas do coqueiro anão verde em função da compactação, lâmina de irrigação e classe de solo. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- PLAZEK, A. et al. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 591-604, jul. – set., 2016.
- SCHOLANDER, P. F. et al. Sap 29 pressure in vascular plants. *Science*, New York, v. 148, p. 339-346, 1965.
- SILVA, E. C. et al. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **IHERINGIA**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205, jul./dez. 2004.
- SILVA, A. C. et al. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira “Roxo de Valinhos”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1270-1276, jun, 2010.
- SILVA JÚNIOR, G. S. E. et al. Comportamento estomático em genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista CIENTEC**, Recife.v. 4, n. 2, p.33-43, 2012.
- SILVA, A. R. A. et al. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, outubro-dezembro, 2016.

SOUZA, M. C. M. R. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico. Fortaleza, 2014. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e drenagem). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 744 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 954p.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus* sp em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, p. 607-623, outubro-dezembro, 2013.

ZIA, A. et al. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v.5, n.25, p. 6040-6047, 2011.

CAPITULO III

CRESCIMENTO DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE SALINO

RESUMO

A salinidade é um fator de estresse que altera o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais limitando a produção vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de figueira em estresse salino. O experimento foi conduzido em viveiro de mudas no semiárido do Rio Grande do Norte, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições. As mudas foram submetidas a níveis crescentes de salinidade, utilizando-se água de irrigação com condutividade elétrica (CEa) de 0,5 (controle); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹. Aos 80 dias de irrigação salina foram coletadas quatro plantas por tratamento e avaliados o número de folhas, a área foliar, o comprimento da parte aérea, e o diâmetro do caule. Em seguida as plantas foram fracionadas para determinação das massas secas de suas partes (raízes, caule, folhas e total). Também foram selecionadas folhas de quatro plantas por tratamentos e levadas para análise microscópica em microscópio eletrônico de varredura, para determinar o número de estômatos, comprimento longitudinal e transversal dos estômatos, e número e tamanhos dos tricomas de ambas as faces da folha. Os dados foram submetidos a teste F e a análise de regressão. A salinidade reduziu o número de folhas e área foliar, bem como o comprimento e o diâmetro do caule. Houve também a diminuição de todas as biomassas (raiz, caule, folha e total) com o incremento da salinidade. Na face adaxial da folha, não foram encontrados estômatos e o número e tamanho dos tricomas não foram afetados pela salinidade. Na face abaxial ocorreu a redução da densidade estomática, do tamanho dos estômatos (menor diâmetro longitudinal e transversal) e do número e comprimento dos tricomas, com o incremento da salinidade. O aumento da salinidade afetou negativamente o crescimento e desenvolvimento de mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”, podendo ser utilizada água de irrigação, com condutividade elétrica de até 1,5 dS m⁻¹ na produção de mudas.

Palavras-chave: Figo. Salinidade. Desenvolvimento. Biomassa.

GROWTH OF FIG TREE SEEDLINGS (*Ficus carica* L.) IN STRESS SALINO

ABSTRACT

Salinity is a factor that impairs plant growth and development, limiting crop productivity. The objective of this work was to evaluate the growth of fig tree seedlings in saline stress. The experiment was conducted in a seedlings research nursery in the rio Grande do Norte semiarid region, in a fully randomized design, with twelve replicates. The seedlings were irrigated with saline water (0,5 (control); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹). 80 days after the treatments initiation, it was collected four plants per treatment, and evaluated the number of leaves, leaves areas, plant height, and stem diameter. Plants were fractioned (roots, stem, leaves), dried and weighted. It was also selected four plants per treatment, which were taken to microscopic analysis in a Scanning electron microscope, to determinate stomatal density, length, and diameter, and trichomes density and height in both leaf sides. The data was submitted to an F test and regression analysis. Salinity also decreased the number of leaves, leaves areas, as well as plant height and stem diameter. There was also a decrease in all plant parts weight with salinity increase. It was not found stomata in the adaxial leaf surface, and the trichomes density and height was not affected by salinity. In the abaxial leaf surface there was a decrease in stomatal density, length and diameter, and also in trichomes density and height. The increase of salinity negatively affected the growth and development of Figueira cv. "Roxo de Valinhos", water can be used, irrigation water with electric conductivity of up to 1.5 dS m⁻¹ in the production of seedlings.

Keywords: Fig. Salinity. Development. Biomass.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da figueira (*Ficus carica* L.) em regiões de clima quente tem se mostrado uma alternativa viável, tendo em vista o bom desenvolvimento das plantas e sua boa produtividade (SOUZA; SILVA, 2011). A cultura manifestou alto potencial produtivo adaptando-se muito bem às condições climáticas da Chapada do Apodi (FREITAS et al., 2015).

A região do semiárido nordestino apresenta grandes reservatórios subterrâneos, no entanto, grande parte dessas águas contém elevadas concentrações de sais dissolvidos, que afetam negativamente a produção agrícola (PAIVA et al., 2016). O uso dessas águas na irrigação pode induzir modificações fisiológicas e comprometer o desenvolvimento de várias culturas (AMORIM et al., 2010).

A salinidade é um fator ambiental que pode inibir severamente o crescimento das plantas e a produtividade agrícola (VYSOTSKAYA et al., 2010). O estresse salino limita o crescimento das plantas aumentando o potencial osmótico do solo e, assim, diminui a captação de água pelas raízes (JULKOWSKA; TESTERINK, 2015) e atinge a maioria das culturas por causa da sensibilidade que as mesmas apresentam a altas concentrações de sais (HASANUZZAMAN et al., 2014).

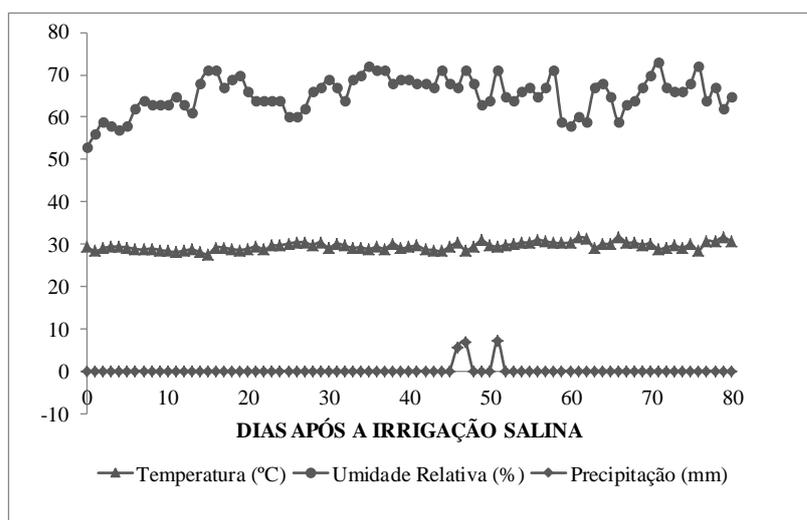
A exposição à salinidade resulta no início de um estado de repouso, que é seguido pela retomada do crescimento, embora com taxas de crescimento mais baixas do que as observadas sem as condições de salinidade (JULKOWSKA; TESTERINK, 2015).

O crescimento de órgãos individuais de plantas é reduzido pelo estresse salino com magnitude variável, levando à alteração da morfologia geral da planta (MUNNS; TESTER, 2008). Os efeitos negativos do estresse salino nas plantas podem ser vistos diretamente pelo menor crescimento da raiz e da parte aérea da planta, (JULKOWSKA; TESTERINK, 2015), menor área foliar e menor desenvolvimento das folhas (SENGAR et al., 2013; PLAZEK et al., 2013) o que reflete em perda de produtividade das plantas.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) irrigadas com água salina no semiárido nordestino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, com tela sombrite de 50%, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, no período de março de 2016 a janeiro de 2017. Mossoró está localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul, 37° 20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, apresenta uma temperatura média anual em torno de 27,50°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011). Os dados climáticos durante a condução do experimento foram colhidos na estação meteorológica da UFERSA (Gráfico 5).



Fonte: Estação Meteorológica da UFERSA.

Gráfico 5. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

As estacas para a produção das mudas foram colhidas de matrizes da cultivar roxo de Valinhos, no Pomar Didático da UFERSA. Foram colhidas estacas semilenhosas, com aproximadamente 20 cm de comprimento e com quatro (04) gemas. As estacas foram semeadas em sacos plásticos, com volume de 1,9 L, contendo um substrato preparado com a mistura de 80% de solo de caatinga e 20% de composto orgânico (Pole Fértil). Foram incorporados 2 kg de Super Simples por cada tonelada de substrato preparado para a produção das mudas. Na Tabela 7 são apresentados os dados da análise química do solo utilizado na

formulação do substrato para o plantio das mudas. Decorridos 90 dias foram selecionadas e transplantadas mudas uniformes. As mudas foram transplantadas para recipientes, tipo citropotes, com volume de 3,8 L, contendo o mesmo substrato preparado para os sacos plásticos.

Tabela 7. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

N	M.O	CE	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC
g kg ⁻¹	dS m ⁻¹	(água)		Mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³						
0,42	9,29	0,24	7,15	29,34	76,58	29,04	3,25	0,12	0,0	0,0	3,69	3,69	3,69

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco (05) tratamentos com as seguintes condutividades elétricas: T1 = 0,5; T2 = 1,5; T3 = 3,0; T4 = 4,5 e T5 = 6,0 dS m⁻¹ e 12 repetições. Para obtenção dos níveis de salinidade, foi adicionado sais de NaCl, na água de abastecimento, de acordo com cada tratamento. T1 constituiu o tratamento testemunha, sendo utilizada a água da torneira, proveniente do abastecimento urbano. Os demais tratamentos foram obtidos pela adição de 0,43; 1,25; 1,96 e 2,80 g L⁻¹ de NaCl na água de abastecimento, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. O resultado da análise da água utilizada nos tratamentos pode ser encontrado na Tabela 8.

Tabela 8. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Dureza	RAS	Cátions	Âniosns
	(água)	dS m ⁻¹	mmolc L ⁻¹					mg L ⁻¹		mmol L ⁻¹			
T1	6,8	0,45	0,28	5,09	0,8	0,30	2,00	0,40	3,30	50	6,9	6,47	5,7
T2	7,9	1,31	0,37	10,53	0,7	0,30	7,20	1,00	3,40	50	14,9	11,9	11,6
T3	8,0	2,73	0,49	24,85	0,8	0,30	17,80	1,20	3,60	55	32,1	26,44	22,6
T4	8,1	4,25	0,56	34,08	0,9	0,30	31,20	1,40	3,60	60	46,5	35,84	36,2
T5	8,1	5,83	0,63	43,08	0,9	0,30	46,20	1,60	3,70	65	55,6	44,91	51,5

As plantas recebiam irrigação diária com o volume necessário para manter o solo próximo à capacidade de campo, de acordo com cada tratamento. O volume de água foi determinado a cada dez dias, através da diferença entre o volume de água adicionado no citropote e o volume coletado no recipiente embaixo dos citropotes, após a drenagem completa.

Aos 80 dias após a instalação dos tratamentos com irrigação salina (DAI), foram realizadas amostragens em quatro plantas por tratamento, das quais foi contado o número de folhas (NF), e medido o comprimento da parte aérea (CPA), com auxílio de uma régua graduada em centímetros, e o diâmetro da base do caule (D), com um paquímetro digital. Em seguida as plantas foram fracionadas em folhas, caule, e raízes, e em seguida colocadas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65° C, até atingir massa constante. As variáveis avaliadas foram: matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) e total (MST). A área foliar (AF, cm²) foi determinada pelo método do disco corrigido, multiplicando o valor encontrado por um fator de correção obtido pela correlação entre os valores de área obtidos pelo método do disco e pelo escaneamento (em escâner de mesa) e posterior análise de 20 folhas no programa gratuito de análise de imagens ImageJ conforme Leite et al., (2014).

Aos 81 DAI foram coletadas três folhas novas por tratamento das quais foram retiradas seis discos na face abaxial e seis discos na face adaxial, com auxílio de um furador de rolha. As amostras foram fixadas de forma direta (MIO et al., 2006) com fita adesiva dupla face de carbono em “stubs” de alumínio e metalizadas com ouro (Figura 5B) em metalizadora (Q150R ES, QUORUM) (Figura 5A). As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (modelo Vega3, TESCAN) (Figura 5C), em vista frontal, de ambas as faces da folha. Foram analisados o número de estômatos (NE), diâmetro longitudinal (DLE) e transversal (DTE) do estômato, o número de tricomas (NT) e o comprimento do tricoma (CT).

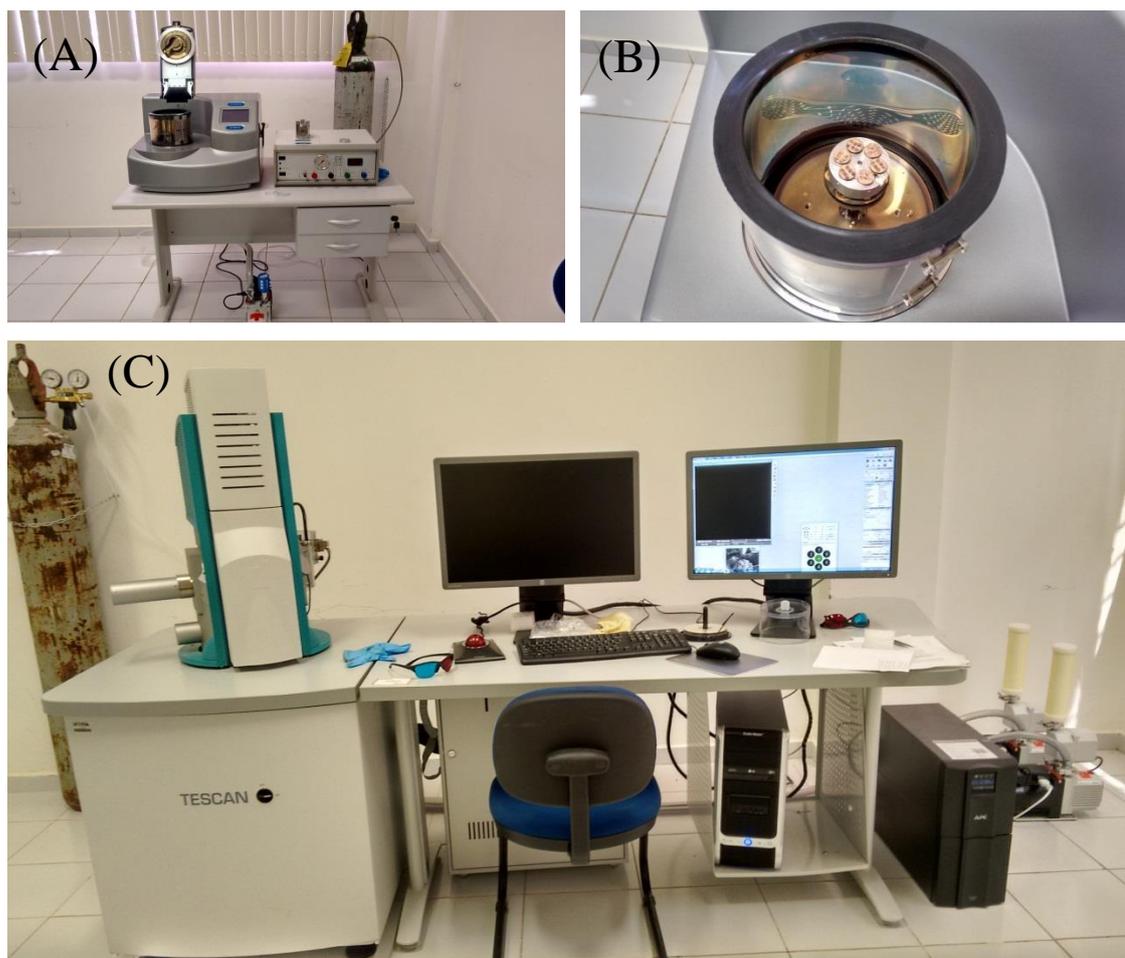


Figura 5. Metalizadora (Q150R ES, Quorum) (A), “stubs” recobertos com fios de ouro (B) e microscópio eletrônico de varredura (Vega3, Tescan) (C) utilizados na avaliação de microscopia foliar das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F a 5% de probabilidade, comparando-se os níveis de salinidade por meio de análise de regressão, com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 9 são apresentados os valores da análise química dos substratos, de cada tratamento, ao término do experimento.

Tabela 9. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	CTC a	V
												efetiva	pH 7	
	água	dS m ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³								%	
T1	8,18	0,34	17	137	8,80	11,1	35,7	18,6	0	12,37	74,15	74,15	86,529	85,7
T2	8,01	0,65	16	766	13,8	23,2	38,8	26,8	0	9,9	102,6	102,61	112,51	91,2
T3	8,14	1,60	15	548	11,4	32,7	36,1	26,2	0	9,08	106,4	106,41	115,49	92,1
T4	8,05	1,98	22	689	9,1	40,7	29,1	40,5	0	10,72	119,5	119,47	130,19	91,8
T5	8,09	2,37	21	578	6,8	46,1	28,6	21,6	0	12,37	103,1	103,13	115,50	89,3

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade, dos níveis de salinidade sobre todas as variáveis de crescimento das mudas de figueira aos 80 dias após a irrigação salina (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da ANOVA para número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do caule (D) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		NF	AF	D	CPA
Salinidade	4	269,95 ^{**}	589770,72 ^{**}	4,92 ^{**}	366,49 ^{**}
Reg. Linear	1	1030,23 ^{**}	2233417,81 ^{**}	18,71 ^{**}	1306,45 ^{**}
Reg. Quadrática	1	5,16 ^{ns}	102014,59 [*]	0,43 ^{ns}	156,45 ^{**}
Erro	15	6,72	20467,83	0,25	8,94
CV (%)		16,88	20,07	7,34	12,66
Média Geral		15,35	712,75	6,88	23,62

^{*}, ^{**} significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

O aumento da salinidade na água de irrigação reduziu de forma linear o número de folhas (Gráfico 6A) e a AF (Gráfico 6B) das mudas de figueira, causando decréscimo de 74% (6,5 folhas) e 72% (350,82 cm²), respectivamente, nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (6,0 dS m⁻¹) em relação às mudas irrigadas com CE (condutividade elétrica da água) de 0,5 dS m⁻¹.

Quando as plantas foram submetidas às salinidades de 4,5 e 6,0 (dS m⁻¹), reduziram a emissão de folhas novas, contribuindo assim para o decrescente número de folhas aos 80 dias após a irrigação, quando submetidas a essas condições de salinidade, ao passo que as mudas irrigadas com água de 0,5 (dS m⁻¹) apresentaram valores médios de 25 folhas. Esses valores são superiores aos encontrados por Silva et al., (2011), que registrou na figueira Roxo de Valinhos, sob condições de adubação mineral, aproximadamente 15 folhas para mudas.

Segundo Oliveira et al., (2010) a redução do número de folhas em condições de estresse salino constitui um mecanismo de alteração morfológica nas plantas, que refletem na redução da transpiração como alternativa para manter a baixa absorção de água salina. As folhas são órgãos sensíveis que quando são submetidas ao estresse salino sofrem redução em tamanho e número (GEBAUER et al., 2004; MEDEIROS et al., 2011), resultando em menor área foliar (HARDIKAR; PANDEY, 2011).

O comportamento da área foliar acompanhou o mesmo padrão de redução observado para o número de folhas, com desempenho negativo pelo aumento da salinidade. Munns (2011) relata que quando as plantas são submetidas ao estresse salino elas tendem a um desenvolvimento lento da área foliar.

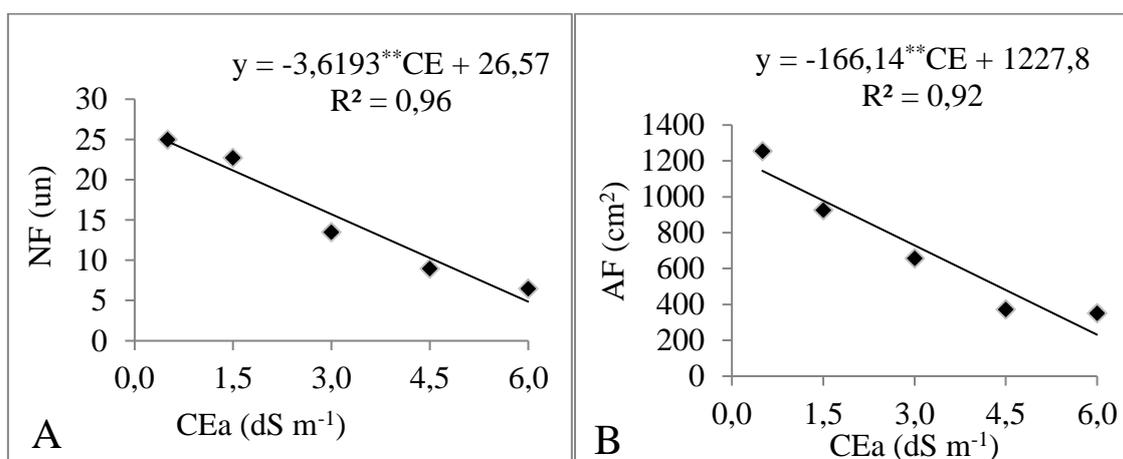


Gráfico 6. Número de folhas – NF (A) e área foliar – AF (B) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Houve efeito linear negativo da elevação da CE da água de irrigação para o comprimento da parte aérea (Gráfico 7A) e o diâmetro do caule (Gráfico 7B) das mudas de figueira. Verificou-se uma redução de 59% no CPA (15,65 cm) e de 32% (5,76 mm) para o D das mudas sob a maior salinidade (6,0 dS m⁻¹).

Quando a salinidade da água aumenta, os sais contidos nessa solução reduzem a disponibilidade de água para as raízes da planta, o que reflete na redução do seu crescimento, que pode ser evidenciado através de parâmetros indicadores de crescimento tais como, o comprimento da parte aérea e o diâmetro do caule.

O comprimento e o diâmetro são parâmetros de qualidade muito importantes para o crescimento de mudas de figueira em viveiro (SIRIN et al., 2010). Tanto o comprimento da parte aérea como o diâmetro do caule foram afetados pela salinidade, sendo encontrados os maiores valores, 38,12 cm e 8,43mm, respectivamente nas mudas submetidas à irrigação com menor CE (0,5 dS m⁻¹). Os valores obtidos para o comprimento da parte aérea estão em conformidade com os encontrados por Sirin et al., (2010) e Silva et al., (2011) que verificaram aproximadamente alturas de 46 e 40 cm respectivamente. Já para o diâmetro os valores encontram-se abaixo dos relatados pelos mesmos autores, que obtiveram 16 e 12 mm de diâmetro, respectivamente, para a cultura da figueira.

O efeito da salinidade no crescimento e diâmetro das plantas pode estar relacionado com a inibição em virtude do estresse salino (SILVA et al., 2017).

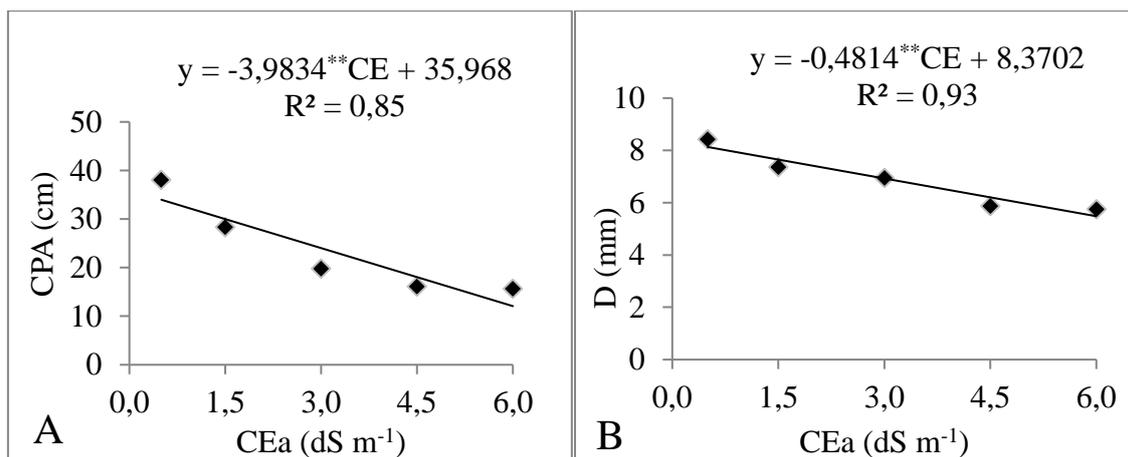


Gráfico 7. Comprimento da parte aérea – CPA (A) e diâmetro do caule – D (B) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

A análise de variância mostra efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, da salinidade para os dados de biomassa das mudas de figueira aos 80 dias após a irrigação salina

(Tabela 11). Os níveis de CE na água de irrigação afetaram negativamente a biomassa causando reduções lineares de 15,5; 19,75; 17,75 e 17% por aumento unitário na CE sobre a massa seca das raízes (MSR), caule (MSC), folhas (MSF) e massa seca total (MST), respectivamente, das mudas de figueira (Figura 10).

Tabela 11. Resumo da ANOVA para massa seca das raízes (MSR), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca total (MST) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		MSR	MSC	MSF	MST
Salinidade	4	170,29**	61,63**	70,69**	841,49**
Reg. Linear	1	662,22**	206,98**	278,31**	3226,51**
Reg. Quadrática	1	1,69 ^{ns}	21,98*	3,96 ^{ns}	63,71 ^{ns}
Erro	15	23,47	2,61	2,32	24,65
CV (%)		25,56	25,16	16,40	14,32
Média Geral		18,96	6,42	9,28	34,66

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Verificou-se ajuste linear decrescente para a MSR (Gráfico 8A), sendo registrado um decréscimo de 62,30% (10,61 g planta⁻¹) nas plantas irrigadas com salinidade de 6,0 dS m⁻¹ em relação as mudas do tratamento controle (0,5dS m⁻¹).

Os dados de massa seca das raízes obtidos (28,14 g planta⁻¹) para o tratamento testemunha corroboram com os de Sirin et al., (2010) que obtiveram 26,8g panta⁻¹ de raízes para as plantas de figueira. A raiz é o primeiro órgão a ser afetado pela planta devido ser o primeiro que entra em contato com a água salina. Quando a água salina chega à raiz ocorre a redução da absorção de água devido a diminuição do potencial hídrico no sistema, que será refletido com o baixo crescimento das demais partes (caule, folhas e frutos) da planta.

Observou-se uma MSC (Gráfico 8B) de 12,90g, nas mudas irrigadas com a menor CE (0,5 dS m⁻¹), decrescendo linearmente para 2,76g com o aumento da salinidade para 6,0 dS m⁻¹, ou seja, uma redução de 78,60% na biomassa do caule.

Para a MSF verificou-se efeito negativo do aumento da salinidade, com ajuste linear (Gráfico 8C), ocorrendo redução na MSF de 70,88% (4,42 g planta⁻¹) quando irrigada com salinidade de 6,0 (dS m⁻¹) em relação as mudas de figueira irrigadas com 0,5 (dS m⁻¹).

Os resultados sugerem que o estresse salino reduz a biomassa foliar através da redução da emissão de folhas novas, sendo essa uma estratégia utilizada pelas plantas para diminuir a perda de água através da transpiração.

O aumento da salinidade na água de irrigação reduziu linearmente a MST (Gráfico 8D) das mudas de figueira, causando decréscimo de 68,34% (17,80 g planta⁻¹) nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (6,0 dS m⁻¹) em relação às mudas com menor CE (0,5 dS m⁻¹).

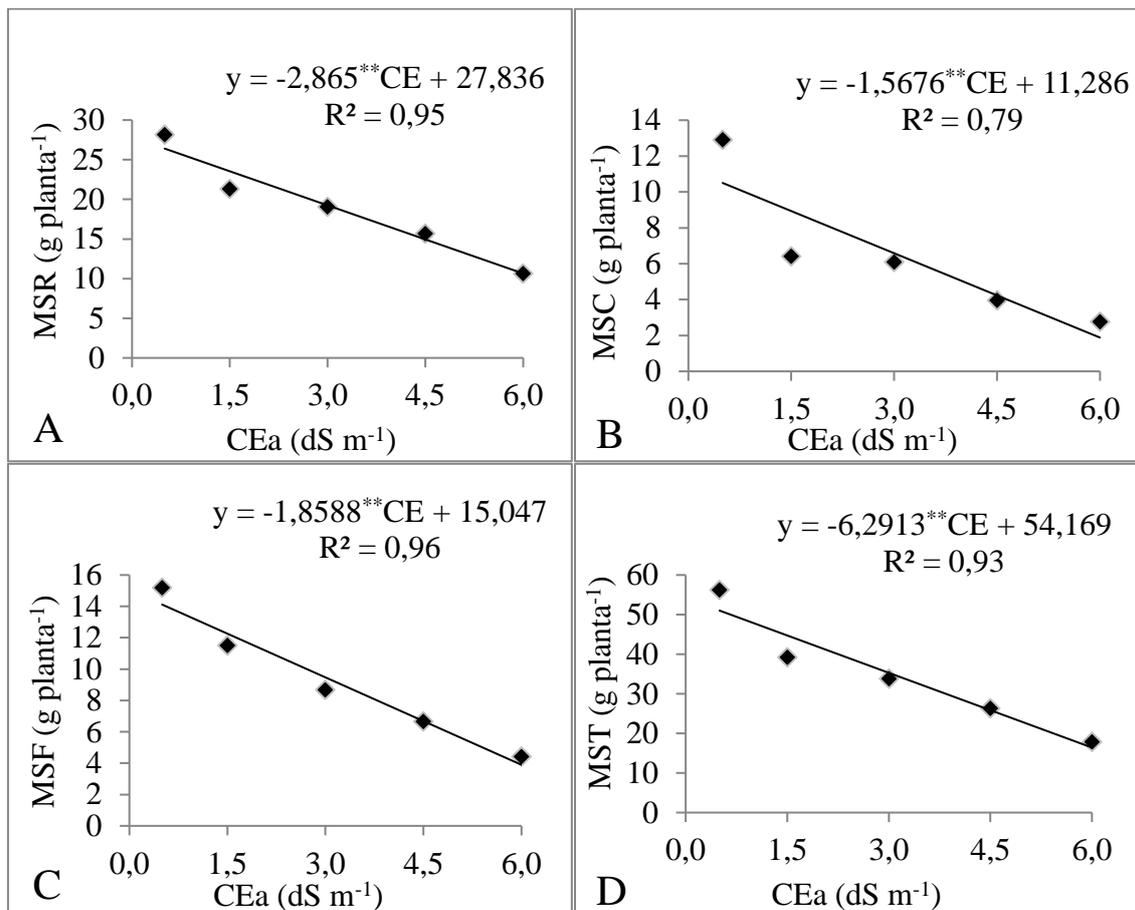


Gráfico 8. Massa seca das raízes – MSR (A), massa seca do caule – MSC (B), massa seca das folhas – MSF (C) e massa seca total – MST (D) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

As plantas sofreram uma redução da sua biomassa com o aumento da salinidade, que pode ser visto com a redução do número de folhas, área foliar, comprimento da parte aérea, diâmetro e também na biomassa de todos os órgãos das mudas de figueira (raiz, caule e folhas) refletindo negativamente no crescimento da planta. A redução do potencial osmótico da relação solo/planta provocou a diminuição da água disponível do solo para a planta,

afetando assim, de forma negativa o desenvolvimento das plantas acarretando perda na massa seca total das mudas.

Perdas de biomassa total também foram evidenciadas em mudas de tamarindo (LIMA NETO et al., 2015) e noni (SOUZA, 2014) com os mesmos níveis de salinidade estudados.

A Figura 6 mostra os estômatos das mudas de figueira aos 80 dias após a irrigação com água salina.

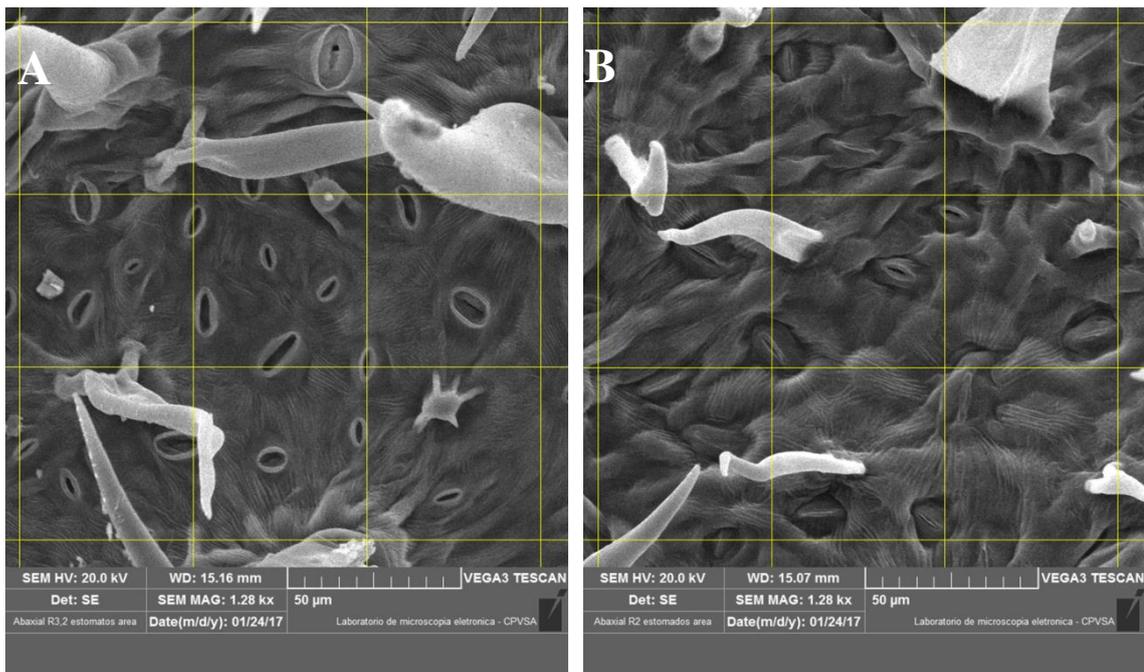


Figura 6. Estômatos em folha de mudas de figueira irrigadas com água com condutividade elétrica de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (B), Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo dos níveis de salinidade sobre o número de tricomas (NT_{adaxial}) e comprimento do tricoma (CT_{adaxial}) da face adaxial das folhas de figueira aos 80 dias de irrigação salina (Tabela 6).

Observou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para o número de estômatos (NE), diâmetro transversal (DTE) e longitudinal (DLE) dos estômatos e número de tricomas (NT_{abaxial}) e ao nível de 5% de probabilidade para o comprimento do tricoma (CT_{abaxial}) da face abaxial das folhas de figueira submetidas a irrigação salina (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da ANOVA para o número de estômatos (NE), diâmetro longitudinal (DLE) e diâmetro transversal (DTE) dos estômatos da face abaxial, número de tricomas (NT_{abaxial}) e comprimento de tricomas (CT_{abaxial}) da face abaxial, número de tricomas (NT_{adaxial}) e comprimento de tricomas (CT_{adaxial}) da face adaxial de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	QUADRADO MÉDIO						
	NE	DLE	DTE	NT _{abaxial}	CT _{abaxial}	NT _{adaxial}	CT _{adaxial}
Salinidade	157,3**	59,7**	42,8**	77,8**	7381,2*	4,6 ^{ns}	3527,8 ^{ns}
Reg. Linear	498,8**	191,5**	128,9**	236,0**	13138,8*	8,8*	616,6 ^{ns}
Reg. Quadrática	78,1**	46,9*	37,9*	36,0*	6514,9 ^{ns}	5,2 ^{ns}	8433,3*
Erro	4,21	9,57	7,75	7,71	2761,55	1,71	1488,40
CV (%)	14,48	16,67	20,25	17,35	24,56	23,33	23,29
Média Geral	14,17	18,56	13,75	16,00	213,98	5,60	165,62

*, ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

O NE se ajustou ao modelo linear decrescente (**Erro! Fonte de referência não encontrada**.A), sendo registrado um decréscimo de 15,37% por aumento unitário de CE na água da irrigação, ou seja, os níveis elevados de salinidade da água diminuíram drasticamente o NE, acarretando reduções de 61,47% (7 estômatos 150 μm^{-2}) no tratamento de maior CE (6,0 dS m⁻¹).

Os estômatos são estruturas celulares responsáveis pelas trocas gasosas na epiderme das folhas, formadas por duas células-guarda que permitem a passagem de CO₂ atmosférico para o interior da célula, com a conseqüente perda de água, através da transpiração.

Nos tratamentos de maior salinidade ocorre a redução do potencial hídrico (Gráfico 9) no sistema, reduzindo assim a disponibilidade de água para a planta, fazendo com que a mesma diminua também a abertura estomática, para evitar a desidratação. Outra estratégia empregada para adaptar-se às mudanças ambientais é modular a frequência na qual os estômatos se desenvolvem nos novos órgãos (CASSON; GRAY, 2008). Com a redução do número de estômatos, a planta terá menos estruturas de perda de água e conseqüentemente, reduzirá também sua taxa de assimilação de CO₂ diminuindo, com isso, o crescimento da planta, devido a menor produção de fotoassimilados.

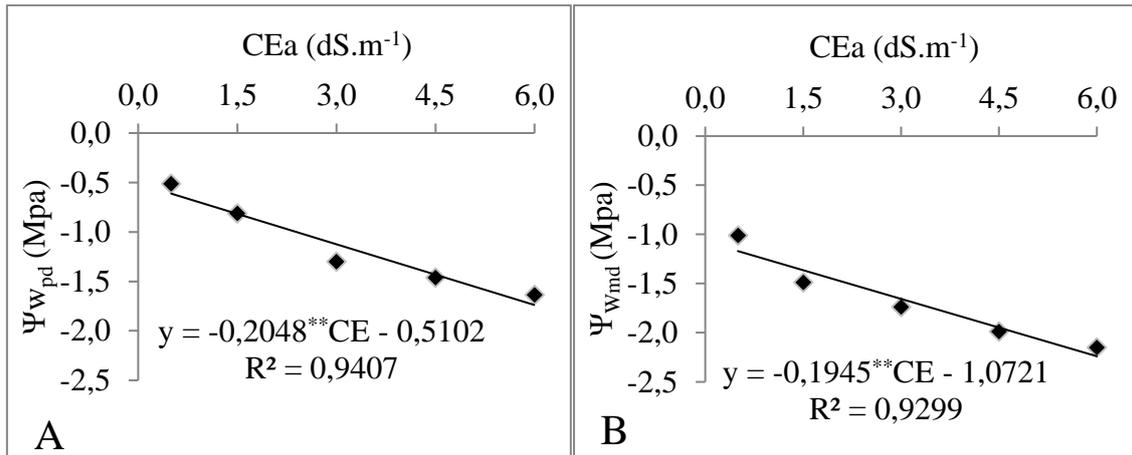


Gráfico 9. Potencial hídrico de madrugada – $\Psi_{w_{pd}}$ (A) e potencial hídrico de meio dia – $\Psi_{w_{md}}$ (B) de mudas de figueira aos 77 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

As plantas controle apresentaram em média 121 estômatos por mm², resultados diferentes foram obtidos por Chirinéa et al., (2012), pesquisando sobre a aclimação de figueira (cv. Roxo de valinhos), obteve 107 estômatos por mm² nas plantas com 60 dias de aclimação em casa de vegetação com 50% de sombreamento.

Para o DLE (Gráfico 10B) e o DTE (Gráfico 10C) verificou-se efeito negativo do aumento da salinidade, com redução linear, de 20,97% (15,64 μm) e 22,13% (11,40 μm), respectivamente, quando irrigada com salinidade de 6,0 (dS m⁻¹) em relação às mudas de figueira irrigadas com 0,5 (dS m⁻¹).

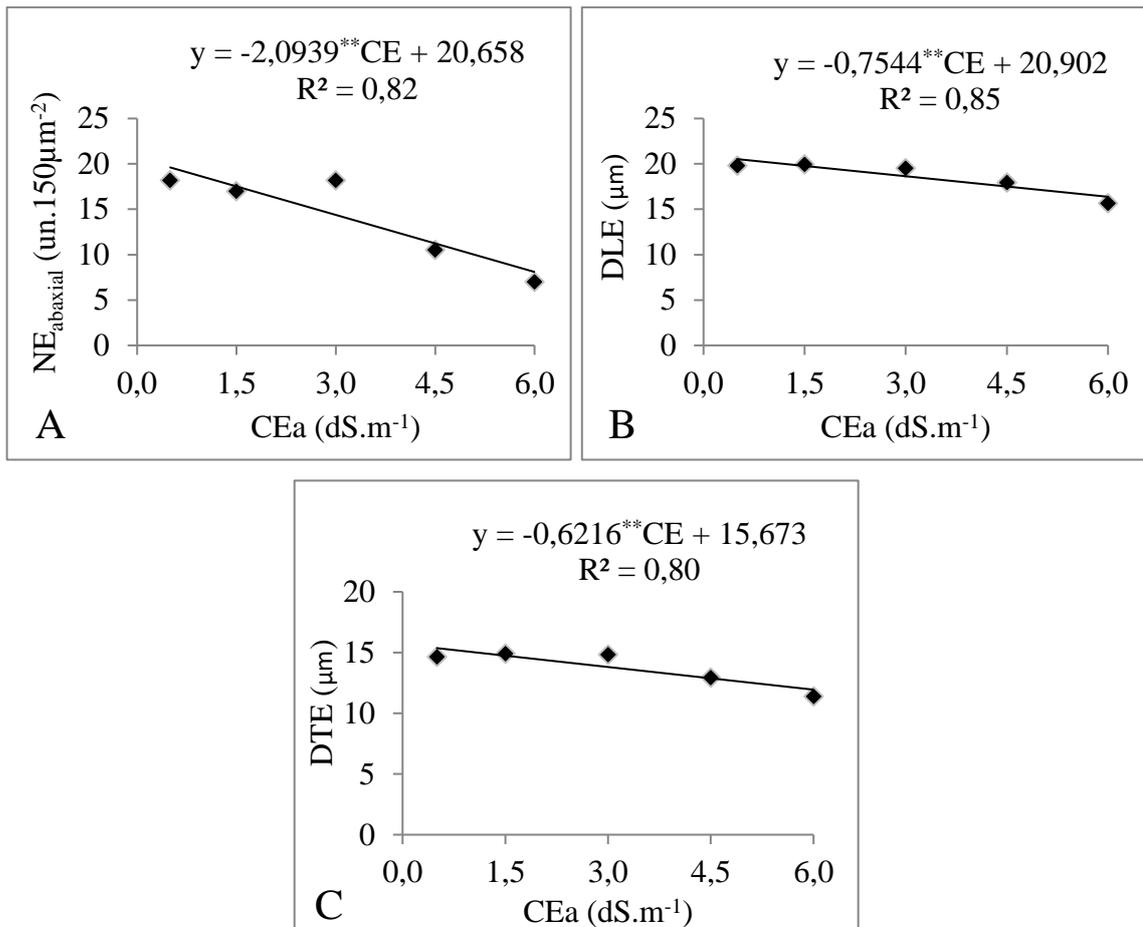


Gráfico 10. Número de estômatos – NE (A), diâmetro longitudinal – DLE (B) e diâmetro transversal – DTE (C) da face abaxial da folha de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

A redução do diâmetro longitudinal e transversal denota a redução do tamanho da célula estomática, e com ela a redução da interface de troca gasosa, obtendo assim uma estrutura estomática mais adaptada a condição de restrição hídrica inerente ao aumento da CE na água de irrigação.

Os valores para o diâmetro longitudinal e transversal das plantas mantidas com irrigação proveniente do abastecimento, 19,79 e 14,64 μm , respectivamente, estão em conformidade com os valores observados por Chirinéa et al., (2012), que identificou 23,2 e 14,1 μm , respectivamente para o diâmetro longitudinal e transversal em mudas de figueira, após 60 dias de aclimação em casa de vegetação.

As trocas gasosas representam um importante ponto de controle do funcionamento da planta como um todo, alterando diversas respostas fisiológicas de acordo com o ambiente. A mudança da frequência, na qual os estômatos se desenvolvem em um novo órgão é um processo que registra o comportamento da planta perante variações ambientais, no intervalo

de tempo no qual o órgão se desenvolve. Esse registro, o qual pode ser medido e expresso como densidade estomática é de grande valia em investigações fisiológicas, por ser inerente aos processos pertinentes a essa grande área de estudo (MARTINS, 2010).

A Figura 7. Tricomas em folha de mudas de figueira irrigadas com água com condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 6,0 dS m⁻¹ (B), Mossoró-RN, UFERSA, 2017. Figura 7 mostra os tricomas em folhas de mudas de figueira aos 80 dias após a irrigação com água salina.

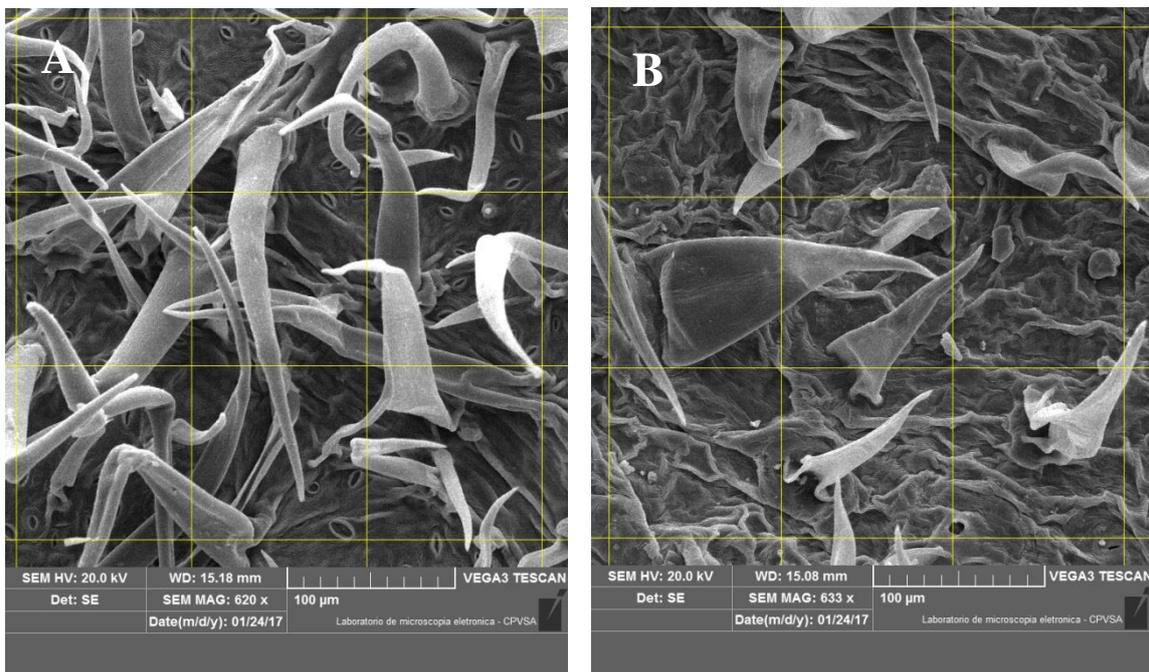


Figura 7. Tricomas em folha de mudas de figueira irrigadas com água com condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹ (A) e 6,0 dS m⁻¹ (B), Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os níveis de CE afetaram negativamente o número ($NT_{abaxial}$) e o comprimento ($CT_{abaxial}$) dos tricomas da face abaxial das folhas de figueira (Gráfico 11A e Gráfico 11B), causando reduções lineares de 8,40 e 4,05% por aumento unitário na CE. Ocorreu a redução de 33,61 e 16,22% com a salinidade de 6,0 (dS m⁻¹) em relação as plantas irrigadas com água de CE 0,5 (dS m⁻¹), respectivamente para $NT_{abaxial}$ e $CT_{abaxial}$.

Os tricomas são estruturas que estão associadas, entre outras funções, a redução da perda de água pela transpiração. Com a redução do potencial hídrico (Gráfico 9), provocada pelo aumento da salinidade da água de irrigação, houve também um decréscimo no número dessas estruturas, possivelmente devido as plantas estarem se adaptando a condição de baixa

disponibilidade hídrica o que levou as plantas a reduzirem o número de tricomas, pois estavam numa condição de menor transpiração, quando comparadas as mudas de figueira sob condição de CE mais baixa.

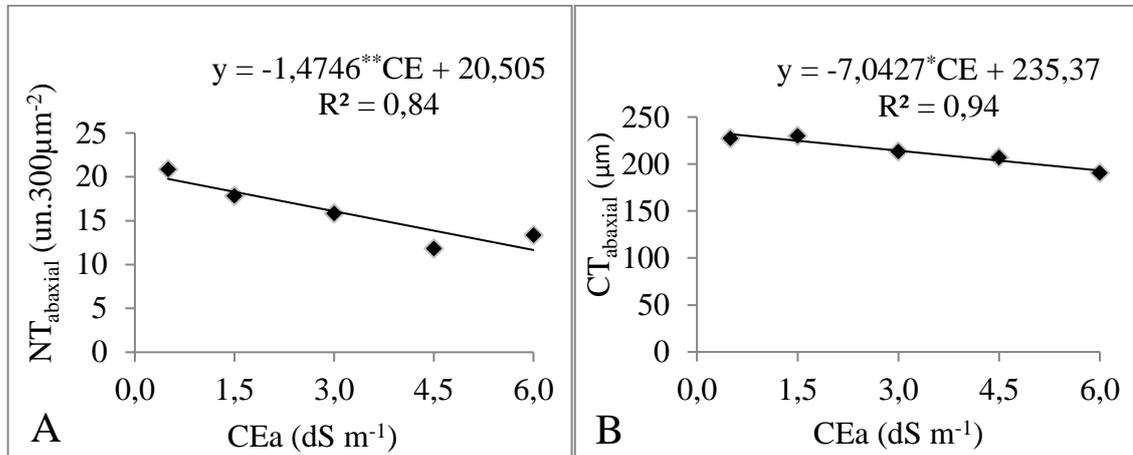


Gráfico 11. Número de tricomas – $NT_{abaxial}$ (A) e comprimento do tricoma – $CT_{abaxial}$ (B) da face abaxial da folha de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

4. CONCLUSÃO

O comprimento da parte aérea, diâmetro, área foliar, acúmulo de biomassa e as propriedades dos estômatos e tricomas foram comprometidos com o aumento da salinidade na água de irrigação em mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”.

O aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente o crescimento de mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”, podendo ser utilizada água de irrigação, com condutividade elétrica de até $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ na produção de mudas.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, A.V. et al. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.113-121, 2010.
- CASSON, S.; GRAY, J. E. Influence of environmental factors on stomatal development. **New Phytologist**. Cambridge, v. 178, n. 1, p. 9-23. Feb. 2008.
- CHIRINÉA, C. F. et al. Acclimatization and leaf anatomy of micropropagated fig plantlets. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1180-1188, Dez. 2012.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari – ES, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 21 de set. 2016.
- FREITAS, R. N. S. et al. Caracterização pós-colheita de figos (*Ficus carica* L.) produzidos sob diferentes condições de cultivo na Chapada do Apodi – CE. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n.1, p. 43 - 46, jan-mar, 2015.
- GEBAUER, J. et al. *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl⁻ induced salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 1-8, 2004.
- HARDIKAR, S. A.; PANDEY, A. N. Growth, water status, and nutrient accumulation of seedlings of *Tamarindus indica* Linn. in response to soil salinity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 42, n. 14, p. 1675-1691, 2011.
- HASANUZZAMAN M. et al. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed Research International**, Juazeiro do Norte, v. 1, p. 1-17, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2014/757219>>
- JULKOWSKA, M. M.; TESTERINK, C. Tuning plant signaling and growth to survive salt. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 586-594, 2015.
- LEITE, T. S. et al. Crescimento e partição da biomassa de mudas de mulungu sob adubação fosfatada e inoculação micorrízica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 407-415, out./dez. 2014.
- LIMA NETO, A. J. et al. Mudas de tamarindeiro irrigadas com água salina em solo sem e com biofertilizantes. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 730-744, outubro - dezembro, 2015.
- MARTINS, G. A. Avaliação de características de estômatos em jatobá (*Hymenaea coubaril* L.) com uso da geoestatística. Lavras, 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia – Fisiologia Vegetal). Universidade Federal e Lavras. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Lavras, 2010.

MEDEIROS, R. F. et al. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

MIO, L. L. M.; NOVAES, Q. S.; ALVES, E. Metodologias de preparação de amostras de ferrugem para estudos morfológicos de urediniósporos por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 267-273, 2006.

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

MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 1-32, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00001-1>>.

OLIVEIRA, F. A. et al. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010.

PAIVA, F. I. G. et al. Qualidade da fibra do algodoeiro BRS verde irrigado com Águas de diferentes níveis salinos. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 209-220, 2016.

PLAZEK, A. et al. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.

SENGAR, K.; SENGAR, R.S.; SINGH, A. Biotechnological and genomic analysis for salinity tolerance in sugarcane. **International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research**, Baoding, v. 4, p. 407-414, 2013.

SILVA, A. C. et al. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 539-551, out./dez. 2011.

SILVA, F. A. et al. Estresse salino e adubação mineral na composição nutricional da cultura do milho. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n.01, p.76 - 83, jan-dez, 2017.

SIRIN, U.; ERTAN, E.; ERTAN, B. Growth substrates and fig nursery tree production. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.67, n.6, p.633-638, Nov/Dec. 2010.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C. Exigências climáticas da figueira. In: LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. (Orgs). A Figueira. São Paulo: Editora UNESP, 2011, P,112.

SOUZA, M. C. M. R. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico. Fortaleza, 2014. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e drenagem). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de

Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2014.

VYSOTSKAYA, L. et al. Effect of salinity on water relations of wild barley plants differing in salt tolerance. **AoB PLANTS**, Oxford, v.10, n. 06, 2010.

CAPITULO IV

RESPOSTAS BIOQUÍMICAS DE MUDAS DE FIGUEIRA (*Ficus carica* L.) EM ESTRESSE SALINO

RESUMO

A salinidade do solo promove um estresse que altera a fisiologia dos vegetais limitando o crescimento e desenvolvimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar a bioquímica de mudas de figueira sob estresse salino. O experimento foi conduzido em viveiro de mudas no semiárido do Rio Grande do Norte, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições. As mudas foram submetidas a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação: 0,5 (controle); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹. Aos 80 dias após o início da irrigação salina foram coletadas quatro plantas por tratamento e avaliado o teor de clorofila a, b, total, carotenoides, açúcares solúveis, proteínas solúveis e prolina nas folhas das mudas. Os dados foram submetidos ao teste F e a análise de regressão. Não foram observadas diferenças significativas nos teores de clorofila (a, b e total) nem no teor de carotenoides das mudas de figueira com o aumento da salinidade. Ocorreu acúmulo dos teores de açúcares solúveis, proteínas solúveis e prolina, sugerindo o ajuste osmótico por meio da regulação desses solutos no interior das células.

Palavras-chave: Figo. Salinidade. Solutos Orgânicos. Prolina.

BIOCHEMICAL RESPONSE OF FIG TREE SEEDLINGS (*Ficus carica* L.) IN SALINE STRESS

ABSTRACT

The salinity of the soil promotes a stress that changes the physiology of the vegetables limiting the growth and vegetal development. The aim of this work was to evaluate the biochemical changes in fig tree seedlings under saline stress. The experiment was conducted in a seedlings research nursery in Rio Grande do Norte semiarid region, in a fully randomized design, with twelve replicates. The seedlings were submitted to increasing levels of irrigation water salinity: 0.5 (control); 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹. At 80 days after saline irrigation, four plants were collected per treatment and the chlorophyll content a, b, total, carotenoids, soluble sugars, soluble proteins and proline in seedlings leaves. The data was submitted to the F test and regression analysis. It was not observed differences in chlorophyll or carotenoid content, but there was an increase in soluble sugars, proteins and proline, suggesting that there was an osmotic adjustment with salinity increase.

Keywords: Fig. Salinity. Organic Soluts. Proline.

1. INTRODUÇÃO

A figueira (*Ficus carica* L.) é uma das espécies frutíferas com grande expansão mundial, pois apesar de ser considerada uma espécie de clima temperado, apresenta boa adaptação a uma grande quantidade de climas e solos, desde regiões frias do hemisfério norte até regiões quentes, como o nordeste brasileiro (SOUZA et al., 2015).

Nas regiões áridas e semiáridas as fontes alternativas, tais como poços e açudes, oferecem água com elevados teores de sais, cujos efeitos são danosos sobre o solo e as plantas (HAMAM; NEGIM, 2014; RAHIL; HAJJEH; QANADILLO, 2013). A utilização de águas salinas para irrigação é uma realidade, pois tem aumentado a disponibilidade de água para a produção agrícola (RIBEIRO, et. al., 2016).

A salinidade prejudica o crescimento da planta causando alterações no balanço nutricional (CARPICI et al., 2010; GANDONOU et al., 2011; ZIA et al., 2011) além de atingir negativamente o metabolismo celular, bem como os processos fisiológicos e bioquímicos (HASANUZZAMAN et al., 2014).

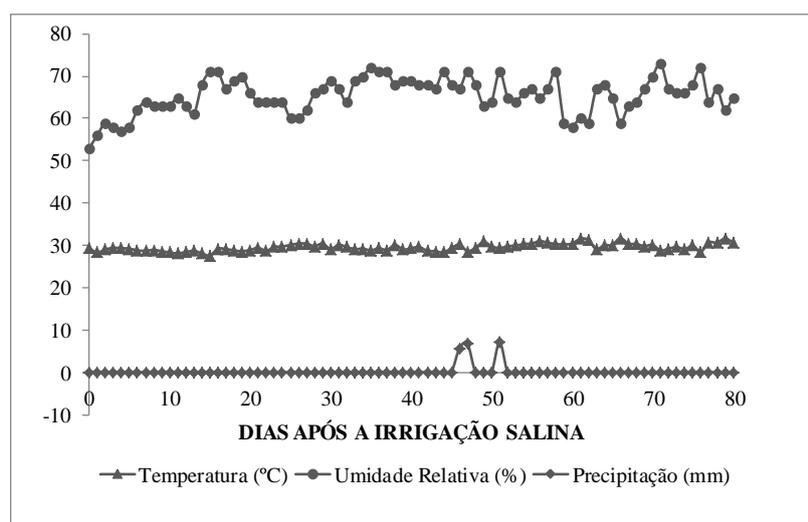
Quando são submetidas ao estresse salino as plantas iniciam um mecanismo de ajuste osmótico para manter a turgidez das células (GUERZONI et al., 2014). Este ajuste pode ser realizado por alguns compostos que as plantas comumente produzem em situação de estresse, entre eles a prolina, (GANDONOU et al., 2011).

Dentre as diversas mudanças metabólicas desencadeada nas plantas em situação de estresses abióticos, destaca-se o acúmulo de ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos (NOGUEIRA et al., 2001). As plantas tendem a apresentar prejuízo na síntese de proteínas solúveis quando são submetidas ao estresse salino (ASHRAF; HARRIS, 2004). O presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas bioquímicas de mudas de figueira (*Ficus carica* L.) irrigadas com água com diferentes condutividades elétrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido, com sombreamento de 50%, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul, 37° 20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, apresenta uma temperatura média anual em torno de 27,50°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco, (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011).

O período de realização do experimento foi de março de 2016 a janeiro de 2017 e os dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica durante esse período foram coletados na estação meteorológica da UFERSA (Gráfico 12).



Fonte: Estação Meteorológica da UFERSA.

Gráfico 12. Dados climáticos de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a condução experimental, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

As mudas foram produzidas pelo método de estaquia. Foram coletadas estacas, de consistência semilenhosas, com quatro gemas, medindo aproximadamente 20 centímetros, de matrizes saudáveis, da cultivar Roxo de Valinhos, localizadas no Pomar Didático da UFERSA. Foram coletadas estacas com aproximadamente 20 cm de comprimento, com quatro gemas e de consistência semilenhosas. As estacas foram semeadas em sacos plásticos de 1,9 L de volume, com um substrato preparado com 20

dm³ de composto orgânico (Pole Fértil) e 80 dm³ de solo (extraído da caatinga), fertilizado com super simples (2 kg t⁻¹). 90 dias após o plantio, as mudas uniformes foram selecionadas e transplantadas para recipientes, tipo citropotes, com volume de 3,8 L, contendo o mesmo substrato utilizado anteriormente. Uma amostra do substrato foi coletada, e enviada para análise físico-química no Laboratório de Análise de Solos da UFERSA (Tabela 13).

Tabela 13. Composição química do solo utilizado no plantio e transplântio das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

N	M.O	CE	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC
g kg ⁻¹	dS m ⁻¹	(água)		Mg dm ⁻³						cmolc dm ⁻³			
0,42	9,29	0,24	7,15	29,34	76,58	29,04	3,25	0,12	0,0	0,0	3,69	3,69	3,69

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (T1= 0,5; T2= 1,5; T3= 3,0; T4= 4,5 e T5= 6,0 dS m⁻¹) e doze repetições. Para obtenção da condutividade elétrica de cada tratamento, foi adicionado sal (NaCl) na água de abastecimento. Para o tratamento testemunha (T1) foi utilizada a água proveniente do abastecimento. Os demais tratamentos T2, T3, T4 e T5, foram obtidos pela adição de 0,43; 1,25; 1,96 e 2,80 g L⁻¹ de NaCl na água de abastecimento, respectivamente. A Tabela 14 mostra a composição da água de cada tratamento analisados no experimento proposto. A irrigação foi realizada diariamente com um volume de água, de acordo com a capacidade máxima de retenção do substrato em cada tratamento.

Tabela 14. Análise da água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE (dS m ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Dureza (mg L ⁻¹)	RAS	Cátions e Ânions	
												mmol L ⁻¹	
T1	6,8	0,45	0,28	5,09	0,8	0,30	2,00	0,40	3,30	50	6,9	6,47	5,7
T2	7,9	1,31	0,37	10,53	0,7	0,30	7,20	1,00	3,40	50	14,9	11,9	11,6
T3	8,0	2,73	0,49	24,85	0,8	0,30	17,80	1,20	3,60	55	32,1	26,44	22,6
T4	8,1	4,25	0,56	34,08	0,9	0,30	31,20	1,40	3,60	60	46,5	35,84	36,2
T5	8,1	5,83	0,63	43,08	0,9	0,30	46,20	1,60	3,70	65	55,6	44,91	51,5

Aos 80 dias após a irrigação, com água salina (DAI), foram coletadas folhas do ápice de quatro plantas por tratamento, para as análises bioquímicas.

A determinação do teor de clorofilas seguiu a metodologia descrita por Arnon (1949). Foi pesado 200 mg de matéria fresca de folhas e maceradas em 10ml de acetona 80%. Após a maceração o material foi centrifugado a 10000 G durante 7 minutos. O sobrenadante foi coletado e o precipitado foi centrifugado por mais uma vez, sendo utilizados 5 mL de acetona 80%, em cada uma das extrações. O sobrenadante coletado foi colocado em cubeta de vidro e analisado nos comprimentos de onda de 645 nm, 663 nm, 652 nm e 470 nm para determinação da clorofila a, b, total e carotenoides, com auxílio de um espectrofotômetro modelo Cary 60 (Agilent). Os resultados em mg de clorofila/carotenoide por grama de peso fresco foi determinado através das seguintes equações (WHITHAM et al., 1971; ARNON, 1949):

$$CL\ a = ((12,7 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * V / (1000 * W) \quad (1)$$

$$CL\ b = ((22,9 * A_{645}) - (4,68 * A_{663})) * V / (1000 * W) \quad (2)$$

$$CL\ total = ((20,2 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * V / (1000 * W) \quad (3)$$

$$Car = (1000 * A_{470} - 3,27 * (CLa) - 104 * (CLb)) \quad (4)$$

Onde,

- A é a leitura da absorvância no comprimento de onda indicado;
- V é o volume do final do extrato usado;
- W é a massa do material fresco utilizado.

Para a determinação de açúcares solúveis e prolina foi pesada uma amostra de 200 mg de folha da figueira e macerada, em solução de acetona 80%, com auxílio de um homogeneizador (Figura 8A), para extração da clorofila. Após a extração da clorofila, o

precipitado foi agitado em vórtex, contendo uma solução tampão fosfato de potássio monobásico a 0,1M. Depois de agitado o material foi centrifugado a 10000 G por 5 minutos (Figura 8B). O sobrenadante foi retirado e armazenado em freezer para à determinação de açúcares solúveis e prolina.

Para a quantificação de açúcares solúveis seguiu-se o método de Yemm e Willis (1954). Utilizou-se uma alíquota de 50 μL do extrato bruto e completou-se 950 μL de água destilada. A solução estoque usada na obtenção da curva foi preparada usando glicose nas concentrações 0 μmol até 0,1 μmol . Depois de completado o tempo de reação, a quantificação das amostras foi realizada em espectrofotômetro modelo Cary 60 (Agilent) (Figura 8C) no comprimento de 570 nm.

A prolina foi determinada pelo método de Bates et al., (1973). Utilizou-se o tolueno como branco. O teor de prolina foi obtido utilizando-se uma curva padrão com concentração conhecida (0, 5, 10, 15, 20 e 25 mg L^{-1} de prolina), a quantificação das amostras foi realizada em espectrofotômetro modelo Cary 60 (Agilent) no comprimento de 520 nm e os resultados foram expressos em microgramas de prolina por g de matéria fresca.

Para a determinação de proteína foi pesada uma amostra de 200 mg de folha da figueira e macerada, em 10 ml de etanol a 80% (v/v), em duas vezes de 5 ml, cada. Em seguida o álcool foi removido por centrifugação (Figura 8B) a 10000 G por 7 minutos, e o resíduo extraído com 2 ml de clorofórmio/metanol (2:1) por três vezes, em banho-maria a 50°C, durante 30 minutos. O sobrenadante (C:M) foi extraído por centrifugação a 10000 G por 5 minutos.

A determinação de proteína foi realizada pelo método da ligação ao corante comassie brilliant blue (BRADFORD, 1976), utilizando-se como padrão albumina sérica bovina e as concentrações foram expressas em mg g^{-1} de matéria fresca. A quantificação das amostras foi feita em espectrofotômetro modelo Cary 60 (Agilent) no comprimento de 595 nm.



Figura 8. Homogeneizador (A), centrífuga (B) e espectrofotômetro (Cary 60) (C) utilizados nas análises bioquímicas das mudas de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade, e a resposta à salinidade foi avaliada por meio da análise de regressão, com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 9 mostra as plantas aos 77 dias após a irrigação com água salina.

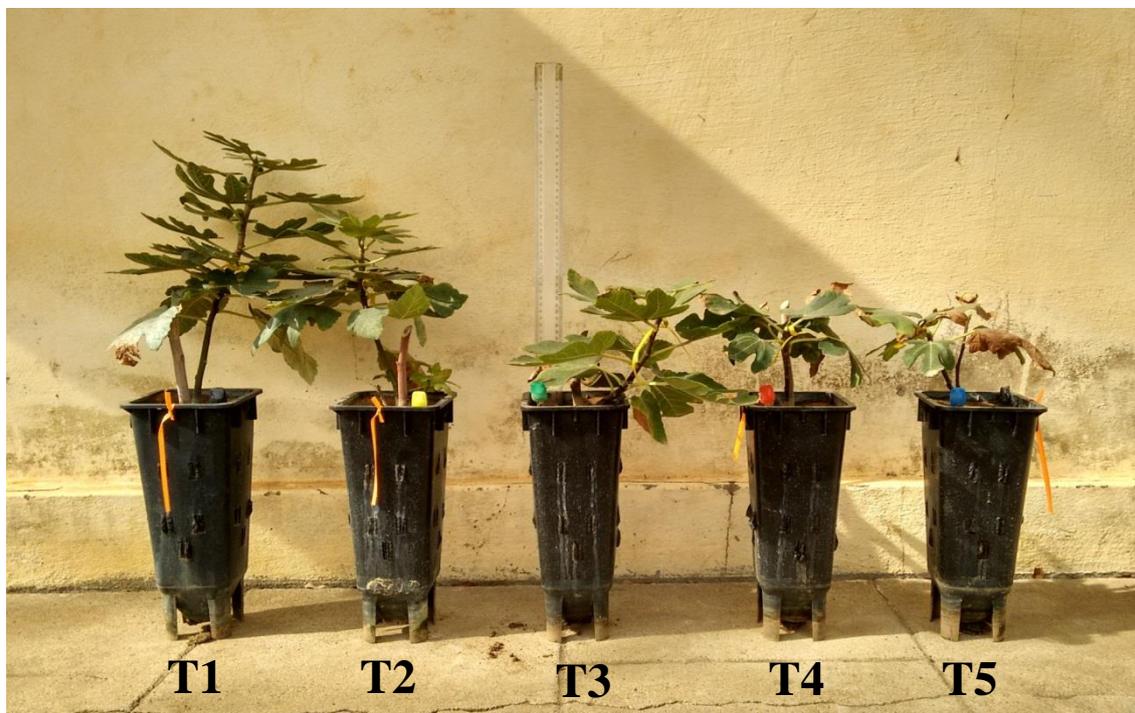


Figura 9. Mudanças de figueira irrigadas com água salina, Mossoró-RN, UFERSA, 2017.

Os dados da análise química do substrato de cada tratamento ao término do experimento são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Característica química do solo após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamento	pH	CE	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC		V
												efetiva	a pH 7	
	água	dS m ⁻¹	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%			
T1	8,18	0,34	17	137	8,80	11,1	35,7	18,6	0	12,37	74,15	74,15	86,529	85,7
T2	8,01	0,65	16	766	13,8	23,2	38,8	26,8	0	9,9	102,6	102,61	112,51	91,2
T3	8,14	1,60	15	548	11,4	32,7	36,1	26,2	0	9,08	106,4	106,41	115,49	92,1
T4	8,05	1,98	22	689	9,1	40,7	29,1	40,5	0	10,72	119,5	119,47	130,19	91,8
T5	8,09	2,37	21	578	6,8	46,1	28,6	21,6	0	12,37	103,1	103,13	115,50	89,3

Verificou-se com a análise de variância, que não houve efeito significativo dos níveis de salinidade sobre a clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total) e carotenoides (CAR) de mudas de figueira aos 80 dias de irrigação com água salina (Tabela 4). Observou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os açúcares solúveis (AS), proteínas solúveis (PS) e prolina (PRO) nas mudas de figueira submetidas ao estresse salino (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da ANOVA para clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total), carotenoides (CAR), açúcares solúveis (AS), proteínas solúveis (PS) e prolina (PRO) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	QUADRADO MÉDIO						
	Cl a	Cl b	Cl total	CAR	AS	PS	PRO
Salinidade	0,0168 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,0439 ^{ns}	208004,1 ^{ns}	0,0057 ^{**}	61,6 ^{**}	55122 ^{**}
Reg. Linear	0,0170 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0414 ^{ns}	269997,3 ^{ns}	0,0214 ^{**}	206,9 ^{**}	177482 ^{**}
Reg. Quadrática	0,0222 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,0531 ^{ns}	132612,7 ^{ns}	0,0007 [*]	21,9 [*]	36834 ^{**}
Erro	0,0144	0,0103	0,0350	840659,2	0,0001	2,61	1166
CV (%)	24,53	30,53	21,79	31,16	9,53	25,16	23,85
Média Geral	0,4893	0,3327	0,8588	2942,33	0,1180	6,42	143,16

^{*}, ^{**} significativo a 5% e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. CV: coeficiente de variação.

Aos 80 dias de irrigação com água salina, as mudas de figueira apresentaram um ajuste linear com incremento de 57,48% (869,22 mg g⁻¹) no teor de açúcares solúveis quando submetida à maior severidade de estresse (6,0 dS m⁻¹) comparada as mudas do tratamento de menor CE (0,5 dS m⁻¹) (Gráfico 13). Houve um aumento de 14,37% no teor de açúcar solúvel para cada unidade de CE (dS m⁻¹) acrescentada na água da irrigação das mudas de figueira.

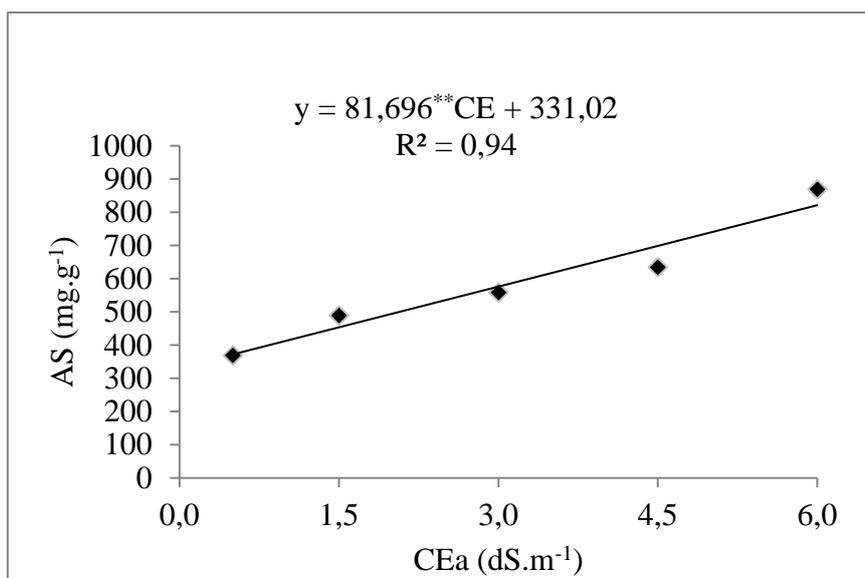


Gráfico 13. Açúcares solúveis (AS) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

O acúmulo de açúcares nas plantas irrigadas com água salina deve-se ao ajuste osmótico, como forma de amenizar os efeitos deletérios provocados pelo sal. Os solutos são acumulados nas células para baixar o seu potencial hídrico a fim de conseguir extrair água da solução do solo. Chiconato (2016) relata que na tentativa de amenizar os efeitos prejudiciais do sal, as plantas podem produzir compostos que atuarão em diversas funções e entre elas está o ajuste osmótico. As plantas se ajustam osmoticamente acumulando solutos orgânicos que pode ser explicado pelo baixo potencial hídrico foliar da mesma (MOURA et al., 2016).

O aumento da salinidade provocou a queda do potencial hídrico e afetou a disponibilidade de água para as mudas de figueira, que aos 80 dias de irrigação com água salina, aumentaram em 2,4 vezes o teor de açúcares solúveis em suas folhas quando submetidas à irrigação com CE de 6,0 dS m⁻¹. Parida e Das (2005) relatam que o aumento do teor de carboidratos tem papel fundamental na regulação osmótica e manutenção dos níveis de água nas folhas.

Nascimento et al. (2015) registrou aumento de carboidratos com o aumento da salinidade aos 60 dias de irrigação em mudas jatobá e Lima et al. (2017) em mudas de coqueiro anão aos 120 dias de irrigação salina.

O aumento da salinidade na água de irrigação aumentou expressivamente o teor de proteínas solúveis das mudas de figueira, ajustando-se ao modelo linear (Gráfico 14), apresentando um incremento de 88,32% (0,2809 mg g⁻¹) nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (6,0 dS m⁻¹) em relação às mudas com menor CE (0,5 dS m⁻¹), ou

seja, um aumento linear de 22,08% para o acréscimo de cada unidade de CE na água de irrigação.

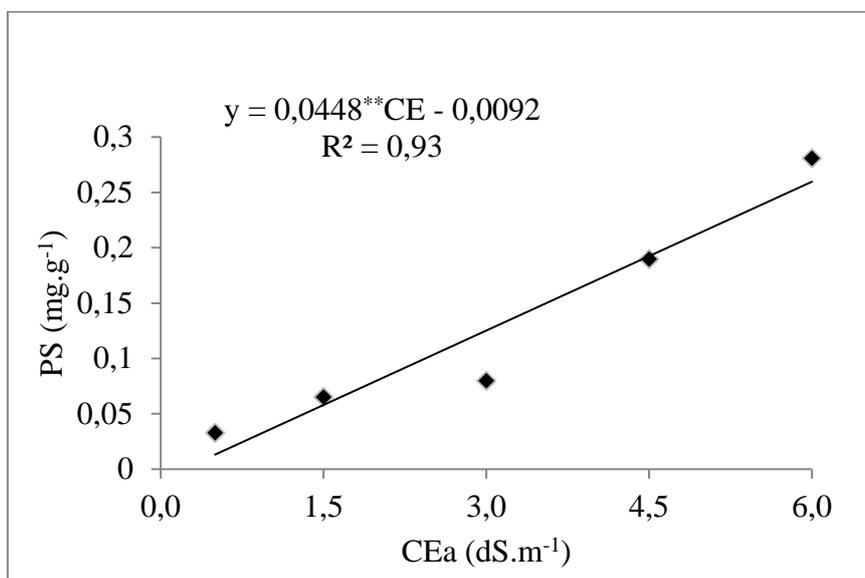


Gráfico 14. Proteínas solúveis (PS) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

As mudas de figueira irrigadas com o maior nível de salinidade (6,0 dS m⁻¹), aos 80 dias de irrigação salina na condição de semiárido, acumularam 8,6 vezes mais proteínas em relação as plantas do tratamento controle, o que pode ser entendido como um ajuste osmótico, visto que nesse nível de salinidade as plantas também apresentaram os menores valores de potencial hídrico.

Uma das respostas das plantas à salinidade é o acúmulo de proteínas no interior da célula (TURKAN, 2011). Através dessa estratégia, a planta pode manter os níveis de água nas folhas e o equilíbrio osmótico das células (LOBATO et al., 2008). Estudos relacionando a participação das proteínas nos processos de proteção contra a desidratação revelaram que algumas plantas acumulam proteínas no apoplasto após a exposição a fatores estressantes, como a salinidade (SUBBARAO, 2000).

Em mudas de jatobá aos 60 dias de irrigação com água acrescida de NaCl, Nascimento et al. (2015) também observaram acúmulo de proteínas com o incremento dos níveis de salinidade. Mudanças de noni também apresentaram comportamento linear semelhante, ao observado nessa pesquisa, apresentando aumento no teor de proteína nas mudas irrigadas por 60 dias, com as mesmas concentrações de salinidade (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) empregadas nessa investigação científica (SOUZA, 2014).

Houve efeito linear da elevação da CE da água de irrigação para o teor de prolina (Gráfico 15) nas mudas de figueira aos 80 dias de irrigação. Verificou-se um intenso incremento de 85,51% ($340,51 \mu\text{mol L}^{-1}$) nas plantas submetidas a $6,0 \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$ em relação as plantas ($49,35 \mu\text{mol L}^{-1}$) sob CE de $0,5 \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$. Para cada unidade de CE adicionada na água de irrigação houve um aumento linear de prolina de 21,38%.

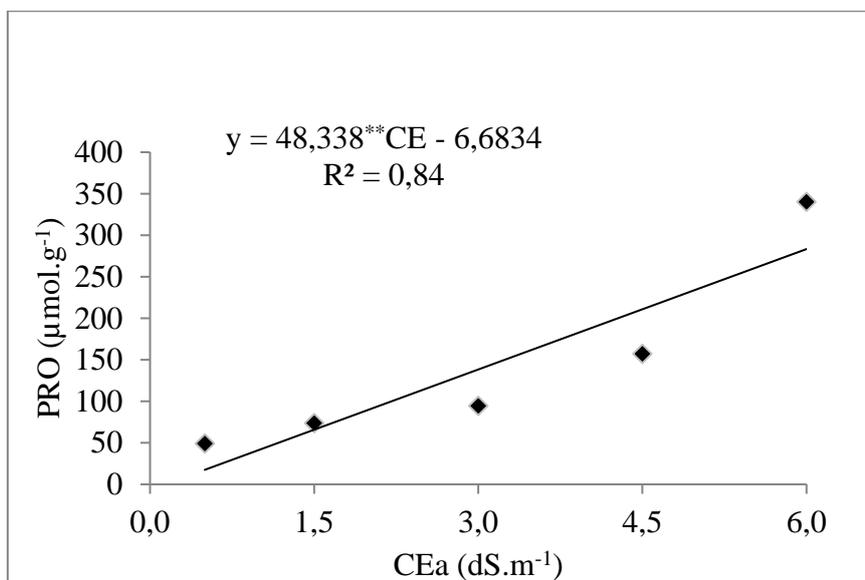


Gráfico 15. Prolina (PRO) em mudas de figueira aos 80 dias de irrigação salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Foi observado nas mudas de figueira irrigadas com salinidade de $6,0 \text{ d.Sm}^{-1}$, aos 80 dias de irrigação, um acúmulo de 6,9 vezes mais prolina que as mantidas com irrigação de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, o que caracteriza um ajuste osmótico, através do acúmulo desse osmólito na tentativa de manter o conteúdo de água nas células.

O acúmulo de prolina em plantas sob estresse salino é conhecido como um mecanismo adaptativo ao estresse (HASANUZZAMAN et al., 2014). A planta sob estresse salino tende a produzir este aminoácido na tentativa de ajustar osmoticamente suas células (CHICONATO, 2016). Sob estresse, a produção de prolina é aumentada na tentativa de suprir a necessidade de ajuste osmótico das plantas (SZABADOS et al., 2011). Vários estudos científicos apontam que plantas que acumulam esse aminoácido apresentam maior capacidade de tolerar estresses ambientais (SILVA et al., 2008; 2010; ESTEVES; SUZUKI, 2008; LARCHER, 2006; TURKAN, 2011).

Aos 110 dias de irrigação com água salina ($0,5$; $1,5$; $3,0$; $4,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$), mudas de noni, apresentaram o mesmo comportamento que o observado nesse trabalho,

sendo verificado acúmulo de prolina com o aumento da salinidade (SOUZA et al., 2014). Mudanças de jatobá também apresentaram acúmulo de prolina com o incremento da salinidade na água de irrigação (NASCIMENTO et al., 2015).

4. CONCLUSÃO

A salinidade afetou as propriedades bioquímicas de mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”.

Houve ajuste osmótico nas mudas de figueira cv. “Roxo de Valinhos”, por meio do acúmulo de solutos orgânicos (açúcares, proteínas e prolina) nas folhas, com o aumento da salinidade na água de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ARNON, D. J. Cooper enzymes in isolated chloplast: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, Limerick, v. 166, p. 3-16, 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 21 de set. 2016.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, 39:205-207, 1973.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.
- CARPICI, E. B.; CLIK, N.; BAYRAM, G. The effects of salt stress on the growth, biochemical parameter and mineral element content of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. **African Journal of Biotechnology**, Bowie, v. 9, n. 41, p. 6937-6942, 2010.
- CHICONATO, D. A. Estresse salino em plantas jovens de cana-deaçúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas. Jaboticabal, 2016. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal. 2016.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari – ES, 2011.
- ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.4, p.662-679, 2008.
- GANDONOU, C. B. et al. Effects of NaCl on Na⁺, Cl⁻ and K⁺ ions accumulation in two sugarcane (*Saccharum* sp.) cultivars differing in their salt tolerance. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, Ilhas Vitória, v. 3, p. 155-162, 2011.
- GUERZONI, J. T. S. et al. Stress induced D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) gene confers tolerance to salt stress in transgenic sugarcane. **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, v. 36, p. 309–2319, 2014.
- HAMAM, K. A.; NEGIM, O. Evaluation of wheat genotypes and some soil properties under saline water irrigation. **Annals of Agricultural Sciences**, Cairo, v.59, n.2, p.165-176, 2014.
- HASANUZZAMAN, M. et al. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **BioMed**

Research Internatinal, Juazeiro do Norte, v. 1, p. 1-17, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2014/757219>>

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2004, 452p.

LACERDA, C. F. et al. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 270-284, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Ed. Rima, 2006. 531 p.

LIMA, B. L. C. et al. Physiological and ionic changes in dwarf coconut seedlings irrigated with saline water. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.21, n.2, p.122-127, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p122-127>

LOBATO, A. K. S. et al. Biochemical and physiological behavior of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. under stress during the vegetative phase. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.7, n.1, p.44-49, 2008.

MOURA, A. R. et al. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, abr.-jun., 2016.

NASCIMENTO, H. H. C. et al. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 75-87, 2001.

PARIDA, A. O.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

RAHIL, M.; HAJJEH, H.; QANADILLO, A. Effect of saline water application through different irrigation intervals on tomato yield and soil properties. **Open Journal of Soil Science**, Wuhan, v.3, p. 143-147, 2013.

RIBEIRO, P. H. P. et al. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 233-247, 2016.

SILVA, E.C.R. et al. Physiological responses to salt stress in young umbu. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, n.1, p.147-157, 2008.

SILVA, E.N. et al. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, n.10, p.1130-1137, 2010.

SOUZA, M. C. M. R. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico. Fortaleza, 2014. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e drenagem).

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2014.

SOUZA, M. C. M. R. et al. Influência da matéria orgânica e do ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 3, p. 704- 712, Setembro 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-319/13>

SOUZA, O. P.; MELO, B.; MANCIN, C. A. cultura da figueira. Disponível em http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/figo.html#_Toc42603257 2015. Acesso em: 19 junho de 2016.

SUBBARAO, G.V. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. **Journal of Plant Physiology**, v.157, n.6, p.651-659, 2000.

SZABADOS, L. et al. Plants in Extreme Environments: Importance of Protective Compounds in Stress Tolerance. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 105-150, 2011.

TURKAN, I. Plant responses to drought and salinity stress: developments in post-genomic Era. In: TURKAN, I. (Ed) *Advances in botanical research*. London: Elsevier, 2011. p.105-150. v. 57.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. *Experiments in Plant Physiology*. New York, Van Nostrand Company, p.55-58, 1971.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plants extracts by antrone. **Biochemical Journal**, [S1], v. 57, p. 508-514, 1954.

ZIA, A. et al. Salinity tolerance and site of K⁺ accumulation in four maize varieties grown in Khyber Pakhtoonkhwa region of Pakistan. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v.5, n.25, p. 6040-6047, 2011.