



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

JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

**TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRAS (*Punica  
granatum* L.)**

MOSSORÓ

2017

JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

**TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRAS (*Punica  
granatum* L.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação, Propagação de Plantas e Tecnologia de Sementes.

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)  
Setor de Informação e Referência (SIR)

AA447 Almeida, João Paulo Nobre de.  
TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRAS  
(*Punica granatum* L.) / João Paulo Nobre de Almeida. - 2017.  
99 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa  
de Pós-graduação em Fitotecnia, 2017.

1. Dormência. 2. Germinação. 3. Luminosidade. 4. Salinização. 5.  
Propagação. I. Mendonça, Vander, orient. II. Título.

JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

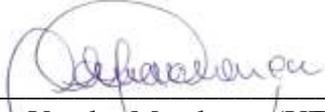
**TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRAS (*Punica granatum* L.)**

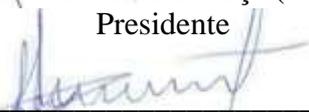
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para a obtenção do grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

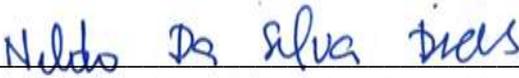
Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação, Propagação de Plantas e Tecnologia de Sementes.

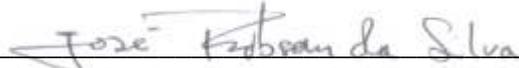
Defendida em: 29/09/2017

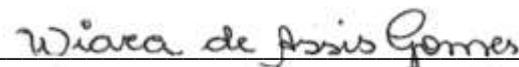
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Nildo da Silva Dias (UFERSA)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Pesquisador Dr. José Robson da Silva (EMPARN)  
Membro Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Wiara de Assis Gomes (UFRN)  
Membro Examinador

Aos meus Pais, que foram o instrumento para concretizar o precioso dom que recebi do universo: “A VIDA”. Todo esforço seria inútil sem o amor incondicional de vocês.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças interior para desenvolver esse trabalho, por todas as portas abertas e por me amparar nos momentos difíceis.

À Universidade Federal Rural do Semi-árido, em especial ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de cursar o Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e pelo incentivo a pesquisa.

À toda minha família e amigos pelo carinho, que compartilharam da minha caminhada. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

Agradeço a minha Namorada Cydianne Cavalcante por contribuir também na construção desse projeto, pelo carinho, compreensão, amor e solidariedade inefável.

Embora não esteja mais presente fisicamente entre nós, agradeço ao meu amigo e irmão Geraldo Silvério Monteiro (*in memoriam*) pelo carinho e principalmente pelo incentivo nas minhas pesquisas. Lembrarei para sempre a pessoa maravilhosa que você foi e o privilégio que foi conhecê-lo. Saudades eternas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vander Mendonça, pela simplicidade de sua sabedoria, pela paciência, pelo apoio que sempre me deu na realização desse trabalho e principalmente pela sua amizade.

Aos componentes da banca examinadora, Prof. (a) Dr. (a) Luciana Freitas, Nildo Dias, José Robson da Silva e Wiara Gomes pelas observações e contribuições dadas ao trabalho.

Aos amigos de auxílio à pesquisa, Sidene, Raulino, Rivanildo, Luilson, Anderson, Luana, Wilma e todo ao grupo de Fruticultura que compartilharam os prazeres e dificuldades desta jornada com os quais convivemos durante tantas horas e carregamos a marca de experiências comuns no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos do Doutorado com quem tive sorte de dividir momentos ímpares, de alegria, de distração, que confiaram e torceram por mim: Emanoela, Sidene, Renato Leandro, Tony, Rivanildo e demais colegas.

Ào Prof. (a) Dr. Jeferson Luiz Dallabonna Dombroski por me receber de forma muito atencioso em seu laboratório e aos amigos Rivanildo, Moadir e Fernando na realização das análises fisiológicas e bioquímicas.

E a todos que não mencionei aqui, mas que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado. Muito obrigado!

"Por mais árdua que seja a luta, por mais distante que um ideal se apresente, por mais difícil que seja a caminhada, existe sempre uma maneira de vencer: A Nossa Fé."

*(Autor Desconhecido)*

## RESUMO

As informações sobre a formação de mudas e crescimento inicial da romãzeira (*Punica granatum* L.) são escassas nas condições do semiárido nordestino. Neste sentido, foram realizados três experimentos com romãzeiras, objetivando determinar os procedimentos adequados para uma produção de mudas de qualidade e verificar sua adaptação aos estresses abióticos nas condições semiáridas. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA, Campus Mossoró - RN). No primeiro experimento objetivou-se avaliar a superação de dormência, a emergência e o crescimento inicial de plântulas de romãzeira após diferentes tratamentos pré-germinativos nas sementes. Os tratamentos aplicados nas sementes foram: testemunha (remoção da sarcotesta); embebição das sementes em água destilada durante 24, 48, 72 e 96 h; imersão das sementes em hipoclorito de sódio (NaClO) durante 5, 10, 15 e 20 min; imersão em ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>; imersão em ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) durante 5, 10, 15 e 20 min; imersão em água quente a 80°C durante 2, 4, 6 e 8 min, perfazendo 20 tratamentos, arranjados em um delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições de 25 sementes, totalizando 80 parcelas experimentais. A embebição das sementes em água por 72 e/ou 96 horas, e a imersão em ácido giberélico foram eficientes na superação da dormência das sementes de romãzeira. No segundo experimento foram avaliados a adaptação e o desempenho fisiológico em mudas de romãzeiras em função das doses de polímero hidrotentor em diferentes níveis de sombreamento. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, sendo três concentrações de hidrogel (0, 1 e 2 g kg<sup>-1</sup>) e dois níveis de sombreamento (pleno sol e atenuação de 50% da radiação solar) e quatro repetições. Não houve influência do uso do polímero hidrotentor no crescimento e biomassa seca em mudas de romãzeiras em função do seu ambiente de cultivo. As mudas apresentaram melhores parâmetros de crescimento e alocação de massa seca quando sombreadas. No terceiro experimento, objetivou-se estudar o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o crescimento, fisiologia, bioquímica e tolerância das mudas de romãzeiras à salinidade. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos (CEa de 0,6; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco repetições. As salinidades da água de irrigação até a CE 6,0 dS m<sup>-1</sup> não influenciaram a qualidade de mudas de romãzeiras, apresentando mudas aptas para o plantio. Levando em consideração o critério de avaliação de tolerância à

salinidade, as mudas de romãzeiras nas condições de semiárido se apresentaram tolerante aos efeitos da salinidade até a CE de 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Em condição de estresse salino, a romãzeira apresenta tolerância adaptativa com a sua atividade fotossintética e eleva o acúmulo de prolina e açúcares solúveis em suas folhas nas condições semiáridas.

**Palavras-Chave:** Dormência. Germinação. Luminosidade. Salinização. Propagação.

## ABSTRACT

Information about seedlings formation and initial growth of the pomegranate (*Punica granatum* L.) is scarce in the northeastern semiarid conditions. Because of this, three experiments were carried out with pomegranates, aiming to determine the appropriate procedures for the production of seedlings with good quality and to verify its ability to adapt to the abiotic stresses in semi-arid conditions. The experiments were conducted at the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA, Mossoró Campus - RN). In the first experiment the objective was to evaluate a dormancy overrun, an emergence and an initial growth of pomegranate seedlings after different pre-germination treatments in the seeds. The treatments applied in the seeds were: control (removal of the sarcotesta); Soaking the seeds in distilled water for 24, 48, 72 and 96 hrs; immersion of the seeds in sodium hypochlorite (NaClO) for 5, 10, 15 and 20 min; immersion in gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) at the concentrations of 250, 500 and 1000 mg L<sup>-1</sup>; immersion in concentrated sulfuric acid (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) for 5, 10, 15 and 20 min; Immersion in hot water at 80 °C for 2, 4, 6 and 8 min, totaling 20 treatments, arranged in a randomized complete block design with 4 replications of 25 seeds, a total of 80 plots. The soaking of the seeds in water for 72 and / or 96 hours and immersion in gibberellic acid were effective in breaking dormancy of pomegranate seed. In the second experiment the adaptation and the physiological performance in pomegranate seedlings were evaluated as a function of the doses of water-retaining polymer at different levels of shading. A randomized block design was used in a 3x2 factorial scheme, with three hydrogel concentrations (0, 1 and 2 g kg<sup>-1</sup>) and two levels of shading (full sun exposure and 50% attenuation of solar radiation) and four replications. There was no influence of the use of the hydroentering polymer on growth and dry biomass in pomegranate seedlings as a function of their growing environment. The seedlings showed better growth parameters and dry mass allocation when shaded. In the third experiment, the objective was to study the effects of salinity levels of water used on irrigation on the growth, physiology, biochemistry and tolerance of the pomegranate seedlings to the salinity. A randomized block design with five treatments (CEa of 0.6; 3.0; 6.0; 9.0; 12.0 dS m<sup>-1</sup>) and five replications was used. The salinities of irrigation water up to EC 6.0 dS m<sup>-1</sup> did not influence the quality of pomegranate seedlings, presenting planting suitable for planting. Taking into account the criterion of evaluation of tolerance to salinity, the pomegranate seedlings in the semi-arid conditions were resilient to the salinity effects until the EC of 6.0 dS m<sup>-1</sup>. In the condition

of saline stress, the pomegranate exhibits adaptive tolerance with its photosynthetic activity and elevates the accumulation of proline and soluble sugars in its leaves in the semi-arid conditions.

**Key words:** Dormancy. Germination. Brightness. Salinization. Propagation.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

**FIGURA 1.** Frequência relativa da emergência de plântulas de romãzeiras (*Punica granatum* L.) oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....43

### CAPÍTULO IV

**FIGURA 1.** Comprimento da parte aérea - CPA (A), comprimento total – CT (B) e diâmetro do caule – DC (C) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....78

**FIGURA 2.** Massa seca do caule - MSC (A), Massa seca da folha – MSF (B), Massa seca da raiz –MSR (C) e Massa seca total – MST (D) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....79

**FIGURA 3.** Relação raiz e parte aérea – MSR/MSPA (A) e Índice de qualidade de Dickson – IQD (B) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....80

**FIGURA 4.** Fotossíntese – A (A), condutância estomática – gs (B), transpiração – E (C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> – CI (D) de mudas de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....83

**FIGURA 5.** Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em mudas de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....86

**FIGURA 6.** Açúcares solúveis (A) e prolina (B) em mudas de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....88

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

<b>TABELA 1.</b> Emergência (%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de romãzeiras ( <i>Punica granatum</i> L.) submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos.....	39
<b>TABELA 2.</b> Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz (CSR), total (CT), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e relação raiz/parte aérea (RRPA) de plântulas de romãzeiras ( <i>Punica granatum</i> L.) oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos.....	44

### CAPÍTULO III

<b>TABELA 1.</b> Análise química do substrato utilizado para produção de mudas de romãzeiras.....	54
<b>TABELA 2.</b> Resumo da ANOVA para o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras em função do ambiente e doses do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	57
<b>TABELA 3.</b> Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras em função do ambiente. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	58
<b>TABELA 4.</b> Resumo da ANOVA para fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	60
<b>TABELA 5.</b> Médias para a fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras em dois ambientes de cultivo. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	60

<b>TABELA 6.</b> Médias para a fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras em função das doses do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	62
---	----

#### **CAPÍTULO IV**

<b>TABELA 1.</b> Análise química do substrato utilizado para produção de mudas de romãzeiras. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	72
---	----

<b>TABELA 2.</b> Análise de água dos tratamentos utilizados na irrigação das mudas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	73
---	----

<b>TABELA 3.</b> Característica química do substrato após o encerramento do experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2017. ....	73
---	----

<b>TABELA 4.</b> Classificação quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção total da biomassa seca total.....	74
---	----

<b>TABELA 5.</b> Resumo da análise de variância para o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	77
---	----

<b>TABELA 6.</b> Resumo da análise de variância para fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO <sub>2</sub> (CI) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	82
---	----

<b>TABELA 7.</b> Resumo da análise de variância para clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total), carotenoides (CAR), açúcares solúveis (AS) e prolina (PRO) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	85
---	----

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
<b>CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO</b>	
1.1 ORIGEM E DESCRIÇÃO DA CULTURA.....	17
1.2 SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA.....	18
1.3 SOMBREAMENTO.....	19
1.4 HIDROGEL.....	20
1.5 ESTRESSE SALINO.....	21
REFERÊNCIAS.....	24
<b>CAPÍTULO 2 - SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DE ROMÃZEIRA (<i>Punica granatum L.</i>)</b>	
<b>RESUMO.....</b>	<b>32</b>
ABSTRACT.....	33
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
<b>CAPÍTULO 3 - POLÍMERO HIDRORETENTOR NO CRESCIMENTO E NA FISIOLÓGIA DE MUDAS DE ROMÃZEIRA COM DIFERENTES AMBIENTES</b>	
<b>RESUMO.....</b>	<b>51</b>
ABSTRACT.....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

**CAPÍTULO 4 - RESPOSTAS MORFOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E  
BIOQUÍMICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRA IRRIGADA  
COM ÁGUA SALINA**

	<b>RESUMO</b> .....	68
	<b>ABSTRACT</b> .....	69
1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	70
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	72
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	77
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	90
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A introdução de espécies frutíferas exóticas é um novo segmento de importância econômica com potencial para exploração na região semiárida do nordeste brasileiro. Particularmente em relação ao Rio Grande do Norte, onde é dramática a necessidade de gerar oportunidades de emprego e renda para a sua população rural, a fruticultura, pelos aspectos edafoclimáticos e de localização geográfica favorável, pode ser uma oportunidade. Por esta razão, é necessária a introdução de culturas alternativas que apresentem boa aceitação no mercado e que proporcionem boa produção, como é o caso do cultivo da romãzeira.

Espécies exóticas introduzidas no Brasil, como a romãzeira (*Punica granatum* L.), carecem de pesquisas que visam avaliar suas respostas as condições adversas do ambiente, tanto do ponto de vista ecológico como econômico, pois tais informações podem ser úteis na domesticação da espécie quanto a sua adaptação em condição de cultivo. A romãzeira é considerada excelente para o cultivo em zonas áridas e semiáridas, especialmente devido à resistência a condições de baixa precipitação e umidade relativa do ar (ERCISLI, 2004).

Em ambientes áridos e semiáridos, a produtividade agrícola pode ser afetada negativamente por uma série de estresses bióticos e abióticos que influenciam a germinação, o crescimento e o desenvolvimento vegetal. No contexto de exploração sustentável e proteção de plantas, podemos inserir a indução de resistência vegetal, que pode ser vista como de ocorrência natural, ou podendo ser induzida por fatores bióticos ou abióticos, os quais precisam ser decifrados para serem usados na busca de maior produtividade econômica com qualidade (GAZIM, 2005). A influência de diferentes fatores como a dormência de sementes, ambientes com diferenciação de luz, disponibilidade hídrica e salinidade do solo podem comprometer a germinação e a sobrevivência de espécies vegetais.

Uma das razões que impede a germinação é conhecida como o fenômeno da dormência, representada por características do embrião e demais estruturas, incluindo o endosperma e o tegumento (VIVIAN et al., 2008).

O desconhecimento da superação de dormência reduz a capacidade de germinação de um lote, revelando valores baixos de porcentagem de germinação (CORTINES et al., 2010). Diferentes tipos de quebra de dormência, além de favorecer a hidratação, sincronizam e intensificam a germinação e a velocidade com que ela ocorre, facilitam a

análise da viabilidade e do vigor em laboratório e em campo, além de favorecer a formação de mudas precoces e mais uniformes (DAPONT et al., 2014).

Dentre os diversos fatores ambientais capazes de influenciar o processo germinativo e o desenvolvimento de plântulas, a indisponibilidade de água é um dos mais importantes (REIS, 2012).

Uma alternativa capaz de reter água e nutrientes, consiste em adicionar ao solo polímeros hidroretentores, conhecido também como hidrogel agrícola. Esses compostos podem melhorar os atributos do solo como porosidade, capacidade de armazenamento de água e evaporação (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009).

A intensidade luminosa é também um dos fatores que influenciam o desenvolvimento de mudas em fase de viveiro. Influenciando todos os estágios do desenvolvimento vegetal, a luz exerce papel de destaque (SILVA et al., 2007).

Outra adversidade que influencia na resposta de crescimento e adaptação das plantas é a salinidade nos solos. A importância em se estudar a salinidade gera conhecimentos sobre a possibilidade do cultivo em ambientes salinos, como o entendimento dos mecanismos que a planta utiliza para tolerar essa condição de estresse (BHATT et al., 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).

Nesse sentido, a inexistência de informações relacionados com o comportamento germinativo, bem como o desenvolvimento de plantas de romãzeira, justifica que seja verificada a tolerância da espécie as condições de estresses abióticos no semiárido brasileiro.

Com isso, objetivou-se estudar a superação de dormência em sementes de romãzeiras, a sua adaptação e desempenho fisiológico em mudas em função das doses de polímero hidroretentor com e sem sombreamento e o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação na produção das mudas de romãzeiras (*Punica granatum* L.).

## CAPÍTULO I

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 1.1 ORIGEM E DESCRIÇÃO DA CULTURA

A *Punica granatum* L., pertencente à família *Punicaceae* e tem como centro de origem o Oriente Médio. A área de cultivo da romãzeira no mundo é estimada em 300 mil ha, distribuídos principalmente na Índia, China, Irã, Turquia, Estados Unidos da América, Espanha, Egito e Israel, com áreas entre 16 mil e 2.400 ha. Estes são os maiores países em termos de desenvolvimento das exportações, pesquisas, produção, desenvolvimento do mercado e novas variedades (QUEIROZ, 2009).

A romãzeira apresenta boa aptidão para o desenvolvimento e produção em regiões de clima subtropical, temperado quente e tropical. A árvore exige temperaturas elevadas na época de maturação dos frutos, suporta bem a seca; no entanto, necessita de umidade e arejamento ao nível das raízes para produzir frutos de boa qualidade (ROBERT et al., 2010). Esta cultura é cultivada em mais de 100 países do mundo, tendo como principal finalidade o consumo *in natura* como fruta fresca. Também tem sua aplicação em clínicas especializadas no campo da medicina moderna (MANICA, 2007), sendo mundialmente conhecida por seu elevado potencial antioxidante devido à presença de compostos fenólicos, os quais são responsáveis pela prevenção de doenças (SALGADO et al., 2012).

Na Espanha, a romã ‘Mollar de Elche’ é a mais popular, destacando-se sobejamente em relação às demais variedades e sendo, a mais cultivada devido às suas características vigorosas, seu rápido crescimento e sua adaptação às condições de clima semiárido (MARM, 2010).

Ao aportar no Brasil, a cultura da romãzeira encontrou condições favoráveis ao seu crescimento vegetativo, florescimento, frutificação e produção de frutos e com isso, despertou interesse em diversos produtores de fruteiras, principalmente no Nordeste; no entanto, dados de área plantada e de produção são escassos. Na cidade de Sousa-PB, encontra-se instalado um dos maiores pomares brasileiros da cultura da romã, com cerca de 70 hectares com o predomínio das variedades ‘Molar’ e ‘Wonderful’, que foram importadas da Califórnia e propagadas por sementes (MOREIRA et al., 2015).

A romã está entre uma das principais frutas exóticas comercializadas na CEAGESP, o que é evidenciado pelo salto de produção nos últimos dez anos de

aproximadamente 37.000 caixas para 406.000 caixas, em 2011 (IBRAF, 2011). Os frutos podem ser consumidos na forma *in natura*, suco, xarope, compotas ou vinho.

## 1.2 SUPERACÃO DE DORMÊNCIA

Em razão da escassez de resultados sobre os fatores que influenciam a germinação, desenvolvimento e estabelecimento da cultura da romãzeira nas condições edafoclimáticas do Brasil é significativo desenvolver estudos acerca das características de adaptação vegetativa da espécie as condições ambientais da Caatinga, necessitando assim, de ferramentas e estudos para domesticar a espécie às exigências climáticas da região. Neste sentido, a fase de propagação e aquisição de mudas, inicialmente é fundamental para o estabelecimento da cultura em campo. Todavia, o conhecimento a respeito da propagação seminífera da romãzeira e as suas técnicas de produção de mudas vigorosas são bastante escassos nas condições climáticas locais, necessitando de estudos preliminares nesses estágios.

A dormência pode ser um obstáculo na produção de mudas, pois as sementes ficam sujeitas a condições adversas, graças à demora na germinação (DALANHOL et al., 2013) e ao mesmo tempo, as mudas ficam desuniformes acarretando grandes perdas (CARDOSO, 2008).

Nesse sentido, há necessidade de estudos relacionados com a germinação de espécies exóticas à condição de estresses artificiais como ferramenta para avaliar os limites de sobrevivência (GUEDES et al., 2011) e também, conhecer se a espécie possui dormência e quais as técnicas mais recomendadas para acelerar e uniformizar a sua emergência.

A dormência é um processo que distribui a germinação no tempo para garantir que algumas sementes encontrem ambientes favoráveis para germinação e desenvolvimento pós-seminal, sendo considerado um mecanismo natural de sobrevivência de algumas espécies de vegetais (BENEDITO et al., 2008; SENA; GARIGLIO, 2008).

A dormência das sementes pode ter diversas causas, de modo que, para cada tipo e condição na qual as sementes estão inseridas haverá um ou mais métodos adequados e eficientes para sua superação (ZAIDAN; BARBEDO, 2004).

As principais causas da dormência são impermeabilidade do tegumento, imaturidade fisiológica do embrião, presença de substâncias inibidoras, embrião

dormente e combinação de causas, uma vez que pode haver na mesma espécie mais de uma causa de dormência (VIEIRA; FERNANDES, 1997).

Particularmente, em relação as sementes de romãzeiras, estas possuem uma mucilagem que vir a comprometer a porcentagem de germinação. A mucilagem pode prejudicar a germinação e desenvolvimento das plântulas por favorecer o desenvolvimento de microrganismos ou conter substâncias inibidoras de germinação (CARMONA et al., 1994). Assim, a presença de mucilagem envolta às sementes requer operações de beneficiamento para eliminação da mesma (ALVES et al., 2009). A remoção da sarcotesta de sementes da romãzeira pode ser feita por métodos físicos, químicos e mecânicos (LOPES et al., 2001).

O processo mais comum de eliminação de mucilagem em várias espécies consiste em sua fermentação (ALVES et al., 2009). De acordo com Silva (2000), a fermentação vem sendo empregada há muito tempo, com o objetivo de degradar o envoltório gelatinoso que recobre as sementes, facilitando a lavagem.

O tempo de fermentação das sementes varia conforme a espécie e temperatura (SILVA, 2000), sendo por volta de três dias para sementes de romã (*Punica granatum* L.) (LOPES et al., 2001).

### 1.3 SOMBREAMENTO

A utilização de sombreamento é uma importante técnica na formação de mudas frutíferas, pois afeta diretamente o crescimento da planta e posteriormente a formação do pomar (ZANELLA; SONCELA; LIMA, 2006). Em muitos viveiros a produção de mudas tem sido realizada em pleno sol, visando melhorar a adaptação das plantas às condições de campo e economizar na estrutura (QUEIROZ et al., 2015). Por outro lado, tradicionalmente, muitos viveiristas utilizam a tela de 50% de sombreamento na formação das mudas. Nesse sentido, o critério a ser adotado vai depender da espécie a ser produzida, pois segundo David e Silva (2008) sabe-se que, cada espécie comporta de maneira diferente no que se refere à luminosidade.

O sombreamento artificial realizado através do uso de telas do tipo “sombrite” é um método muito utilizado no estudo das necessidades luminosas das diferentes espécies em condições de viveiro, por ser uma prática capaz de isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa, quando comparadas aos estudos em condições naturais (RÊGO; POSSAMAI, 2006).

A respeito do sombreamento, diversos estudos sobre o crescimento de mudas frutíferas têm sido realizados com a finalidade de testar diferentes condições de luminosidade. Há uma grande diversidade de respostas à intensidade luminosa em espécies frutíferas, como a cultura do café (PAIVA et al., 2003), mamão (COSTA et al., 2009), maracujá (ZANELLA; SONCELA; LIMA, 2006), melancia (OLIVEIRA et al., 2015), entre outras.

Modificações nos níveis de luminosidade a que uma espécie está adaptada pode acarretar diferentes respostas em suas características fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e de crescimento (CARVALHO et al., 2006). A adaptação às baixas luminosidades é uma característica genética, a qual faz com que as folhas apresentem estrutura anatômica e propriedades fisiológicas que as capacitem ao uso efetivo da radiação solar disponível (LARCHER, 2000).

Em geral, as plantas desenvolvem “folhas de sol” e “de sombra”, quando aclimatadas a diferentes níveis de luminosidade (MATOS et al., 2009). Essa adaptação depende do ajuste do aparelho fotossintético das plantas, utilizando eficientemente a luminosidade ambiental, ocorrendo uma adaptação da mesma que pode ser observada através do seu crescimento global (BRAUN et al., 2007)

Por outro lado, a redução do crescimento em altura em pleno sol está associada à elevação da temperatura das folhas e, conseqüentemente, à intensificação da taxa respiratória, o que induziria ao fechamento dos estômatos, reduzindo a fixação de carbono e causando um aumento no consumo de fotoassimilados (GRIME, 1965; KOZLOWSKI et al., 1991).

A exposição prolongada a altas irradiâncias acaba sendo prejudicial às plântulas, pois essas absorvem mais fótons de luz do que podem utilizar, levando ao processo de fotoinibição ou, mesmo a morte da planta (KITÃO et al., 2000).

#### 1.4 HIDROGEL

Uma das técnicas que tem sido recentemente utilizada na produção de mudas é a utilização de polímeros agrícolas hidrotentores. O uso desses polímeros minimizam problemas vinculados à deficiência hídrica pós-plantio (DRANSKI et al., 2013), com vistas a aumentar a capacidade de retenção de água em substratos para mudas, propiciando melhor qualidade (MARQUES; BASTOS, 2010).

Os polímeros hidroretentores é um produto sintético derivado do petróleo, que apresenta propriedades físico-químicas que o tornam capaz de reter água e nutrientes. Sua utilização na agricultura tem assumido grande importância, principalmente em relação às suas propriedades de armazenamento e disponibilidade de água para as plantas (AZEVEDO et al., 2002), o que tem sido muito difundido na agricultura, na produção de mudas olerícolas e frutíferas.

Diversas pesquisas com o uso de gel hidroretentor em espécies florestais, tem sido realizada objetivando favorecer o plantio de espécies florestais ao longo de todo o ano, mesmo durante a estação de secas, pela irrigação mais qualificada das mudas; reduzir as quantidades de água aplicadas na irrigação; reduzir as perdas de mudas e aumentar assim a sobrevivência no plantio (FOELKEL, 2017).

Como a maioria das tecnologias, o uso de hidroretentores, quando mal executado pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e por isso, o seu uso correto depende da realização de pesquisas, sendo necessário determinar a dose a ser utilizada, as fases do cultivo em que há resposta e a forma de aplicação em relação às variações no manejo. (NAVROSKI et al., 2015).

Atualmente, relatos na literatura têm mostrado efeitos benéficos da utilização dos polímeros hidroretentores incorporados ao substrato na produção em diversas espécies frutíferas. Essa tecnologia foi testada na manutenção do *status* hídrico de diversas espécies, como o *Cucumis melo L.* (DEMARTELAERE et al., 2009), *Coffea canephora pierre* (ZONTA et al., 2009), *Morus sp* (MOREIRA et al., 2010), *Coffea arabica L.* (MARQUES et al., 2013) e em citros (FERREIRA et al., 2014).

## 1.5 ESTRESSE SALINO

A salinidade é um dos fatores mais importantes de estresse abiótico que restringe o crescimento da planta, afetando a fisiologia e a bioquímica das plantas (KHAN; PANDA, 2008), principalmente as trocas gasosas, condutância estomática, taxa transpiratória e fotossíntese líquida (SOUSA et al., 2014). O excesso de sais no solo, na água de irrigação ou na solução nutritiva prejudicam o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo das plantas pela ação dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos na solução do solo, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (FREIRE et al., 2003; MUNNS; TESTER, 2008).

O estudo da salinidade é importante, por gerar conhecimentos sobre a possibilidade do cultivo da cultura em ambientes salinos bem como o entendimento dos mecanismos que a planta utiliza para tolerar essa condição de estresse (BHATT et al., 2008).

A tolerância e a sensibilidades das espécies à salinidade é variável entre espécies, entre genótipos e mesmo em uma espécie, entre fases de desenvolvimento da mesma, o que permite dizer que a identificação de materiais tolerantes pode utilizadas nas culturas irrigadas com águas salinas, aumentando a disponibilidade hídrica na região semiárida (AYERS; WESTCOT, 1991). A redução no desenvolvimento e crescimento de algumas fruteiras ocasionada pelo uso de águas salinas já foram observadas por diversos pesquisadores (FERREIRA NETO et al., 2007; GURGEL et al., 2007; BRITO et al., 2008; SOUSA et al., 2008; CAVALVANTE et al., 2010; FERNANDES et al., 2011 e SÁ et al., 2013).

Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura se as concentrações de sais são suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância da cultura (DIAS; BLANCO, 2010). O excesso de sais nas plantas pode afetas as funções fisiológicas e bioquímicas, 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).

A capacidade de adaptação das plantas superiores ao estresse salino é de natureza fisiológica, uma vez que as plantas possuindo maior sensibilidade à exposição no meio salino, seja na germinação ou em outras fenofases, são denominadas glicófitas, enquanto as mais tolerantes são as halófitas (FREIRE et al., 2016).

Quanto à ação degenerativa dos sais na germinação, crescimento e produção, as plantas cultivadas são classificadas como sensíveis, moderadamente sensíveis, moderadamente tolerantes e tolerantes ou resistentes (AYERS; WESTCOT, 1991). Quanto maior a concentração de sais na solução do solo, maior será o esforço que a planta terá que fazer para absorver a água e à medida que a planta cresce aumenta a concentração de sais na zona radicular das culturas. (SALAZAR, 2016).

O estresse salino reflete diretamente no processo fotossintético, ocasionando a redução do crescimento e produtividade da cultura (MUNNS, 2011). Um dos estresses secundários decorrentes da salinidade é o estresse oxidativo, especialmente nas folhas, decorrente do descontrole metabólico envolvendo processos importantes como a

fotossíntese, a respiração, a fotorespiração e o metabolismo celular em geral (SALAZAR, 2016).

No contexto geral, os efeitos depreciativos provocados pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares de clorofila e de carotenoides, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a adaptabilidade aos ambientes adversos (CAVALCANTE et al., 2011).

Isso evidencia a necessidade de pesquisas que os produtores possam minimizar os efeitos nocivos dos sais nas plantas, especialmente em regiões semiáridas, aonde geralmente, se utilizam de águas salinas na agricultura (FREIRE et al., 2016). 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 utilização de estratégias de manejo de irrigação com águas salinas poderá aumentar o volume de água destinado à irrigação em regiões semiáridas, além de incrementar a eficiência do uso da água de boa qualidade, garantindo a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas capazes de proporcionar a maximização do potencial agronômico da cultura.

Trabalhos que investiguem o processo germinativo e de desenvolvimento da romãzeira associada com suas respostas fisiológicas e bioquímicas em condições de salinidade é um passo importante para auxiliar na domesticação da espécie nas condições semiárida.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 671-679, 2009.
- ALVES, E. U.; SILVA, K. B., GONÇALVES, E. P.; CARDOSO, E. A.; ALVES, A. U. Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk em função de diferentes períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 761-770, 2009.
- AMORIM, A.V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M.A.; PRISCO, J.T.; LACERDA, C.F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.113-121, 2010.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, PB, UFPB. 1991. 218 p.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.
- BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B.; RIBEIRO, M. C. C.; NUNES, T. A. Superação da dormência de sementes de catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 90-93, 2008.
- BHATT, M. J.; PATEL, A. D.; BHATTI, P. M.; PANDEY, A. N. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in Seedlings of *Ziziphus mauritiana* (RhamnaCEe). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Philadelphia, v. 16, p. 383-401, 2008.
- BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. de S.; Reis, E. F. de. Produção de mudas de café 'conilon' propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, v. 25, n. 3, p.85-91, 2007.

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

CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

CARMONA, R.; REZENDE, L. P.; PARENTE, T. V. Extração química de sementes de gabioba (*Campomanesia adamantium* Camb.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 31-33, 1994.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, p. 351-357, 2006.

CAVALCANTE, L. F., DIAS, T. J., NASCIMENTO, R., FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, p. 699-705, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 251-261, 2010.

CORTINES, E.; BIANQUINI, L. A.; DIAS, A. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, J. Q.; BREIER, T. B. Superação de dormência em sementes da liana *Abrus precatorius* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 17, n. 2, p. 98-103, 2010.

COSTA, E.; SANTOS, L. C. R.; VIEIRA, L. C. R. Produção de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos, ambientes de cultivo e recipientes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 528-537, 2009.

DALANHOL, S. J.; MOMBACH, T. C.; TODERKE, M. T.; NOGUEIRA, A. V.; BORTOLINI, M. F. Dormência em sementes de *Annona cacans* Warm. (Annonaceae). **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. S183-S189, 2013.

DAPONT, E. C.; SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. D.; ALVES, C. Z. ;DUTRA, A. S. Métodos para acelerar e uniformizar a emergência de plântulas de *Schizolobium amazonicum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 598-605, 2014.

DAVID, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008, 175 p.

DEMARTELAERE, A. C.; DUTRA, I; ALVES, S. S. V.; TEÓFILO, T. M. S.; ALVES, S. V. Utilização de polímero hidroabsorvente no meloeiro (*Cucumis melon* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 5-8, 2009.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 537-542, 2013.

ERCISLI, S. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 51, n. 4, p. 419-435, 2004.

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

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P. D.; HOLANDA, J. S.; BLANCO, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1675-1681, 2007.

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

FOELKEL, Celso. **Polímeros Hidroretentores ou Hidrogéis**. Disponível em: [http://www.celsofoelkel.com.br/pinus\\_09.html#seis](http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_09.html#seis). Acesso em 10 de março de 2017.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, M. M. M.; SILVA, A. G.; HENRIQUES, J. S.; ZUZA, J. F. C. Estresse salino e uso de biofertilizantes como mitigadores dos sais nos componentes morfofisiológicos e de produção de glicófitas. **Revista Principia**, n. 29, p. 30-38, 2016.

FREIRE; M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H.; FREIRE, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.227-232, 2003.

GAZIM, Z. C. **Determinação qualitativa e quantitativa dos constituintes químicos do óleo essencial de calêndula (*Calendula officinalis* L. Asteraceae) por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM) e avaliação da atividade antimicrobiana e condições de plantio.** Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de Maringá, 2005. 92 p.

GRIME, J. P. Shade tolerance in flowering plants. **Nature**, v. 208, n. 5006, p. 161-163, 1965.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; J. M.; SANTOS, S. R. N.; COSTA, E. G. Tratamentos pré-germinativos e temperaturas para a germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 33, n. 1, p.131-140, 2011.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L. Uso de águas salinas na produção de mudas enxertadas de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 20, p.16-23, 2007.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Retrospectiva analítica 2010 da cadeia produtiva das frutas.** São Paulo: IBRAF, 2011. 202p

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, vol. 30, n. 1, p. 81-89. 2008.

KITAO, M.; LEI, T.T.; KOIKE, T.; TOBITA, H.; MARUYAMA, Y. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. **Plant Cell and Environment**, v. 23, p. 81-89, 2000.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 1991. 657 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531 p

LOPES, K. P.; BRUNO, R. L. A.; BRUNO, G. B.; AZEREDO, G. A. Comportamento de sementes de romã (*Punica granatum* L.) submetidas à fermentação e secagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 369-372, 2001.

MANICA, I. **Romã (Frutas Nativas e Exóticas)**. Porto Alegre, RS, Cinco Continentes. 2007. 90 p

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 53 - 57, 2010.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2013.

MATOS, F. S.; MOREIRA, C. V.; MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S. Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 3, n. 1, p. 126-134, 2009.

MOREIRA, I. S.; ROCHA, R. H. C.; PAIVA, E. P.; SILVA, H. S.; SOUSA, F. A. Biometria e componentes físico-químicos de romã armazenada sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.2, 2015.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 8, p. 133 - 139, 2010.

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

MUNNS, R. TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-81, 2008.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.

OLIVEIRA, A. M. D.; COSTA, E.; REGO, N. H.; LUQUI, L. L.; KUSANO, D. M.; OLIVEIRA, E. P. Produção de mudas de melancia em diferentes ambientes e de frutos a campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.1, 2015.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, R. G.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 134-140, 2003.

QUEIROZ, S. E. E.; MENDES, G. E. A. G., PEREIRA JÚNIOR, A. M., GUIMARÃES, P. H. S. Efeito do sombreamento na germinação e desenvolvimento de mudas de canzeiro (*Platypodium elegans* Vog). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11 n.22, p.1076, 2015.

QUIROZ, I. **Granados, características generales**. Granados, Perspectivas y Oportunidades de un negocio emergente. Agosto 2009. Fundación Chile, Chile. p. 6-13.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, R. C. R. **Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythina velutina* Willd, (Leguminosae – Papilionoideae), nativa da caatinga**. Doutorado em Botânica. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012. 132 p.

RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L; DIAS, N. S. 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.

ROBERT, P.; GORENA, T.; ROMERO, N.; SEPULVEDA, E.; CHAVEZ, J.; SAENZ, C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 45, n. 7, p.1386-1394, 2010.

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

SALAZAR, A. H. **Tolerância ao estresse abiótico (salinidade e seca) e influência de porta-enxertos na qualidade de frutos em passiflora spp.** Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, 2016. 100 p.

SALGADO, J. M.; FERREIRA, T. R. B.; BIAZOTTO, F. O.; DIAS, C. T. S. Increased Antioxidant Content in Juice Enriched with Dried Extract of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel. **Plants Food for Human Nutrition**, New York, v.67, n. 1, p. 39-43, 2012.

SENA, C. M.; GARIGLIO, M. A. **Sementes Florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento.** Natal: MMA, 2008. 28 p.

SILVA, B. M. S.; LIMA, J. D.; DANTAS, V. A. V.; MORAES, W. S.; SABONARO, D. Z. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 06, p. 1019-1026, 2007.

SILVA, R. F. Extração de sementes de frutos carnosos. In: CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (Ed.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. p. 458-484.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, M. Z. B.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, v.21, p.172-180, 2008.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. Métodos de quebra de dormência de sementes. Piracicaba: IPEF-LCF/ESALQ/USP, **Informativo Sementes** IPEF, São Paulo, 1997.

VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES Jr., M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – Breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de dormência em sementes. *In*: FERREIRA, F. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. Cap. 8. p. 135-146.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Jiparaná/Ro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 880-884, 2006.

ZONTA, J. H.; BRAU, H.; REIS, E. F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* pierre). **Idesia**, Arica, v. 27, n. 1, p. 29-34, 2009.

## CAPÍTULO II

### SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ROMÃZEIRA

#### RESUMO

Do ponto de vista agrícola, a romãzeira é uma cultura em plena expansão, devido as suas características organolépticas e nutricionais, todavia, a espécie apresenta dormência em suas sementes, limitando a germinação e, conseqüentemente, a propagação da espécie. Com isso, objetivou-se avaliar a superação de dormência, a emergência e o crescimento inicial de plântulas de romãzeira após diferentes tratamentos pré-germinativos nas sementes. Os tratamentos aplicados nas sementes foram: testemunha (remoção da sarcotesta); embebição das sementes em água destilada durante 24, 48, 72 e 96 h; imersão das sementes em hipoclorito de sódio (NaClO) durante 5, 10, 15 e 20 min; imersão em ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>; imersão em ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) durante 5, 10, 15 e 20 min; imersão em água quente a 80°C durante 2, 4, 6 e 8 min, perfazendo 20 tratamentos, arranjados em um delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições de 25 sementes, totalizando 80 parcelas experimentais. Durante 35 dias após a semeadura avaliou-se a percentagem de emergência, índice de velocidade, frequência e tempo médio de emergência, comprimento e massa seca da parte aérea, raiz e total e relação raiz parte aérea de plântulas. A embebição das sementes em água por 72 e/ou 96 horas, a imersão em ácido giberélico nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup> foram eficientes para a superação da dormência das sementes de romãzeira. A embebição das sementes de romãzeira em água por 96 horas promove maior emergência, crescimento e acúmulo de massa seca das plântulas em relação aos demais tratamentos pré-germinativos.

**Palavras-chave:** *Punica granatum* L. Embebição. Germinação

## OVERCOMING DORMANCY IN POMEGRANATE SEEDS

### ABSTRACT

From the agricultural point of view, the pomegranate is a growing culture, due to its organoleptic and nutritional characteristics, however, the species presents dormancy in its seeds, limiting its germination ability and, consequently, the propagation of the species. The objective of this study was to evaluate the dormancy overcoming, emergence and initial growth of pomegranate seedlings after different pre-germination treatments in the seeds. The treatments applied in the seeds were: control (removal of the sarcotesta); soaking the seeds in distilled water for 24, 48, 72 and 96 hrs; immersion of the seeds in sodium hypochlorite (NaClO) for 5, 10, 15 and 20 min; immersion in gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) at the concentrations of 250, 500 and 1000 mg L<sup>-1</sup>; immersion in concentrated sulfuric acid (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) for 5, 10, 15 and 20 min; immersion in hot water at 80 °C for 2, 4, 6 and 8 min, comprising 20 treatments, arranged in a randomized complete block design, with 4 replicates of 25 seeds, a total of 80 experimental plots. During the 35 days after sowing, the percentage of emergence, speed, frequency and average time of emergence, length and dry mass of shoot, root and total, and shoot root ratio were evaluated. Soaking the seeds in water for 72 and / or 96 hours, immersion in gibberellic acid at concentrations of 250, 500 and 1000 mg L<sup>-1</sup> were efficient to overcome dormancy of pomegranate seeds. The soaking of pomegranate seeds in water for 96 hours promotes greater emergence, growth and dry mass accumulation of seedlings compared to other pre-germination treatments.

**Key words:** *Punica granatum* L. Soaking. Germination.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Punica granatum* L., pertencente à família *Punicaceae* é conhecida no Brasil como romãzeira. Conhecida no Brasil como romãzeira, o cultivo da *Punica granatum* L. está em plena expansão, tornando-se alvo de pesquisa no País por se tratar de uma espécie com alto potencial para o mercado. Para atender às novas demandas, faz-se necessário expandir a área de produção, para tanto, produzir mudas de qualidade, uniformes e vigorosas (PAIVA et al., 2015a).

Em razão da escassez de dados sobre o desenvolvimento e estabelecimento da cultura da romãzeira no país, há necessidade de pesquisas desde a fase de propagação até a produção e pós-colheita da fruta. Neste sentido, a fase de propagação e aquisição de mudas é fundamental para o estabelecimento da cultura em campo (PAIVA et al., 2015b). Considerando que a espécie pode ser propagada tanto por via sexuada (propagação seminífera) como pela propagação assexuada (estaquia ou enxertia) (LOPES et al., 2001; PAIVA et al., 2015a; PAIVA et al., 2015b), a propagação seminífera é limitada pela presença de uma sarcotesta translúcida, um material gelatinoso que envolve a semente, podendo vir a comprometer sua germinação, tornando-a lenta e desuniforme (LOPES et al., 2001; MELO; SELEGUINI, 2013).

Além da presença da sarcotesta, é cabível que outras propriedades intrínsecas das sementes constituírem, a segunda, e mais importante razão que impede a germinação, o fenômeno da dormência, representada por características do embrião e demais estruturas, incluindo o endosperma e o tegumento (VIVIAN et al., 2008). O desconhecimento de métodos eficientes na superação de dormência pode reduzir a germinação de um lote, (CORTINES et al., 2010). Lopes et al. (2001) verificaram que, mesmo utilizando de técnicas como fermentação e secagem da semente de romãzeira, não se observou emergência superior a 60%. Diante disto, alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando superar a dormência das sementes de romãzeira, utilizando de aplicações exógenas de giberelina, estratificação a frio e submersão em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, porém sem êxito na germinação das sementes (OLMEZ et al., 2007; RAWAT et al., 2010; TAKATA et al., 2014).

Diferentes tipos de quebra de dormência, além de favorecer a hidratação, sincronizam e intensificam a germinação e a velocidade com que ela ocorre, facilitam a análise da viabilidade e do vigor em laboratório e em campo, além de favorecer a formação de mudas precoces e mais uniformes (DAPONT et al., 2014).

Diante da ineficiência dos métodos propostos na literatura, para superação de dormência em sementes de romãzeiras, objetivou-se com esse trabalho avaliar a emergência e o crescimento inicial de plântulas de romãzeira após tratamentos pré-germinativos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a maio de 2014, em casa de vegetação (50% de sombreamento), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN (5°11'31"S e 37°20'40"W, altitude média de 18 m). Para a realização do experimento utilizou-se de sementes de romãzeira cv. Mollar coletadas de frutos maduros adquiridos de cinco estabelecimentos do comércio local. Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, da UFERSA, onde as sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente com um auxílio de uma peneira de malha #¼ para remoção da sarcotesta, posteriormente as sementes foram lavadas em água corrente e secas em papel toalha.

Em seguida, as sementes das distintas localidades de coleta foram homogeneizadas de acordo com o tamanho, de modo a se obter apenas um lote. Posteriormente às mesmas foram separadas em vinte grupos, os quais receberam os tratamentos pré-germinativos: testemunha (nenhum tratamento); embebição das sementes em água destilada durante 24, 48, 72 e 96 h; imersão em hipoclorito de sódio à 10% (NaClO) durante 5, 10, 15 e 20 minutos; imersão em ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>; imersão em ácido sulfúrico P.A. (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) durante 5, 10, 15 e 20 minutos; imersão em água quente a 80 °C durante 2, 4, 6 e 8 minutos, perfazendo 20 tratamentos, arranjados em um delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições de 25 sementes, totalizando 80 parcelas experimentais. Após a aplicação dos tratamentos as sementes foram lavadas em água corrente, e postas para secar em papel toalha, para retirar o excesso de umidade.

A semeadura foi realizada logo após aplicação dos tratamentos pré-germinativos, com as sementes foram dispostas em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato de fibra de coco, sendo colocada uma semente por célula. A irrigação foi realizada diariamente por meio de nebulização intermitente.

A emergência das plântulas de romãzeira foi medida por meio de contagens do número de plântulas normais, ou seja, com os coleóptilos acima do nível do solo, sendo realizadas diariamente, sem que estas fossem descartadas, obtendo-se, portanto, um valor cumulativo. Dessa forma, com o número de plântulas emergidas referentes a cada avaliação, foi calculada a percentagem de emergência (EP) proposta por Labouriau e Valadares (1976), conforme equação 1.

$$EP (\%) = (N * 100)/A \quad (1)$$

Em que:

EP = Percentagem de emergência de plântulas;

N = número de plântulas emergidas e

A= número total de sementes colocadas para germinar.

Apenas a variável porcentagem de emergência de plântula (% EP) foi avaliada em esquema fatorial (tratamentos para superação da dormência x momentos de avaliação – 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dias após a sementeira).

Antes do teste de emergência de plântulas, foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVE) para cada tratamento, somando-se o número de plântulas emergidas a cada dia, divididas pelo respectivo número de dias transcorridos desde a sementeira (MAGUIRE, 1962).

Foram determinados ainda os polígonos da frequência relativa de emergência calculada pela fórmula de Labouriau e Valadares (1976), contabilizando-se o número de plântulas que emergiram por dia, até a última avaliação e contabilizados também o tempo médio de emergência (TME), segundo fórmula citada por Labouriau e Valadares (1976) dos tratamentos com os melhores resultados.

Após avaliação da emergência das plântulas, foram mensuradas o crescimento, sendo computados os tratamentos que tiveram êxito na superação da dormência, promovendo a germinação das sementes e emergência das plântulas. Desse modo, aos 35 dias após a sementeira (DAS) determinou-se o comprimento da parte aérea (CPA) (cm plântula<sup>-1</sup>), medida com uso de uma régua graduada, pela distância entre o solo e o ápice das plantas; comprimento do sistema radicular (CSR) (cm plântula<sup>-1</sup>) medindo com uma régua graduada da distância da primeira raiz até o fim do ápice radicular; o número de folhas (NF), a partir da contagem das folhas maduras. Coletaram-se as plantas para obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA) (g plântula<sup>-1</sup>), matéria seca da raiz (MSR) (g plântula<sup>-1</sup>), matéria seca total (MST) (g plântula<sup>-1</sup>), a partir da coleta do material, foi realizado a partição e acondicionamento em estufa de circulação de ar, a 65°C, para secagem do material que, após 72 horas, foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001 g. A relação raiz/parte aérea (RRPA) foi estimada por meio do quociente entre a matéria seca da raiz pela matéria seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Komolgorov-Smirnov para analisar a normalidade da distribuição. Quando os dados apresentaram-se normais, em um ou ambos os testes, conduziu-se análise de variância e teste de Tukey (5%) para comparação das médias. Para auxílio nas análises estatísticas utilizou-se o programa Assistat 7.6 para realização da ANAVA e teste de Tukey; e o Action 2.4 para os testes de normalidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes submetidas aos tratamentos pré-germinativos, com água quente e ácido sulfúrico obtiveram percentagens de emergência de plântulas e índices de velocidade de emergência, nulos em todos os tempos de avaliação (Tabela 1).

Tabela 1. Emergência (%EP) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de romãzeiras (*Punica granatum* L.) submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamentos	Dias após a sementeira							IVE
	5	10	15	20	25	30	35	
----- % EP -----								
Testemunha	0aB	3bB	33 cdA	43 bcA	44 bcA	48 bcA	55 bcdA	0,68 d
Embebição 24h	0aB	14 bB	53bcA	62 bcA	63 bcA	63 bcdA	63 bcA	1,16 c
Embebição 48h	0aB	14 bcB	75 abA	68 abA	69 abA	69 abA	69 abcA	1,13 c
Embebição 72h	0aC	29 abB	70 abA	71 abA	73 abA	73 abA	73 abA	1,57 ab
Embebição 96h	0aC	45 aB	90 aA	93 aA	94 aA	95 aA	95 aA	1,80 a
NaClO <sub>5</sub> '	0aB	0bB	16 deAB	25 cdAB	29 cdA	31 cdA	33 deA	0,41 de
NaClO <sub>10</sub> '	0aC	0bC	11 deBC	29 cdAB	33 cdAB	36 cdAB	43 cdeA	0,52 de
NaClO <sub>15</sub> '	0 aA	0bA	1eA	6dA	12 dA	14 dA	19 eA	0,21 e
NaClO <sub>20</sub> '	0aB	0bB	19 deAB	29 cdA	33 cdA	35 cdA	40 cdeA	0,63 d
GA <sub>3</sub> 250 mg L <sup>-1</sup>	0aB	8bB	56 bcA	73 abA	73 abA	74 abA	74 abA	1,10 c
GA <sub>3</sub> 500 mg L <sup>-1</sup>	0aB	11 bB	58 bcA	71 abA	76 abA	78 abA	78 abA	1,17 bc
GA <sub>3</sub> 1000 mg L <sup>-1</sup>	0aB	9bB	58 bcA	74 abA	74 abA	75 abA	75 abA	1,23 bc
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> O 80°C 2'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> O 80°C 4'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> O 80°C 6'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
H <sub>2</sub> O 80°C 8'	0bA	0cA	0fA	0eA	0eA	0eA	0fA	0,00 f
CV (%)	-----31,03-----							17,14

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

Este fato pode ter ocorrido devido o tempo de exposição das sementes ao ácido e a água quente, tempo suficiente para comprometer o eixo embrionário, causando assim morte do embrião. Resultados similares foram obtidos por Lopes et al. (2009) e

Menegazzo et al. (2012), em sementes de umbuzeiro e pinha (*A. squamosa* L.), nas quais também se verificou baixa eficiência da escarificação química com ácido sulfúrico, na superação de dormência das sementes. Em sementes de maracujá-amarelo, Welter et al. (2011) também verificaram respostas negativas para germinação, quando as sementes foram imergidas em água quente a 60 °C nos tempos de 10 e 15 minutos, além de computado um maior número de plântulas anormais. Oliveira Júnior et al. (2010) também observaram que o aquecimento das sementes de maracujazeiro do mato, em banho-maria a 80°C, afetou negativamente a germinação das sementes. A termoterapia pode causar o rompimento do tegumento e/ou extravasamento de eletrólitos (sais minerais) das sementes, dependendo do tempo de embebição das sementes em água aquecida (MENTEN, 1995). É possível que exposição da semente de romãzeira a água na temperatura de 80 °C tenha promovido o extravasamento de eletrólitos das células do embrião, promovendo a morte do mesmo.

A porcentagem de emergência em sementes de romãzeiras ao longo dos dias é bastante variável em função dos tratamentos pré-germinativos, porém o início da emergência das plantas ocorreu entre o oitavo e o décimo dia após a semeadura, para todos os tratamentos, com exceção da escarificação com ácido sulfúrico e água quente (80 °C) (Tabela 1). A porcentagem de emergência nos tratamentos embebição em água, embebição em GA<sub>3</sub> e a testemunha estabilizou-se aos 15 dias após a semeadura, enquanto a emergência dos tratamentos com hipoclorito de sódio só se estabilizou a partir dos 20 dias após a semeadura (Tabela 1). Os resultados evidenciam que a imersão das sementes de romã em água clorada promove atrasos no início do processo germinativo. O hipoclorito de sódio (2,5%) também foi ineficiente na superação da dormência de sementes da espécie *Schizolobium amazonicum* (NEVES et al., 2010). Os efeitos observados nos tratamentos com hipoclorito de sódio indicam a ineficiência do método estudado para romper resistência à entrada de água, permitindo que as sementes mantivessem as estratégias de dormência, resultando em uma germinação desuniforme (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A emergência das plântulas provenientes de sementes embebidas em água destilada durante 96 h foi superior a todos os tratamentos, a partir dos 10 dias após a semeadura. Nos primeiros 20 dias observou-se resultados promissores dos tratamentos embebição em água durante 48 e 72h e do GA<sub>3</sub> nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>, no entanto esses foram inferiores a média obtida no tratamento embebição em água por 96h (Tabela 1).

Na contagem final, aos 35 dias após a semeadura, verificou-se maior porcentagem de emergência das plântulas (% EP) no tratamento embebição em água durante 96 h, assim como, o maior índice de velocidade de emergência, alcançando valores médios de 95% e 1,80 respectivamente, correspondentes ao incremento a de 40 e 164%, em relação aos resultados obtidos no tratamento testemunha, respectivamente (Tabela 1). Provavelmente, esse período foi satisfatório para a reidratação dos tecidos, com conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam no fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Resultados semelhantes foram observados por Alves et al. (2009) avaliando diferentes períodos de embebição em água para sementes de pitombeiras, verificando aumento da porcentagem de germinação após 76 horas de embebição.

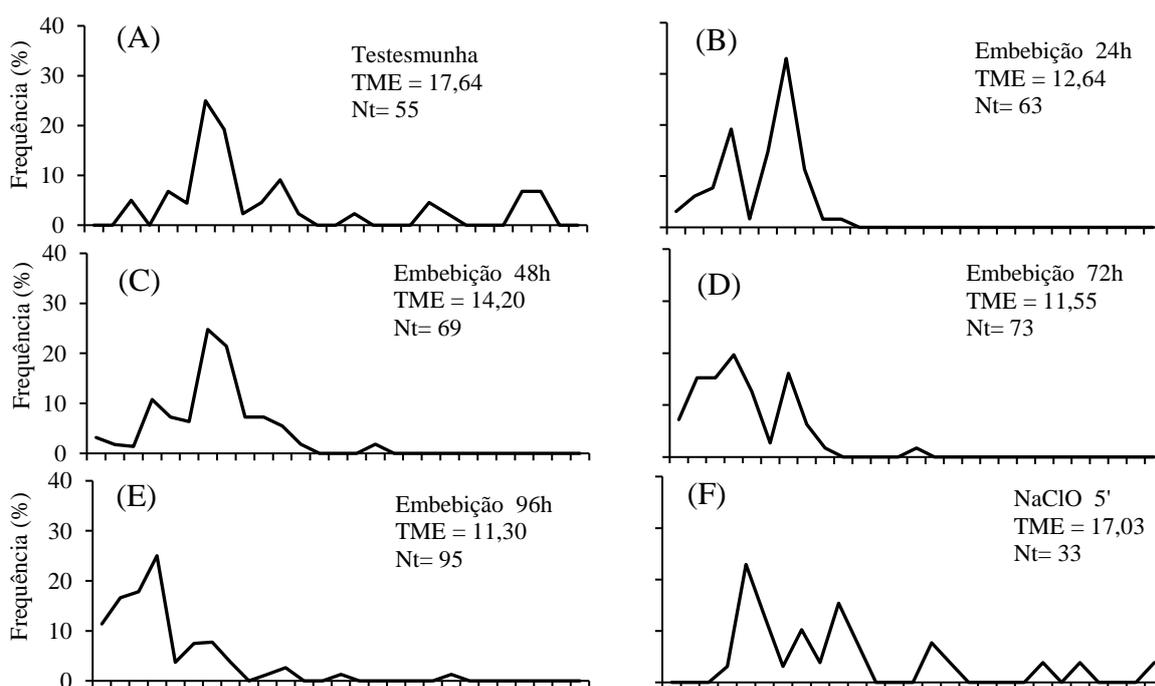
Os resultados obtidos nesse trabalho foram superiores aos observados por Lopes et al. (2001) e Rawat et al. (2010), que verificaram incrementos de apenas 5 e 40% no índice de germinação de sementes de romãzeiras, respectivamente. O tratamento com embebição em água por 96 horas (% EP = 95% e IVE = 1,80), estudado no presente trabalho foi mais eficiente do que os métodos estudados por Lopes et al. (2001), avaliando diferentes períodos de fermentação para remoção da sarcotesta em sementes de romãzeira. Os autores verificaram maior porcentagem de emergência (55%) e IVG (0,38) quando as sementes foram submetidas ao período de embebição por 72 h. Observa-se ainda, no presente trabalho, que a escarificação mecânica em peneira de malha de #1/4 para remoção da sarcotesta, com posterior embebição das sementes por 72 h promoveu 73% de plântulas emergidas e IVE de 1,57, mostrando superioridade de 18% e 76% aos métodos usados por Lopes et al. (2001), respectivamente. Essa nova metodologia adotada em sementes de romãzeiras torna-se viável, uma vez que, de acordo com Silva et al. (2014), a remoção do envoltório da semente proporciona absorção de água e crescimento do eixo embrionário.

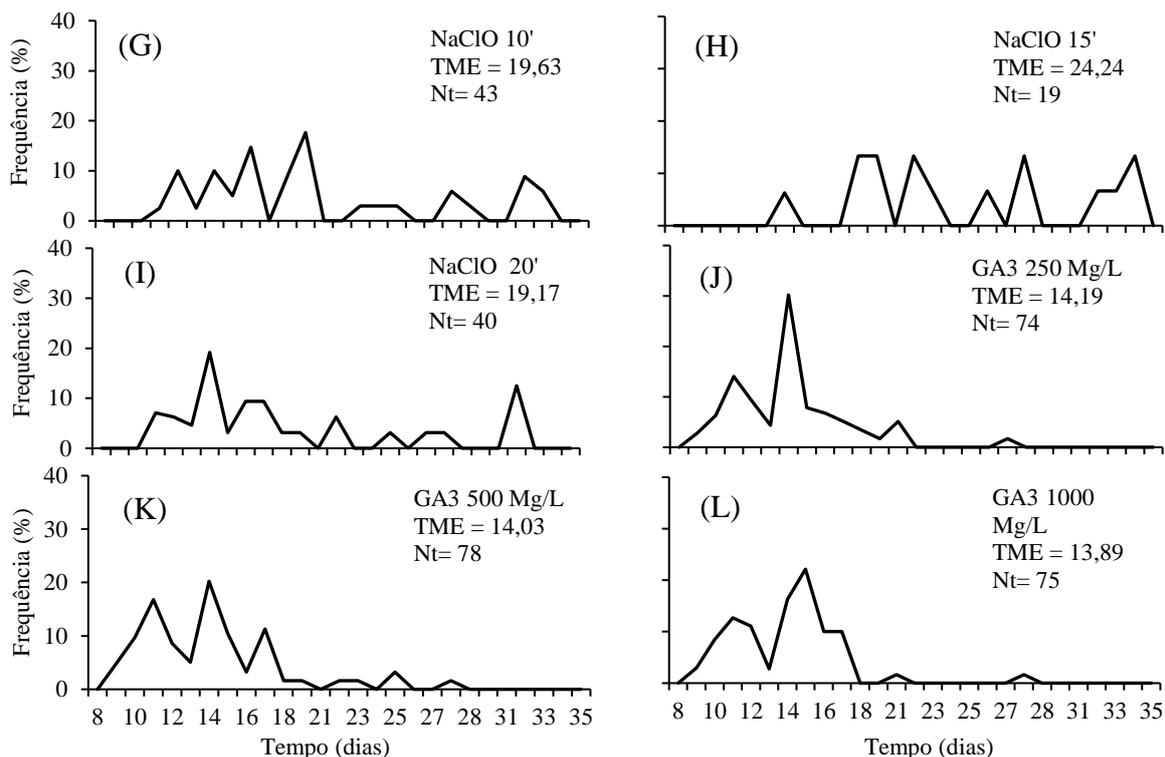
O uso do GA<sub>3</sub> na superação de dormência das sementes de romãzeira também foi um método eficaz, promovendo incrementos de 19, 23 e 20% para 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, na emergência das plântulas, em relação à testemunha (55%) (Tabela 1). As giberelinas controlam vários aspectos da germinação das sementes, incluindo a quebra de dormência e a mobilização das reservas do endosperma, impulsionando a síntese de enzimas envolvidas no enfraquecimento dos tegumentos e endosperma e/ou na hidrólise de reservas e eventos relacionados principalmente à

protrusão da radícula, promovendo um aumento na porcentagem e na velocidade de germinação (BEWLEY; BLACK, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A influência positiva do GA<sub>3</sub> no tratamento de sementes com dormência foi verificado por Tokuhisa et al. (2007), observando que o regulador de crescimento contribuiu para aumentar a porcentagem em sementes de mamoeiro em relação a testemunha. O uso do ácido giberélico em concentrações variando de 250 a 1000 mg L<sup>-1</sup>, aumentou a porcentagem de germinação das sementes de pinha e atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.) (LIMA-BRITO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010). Todavia, trabalhando com GA<sub>3</sub> na germinação das sementes de romãzeiras, Takata et al. (2014) não verificaram efeito positivo deste regulador. É possível que a divergência desses resultados com os observados neste trabalho esteja relacionada à metodologia adotada, uma vez que os autores adotaram a fermentação das sementes em água por 72 horas, para a remoção da sarcotesta, um método ineficiente.

A frequência relativa da emergência de plântulas (Figura 1) é polinomial para todos os tratamentos pré-germinativos. A emergência das plântulas de romãzeiras no tratamento testemunha (Figura 1A) e com hipoclorito de sódio (Figura 1F, 1G, 1H, 1I) foi distribuída ao longo do tempo de avaliação, caracterizando-se como uma emergência lenta e desuniforme. De acordo com Dapont et al. (2014), essa distribuição é importante do ponto de vista ecológico, mas é uma problemática em sistemas de produção de mudas, devido a desuniformidade no estande.





(Nt= número total de plântulas emergidas e TME = tempo médio de emergência).

Figura 1. Frequência relativa da emergência de plântulas de romãzeiras (*Punica granatum* L.) oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

As sementes embebidas em água por 96 horas (Figura E) obtiveram uma frequência relativa de emergência superior a 10% em apenas 8 dias após a semeadura, atingindo 25% aos 11 dias após a semeadura, para um total (Nt) de 95 plântulas emergidas, indicando melhor uniformidade na emergência das plântulas. Em adição, esse método teve o menor tempo médio de emergência (11,30) em relação aos demais, evidenciando que este tratamento é satisfatório para superar a dormência e estabelecer a uniformização da emergência de plântulas de romãzeira.

Houve diferença significativa para todos os tratamentos pré-germinativos, com exceção do comprimento da parte aérea (Tabela 2). As maiores médias para o comprimento do sistema radicular foram resultantes do tratamento com embebição por 72 horas, com incremento superior a 46% em relação à testemunha (7,65 cm). O mesmo comportamento também foi verificado para o comprimento total, com média de 14,73 cm quando as sementes foram embebidas em água por 72 horas (Tabela 2). Esse incremento pode ser atribuído ao efeito positivo da embebição (72 e 96 horas), demonstrando que a referida técnica interferiu positivamente no comprimento total das plântulas, não

prejudicando o processo germinativo e favorecendo o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas (MENEZES et al., 2006).

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz (CSR), total (CT), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), total (MST) e relação raiz/parte aérea (RRPA) de plântulas de romãzeiras (*Punica granatum* L.) oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Tratamentos	CPA ----- cm plântula <sup>-1</sup>	CSR cm plântula <sup>-1</sup>	CT -----	NF	MSPA ----- g plântula <sup>-1</sup>	MSR g plântula <sup>-1</sup>	MST -----	RRPA
Testemunha	4,19 a	7,65 b	12,57 ab	6,53 a	0,39 abc	0,12 abc	0,51 abc	0,31 ab
Embebição 24h	4,36 a	8,55 ab	12,91 ab	5,70 ab	0,32 bc	0,08 cd	0,40 bc	0,25 b
Embebição 48h	4,14 a	7,99 b	12,13 ab	6,22 a	0,37 bc	0,10 abc	0,47 bc	0,27 b
Embebição 72h	4,63 a	11,17 a	14,73 a	5,66 ab	0,40 bc	0,16 a	0,56 ab	0,41 a
Embebição 96h	3,95 a	6,99 b	10,93 b	6,66 a	0,55 a	0,15 ab	0,70 a	0,28 b
NaClO 5'	4,17 a	8,87 ab	13,04 ab	6,58 a	0,27 bcd	0,08 cd	0,36 bcd	0,30 ab
NaClO 10'	4,79 a	7,49 b	12,28 ab	5,51 ab	0,31 bc	0,08 cd	0,39 bc	0,26 b
NaClO 15'	4,32 a	8,13 ab	12,45 ab	5,56 ab	0,12 d	0,03 d	0,15 d	0,26 b
NaClO 20'	4,71 a	7,14 b	11,86 ab	4,96 b	0,23 cd	0,07 cd	0,30 cd	0,30 ab
GA <sub>3</sub> 250 mg L <sup>-1</sup>	3,96 a	7,33 b	11,29 b	5,76 ab	0,34 bc	0,09 bc	0,44 bc	0,27 b
GA <sub>3</sub> 500 mg L <sup>-1</sup>	4,04 a	7,45 b	11,49 b	5,85 ab	0,31 bc	0,08 cd	0,39 bc	0,27 b
GA <sub>3</sub> 1000 mg L <sup>-1</sup>	4,20 a	7,45 b	11,36 b	5,60 ab	0,36 bc	0,10 abc	0,46 bc	0,27 b
CV(%)	9,73	15,35	10,05	8,02	19,87	25,14	20,17	16,02

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

Os tratamentos com GA<sub>3</sub> obtiveram os menores valores de crescimento do sistema radicular e total da plântula (Tabela 2). Takata et al. (2014) verificaram que o comprimento médio das plântulas de romãzeiras não sofreu alterações com a aplicação de GA<sub>3</sub>. A giberelina, assim como outros reguladores vegetais, influencia na resposta de muitos órgãos da planta, dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento, da concentração e da interação desses fatores com os fatores abióticos (FERRARI et al., 2007). Provavelmente, a ação positiva da giberelina ocorra apenas na fase de germinação da semente, período no qual há baixas concentrações do regulador para iniciar o processo germinativo, haja vista que após a germinação a síntese de hormônios vegetais ocorre naturalmente na planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As menores emissões de folhas foram observadas no tratamento escarificação com hipoclorito de sódio, durante 20 minutos (Tabela 2). Esse resultado provavelmente ocorreu devido às alterações fisiológicas provocadas nas sementes de romãzeira, devido à exposição aos sais de cloro e sódio, responsáveis por desencadear uma série de

alterações iônicas e hormonais, restringindo a embebição das sementes na fase de germinação, afetando diretamente o crescimento das plântulas (SÁ et al., 2013).

Para o acúmulo de biomassa, o tratamento com embebição em água durante 96 horas proporcionou os maiores índices de massa seca da parte aérea e total (Tabela 2), corroborando com os melhores resultados observados na emergência e crescimento inicial das plântulas de romãzeira. Observa-se ainda, que para massa seca da raiz e a relação RRPA, as maiores médias foram provenientes do tratamento com embebição por 72 horas, fato que está relacionado ao maior crescimento da raiz e dos menores danos físicos às sementes de romãzeira, quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 2).

#### 4. CONCLUSÕES

A remoção da sarcostesta com posterior embebição das sementes em água por 72 e/ou 96 horas, e a imersão em ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas concentrações de 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup> são eficientes na superação da dormência das sementes de romãzeira.

A embebição das sementes de romãzeira em água destilada por 96 horas promove maior emergência, crescimento e acúmulo de massa seca das plântulas em relação aos demais tratamentos pré-germinativos.

Os tratamentos com ácido sulfúrico, água quente e hipoclorito de sódio são ineficientes para superação de dormência de sementes de romãzeira.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. U.; SILVA, K. B., GONÇALVES, E. P.; CARDOSO, E. A.; ALVES, A. U. Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk em função de diferentes períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 761-770, 2009.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- CARVALHO, M. N., NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CORTINES, E.; BIANQUINI, L. A.; DIAS, A. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, J. Q.; BREIER, T. B. Superação de dormência em sementes da liana *Abrus precatorius* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 17, n. 2, p. 98-103, 2010.
- DAPONT, E. C., SILVA, J. B.; OLIVEIRA, J. D., ALVES, C. Z., DUTRA, A. S. Métodos para acelerar e uniformizar a emergência de plântulas de *Schizolobium amazonicum*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 598-605, 2014.
- FERRARI, T. B., FERREIRA, G., BOARO, C. S. F., ZUCARELI, V. Bioestimulante no Crescimento de Plântulas de Maracujazeiro-Doce. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl.2, p. 342-344, 2007.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- LIMA-BRITO, A.; CAMPOS, V. C. A.; SANTANA, J. R. F.; DORNELLES, A. L. C. Efeito do ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) na emergência de plântulas de *Annona crassiflora* Mart., *Annona squamosa* L. e *Annona muricata* L. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 27-33, 2006.
- LOPES, K. P.; BRUNO, R. L. A.; BRUNO, G. B.; AZEREDO, G. A. Comportamento de sementes de romã (*Punica granatum* L.) submetidas à fermentação e secagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 369-372, 2001.

LOPES, P. S. N.; MAGALHÃES, H. M.; GOMES, J. G.; BRANDÃO JÚNIOR, D .S.; ARAÚJO, V. D. Superação da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.) utilizando diferentes métodos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 872-880, 2009.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A. Estádio de maturação de frutos e remoção física da sarcotesta na produção de mudas de mamão. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 4, n. 1, p. 20-25, 2013.

MENEGAZZO, M. L.; OLIVEIRA, A. C.; KULCZYNSKI, S. M., SILVA, E. A. Efeitos de métodos de superação de dormência em sementes de pinha (*Annonas quamosa* L.). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 29-35, 2012.

MENEZES, N. L.; ESPINDOLA, M. C. G.; PASQUALLI, L. L.; SANTOS, C. M. R.; FRAZIN, S. M. Associação de tratamentos pré- germinativos em sementes de alface. **Revista de faculdade de zootecnia, veterinária e agronomia**, Uruguaiiana, v. 13, n. 1, p. 85-96, 2006.

MENTEN, J. O. M. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. ESALQ/USP, São Paulo, Ciba Agro. 1995. 321p.

NEVES, G.; DALCHIAVON, F. C.; CARGNIN-STIELER, M. Superação da dormência em sementes de *Schizolobium amazonicum*. **UniCiências**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 271-285, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. X.; JOSÉ, A. R. S.; REBOUÇAS, T. N. H.; MORAIS, O. M.; DOURADO, F. W. N. Superação de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* MAST.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 584-590, 2010.

OLIVEIRA, M. C.; FERREIRA, G.; GUIMARÃES, V. F.; DIAS, G. B. Germinação de sementes de atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa*L.) ‘Gefner’ submetidas a tratamentos com ácido giberélico (GA3) e ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 544-554, 2010.

OLMEZ, Z.; TEMEL, F.; GOKTURK, A.; YAHYAOGU, Z. Effects of sulphuric acid and cold stratification pretreatments on germination of pomegranate (*Punica granatum* L.) seeds. **Asian Journal of Plant Sciences**, Pakistan, v. 6, n. 2, p. 427-430, 2007.

PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; PEREIRA, F. H. F.; SOUSA, F. A.; GUEDES, W. A.; SÁ, F. V. S., MOREIRA, I. S. Growth and quality of Mollar pomegranate tree seedlings propagated by cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 6, p. 3629-3646, 2015a.

PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; SOUSA, F. A.; NOBRE, R. G.; GUEDES, W. A.; MOREIRA, I. S.; SÁ, F. V. S. Crescimento e fisiologia de mudas de romãzeira cv. Wonderful propagadas por enxertia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 117-122, 2015b.

RAWAT, J.M.S, TOMAR, Y.K, RAWAT, V. Effect of stratification on seed germination and seedling performance of wild pomegranate. **Journal American Scientist**, Stanford, v. 6, n. 5, p. 97-99, 2010.

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

SILVA, R. C.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Técnicas para superação da dormência de sementes de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 9, p. 719-727, 2014.

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

TAKATA, W.; SILVA, E. G.; CORSATO, J. M.; FERREIRA, G. Germinação de sementes de romãzeiras (*Punica granatum* L.) de acordo com a concentração de giberelina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 254-260, 2014.

TOKUHISA, D.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; DIAS, L. A. S.; MARIN, S. L. D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 131-139, 2007.

VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES Jr., M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – Breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

WELTER, M. K.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P.; CHANG, M. T.; MENDES, E. P. Germinação de sementes de maracujá amarelo azedo em função de tratamentos térmicos. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 5, n. 3, p. 227-232, 2011.

### CAPÍTULO III

## POLÍMERO HIDRORETENTOR NO CRESCIMENTO E NA FISIOLOGIA DE MUDAS DE ROMÃZEIRA EM DIFERENTES AMBIENTES

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento e o desempenho fisiológico em mudas de romãzeiras em função das doses de polímero hidroretentor em diferentes níveis de sombreamento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3x2, sendo três concentrações de hidrogel (0, 1 e 2 g kg<sup>-1</sup>) e dois níveis de sombreamento (pleno sol e atenuação de 50% da radiação solar) e quatro repetições; cada unidade experimental foi composta por três plantas. Aos 90 dias após o início da aplicação dos tratamentos, avaliou os seguintes parâmetros: comprimento da parte aérea, radicular e total (cm), diâmetro do colo (mm), massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total (g), relação raiz/parte aérea e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Para os parâmetros fisiológicos, foram determinadas as trocas gasosas com auxílio de um medidor de fotossíntese (A, gs, E e CO<sup>2</sup>). Não houve influência do uso do polímero hidroretentor no crescimento e biomassa seca em mudas de romãzeiras em função do seu ambiente de cultivo. As plantas de romãzeiras apresentaram maiores crescimentos e alocação de massa seca quando mantidas em ambiente sob 50% sombreados, culminando em mudas de melhor qualidade. A condição de 50% de sombreamento e o uso do hidrogel (1,0 g kg<sup>-1</sup>) pode ser recomendada para a formação de mudas de romãzeira devido as contribuições dos parâmetros fisiológicos.

**Palavras-chave:** *Punica granatum* L. Hidrogel. Sombreamento.

## HYDRO-RETAINER POLYMER IN GROWTH AND PHYSIOLOGY OF POMEGRANATE SEEDLINGS IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth and physiological performance of pomegranate seedlings as a function of the doses of water-retaining polymer at different levels of shading. The experiment was conducted in a greenhouse, located at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Mossoró/RN. A randomized block design (DBC) was used in a 3x2 factorial scheme, with three hydrogel concentrations (0, 1 and 2 g kg<sup>-1</sup>) and two levels of shading (full sun exposure and 50% attenuation of solar radiation) and four replicates; each experimental unit was composed of three plants. At 90 days after the application of the treatments, the following parameters were evaluated: shoot length, both root and total (cm), neck diameter (mm), dry mass of aerial part, root system and total root/shoot ratio and the Dickson quality index (IQD). For the physiological parameters, the gas exchanges were determined with the aid of a photosynthesis measurer (A, gs, E and CO<sub>2</sub>). There was no influence of the use of the hydroretainer polymer on growth and dry biomass in pomegranate seedlings as a function of their growing environment. The pomegranate plants presented higher growth and dry mass allocation when kept under 50% shaded environment, culminating in better quality seedlings. The condition of 50% shading and the use of the hydrogel (1.0 g kg<sup>-1</sup>) may be recommended for the formation of pomegranate seedlings due to the contributions of the physiological parameters.

**Key words:** *Punica granatum* L. Hydrogel. Shading.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Punica granatum* L. despertou interesse em diversos produtores, principalmente no Nordeste, tendo em vista que esta espécie evoluiu dos pequenos pomares domésticos para grandes áreas produtivas (IBRAF, 2011). Do ponto de vista agrícola, a cultura está em plena expansão, e tornou-se alvo de pesquisa no país por se tratar de uma espécie com alto potencial para o mercado, e para atender às novas demandas, faz-se necessário produzir mudas de qualidade, uniformes e vigorosas (PAIVA et al., 2015).

Em função da escassez de dados sob o desenvolvimento e estabelecimento da cultura da romãzeira no país é de extrema importância definir estratégias que favoreçam a produção de mudas vigorosas, sendo o tipo de ambiente protegido e a irrigação condições para obtenção de plantas com elevada qualidade, além de permitir seu bom desempenho em campo (COSTA et al., 2015).

Uma das técnicas que tem sido recentemente utilizada na produção de mudas é a utilização de polímeros agrícolas hidrotentores. O seu uso surge como uma alternativa para minimizar problemas vinculados à deficiência hídrica pós-plantio (DRANSKI et al., 2013), com vistas a aumentar a capacidade de retenção de água em substratos para mudas, propiciando melhor qualidade (MARQUES; BASTOS, 2010).

Interagindo com o uso do hidrogel, o ambiente de cultivo também influencia o desenvolvimento inicial da planta (COSTA et al., 2009). A utilização de sombreamento é uma importante técnica na formação de mudas frutíferas, pois afeta diretamente o crescimento da planta e posteriormente a formação do pomar (ZANELLA; SONCELA; LIMA, 2006). Malhas de sombreamento para atenuar a densidade de fluxo de radiação solar, possibilita o cultivo de espécies em épocas com altas disponibilidade energética.

O crescimento de algumas espécies em ambientes com diferentes luminosidades está relacionada à capacidade de ajustar seu comportamento fisiológico para aumentar a aquisição de recursos nestes ambientes, uma vez que a luminosidade controla os processos responsáveis pelo acúmulo de matéria seca, contribuindo para o crescimento das mudas (MELO; CUNHA, 2008). Há uma grande diversidade de respostas das plantas à intensidade luminosa, como a cultura do café (PAIVA et al., 2003), mamão (COSTA et al., 2009), maracujá (ZANELLA; SONCELA; LIMA, 2006), entre outras.

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento e o desempenho fisiológico em mudas de romãzeiras em função das doses de polímero hidrotentor em duas condições de luminosidades.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a novembro de 2014, em casa de vegetação (50% de sombreamento), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, localizado nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul, 37° 20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, com uma temperatura média anual em torno de 27,50 °C, umidade relativa de 68,9% e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco.

Para a realização do experimento utilizou-se de sementes de romãzeira cv. Mollar coletadas de frutos maduros adquiridos de cinco estabelecimentos do comércio local. Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, da UFERSA, onde as sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente com um auxílio de uma peneira de malha #1/4 para remoção da sarcotesta e em seguida embebidas em água destilada por 96 hs.

No experimento, foi utilizado o delineamento em blocos completos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3x2, sendo três concentrações de hidrogel (0, 1 e 2 g kg<sup>-1</sup>) e dois níveis de sombreamento (pleno sol e atenuação de 50% da radiação solar) e quatro repetições; cada unidade experimental foi composta por três plantas.

Inicialmente as sementes de romãzeiras foram semeadas em bandejas de 128 células (40 cm<sup>3</sup>), preenchidas com substrato comercial a base de fibra de coco, sendo colocada uma semente por célula. Após a semeadura, com 30 dias, as plântulas dos dois ambientes foram repicadas para os sacos de polietileno de cor preta (15 x 28 cm) e permaneceram por permanecerem por um período de 90 dias. O substrato utilizado foi a mistura de solo (75%) e esterco de curral curtido (25% do seu volume), cuja análise química do solo foi realizada no laboratório da UFERSA (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para produção de mudas de romãzeiras.

Substrato	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al + H	N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	MO	pH	CE
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- mg dm <sup>-3</sup> -----			---- g kg <sup>-1</sup> ----		H <sub>2</sub> O	dS dm <sup>-1</sup>
Solo + Esterco	2,26	1,2	0	1,44	0,84	5,79	3,70	11,23	8,10	6,33	0,120

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da UFERSA.

Aos 120 dias após a semeadura, as mudas de romãzeiras com tamanhos uniformes foram novamente transplantadas para sacos maiores (25x40 cm), visando testar a sua adaptação em ambientes diferentes (pleno sol e em casa de vegetação) e com aplicação do hidrogel (Biogel Hidro Plus®). Utilizou-se como substrato, a mistura de solo (75%) e esterco de curral curtido (25% do seu volume) e sem hidrogel (testemunha) e com a adição do polímero nas doses 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup> (grama de hidrogel por kg de substrato). As doses do polímero hidretentor (em pó e não hidratado) foram pesadas em balança de precisão e incorporadas ao solo de cada tratamento e homogeneizado, garantindo a distribuição uniforme do produto. Após o enchimento dos sacos, os mesmos tiveram seu peso padronizado em 15 kg. As mudas foram irrigadas diariamente e o substrato mantido próximo à capacidade de saturação.

Aos 90 dias após o início da aplicação dos tratamentos, avaliou os seguintes parâmetros: comprimento da parte aérea, radicular e total (cm), diâmetro do colo (mm), massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total (g), relação parte aérea + raiz e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela fórmula:  $IQD = [MST/(ALT/DH) + (MSPA/MSRT)]$  (DICKSON, 1960). O diâmetro do colo foi mensurado com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Para o comprimento da parte aérea foi medido, partindo-se do colo da planta até a gema apical; enquanto o comprimento do sistema radicular foi mensurado do colo da planta até o ápice da maior raiz. As medições de comprimento foram realizadas com o auxílio de régua graduada em centímetros.

A massa seca de cada seguimento foi determinada colocando cada parte em sacos de papel tipo *Kraft* e secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante procedendo à pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g. A massa seca total foi obtida com o somatório entre a massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

Para os parâmetros fisiológicos, foram determinadas as trocas gasosas com auxílio de um medidor de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR Biosciences), utilizando oito plantas a cada tratamento, mensurando a terceira ou quarta folha recém-expandida. A concentração de CO<sup>2</sup> na câmara foliar foi fixada em 400 µmoles m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, utilizando um cilindro de CO<sup>2</sup> acoplado ao aparelho. Os níveis de luz, para as medições, fornecida pela pinça de leitura foi de 1500 fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. A partir das leituras foram obtidas as medidas de fotossíntese (*A*; µmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*; mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e transpiração (*E*; mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Komolgorov para analisar a normalidade da distribuição. Quando os dados se apresentaram normais, conduziu-se análise de variância (ANAVA) e quando significativo, foram submetidos teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação de médias utilizando-se o software ASSISTAT.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ANOVA (Tabela 2), para os parâmetros de crescimento e biomassa seca, não houve interação entre os tipos de ambientes e as doses do hidrogel (AxH). Houve diferença significativa apenas para o fator ambiente (A), atuando em todas as variáveis analisadas.

Tabela 2. Resumo da ANOVA para o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras em função do ambiente e doses do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fatores de Variação	GL	Quadrado Médio								
		CPA	CSR	CT	DC	MSPA	MSR	MST	MSR/MSPA	IQD
Ambien. (A)	1	18859,02**	135,37*	22188,96**	18,30**	10633,19**	1160,65*	18819,92**	0,308**	23,19*
Hidrogel (H)	2	194,81ns	94,79ns	18,72ns	0,46ns	176,73ns	199,73ns	739,40ns	0,0018ns	2,79ns
A x H	2	64,08ns	84,37ns	252,52ns	1,66ns	46,85ns	252,16ns	498,35ns	0,039ns	5,19ns
Resíduo	15	94,94	26,88	137,97	1,97	75,98	224,33	448,25	0,03	2,93
CV (%)		8,03	13,14	7,31	12,52	14,2	40,39	21,5	28,79	21,29

\*,\*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Para um maior desenvolvimento das mudas de romãzeiras, o seu cultivo em casa de vegetação com 50% de sombreamento possibilitou um maior crescimento da parte aérea (60,10%), da raiz (12,81%), do comprimento total (46,66%) e diâmetro do colo (16,89%) em comparação com seu cultivo em pleno sol (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras em função do ambiente. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Ambiente	CPA	CSR	CT	DC	MSPA	MSR	MST	MSR/MSPA	IQD
Pleno Sol	93,27 b	37,08 b	130,35 b	10,36 b	40,34 b	30,13 b	70,47 b	6,83 b	0,52 b
50% de sombreamento	149,33 a	41,83 a	191,17 a	12,11 a	82,43 a	44,04 a	126,47 a	8,79 a	0,75 a

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

De maneira geral, os dados de crescimento apresentados na Tabela 3 demonstrou que a exposição das mudas de romãzeiras a pleno sol foi desfavorável ao seu crescimento, sendo a condição de 50% de sombreamento propícia ao desenvolvimento das mudas. Resposta semelhante foram verificados por Zanella; Soncela; Lima (2006), onde as mudas de maracujazeiro tiveram um maior crescimento em local sombreado. Para as mudas de cafeeiro crescendo sob um sombreamento de 50%, estas apresentaram um maior crescimento vegetativo em relação às mudas formadas em sombreamentos de 30% e 90% e em pleno sol (PAIVA et al., 2003).

É provável que um maior crescimento em altura sob sombreamento, sem estiolamento, tenha ocorrido, em parte, devido à maior taxa de fotossíntese líquida (AJALLA et al., 2012). Em condições de sombreamento há provavelmente um eficiente controle da temperatura foliar e, conseqüentemente, do status hídrico da planta, de modo a permitir uma otimização da atividade fotossintética e da turgescência, necessárias ao crescimento (REIS, 1991). Essa capacidade de crescer rapidamente quando moderadamente sombreadas é um mecanismo importante de adaptação da espécie, constituindo uma estratégia de fuga à baixa e à alta intensidade luminosa (RÊGO; POSSAMAI, 2006).

Em relação ao diâmetro do colo em mudas de Baru (*Dipteryx alata* Vog.), Ajalla et al. (2012), verificaram-se, sob sombreamento de 50%, valor superior aos demais níveis de iluminação. Marimon et al. (2008) também observaram maior valor de diâmetro do colo para mudas de *Brosimum rubescens* Taub sob sombreamento (50%), quando comparadas com as mudas em pleno sol. A contribuição do sombreamento no aumento do diâmetro do colo em mudas de romãzeiras pode favorecer em alguns casos, a técnica

da enxertia, já que seu diâmetro vai se alongar mais rápido nas condições de baixa luminosidade.

Quanto à alocação de massa seca na parte aérea, raízes e massa seca total em mudas de romãzeiras (Tabela 3), foi observado o maior investimento em biomassa de cada segmento nas plantas que estavam na condição de casa de vegetação (50% de sombreamento), o que representou um aumento em comparação com o cultivo de pleno sol de 104,34, 46,17 e 79,47% para a parte aérea, raízes e total, respectivamente (Tabela 3).

O maior acúmulo de massa seca observado nos tratamentos sombreados corrobora com os resultados obtidos por Câmara e Endres (2008) que observaram maior acúmulo de massa seca em mudas de *Mimosa caesalpinifolia* e *Sterculia foetida* submetidas a 50% de atenuação da radiação solar.

A razão massa seca da raiz e parte aérea das mudas de romãzeiras cultivada em casa de vegetação sob 50% de sombreamento diferiu estatisticamente das mudas cultivada em pleno sol em 28,69% (Tabela 3). Esse aumento da relação raiz/parte aérea em ambiente sombreado pode ser uma estratégia da espécie para quando a muda for ser transplantado no campo já está com um sistema radicular bem desenvolvido. De acordo Carvalho et al. (2006), essa é uma estratégia que permite a planta realizar maior absorção de água e nutrientes para suportar altas taxas de fotossíntese e transpiração sob alta intensidade de luz.

Considerando o índice de qualidade de Dickson (IQD), que reúne conjuntamente os principais parâmetros alométricos, foram observadas diferenças estatísticas sob os diferentes níveis de sombreamento (Tabela 3). Foi observado um maior índice (44,23%) quando as plantas de romãzeiras são cultivadas em casa de vegetação (sombrite 50%). Porém, em ambos os ambientes de cultivo, o IQD foi superior ao valor mínimo de 0,20 recomendado por Hunt (1990), mostrando que as mudas do presente estudo apresentam boa qualidade final para ser estabelecida no campo.

Para os parâmetros fisiológicos (fotossíntese, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> e transpiração), observa-se que não houve interação entre os tipos de ambientes e as doses do hidrogel (Tabela 4). Houve diferença importante apenas para os fatores isolados em todas as variáveis.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fatores de Variação	GL	Quadrado Médio			
		A	gs	Ci	E
Ambien. (A)	1	109,65**	0,09**	22022,04 **	74,46 **
Hidrogel (H)	2	33,81**	0,0078*	2426,01 *	6,14 **
A x H	2	2,23ns	0,11 ns	206,57ns	0,35 ns
Resíduo	15	4,11	0,002	655,74	1,22
CV (%)		28,31	40,17	10,54	31,10

\*, \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

As mudas cultivadas em casa de vegetação sob telado de 50% apresentaram uma fotossíntese superior em 85,26% ( $9,30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em comparação com o cultivo em pleno sol (Tabela 5). Uma provável justificativa para tal redução da fotossíntese em pleno sol, pode ser decorrente do aumento excessivo da luz acima da capacidade de utilização pela fotossíntese que pode resultar em uma condição de estresse conhecida como fotoinibição (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Tabela 5. Médias para a fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras cultivadas em dois ambientes de cultivo. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Ambiente	A	gs	Ci	E
Pleno Sol	5,02 b	0,049 b	212,75 b	1,79 b
50% de sombreamento	9,30 a	0,174 a	273,33 a	5,31 a

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

As propriedades fotossintéticas da folha fornecem valiosa informação sobre as adaptações da planta ao seu ambiente de luz (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, a redução da taxa fotossintética de mudas conduzidas a pleno sol pode estar associada também à elevação da temperatura das folhas e à intensificação da taxa respiratória, o que induziria o fechamento dos estômatos, reduzindo a fixação de carbono e causando um aumento no consumo de fotoassimilados (RÊGO; POSSAMAI, 2006).

É possível também que as diferenças se devam às particularidades metabólicas e anatômicas das folhas. O sombreamento sobre as mudas de romãzeiras durante todo o

período experimental provavelmente aumentou a sua área foliar e com isso, aumentou o número de estômatos e a espessura do mesófilo. Assim, com seu aparato fotossintético maior, as mudas passaram a captar mais luz solar aumentando o seu teor de clorofila total, e conseqüentemente, elevando a sua fotossíntese líquida. Sob radiações intensas o processo de degradação da clorofila ocorre de forma pronunciada, portanto as folhas possuem maiores concentrações de clorofila total nos níveis de maior sombreamento (LIMA et al., 2010).

O sombreamento de 50% promoveu uma maior condutância estomática ( $0,174 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em mudas de romãzeiras em comparação com o ambiente em pleno sol em mais de 255% (Tabela 5).

A resposta para uma provável redução da condutância estomática em mudas de romãzeira cultivada em pleno sol, pode estar relacionada a perda de água das folhas que restringe a entrada de  $\text{CO}_2$  nestes órgãos, o que diminui a assimilação fotossintética de carbono (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Em elevadas temperaturas, como ocorre geralmente em ambientes de cultivo a pleno sol, a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida por diminuir a condutância estomática (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 1999). Esse aumento de temperatura tem influência direta no déficit hídrico das plantas, o que pode ocasionar a sua desidratação, resultando em uma diminuição da sua expansão, crescimento e condutância estomática.

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $273,33 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em mudas de romãzeiras foi 22,47% maior na condição de sombreamento do que em pleno sol (Tabela 5). A exposição de plantas jovens à luz solar plena pode levar a queda do potencial hídrico das folhas, causada por alta demanda evaporativa ocasionada pela elevada radiação, o que aumenta a temperatura da mesma (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009), isso regula na abertura e o no fechamento estomático pela pressão de turgor das células guardas. A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) no mesófilo foliar é reduzida pelo fechamento estomático, com conseqüente diminuição na taxa de assimilação de dióxido de carbono (JADOSKI, 2005).

A transpiração ( $5,31 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em mudas de romãzeiras cultivada em casa de vegetação foi estatisticamente superior em 196,65% quando cultivada em pleno sol (Tabela 5). Provavelmente, a temperatura das folhas de romãzeiras foi mais elevada no cultivo a pleno sol, em virtude da sua intensa exposição à radiação solar. A transpiração tem relação direta com a condutância estomática e com a fotossíntese, o que confirma os resultados obtidos no estudo de Barreto et al. (2009), onde a transpiração, condutância

estomática e taxa fotossintética apresentaram maiores valores em condições de sombreamento.

No geral, todos os parâmetros fisiológicos avaliados em mudas de romãzeiras (fotossíntese, condutância estomática, concentração interna de carbono e transpiração) apresentaram alterações adaptativas em função do ambiente de cultivo.

A tabela 6 traz as médias dos parâmetros fisiológicos em função das doses do hidrogel. No quesito fotossíntese, a presença do hidrogel nas doses 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup> (8,58 e 8,11 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente) foi estatisticamente superior a dose zero, ou seja, as mudas cultivadas em substrato na ausência do polímero.

Tabela 6. Médias para a fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e transpiração (E) em mudas de romãzeiras em função das doses do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Doses de Hidrogel (g kg <sup>-1</sup> )	A	gs	Ci	E
0,0	4,80 b	0,082 b	252,75 a	2,74 b
1,0	8,58 a	0,129 a	222,94 a	3,94 a
2,0	8,11 a	0,144 a	253,44 a	4,48 a

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no Teste de Tukey.

Um das funções do hidroretentor no substrato é tornar o fluxo de nutrientes mais disponível para as plantas. Possivelmente as doses 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup> do hidrogel diminuiu a perda de nutrientes por lixiviação, proporcionando assim maior taxa fotossintética devido a maiores teores de nitrogênio, nutriente este que está diretamente ligado a maior taxa fotossintética da planta (FELIPPE et al., 2016).

Uma justificativa para uma menor fotossíntese na ausência do hidrogel pode estar relacionada com a restrição de água para as plantas, ocasionado um estresse hídrico que influenciará em um fechamento estomático, redução do conteúdo de clorofila e consequentemente reduzirá a fotossíntese. Tohidi-Moghadam et al. (2009), estudando a resposta de seis genótipos de canola a estresse hídrico e a aplicação de hidrogel, observaram que a deficiência de água e a ausência de hidrogel levaram a um decréscimo dos caracteres fisiológicos, que pode estar relacionado com a redução da fotossíntese e também do conteúdo de clorofila.

Com relação a condutância estomática (Tabela 6), as doses 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup> do polímero foram superiores em 57,32 e 75,61%, respectivamente em comparação com a testemunha (ausência do polímero). Resposta semelhante também foi observada para o

parâmetro transpiração, sendo as doses 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup> do hidrogel estatisticamente superior em 43,79 e 63,50% respectivamente, em comparação com a ausência desse polímero (Tabela 6). Para a concentração interna de CO<sub>2</sub>, não houve diferença significativa entre as doses do hidrogel (Tabela 6).

Levando em consideração que o uso do hidrogel vem sendo comercializado com o objetivo de promover uma maior retenção de água e de fertilizantes no substrato ou no solo, infere-se que as menores taxa da transpiração e condutância estomática no presente estudo foi em decorrência de um menor déficit hídrico na ausência do hidrogel em comparação com sua presença. A primeira e mais sensível resposta à deficiência hídrica está na diminuição da turgescência, por meio da qual ocorre o fechamento dos estômatos e redução na fotossíntese (LARCHER, 2006).

A redução do status hídrico em várias espécies lenhosas promove reduções significativas na taxa de assimilação líquida do CO<sub>2</sub>, na condutância estomática e na transpiração (ALBUQUERQUE et al., 2013). Scalon et al. (2011) também observaram que a redução no conteúdo de água no solo pode ter acarretado em fechamento parcial dos estômatos das mudas de mutamba, levando também à diminuição da condutância estomática que implica, por sua vez, em queda da transpiração e da assimilação de CO<sub>2</sub>.

No geral, eventos ocasionados pelo déficit hídrico, resulta em vários efeitos fisiológicos desencadeados na planta, como uma diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático que reduz a condutância estomática, provocando a redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> e taxa fotossintética (HONG-BO et al., 2008).

#### 4. CONCLUSÕES

As plantas de romãzeiras apresentaram melhores parâmetros de crescimento e alocação de massa seca quando mantidas em ambiente sob 50% de sombreamento.

A condição de 50% de sombreamento e o uso do polímero hidroretentor ( $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) pode ser usada na formação de mudas de romãzeira devido as contribuições dos parâmetros fisiológicos.

## REFERÊNCIAS

- AJALLA, A. C. A.; VOLPE, E.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 888-896, 2012.
- ALBUQUERQUE, M.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G.; RAMOS, R.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p. 9-16, 2013.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; RIBEIRO, A. J.; AMORIM, S. M. C. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* fr. All. **Floresta**, v. 39, n. 4 p. 853-859, 2009.
- CÂMARA C.; ENDRES L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas: *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 43-51, 2008.
- CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, p. 351-357, 2006.
- COSTA, E.; SANTOS, L. C. R.; VIEIRA, L. C. R. Produção de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos, ambientes de cultivo e recipientes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 528-537, 2009.
- COSTA, E.; DIAS, J.G., LOPES, K. G.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Telas de sombreamento e substratos na produção de sudas de *Dipteryx alata* Vog . **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 416-425, 2015.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13,1960.
- DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansó em função do

método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 537–542, 2013.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; SAMPIETRO, J. A.; FRIGOTTO, T., ALBUQUERQUE, J. A.; MOTA, C. S.; PEREIRA, M. O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 215-225, 2016.

HONG-BO, S. B.; LI-YE, C.; JALEEL, C. A.; CHANG-XING, Z. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: ROSE, R.; CAMPBELL, S. J.; LANDIS, T. D. **Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200**. 1990, Roseburg: Proceedings... Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Retrospectiva analítica 2010 da cadeia produtiva das frutas**. São Paulo: IBRAF, 2011. 202p

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LAW, R. D.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of Ribulose-1,5 bisphosphate carboxylase/oxygenase. **Plant Physiology**, v. 120, p. 173-182, 1999.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F; CASTRO, L. D. M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. stilbocarpa (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (*Leguminosae*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 43-48, 2010.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W. Desenvolvimento inicial e partição de biomassa de *Brosimum rubescens*

Taub. (Moraceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 941-953, 2008.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 53 - 57, 2010.

MELO, R.R.; CUNHA, M.C.L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina Wild*) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, v.4, n.1, p.67-77, 2008.

PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; PEREIRA, F. H. F.; SOUSA, F. A.; GUEDES, W. A.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, I. S. Crescimento e qualidade de mudas de romãzeira 'Molar' propagadas por estaquia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6, p. 3629-3646, 2015.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, R. G.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica L.*). **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 134-140, 2003

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, G. G. Crescimento e ponto de compensação lumínico em mudas de espécie florestais nativas submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 18, n. 2, p. 103-111, 1991.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia Lam.*). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

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

TOHIDI, M. H. R.; SHIRANI, R. A. H.; NOUR, M.; HABIBI, D.; MODARRES S. A. M.; MASHHADI M, A, B.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 243-250, 2009.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Jiparaná/Ro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 880-884, 2006.

## CAPÍTULO IV

### RESPOSTAS MORFOMÉTRICAS, FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ROMÃZEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA

#### RESUMO

As informações sobre a formação de mudas e crescimento inicial da romãzeira irrigadas com água salina são escassas nas condições do semiárido nordestino. Com isso, objetivou-se estudar o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o crescimento, fisiologia, bioquímica e a tolerância das mudas de romãzeiras. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos (CEa de 0,6; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco repetições, com três plantas por parcela. Aos 120 dias após a semeadura foram avaliadas as características: comprimento da parte aérea, radicular e total (cm); diâmetro do caule (mm), massa seca do caule, da folha, do sistema radicular e total (g); relação massa seca da raiz e parte aérea; índice de qualidade de Dickson e tolerância à salinidade. Para os parâmetros fisiológicos, foram determinadas as trocas gasosas (fotossíntese, concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração) e quando aos parâmetros bioquímicos foram mensurados a clorofila a, b, total, carotenoides, açúcares e prolina. O crescimento e o acúmulo de biomassa seca em mudas de romãzeiras foram comprometidos com o aumento da salinidade na água de irrigação, porém com uma menor intensidade quando submetida até a CE de 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Quanto ao critério de avaliação de tolerância à salinidade, as mudas de romãzeiras se apresentaram moderadamente tolerante a salinidade. As trocas gasosas das mudas de romãzeiras foram comprometidas com o aumento da salinidade na água de irrigação, como menos intensidade quando submetida a condutividade elétrica de 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Em condição de estresse salino, a romãzeira apresenta uma tolerância adaptativa com a sua atividade fotossintética e eleva o acúmulo de prolina e açúcares solúveis em suas folhas nas condições semiáridas.

**Palavras-Chave:** *Punica granatum* L. Salinidade. Propagação

**MORPHOMETRIC, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL REACTIONS  
ON THE PRODUCTION OF POMEGRANATE SEEDLINGS IRRIGATED  
WITH SALINE WATER**

**ABSTRACT**

Information about the formation of seedlings and initial growth of the pomegranate irrigated with saline water are scarce in the conditions of the northeastern semi-arid region. The objective of this study was to study the effect of irrigation water salinity levels on growth, physiology, biochemistry and tolerance of pomegranate seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse, located at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Mossoró / RN. A randomized block design (DBC) with five treatments (CEa of 0.6, 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 dS m<sup>-1</sup>) and five replications, with three plants per plot. At 120 days after sowing, the following characteristics were evaluated: shoot, root and total length (cm); diameter of the stem (mm), dry mass of the stem, leaf, root system and total (g); dry mass ratio of root and shoot; Dickson quality index and salinity tolerance. For the physiological parameters, the gas exchange (photosynthesis, internal CO<sub>2</sub> concentration, stomatal conductance and transpiration) were determined and the biochemical parameters measured were chlorophyll a, b, total, carotenoids, sugars and proline. The growth and accumulation of dry biomass in pomegranate seedlings were compromised with increased salinity in irrigation water, but with a lower intensity when submitted to EC of 6.0 dS m<sup>-1</sup>. Regarding the criterion of evaluation of tolerance to salinity, the pomegranate seedlings were moderately tolerant to salinity. The gaseous changes of the pomegranate seedlings were compromised with increasing salinity in the irrigation water, as less intensity when subjected to the electrical conductivity of 6.0 dS m<sup>-1</sup>. In saline stress condition, the pomegranate exhibits an adaptive tolerance with its photosynthetic activity and elevates the accumulation of proline and soluble sugars in its leaves in the semi-arid conditions.

**Key Words:** *Punica granatum* L. Salinity. Spreading.

## 1. INTRODUÇÃO

A romãzeira vem despertando interesse em diversos produtores de frutíferas, principalmente no Nordeste, tendo em vista que esta espécie evoluiu rapidamente dos pequenos pomares domésticos para grandes áreas produtivas (IBRAF, 2011). Na Espanha, a romã ‘Mollar de Elche’ é a mais popular e a mais cultivada devido às suas características vigorosas, seu rápido crescimento e sua adaptação às condições de clima semiárido (MARM, 2010).

Do ponto de vista agrícola, trata-se de uma espécie com potencial para o mercado e, para atender às novas demandas, faz-se necessário expandir a área de produção e para tanto, é necessário conhecer os mecanismos de adaptação da espécie a condições adversas e produzir mudas de qualidade adaptadas as condições semiáridas do Brasil. Os fatores que mais limitam o desenvolvimento das espécies em ambientes áridos é a escassez hídrica e a salinidade.

O estudo da tolerância da cultura à salinidade é importante, por gerar conhecimentos acerca do cultivo da cultura em ambientes salinos bem como o entendimento dos mecanismos que a planta utiliza para tolerar essa condição de estresse (BHATT et al., 2008). Dessa forma, o uso de água salina na irrigação de mudas de romãzeiras pode ser uma alternativa promissora por ser uma espécie com características de sobrevivência em ambiente semiárido. A utilização de águas salinas para irrigação com viabilidade técnica tem aumentado à disponibilidade de água para a produção agrícola (RIBEIRO et al., 2016).

A salinidade é um dos fatores limitantes mais importantes de estresse abiótico que restringe o crescimento da planta, afetando a fisiologia e a bioquímica das plantas (KHAN; PANDA, 2008). A redução no desenvolvimento e crescimento de algumas frutíferas ocasionada pelo uso de águas salinas já pôde ser observada por diversos pesquisadores (FERREIRA NETO et al., 2007; GURGEL et al., 2007; SOUSA et al., 2008; BRITO et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010; FERNANDES et al., 2011; Sá et al., 2013). O efeito da salinidade da água é variável entre espécies, entre genótipos e mesmo em uma espécie, entre fases de desenvolvimento da mesma, o que permite dizer que a identificação de materiais tolerantes pode ser uma alternativa ao uso de águas salinas aumentando a disponibilidade hídrica na região semiárida (AYERS; WESTCOT, 1991).

De maneira geral, o estresse salino inibe o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (MUNNS, 2002). Além destes, as limitações provocadas pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares de clorofila e de carotenoides, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a adaptabilidade aos ambientes adversos (CAVALCANTE et al., 2011).

Nesse contexto, as informações sobre a formação de mudas e crescimento inicial da romãzeira irrigadas com água salina são escassas. Com isso, objetivou-se estudar o efeito dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre o crescimento, fotossíntese e bioquímica das mudas de romãzeiras.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2016 a janeiro de 2017 em casa de vegetação do 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, com uma temperatura média anual em torno de 27,50 °C, umidade relativa de 68,9% e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco, localizada na região semiárida do nordeste brasileiro (CARMO FILHO et al., 1991).

Para a realização do experimento utilizou-se de sementes de romãzeira (cv. Mollar) coletadas de frutos maduros adquiridos em fazenda do município de Governador Dix Sept Rosado-RN, sendo provenientes de um mesmo lote e apresentando maturação completa. Após a aquisição dos frutos, os mesmos foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da UFERSA, onde as sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente com um auxílio de uma peneira de malha #1/4 para remoção da sarcotesta e em seguida embebidas em água destilada em temperatura ambiente por 96 hs para acelerar e uniformizar a germinação.

Inicialmente as sementes de romã foram semeadas em bandejas de isopor 128 células, preenchidas com substrato comercial a base de fibra de coco, empregando-se uma semente por célula. Após a semeadura, com 30 dias, as mudas foram transplantadas para os citropotes (volume de 3,8 L), contendo como substrato a mistura de solo (75%) coletado no campus da UFERSA e esterco de curral curtido (25% do seu volume), cuja análise química do solo foi realizada no laboratório da UFERSA (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para produção de mudas de romãzeiras.

Substrato	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al + H	N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	MO	pH	CE
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- mg dm <sup>-3</sup> -----			---- g kg <sup>-1</sup> ----		H <sub>2</sub> O	dS dm <sup>-1</sup>
Solo + Esterco	2,26	1,2	0	1,44	0,84	5,79	3,70	11,23	8,10	6,33	0,120

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da UFERSA.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos completos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, com três plantas por parcela. Os tratamentos corresponderam a cinco níveis de salinidade da água de irrigação, sendo o tratamento testemunha (0,6 dS m<sup>-1</sup>), proveniente da água de abastecimento local e os demais obtidos

pela adição de NaCl dissolvido na água de abastecimento (CEa de 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Os valores de condutividade elétrica das soluções foram obtidos pela equação de Richards (1954) e verificado com auxílio de um condutímetro digital Modelo Tec-4MP, devidamente calibrado. O resultado da análise de cada água pode ser encontrado na Tabela 2 e o resultado da análise química de cada substrato ao término do experimento na Tabela 3.

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

Trat	pH (água)	CE dS m <sup>-1</sup>	mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>							Dureza Mg L <sup>-1</sup>	RAS	mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>	
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			Cátions	Ânions
T1	6,8	0,55	0,28	5,09	0,8	0,30	2,00	0,40	3,70	55	6,9	6,5	6,1
T2	8,0	2,93	0,29	24,85	0,9	0,30	17,80	1,20	3,60	60	32,1	26,3	22,6
T3	8,1	5,83	0,63	43,08	0,9	0,30	46,20	1,00	3,30	60	55,6	44,9	50,5
T4	7,4	9,10	0,67	70,42	1,10	0,8	81,6	0,2	2,2	95	72,2	73,0	84,0
T5	7,7	12,18	1,13	85,17	0,80	1,0	107,2	0,2	2,2	90	89,8	88,1	109,6

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

Trat.	pH	CE	M.O	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	CTC	V	PST
	água	----dS m <sup>-1</sup> ----	-----mg dm <sup>-3</sup> ---	-----cmol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%	%		
T1	6,50	1,67	16,55	437,8	766,6	794,9	4,2	2,00	0	1,32	11,62	12,94	90	27
T2	6,40	2,09	6,62	375,3	556,7	1202,5	3,2	1,5	0	1,6	11,35	12,51	91	42
T3	7,30	1,4	23,58	237,0	154,6	1093,2	2,9	0,8	0	0,0	8,85	8,85	100	54
T4	7,60	1,49	5,38	263,9	117,7	1262,2	2,5	0,5	0	0,0	8,79	8,79	100	62
T5	7,70	1,23	7,03	766,6	121,7	1689,7	2,4	0,7	0	0,0	10,76	10,76	100	68

As aplicações dos tratamentos salinos foram iniciadas aos dez dias após o transplântio, sendo as irrigações realizadas diariamente no final da tarde e de acordo com o volume necessário para manter o solo próximo à capacidade de campo, de acordo com cada tratamento. A cada sete dias, era aplicada uma lâmina acrescida de uma fração de lixiviação de 20%.

Aos 120 dias após a semeadura foram avaliadas as características: comprimento da parte aérea, radicular e total (cm); diâmetro do caule (mm), massa seca do caule, da folha, do sistema radicular e total (g); relação massa seca da raiz e parte aérea e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela fórmula:  $IQD = [MST/(ALT/DH) + (MSPA/MSRT)]$  (DICKSON et al., 1960). O diâmetro do colo foi mensurado com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Para o comprimento da parte aérea foi medido, partindo-se do colo da planta até a gema apical; enquanto o comprimento do

sistema radicular foi mensurado do colo da planta até o ápice da maior raiz. As medições de comprimento foram realizadas com o auxílio de régua graduada em centímetros.

A massa seca de cada seguimento foi determinada colocando cada parte em sacos de papel tipo *Kraft* e secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante procedendo à pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g. A massa seca total foi obtida com o somatório entre a massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

Para avaliar as mudas de romãzeiras quanto a tolerância à salinidade, utilizou-se da mensuração das reduções na expressão da produção de biomassas secas totais verificadas sob os diferentes níveis de salinidade avaliados em relação à testemunha, conforme equação sugerida por Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010), apresentada:

$$RP = \left[ \frac{(PSTS - PCTS)}{PSTS} \right] .100$$

em que, RP - Redução da produção de biomassa seca total (%); PSTS - Produção de biomassa seca total no tratamento sem salinidade (g planta<sup>-1</sup>); PCTS - Produção de biomassa seca total nos tratamentos com salinidade (g planta<sup>-1</sup>).

De posse dos valores de redução da produção, interpretaram-se os resultados, tendo por base a Tabela 4, proposta por Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

Tabela 4. Classificação quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção total da biomassa seca total. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Redução da produção de biomassa seca total (%)	Classificação	Sigla
0 – 20	Tolerante	T
21 – 40	Moderadamente tolerante	MT
41- 60	Moderadamente suscetível	MS
> 60	Suscetível	S

Fonte: Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

Para os parâmetros fisiológicos, foram determinadas as trocas gasosas com auxílio de um medidor de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR Biosciences), utilizando oito plantas de cada tratamento, mensurando a terceira ou quarta folha recém-expandida. A concentração de CO<sub>2</sub> na câmara foliar foi fixada em 400 µmoles m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, utilizando um cilindro de CO<sub>2</sub> acoplado ao aparelho. Os níveis de luz, para as medições, fornecida pela pinça de leitura foi de 1500 fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. A partir das leituras foram obtidas as medidas

de fotossíntese ( $A$ ;  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ;  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ;  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Para os parâmetros bioquímicos, foram coletadas folhas de quatro plantas por tratamento. A determinação do teor de clorofilas seguiu a metodologia descrita por Arnon (1949). Foi pesado 200 mg de matéria fresca de folhas e homogeneizado em 3ml de acetona 80%. Após a maceração o material foi centrifugado a 10000 RPM durante 7 minutos. O sobrenadante foi coletado, 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 de massa modelo Cary 60 (Agilent). Os resultados em mg de clorofila/carotenoide por grama de peso fresco foram determinado através das seguintes equações (WHITHAM et al., 1971; ARNON, 1949):

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

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

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

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

Em que:

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

Para obtenção do extrato bruto, 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 RPM por 5 minutos. 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  $\mu\text{L}$  do extrato bruto e completou-se 950  $\mu\text{L}$  de água destilada. A solução estoque usada na obtenção da curva foi preparada usando glicina nas concentrações 0  $\mu\text{mol}$  até 0,1  $\mu\text{mol}$ . Depois de completado o tempo de reação, a quantificação das amostras foi realizada em espectrofotômetro de massa modelo Cary 60 (Agilent) 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<sup>-1</sup> de prolina), a quantificação das amostras foi realizada em espectrofotômetro de massa modelo Cary 60 (Agilent) no comprimento de 520 nm e os resultados foram expressos em microgramas de prolina por grama de matéria fresca.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Komolgorov para analisar a normalidade da distribuição. Quando os dados se apresentaram normais, conduziu-se análise de variância e quando significativo, foram submetidos à análise de regressão polinomial ( $P < 0,05$ ) utilizando-se o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ANOVA observa-se que houve efeito significativo dos níveis de salinidade para todas as variáveis de crescimento das mudas de romãzeiras, exceto para o comprimento do sistema radicular (CSR) que apresentou uma média geral de 41,37 cm (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento total (CT), diâmetro do caule (DC), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (MSR/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	CPA	CSR	CT	DC	MSC	MSF	MSR	MST	MSR/MSPA	IQD
Salinidade	4	425,2 **	168,90 ns	706,16 **	1,33 **	5,50 **	1,05 *	2,69**	21,62*	0,04**	0,100**
Blocos	4	145,99 ns	106,16 ns	260,04 ns	0,28 *	0,71 *	0,15 *	0,45 ns	0,39ns	0,03*	0,013ns
Resíduo	16	77,26	97,82	182,64	0,07	0,23	0,04	0,37	0,45	0,01	0,01
CV		12,49	23,91	12,09	5,8	10,22	10,15	15,59	6,21	17,54	15,55
Média Geral		70,39	41,37	111,76	4,76	4,75	2,12	3,93	10,81	0,59	0,71

\*, \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, e <sup>ns</sup> 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 comprimento da parte aérea (Figura 1A), comprimento total (Figura 1B) e o diâmetro do caule (Figura 1C) das mudas de romãzeiras, causando decréscimo de 80% (55,62 cm), 27% (93,35 cm) e 33% (4,08 mm), respectivamente, nas plantas irrigadas com o maior nível de CE (12,0 dS m<sup>-1</sup>) em relação às mudas irrigadas com água de abastecimento (CE 0,6 dS m<sup>-1</sup>). Ao comparar com o nível de salinidade intermediário (6,0 dS m<sup>-1</sup>), essa redução foi menos expressiva, sendo de 29,7% para o comprimento da parte aérea, 3,7% para o comprimento total e de 7,8% para o diâmetro do caule, mostrando que a romãzeira nessas condições suportou moderadamente o estresse salino.

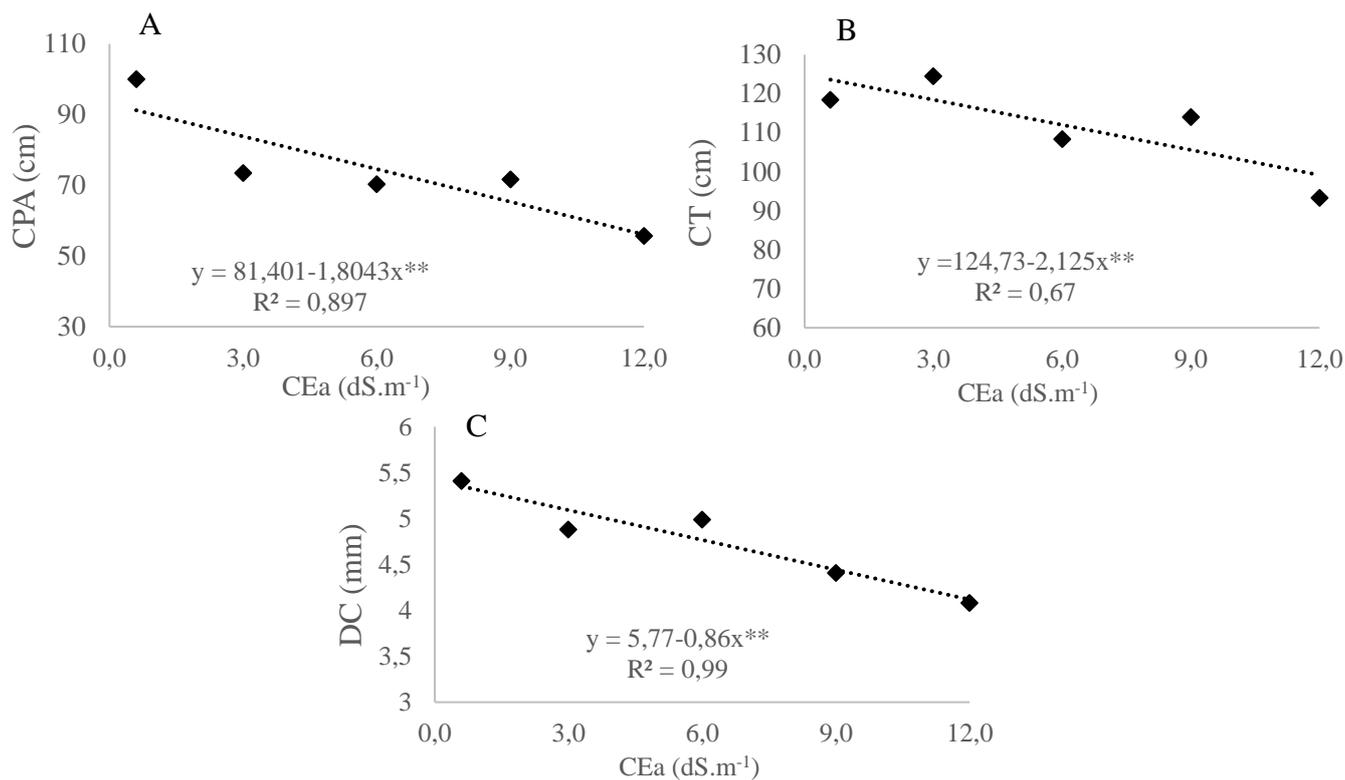


Figura 1. Comprimento da parte aérea - CPA (A), comprimento total – CT (B) e diâmetro do caule – DC (C) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

A salinidade reduz o crescimento e o diâmetro do caule em diversas espécies frutíferas e o seu grau de tolerância ou sensibilidade é em função do genótipo. O estresse hídrico, induzido pela concentração salina, reduz o crescimento, não apenas pelos seus efeitos na assimilação de CO<sub>2</sub>, mas também pela redução da taxa de divisão e de alongamento celulares (FREIRE et al., 2010).

Em relação a cultura do mamoeiro, por exemplo, observou-se que a salinidade ocasionou redução linear decrescente no diâmetro do caule e comprimento da parte aérea em mudas de mamoeiro estudados (COELHO et al., 2015; SILVA et al., 2008). Para a produção de mudas de coqueiros-anão-verde foram verificadas respostas lineares decrescentes para o crescimento e diâmetro do caule com o incremento da salinidade do solo (MEDEIROS et al., 2017). Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2015) em que o incremento da condutividade elétrica na água de irrigação causou efeito linear decrescente sobre a altura de planta e diâmetro do caule em porta enxerto de goiabeira.

O excesso de sais na zona radicular das plantas reduz o seu crescimento e o seu desenvolvimento em virtude do maior efeito osmótico externo à raiz e restrição ao fluxo de água do solo para as plantas, necessário para sobreviverem e produzirem em condições de estresse salino (RHOADES et al., 2000).

Segundo Munns (2002), redução no crescimento de plantas sob estresse salino deve-se ao efeito osmótico, associado à toxidez de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e, ou, distribuição dos nutrientes. Como pode ser visto na tabela 1, o resultado da análise química das soluções mostra que na CE 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup> houve um maior teor de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, o que pode ter contribuído para redução do crescimento das mudas de romãzeiras.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6 para 12,0 dS m<sup>-1</sup> provocou declínio na massa seca do caule de 46% (Figura 2A). No entanto, em relação a salinidade intermediária (6,0 dS m<sup>-1</sup>), esse detrimento foi menor (17,1%). Resposta similar também foi verificada para a massa seca da folha (Figura 2B), onde houve um decréscimo de 40% entre a água de abastecimento para o maior nível de salinidade (12,0 dS m<sup>-1</sup>) e uma tolerância de 7,1% para a salinidade intermediária (6,0 dS m<sup>-1</sup>).

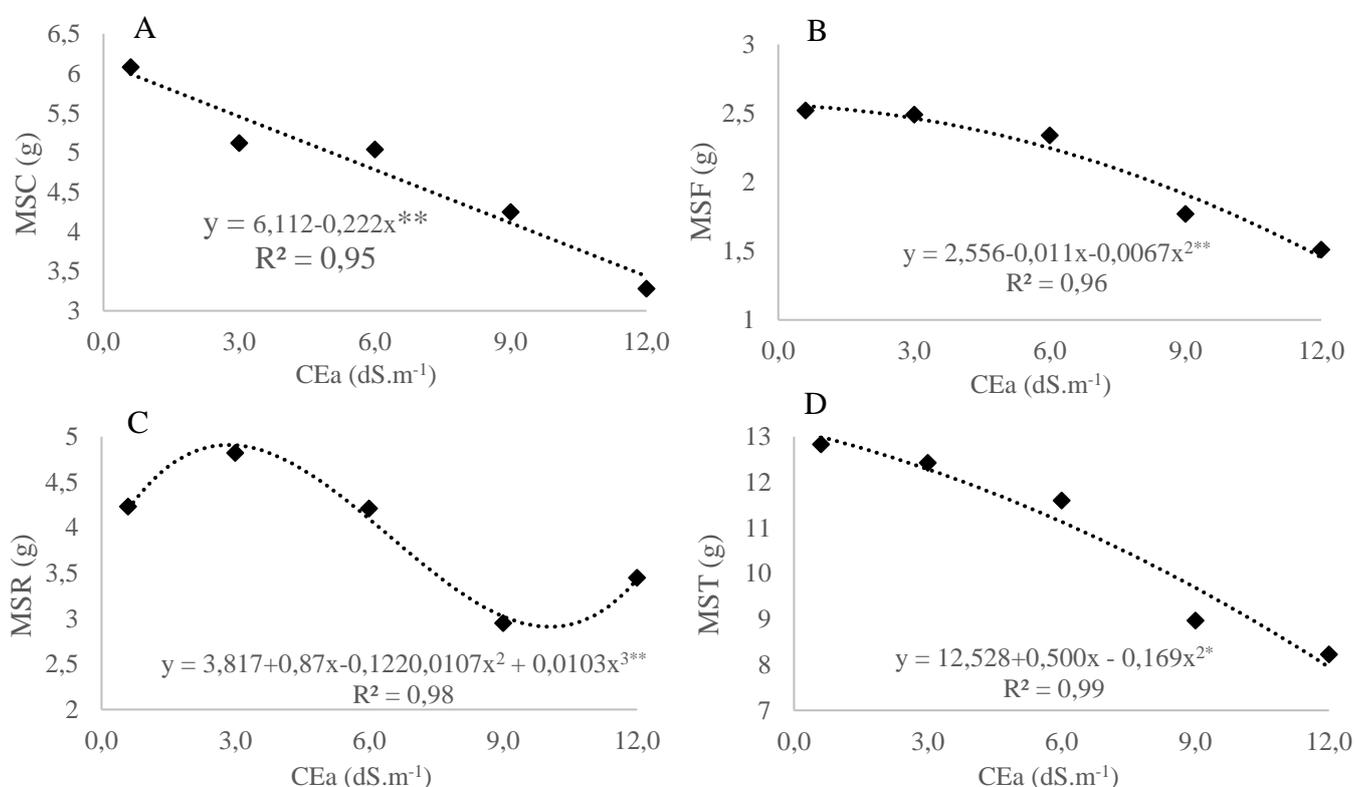


Figura 2. Massa seca do caule - MSC (A), Massa seca da folha – MSF (B), Massa seca da raiz – MSR (C) e Massa seca total – MST (D) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Para a massa seca da raiz de mudas de romãzeiras (Figura 2C), o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6 para 3,0 dS m<sup>-1</sup> resultou em um acréscimo de 14% de biomassa, onde a partir desse ponto houve um decréscimo de 18,4% com o maior nível de salinidade (12,0 dS m<sup>-1</sup>). Esse aumento na biomassa seca com a CE 3,0 dS m<sup>-1</sup> pode estar relacionada com a estratégia de sobrevivência da espécie; e uma delas é o investimento em mais raízes para captação de água.

Com relação a massa seca total em mudas de romãzeiras (Figura 2D), à medida que se aumentou a salinidade na água da irrigação, a sua biomassa foi reduzida em 38,8% com a CE 12,0 dS m<sup>-1</sup>. Até a condutividade intermediária, o decréscimo foi mais lento com apenas 9,5%. O cloreto de sódio pode afetar negativamente a síntese e a translocação de hormônios das raízes para parte aérea, indispensáveis ao metabolismo foliar, o que resulta na perda na matéria seca das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Estudos realizados por Morais et al. (2007), revela que o aumento da concentração de NaCl na água de irrigação promove um aumento de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no tecido vegetal, reduzindo a produção de matéria seca de raízes e parte aérea em mudas de cajueiro anão. Essa afirmação pode ser verificada na tabela 1, onde houve um maior teor de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas soluções que apresentavam as maiores condutividade elétrica.

Para a relação raiz e parte aérea (Figura 3A) houve um acréscimo mais significativo com aumento da salinidade de 12,0 dS m<sup>-1</sup> o que resulta em uma maior taxa de redução da massa seca da parte aérea em relação à da raiz que não foi afetada pelo aumento da salinidade. Ao se estudar diferentes níveis de salinidade, em cinco clones de cajueiro anão-precoce, Carneiro et al. (2002) constatou acréscimo na relação raiz/parte aérea, com o aumento da condutividade elétrica, sendo o crescimento da parte aérea mais afetado pela salinidade da água de irrigação que o do sistema radicular.

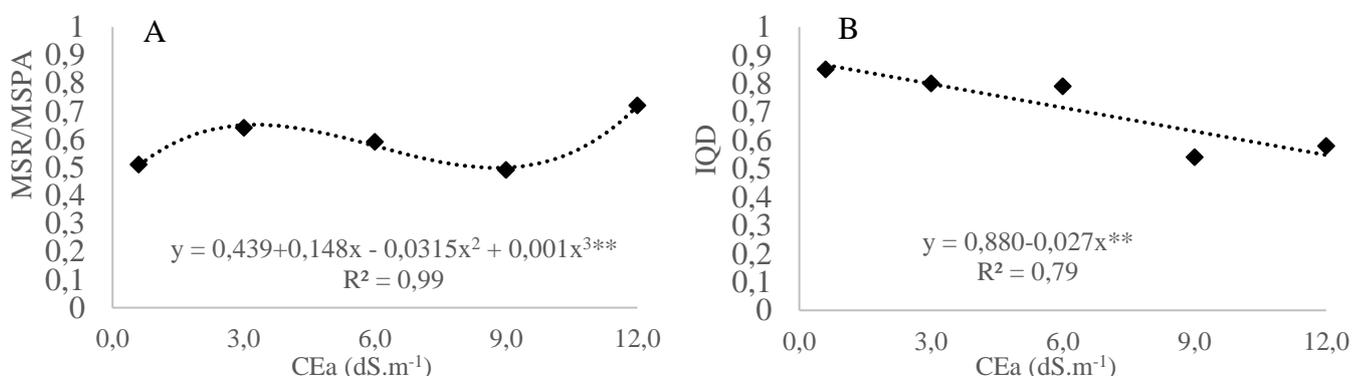


Figura 3. Relação raiz e parte aérea – MSR/MSPA (A) e Índice de qualidade de Dickson – IQD (B) de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Segundo alguns autores (BERNSTEIN, 1975; SHANNON et al., 1997), as raízes estão diretamente expostas aos ambientes salinos, mas seu crescimento é menos afetado que a parte aérea, aumentando, conseqüentemente, a relação R/PA. Esse efeito pode ser interpretado como adaptação da planta ao estresse salino, que para economizar água, as mesmas reduzem a sua superfície transpiratória, já que aumenta a dificuldade de absorção hídrica, por se tornar mais negativo o potencial osmótico da solução do solo (MARINHO; GHEYI; FERNANDES, 2005).

Houve uma redução (31,76%) na qualidade das mudas de romãzeiras com o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,6 para 12,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 3B). Quanto a dose intermediária, essa redução do IQD foi quase que imperceptível, evidenciando que as qualidades das mudas não foram afetadas com a CE 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Respostas semelhantes foram verificadas em mudas de oiticica, em que suas qualidades foram reduzidas com a salinidade, (DINIZ-NETO et al., 2014)

O IQD é apontado como bom indicador de qualidade de mudas, porque é utilizado para o cálculo da robustez (ALT/DC) e do equilíbrio da distribuição da biomassa (MSPA/MSRA), de forma que, quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida (CAVALCANTE et al., 2016). De acordo com o critério de Hunt (1990), IQD menores que 0,2 indicam mudas não consideradas com boa qualidade final para ser estabelecida no campo e quanto maior o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda. Neste contexto, todos os tratamentos apresentaram mudas de romãzeiras aptas para plantio.

Para efeito de classificação das mudas de romãzeiras quanto a tolerância a salinidade, usou-se o critério do rendimento relativo com a aumento do estresse salino, considerando-se a fitomassa seca total. Conforme a classificação, observou-se que as mudas de romãzeiras irrigadas com salinidade de 3,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>, mostraram-se tolerante a salinidade, com reduções de 3,12% e 9,59%, respectivamente. Por outro lado, em condições de estresse mais severo, as mudas de romãzeiras irrigadas com a CE de 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup> mostraram-se moderadamente tolerante a salinidade, com reduções de 30,08% e 35,77%, respectivamente.

Resposta semelhante também foi verificada por Naeini et al. (2004) que observaram que em cultivares comerciais de romãzeiras apresentou um comportamento de moderadamente tolerante ao estresse. Para a cultura dos citros também apresentou um comportamento de moderadamente tolerante à salinidade (NASCIMENTO et al., 2015).

Este resultado pode estar relacionado pelo fato da romãzeira ser altamente adaptável a uma ampla gama de clima, água e condições de solo (HOLLAND et al., 2009)

Possivelmente isso pode ser resultante da retenção de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas raízes e caules, sendo esses mecanismos ainda pouco estudados nas espécies, principalmente na cultura da romãzeira. Outro fator que pode contribuir com esse nível de tolerância das espécies seria a abscisão de folhas velhas que acumulam consideráveis quantidades de sal (WILLADINO; CÂMARA, 2010)

De acordo com a análise de variância, verificou-se um 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  $\text{CO}_2$  (CI) de mudas de romãzeiras aos 120 dias de irrigação salina (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  (CI) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	A	Gs	E	CI
Salinidade	4	7,45 **	0,0017 **	1,20 **	14829,2**
Blocos	4	0,622ns	0,00029 ns	0,245ns	1219,4ns
Resíduo	16	0,72	0,0002	0,114	1308,2
CV		11,39	35,35	20	22,93
Média Geral		7,45	0,04	1,69	157,71

\*, \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

Para a fotossíntese observou-se um efeito negativo com o aumento da salinidade, com ajuste linear (Figura 4A), ocorrendo uma redução de 27,92% ( $6,35 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) na fotossíntese das mudas de romãzeiras irrigada com água salina de  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$  em relação a água de abastecimento ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ). Até a condutividade intermediária ( $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), essa redução na fotossíntese foi menos expressiva, com 7,04% de redução. Segundo Prisco e Filho (2010) a salinidade altera vários eventos fisiológicos como absorção de água, nutriente, permeabilidade da membrana, no balanço hormonal, nas trocas gasosas o que vem a interferir na expansão e divisão das células afetando o crescimento vegetativo.

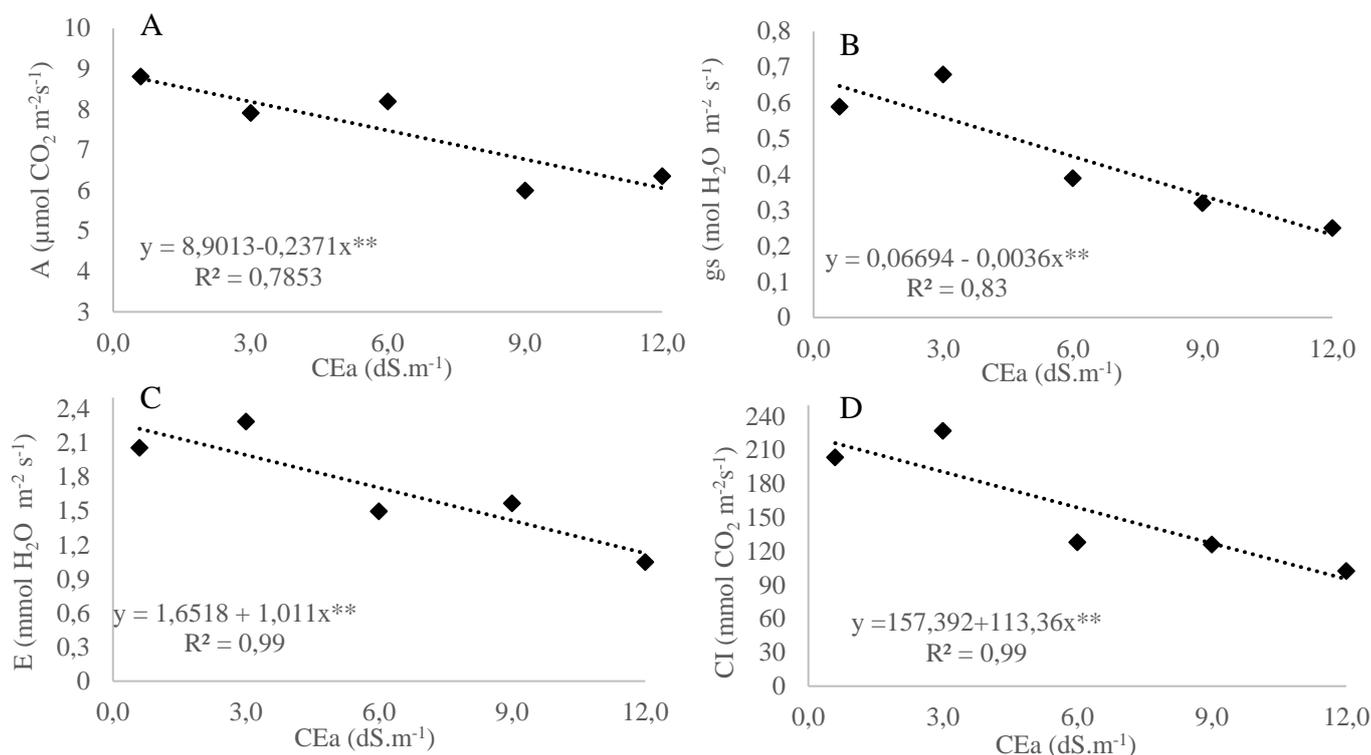


Figura 4. Fotossíntese – A (A), condutância estomática – gs (B), transpiração – E (C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> – CI (D) de mudas de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

A fisiologia das plantas é bastante afetada pela salinidade. Esse efeito pode ser observado pela taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) das plantas que se reduz a medida em que aumenta a condutividade elétrica da solução. Este efeito está relacionado com a diminuição na abertura estomática, que pode restringir a fotossíntese líquida, devido às limitações no fornecimento de CO<sub>2</sub>, decorrentes do fechamento parcial dos estômatos ou alterações nos mecanismos bioquímicos de fixação de CO<sub>2</sub> (ACOSTA-MOTOS et al., 2015). Uma consequência indireta do fechamento estomático é a restrição à entrada de CO<sub>2</sub> nas células, o que poderia aumentar a susceptibilidade a danos fotoquímicos, pois baixas taxas de assimilação do CO<sub>2</sub> causam energia luminosa excessiva no fotossistema II (SILVA et al., 2010).

Plantas cultivadas sob estresse salino tem a fotossíntese limitada não somente pelo fechamento estomático, mas também pelo efeito nocivo dos sais sobre processos secundários (SILVA et al., 2009). Esse decréscimo pode estar atrelado à fatores estomáticos e não estomáticos, à incapacidade da planta produzir folhas novas, acarretando em diminuição da área foliar disponível para a fotossíntese (MEDEIROS,

2016), pela inibição da divisão e alongamento celular (SANTOS et al., 2011). Essas limitações são também de naturezas bioquímicas, como a inibição da atividade da rubisco e da síntese de ATP, como respostas complementares às estomáticas, perante condições estressantes aos vegetais (FERREIRA-SILVA et al., 2010; SABRA; DAAYF; RENAULT, 2012).

Em relação a condutância estomática (Figura 4B), houve um decréscimo de 57,63% ( $0,25 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando as mudas são submetidas a irrigação com CE de  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$  em relação ao tratamento controle ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), com uma redução de 14,41% para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água.

Sendo um indicador sensível do estresse osmótico, a condutância estomática ocorre devido a uma rápida resposta inicial de fechamento estomático ao estresse salino, sendo, portanto, a primeira e principal causa de declínio nas taxas de assimilação de  $\text{CO}_2$  (JAMES et al., 2008). O aumento dos níveis de sais proporciona redução da condutância estomática, acarretando uma diminuição da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  intercelular, interferindo negativamente na assimilação de  $\text{CO}_2$  por parte do aparelho fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A medida em que se aumenta a salinidade na água da irrigação, a transpiração das mudas de romãzeiras é reduzida linearmente (Figura 4C), resultando numa queda de 49,03% ( $1,05 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando as plantas são irrigadas com a CE de  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação com a CE  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Para cada aumento unitário na CE da água de irrigação ocorre a redução de 12,26 % na transpiração das mudas de romãzeiras.

As semelhanças entre transpiração e condutância estomática ocorrem em função de um mecanismo de aclimação ao estresse salino, pois à medida que os estômatos se fecham, haverá uma redução da sua transpiração foliar e isso certamente reduzirá os efeitos tóxicos provocados pelo excesso da condutividade elétrica presente na solução da água salina. O excesso de sais provoca ainda alterações na fisiologia e anatomia das plantas, reduzindo a absorção de água, densidade de estômatos e transpiração (LI et al., 2015). Comportamento semelhante foi observado em mudas de coqueiro (MEDEIROS, 2016), maracujazeiro (FREIRE et al., 2014), citros (FERREIRA et al., 2014).

Os decréscimos em transpiração e condutância estomática é uma rápida resposta ao aumento da salinidade, o que permite uma diminuição na perda de água pela transpiração (LI et al., 2013; SUÁREZ, 2011). Essa diminuição provavelmente, sejam as primeiras defesas da planta, em detrimento ao aumento da salinidade do solo (SUÁREZ, 2011). Todavia, essas alterações, podem proteger as plantas, evitando desidratação rápida

e permitindo sua sobrevivência em condições de estresse temporário (ORSINI et al., 2012), uma vez que essas condições, refletem no crescimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 4 D), ocorreram decréscimos lineares, havendo uma redução de 49,57% (102,75 mmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) à medida que se aumentou a condutividade elétrica da solução de 0,6 dS m<sup>-1</sup> para 12,0 dS m<sup>-1</sup>, resultando em um declínio de 12,39% na concentração interna para cada aumento unitário da CE.

Os resultados observados são condizentes com as informações encontradas na literatura, que mostram a redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> com o incremento da salinidade (BHUIYAN et al., 2015; LI et al., 2015; ORSINI et al., 2012; SLAMA et al., 2015). As elevações na *Ci* do tecido foliar podem estar associadas à queda na atividade de enzimas do metabolismo do carbono, em razão da sensibilidade à acumulação de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas folhas, resultando em fitotoxicidade (LUCENA, 2009).

De acordo com a análise de variância, observou-se efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade sobre a clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total), carotenoides (CAR), açúcares solúveis (AS) e prolina (PRO) nas mudas de romãzeiras submetidas ao estresse salino (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl total), carotenoides (CAR), açúcares solúveis (AS) e prolina (PRO) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salinas. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Fonte de Variação	GL	Cl a	Cl b	Cl Total	CAR	AS	PRO
Salinidade	4	0.058**	0.108 **	0.008**	0.055**	24.77**	3.87**
Blocos	3	0.0005ns	0.004 **	0.0014ns	0.004ns	0.107ns	0.022ns
Resíduo	12	0.0003	0.0003	0.0004	0.003	0.73	0.056
CV		3.07	0.79	0.8	1.28	6.71	2.26
Média Geral		0.56	2.04	2.6	4.03	12.76	10.51

\*, \*\* significativo a 5% e 1%, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

A representação gráfica dos teores de clorofila a (Figura 5A) mostra um aumento linear crescente que variaram de 0,42 a 0,71 g L<sup>-1</sup>, com um acréscimo de mais de 69%. O menor dos valores foi resultado da água de abastecimento que apresentavam uma condutividade elétrica de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, enquanto que o maior valor foi resultado da solução salina que apresentava uma CE de 12,0 dS m<sup>-1</sup>. Essa tendência de aumento no teor de clorofila pode estar associada a algum mecanismo de tolerância à salinidade como uma estratégia de manter seu aparato fotossintético favorável ao seu desenvolvimento durante

a uma condição de estresse. A salinidade reduz o teor de clorofila em plantas sensíveis e aumenta em plantas tolerantes ao sal (JAMIL et al., 2007).

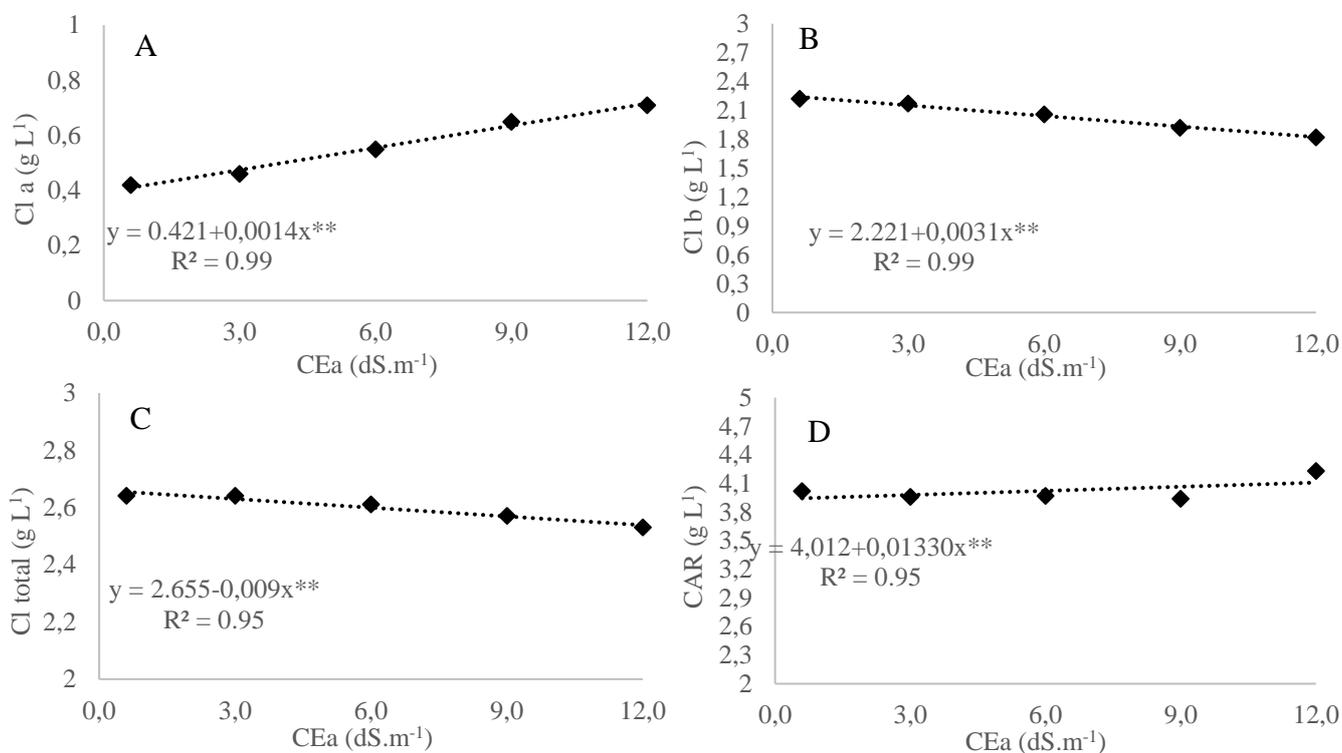


Figura 5. Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) em mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

De acordo com Graciano et al. (2011), incremento nos índices de clorofila com o aumento da salinidade pode ser relacionado como um mecanismo compensatório para manter o crescimento e produção ao possibilitar o aumento da eficiência fotossintética através da melhor absorção de luz pelos cloroplastos. Acréscimos nos teores de clorofilas sob condições adversas, possivelmente, indicam a ativação de um mecanismo de defesa ao aparato fotossintético, e aparentam ser uma implicação direta do próprio desenvolvimento dos cloroplastos, através da ampliação no número de tilacóides ou, até mesmo, do aumento no número de cloroplastos (MENDES et al., 2011). Por sua vez, os acréscimos constatados na concentração da clorofila 'a' no presente trabalho podem indicar um atributo fisiológico de tolerância à salinidade em mudas de romãzeiras.

Por outro lado, houve levemente decréscimos nos teores de clorofila b em 18% (Figura 5B) e clorofila total de 4,2% (Figura 5C) à medida que aumentaram a condutividade elétrica da água de 0,6 para 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ . No entanto ao comparar com a

salinidade intermediária ( $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), essas reduções foram menos imperceptíveis, com uma diminuição de 7,2% para a clorofila b e de 1,1% para clorofila total.

A tendência dos dados está em consonância com o verificado por Cavalcante et al. (2011), uma vez que o aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação superior a  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  inibiu significativamente os teores de clorofila b e total em mudas de maracujazeiro, comprometendo a sua produção fotossintética. Lima (2014) testando diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,9; 5,0; 10; 15 e  $20 \text{ dS m}^{-1}$ ) em mudas de coqueiros também observou redução linear dos conteúdos totais de clorofilas. Em um outro experimento, também em mudas jovens de coqueiros, foram verificados decréscimos relativos de 0,18% de clorofila total (a+b) por incremento unitário de CE (SILVA et al., 2016)

O excesso de sais, além do limite tolerado por parte das espécies vegetais, estimula a atividade enzimática da clorofilase que degrada as moléculas do pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos, provocando também o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação (MUNNS; TESTER, 2008; LIMA, 2014).

É notável que as reduções nos processos de síntese de moléculas de clorofilas, em consequência do acúmulo de sais nos tecidos vegetais, não podem ser interpretadas apenas do ponto de vista dos efeitos deletérios inerentes às consequências desse feito ao metabolismo vegetal (SILVA et al., 2016). Uma provável redução na biossíntese de clorofilas pode ser uma resposta de aclimatação ao estresse salino proporcionando economia de energia pela menor captação de energia luminosa e conseqüentemente redução do estresse foto-oxidativo (SILVEIRA et al. 2010).

Com relação aos teores de carotenoides (Figura 5D), não houve uma alteração expressiva nos seus valores à medida que se aumentaram a condutividade elétrica da solução. Houve apenas uma pequena redução de 1,2% no seu teor com a condutividade elétrica de  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$  e um acréscimo de 5,2% dos carotenoides com a CE  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

Os carotenóides agem no combate aos radicais livres produzidos em maior quantidade quando a planta se encontra sob condição de estresse (FERRAZ et al., 2011). Levando em consideração a baixa variação entre os dados e um aumento no teor de carotenóides nas plantas submetidas ao maior nível de condutividade elétrica ( $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), a aplicação dos níveis de salinidade não exerceu efeitos suficientes para provocar a degradação de  $\beta$  - caroteno, o que não reduziu significativamente no teor de carotenóides, que são componentes integrados dos tilacóides, atuantes na absorção e na transferência

de luz para a clorofila (GOMES et al., 2011). Esses pigmentos atuam desativando o oxigênio singlete e tripleto, absorvendo a energia apresentada por esses compostos durante sua formação, e convertendo-os em suas formas básicas, prevenindo os danos causados às células vegetais (SIMÃO, 2010).

As mudas de romãzeiras apresentaram um ajuste linear crescente de 61,74% (16,74 mg g<sup>-1</sup>) no teor de açúcares solúveis (AS) quando irrigadas com água salinas na CE de 12,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 6A) em comparação com as mudas irrigadas com a água de abastecimento (0,6 dS m<sup>-1</sup>). Houve um aumento de 15,43% no teor de açúcar solúvel para cada unidade de CE (dS m<sup>-1</sup>) acrescentada na água da irrigação das mudas de romãzeiras.

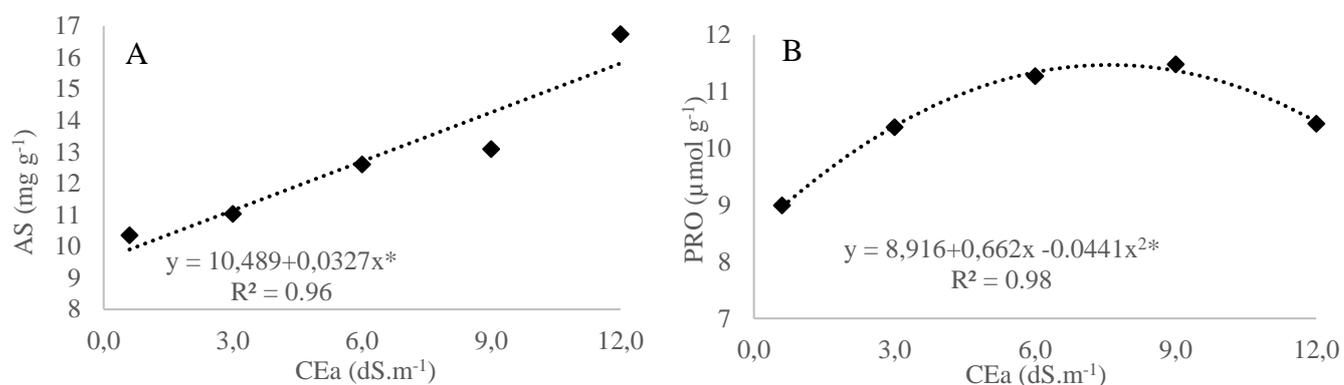


Figura 6. Açúcares solúveis (A) e prolina (B) em mudas de mudas de romãzeiras irrigadas com águas salina. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

Normalmente, as concentrações de AST são aumentadas em plantas sob condições de estresse, principalmente em razão do aumento na atividade das amilases (PAUL; FOYER, 2001). 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 (CHICONATO, 2016).

Os teores de prolina aumentou-se em 27,70% (11,48 μ mol g<sup>-1</sup>) a medida que se elevou a condutividade elétrica da água da irrigação até a CE 9,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 6B); a partir daí houve uma leve queda de 9,15% (10,43 μ mol g<sup>-1</sup>) com a CE 12,0 dS m<sup>-1</sup>. Assim, as plantas de romãzeiras responderam à salinidade em função do aumento das concentrações de prolina, visto que os teores aumentaram à medida que incrementaram nos níveis de NaCl na água de irrigação. Esse aumento no teor de prolina em plantas sob estresse salino é conhecido como um mecanismo adaptativo ao estresse (HASANUZZAMAN et al., 2014).

Sob estresse salino, a perda da turgescência pela célula parece ser o fator inicial que desencadeia uma sequência complexa de eventos adaptativos e resulta no acúmulo de prolina para promover a diminuição no potencial osmótico no tecido (MUNNS; TESTER, 2008).

O acúmulo de prolina pode influenciar na tolerância ao estresse de várias formas como, por exemplo, protegendo a integridade das proteínas, aprimorando as atividades de muitas enzimas e diminuindo os níveis de espécies reativas de oxigênio (SZABADOS; SAVOURÉ, 2009).

Diversos estudos científicos comprovam que as plantas que acumulam um teor de prolina no seu tecido vegetal apresentam maior capacidade de tolerar estresses ambientais. Com a espécie *Salvinia auriculata* AUBL. foi notada uma tendência ao aumento do conteúdo de prolina com os tratamentos salinos (GOMES et al., 2011). Foram verificadas acúmulo de prolina em mudas de noni com o aumento da salinidade (SOUZA, 2014). Mudas de jatobá também apresentaram acúmulo de prolina com o incremento da salinidade na água de irrigação (NASCIMENTO et al., 2015). Em folhas de plantas de atriplex numulária submetidas a níveis crescentes de NaCl na solução de irrigação, promoveram acúmulos progressivos de prolina (HUSSIN et al., 2012).

#### 4. CONCLUSÕES

O crescimento e o acúmulo de biomassa seca em mudas de romãzeiras foram reduzidas com o incremento da salinidade na água de irrigação.

Na fase de produção de mudas, o crescimento da parte aérea é o segmento mais afetada pela salinidade.

As salinidades da água de irrigação não influenciaram o índice de qualidade de mudas de romãzeiras, apresentando mudas aptas para o plantio.

Quanto ao critério de avaliação de tolerância à salinidade, a romãzeiras se apresentaram tolerante aos efeitos da salinidade até a CE  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

A fotossíntese, condutância estomática, transpiração e concentração interna de carbono em mudas de romãzeiras foram comprometidas com o aumento da salinidade e com menor intensidade quando submetida a condutividade elétrica de  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

Em condição de estresse salino, a romãzeira apresenta uma tolerância adaptativa com a sua atividade fotossintética e eleva o acúmulo de prolina e açúcares solúveis em suas folhas.

**REFERÊNCIAS**

- ACOSTA-MOTOS, J. R.; DIAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanisms in the ornamental *Myrtus communis* L. plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 183 p. 41-51, 2015.
- ARNON, D. J. Cooper enzymes in isolated chroloplast: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, PB, UFPB. 1991. 218 p.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P. ; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Plant Phytopathology**, v.13, p.295-312, 1975.
- BHATT, M. J.; PATEL, A. D.; BHATTI, P. M.; PANDEY, A. N. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in Seedlings of *Ziziphus mauritiana* (RhamnaCEe). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Philadelphia, v. 16, p. 383-401, 2008.
- BHUIYAN, M. S. I.; RAMAN, A.; HODGKINS, D. S.; MITCHELL, D.; NICOL, H. I. Salt Accumulation and physiology of naturally occurring grasses in saline soils in Australia. **Pedosphere**, v.25, p. 501-511, 2015.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; CARDOSO, J. A. F.; SOARES FILHO, W. S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, p. 343-353, 2008.
- CARMO FILHO F.; ESPÍNOLA SOBRINHO J.; MAIA NETO J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 1991. 121 p.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6 n. 2, 2002.

CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA, F. A.; PEREIRA, K. T. O.; DANTAS, R. P.; OLIVEIRA, M. K. T.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L. Desenvolvimento de mudas de mulungu fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 47-55, 2016.

CAVALCANTE, L. F., DIAS, T. J., NASCIMENTO, R., FREIRE, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, p. 699-705, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 251-261, 2010.

CHICONATO, D. A. **Estresse salino em plantas jovens de cana-de-açúcar**: respostas bioquímicas e fisiológicas. Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal. Universidade Estadual Paulista, 2016. 89 p.

COELHO, D. C.; SILVA, E. C. B.; SILVA, F. M.; SOUSA, E.M. L.; NOBRE, R. G. Crescimento de mudas de mamoeiro em condições controladas com água salina. **Revista Verde**, v. 10, n.1, p. 01-05, 2015.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, J. C. A.; SILVA, E. C. Mudas de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.1018. 2014.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.;

LACERDA, C. F. (eds). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, 2010. p.205-216.

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

FERRAZ, R. L. S., BELTRÃO, N. E. M.; MAGALHÃES, I. D.; ROCHA, M. S.; MELO, A. S. Aspectos morfológicos e bioquímicos em plântulas de algodoeiro 'brs topázio' sob salinidade. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.15, n.2, p.53-61, 2011.

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

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P. D.; HOLANDA, J. S.; BLANCO, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1675-1681, 2007.

FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVA, E. N.; CARVALHO, F. E. L.; LIMA, C. S.; ALVES, F. A. L.; SILVEIRA, J. A. G. Physiological alterations modulated by rootstock and scion combination in cashew under salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n. 1, 22, p. 39-45, 2010.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J., CAVALCANTE, L. F., FERNANDES, P. D., LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GOMES, M. A. C.; SUZUKI, M. S.; CUNHA, M.; TULLII, C. F. Effect of salt stress on nutrient concentration, photosynthetic pigments, proline and foliar morphology of *Salvinia auriculata* Aubl. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 2, p. 164-176, 2011.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 794-800, 2011.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L. Uso de águas salinas na produção de mudas enxertadas de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 20, p.16-23, 2007.

HASANUZZAMAN M., ALAM M. M., RAHMAN A., HASANUZZAMAN M., NAHAR K., FUJITA M. 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.

HOLLAND, D., HATIB, K., BAR-YA'AKOV, I. **Pomegranate: botany, horticulture, breeding**. In: Janick, J. (Ed.), Horticultural Reviews, v. 35. John Wiley and Sons, New Jersey, 2009, p. 127–191.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and coopertreatment on morfology of conifer seedlings. In: **Target seedlings syposium, meeting of the western forest nursery associations**, 1990, Roseburg. Proceedings.... Fort Collins: United States Department of Agriculture Forest Service, 1990. p. 218-222.

HUSSIN, S.; GEISLER, N.; KOYRO, H. W. Effect of NaCl salinity on *Atriplex numularia* (L.) with special emphasis on carbono and nitrogen metabolismo. **Acta Physiologiae Plantatum**, v. 35, p. 1025-1038, 2012.

IBRAF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Retrospectiva analítica da cadeia produtiva das frutas**. São Paulo: IBRAF, 2011. 202 p.

JAMES, R. A., CAEMMERER, S. V., CONDON, A. G., ZWART, A. B., MUNNS, R. Genetic variation in tolerance to the osmotic stress component of salinity stress in durum wheat. **Functional Plant Biology**, v. 35, n. 2, p. 111-123, 2008.

JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agrícola**, v. 64, p. 111-118, 2007.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, vol. 30, n. 1, p. 81-89. 2008.

LI, C.; WEI, Z.; LIANG, D.; ZHOU, S.; LI, Y.; LIU, C.; MA, F. Enhanced salt resistance in apple plants overexpressing a *Malus* vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter gene is associated with differences in stomatal behavior and photosynthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.70, p. 164-173, 2013.

LI, X.; KANG, Y.; WAN, S.; CHEN, X.; CHU, L. Reclamation of very heavy coastal saline soil using drip-irrigation with saline water on salt-sensitive plants. **Soil & Tillage Research**, v. 146, p.159-173, 2015.

LIMA, B. L. C. **Respostas fisiológicas e morfométricas de mudas de coqueiro anão irrigado com águas salinas**. Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará, 2014. 106 p.

LUCENA, C. C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas a estresse salino**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 178 p.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.3, 2005.

MARM. **Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino**. Anuário de Estatística 2010.

MEDEIROS, W. J. F. 2016. **Respostas e adaptações de plantas jovens de coqueiro-anão-verde à salinidade do solo e encharcamento**. Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal do Ceará, 2016. 90 p

MEDEIROS, W. J. F.; OLIVEIRA, F. I. F.; LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, D. R.; RIBEIRO, M. S. S.; OLIVEIRA, A. C. Efeitos da salinidade do solo e encharcamento sobre as taxas de crescimento de plantas jovens de coqueiro-anão-verde. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n .2, p. 1315-1323, 2017.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVA, L. M. M.; LIMA JUNIOR, A. R.; COSTA, R. C. L.; ROCHA, I. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Acumulação de íons e metabolismo de N em cajueiro anão em meio salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 125-133, 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-81, 2008.

NAEINI, M. R.; KHOSHGOFTARMANESH, A. K.; LESSANI, H.; FALLAHI, E. effects of odium chloride-induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate, V. 27, p. 1319-1326, 2004.

NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, C. A.; FREIRE, C. S.; SILVA, M. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.

ORSINI, F.; ALNAYEF, M.; BONA, S.; MAGGIO, A.; GIANQUINTO, G. Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 81, p.1-10, 2012.

PAUL, M.J.; FOYER, C.H. Sink regulation for photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.1383-1400, 2001.

PRISCO, J. T.; FILHO, E. G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N DA. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza; INCTsal, 2010, p. 149-150.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48 revisado. 117 p.

RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 233-247, 2016.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954, USDA. Agriculture Handbook, 60. 160 p

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

SABRA, A.; DAAYF, F.; RENAULT, S. Differential physiological and biochemical responses of three *Echinacea* species to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 23-31, 2012.

SANTOS, A.R.F.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R.A. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Árvore**, v.35, n.2, p.213-220, 2011.

SHANNON, M.C. Genetics of salt tolerance in higher plants. In: Jaiwal, P.K.; Singh, R.P.; Gulati, A. (ed.). **Strategies for improving salt tolerance in higher plants**. Oxford: BIJ, 1997, p.265-289.

SILVA S. M. S.; ALVES A. N.; GHEYI H. R.; BELTRÃO N. E. M.; SEVERINO L. S.; SOARES F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n. 4, p. 335-342, 2008.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016

SILVA, E.N.; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: **World Congress on Computers in Agriculture**, 7,

2009, Reno- NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers. p. 1-5.

SILVA, R. L. O.; MARTINS, L. S. S.; GOMES, E. W. F.; FERRAZ, G. M. G.; SILVA, S. O.; WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa spp.*) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p.1084-1091, 2009.

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIÉGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura irrigada: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p171 -180.

SIMÃO, A. A. **Antioxidantes, clorofila e perfil de ácidos graxos em folhas de mandioca**. Mestrado em Agroquímica. Universidade Federal de Lavras, 2010. 71 p.

SLAMA, I.; M'RABET, R.; KSOURI, R.; TALBI, O.; DEBEZ, A.; ABDELLY, C. Water deficit stress applied only or combined with salinity affects physiological parameters and antioxidant capacity in *Sesuvium portulacastrum*. **Flora**, v.213, p. 69-76, 2015.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, M. Z. B.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, v.21, p.172-180, 2008.

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**. Doutorado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará, 2014. 161 p.

SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; SOUSA, F. F.; SILVA, I. A. Desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas e doses de nitrogênio. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 2, p. 176 - 182, 2015.

SUÁREZ, N. Effects of short-and long-term salinity on leaf water relations, gas exchange, and growth in *Ipomoea pes-caprae*. **Flora**, v.206, p. 267-275, 2011.

SZABADOS, L., SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 2, p. 89-97, 2009.

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

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

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.

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