

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ALAN BERNARD OLIVEIRA DE SOUSA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE  
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB IRRIGAÇÃO SALINA**

**FORTALEZA – CE**

**2011**

**ALAN BERNARD OLIVEIRA DE SOUSA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE  
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB IRRIGAÇÃO SALINA**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra

**FORTALEZA – CE**

**2011**

S696g

Sousa, Alan Bernard Oliveira de

Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cajueiro anão precoce sob irrigação salina / Alan Bernard Oliveira de Sousa.

60f. : il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2011.

1. Caju 2. Condutividade elétrica 3. Solos salinidade I. Bezerra, Marlos Alves (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola III. Título

CDD 630

**ALAN BERNARD OLIVEIRA DE SOUSA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE  
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB IRRIGAÇÃO SALINA**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em: 28 de março de 2011.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra (Orientador)  
Embrapa Agroindústria Tropical

---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda  
Universidade Federal do Ceará

---

Dr. Luís de França Camboim Neto  
Universidade Federal do Ceará

A minha família em especial ao meu pai  
Francisco de Assis de Sousa e minha mãe Maria  
Avani Oliveira de Sousa dedico.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda luz, força e saúde a mim dado para enfrentar todas as dificuldades.

Ao Departamento de Engenharia agrícola e todo seu corpo docente, pelo curso de mestrado.

Ao Dr. Marlos Alves Bezerra pela orientação, companheirismo, apoio e pelas condições de trabalho que contribuíram para meu enriquecimento técnico, pessoal e profissional.

A Embrapa Agroindústria Tropical por todo material e instalações que tornaram viáveis esse trabalho, em especial ao Justino por todo seu apoio para instalação do trabalho.

Ao CNPq concessão da bolsa de mestrado

Ao INCTsal pelo financiamento dos experimentos.

A todos os meus orientadores de graduação: Dr. Mosca, Prof.Dr. Renato Ribeiro, Dra Diva, Prof.Dr. Renato Innecco e Prof.Dr Adunias. Por todo aprendizado a mim passado.

A todos os meus amigos do laboratório de fisiologia vegetal da Embrapa Agroindústria tropical Fábio Costa, Amanda Soraia, Reivany, Emília E Maria, por todo companheirismo e apoio nos trabalhos.

A todos os meus amigos da pós-graduação pela amizade, ajuda e companheirismo, em especial Débora, Clescy, Daniel, Haroldo e Alan.

A todos os meus amigos de graduação pelos momentos bons e difíceis, em especial Joilson, Sâmia e Ana Vlândia.

Aos amigos Kleber, Alexandre, Haynna e Rosilene pelo companheirismo e pelo apoio no entendimento das formas de ver e viver o mundo.

Aos amigos Anderson, Rafaela, Monica, Gerlon, Felipe, Gardênia e Ricardo pelo apoio e tudo que vivemos.

Aos meus irmãos Alexandre e Adriel pelas historias vividas.

A todos que diretamente ou indiretamente auxiliaram no meu desenvolvimento técnico científico e pessoal.

Obrigado!

## RESUMO

Diante da importância sócio-econômica do cajueiro para região nordeste do Brasil bem como as dificuldades relacionadas à escassez hídrica e qualidade de água para irrigação, objetivou-se estudar o desenvolvimento de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de desenvolvimento sob irrigação com água salina. O primeiro experimento objetivou avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de cajueiro anão-precoce (clones: CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265), em ambiente protegido e irrigadas com diferentes soluções salinas, visando observar respostas diferenciadas entre os clones. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4 com quatro repetições, referentes a soluções salinas ajustadas para as condutividades elétricas (CEa) (0, 3, 6, 9 e 12 dS m<sup>-1</sup>), e 4 clones de cajueiro (CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265). Trinta dias após a emergência das plântulas, os dados foram coletados e submetidos à análise estatística. Todas as variáveis de emergência foram influenciadas pela salinidade. A irrigação com água salina proporcionou um acréscimo nos teores de Na e Cl nas diversas partes das plantas, afetando negativamente todas as variáveis de crescimento inicial dos clones de cajueiro anão precoce. Sendo o clone CCP 06 o mais tolerante a salinidade comparado aos demais clones estudados. O segundo experimento objetivou avaliar o desenvolvimento de plantas de cajueiro anão precoce clone BRS 189 sob irrigação com água salina. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria tropical. Mudanças do clone BRS 189, sobre porta enxerto do clone CCP 06, foram transplantadas para solo e a partir do segundo mês iniciou-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições e quatro plantas por parcela experimental, referentes às soluções salinas ajustadas para as condutividades elétricas (CEa) (0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Decorridos cinco meses obteve-se os dados e aplicou-se análise estatística. Todas as variáveis de desenvolvimento e a MSF foram influenciadas pela salinidade. Das trocas gasosas apenas a transpiração foi afetada pela salinidade. A salinidade limite encontrada no presente estudo foi de CEa de 1,56 dS m<sup>-1</sup> para diminuição no rendimento potencial de até 10% .

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale*. Condutividade elétrica. Salinidade.

## ABSTRACT

Considering the socio-economic importance of cashew to the Brazilian northeast and the northeastern problems with water scarcity and quality of irrigation water, the objective of this work was set to study the development of dwarf cashew clones at different stages of development under irrigation with saline water. The first experiment was aimed at evaluating the germination and early growth of seedlings of precocious dwarf cashew (clones: CPC 06, BRS 189, BRS 226 and BRS 265) in greenhouse when irrigated with different salt solutions, in order to observe the differences between the respective responses. The treatments were arranged in a 5 x 4 factorial with four replications, referring to saline solutions with respective salinities corresponding to the electrical conductivities (EC<sub>w</sub>) 0, 3, 6, 9 and 12 dS m<sup>-1</sup>, and four cashew clones (CCP 06, BRS 189, BRS 226 and BRS 265). Thirty days after seedling emergence, the data were collected and analyzed statistically. All emergence variables were influenced by the salinity. The irrigation with saline water resulted in increased levels of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in different plant parts, adversely affecting all the variables of the initial growth of the dwarf cashew clones, with the CCP 06 clone showing the highest salinity tolerance among the clones. The second experiment was aimed at evaluating the growth of dwarf cashew clone BRS 189 under irrigation with saline water. The experiment was conducted at the Pacajus Experimental Field of the Embrapa Agroindústria tropical. The BRS 189 seedlings on the CCP 06 clone rootstock, were transplanted to the ground and subjected to the treatments, from the second month onwards. The treatments were arranged in blocks with four replications and four plants per plot, referring to saline solutions corresponding to the electrical conductivities (EC<sub>w</sub>) 0.8, 3.0, 6.0, 9.0 and 12.0 dS m<sup>-1</sup>. After five months, the data were obtained, and subjected to statistical analysis. All the development variables and the leaf dry mass (LDM, or MSF) were influenced by salinity. Only perspiration (of the gas exchanges) was affected by salinity. The salinity limit found in this study corresponded to an electrical conductivity of 1.56 dS m<sup>-1</sup>, to a fall in potential yield of up to 10%.

Keywords: *Anacardium occidentale*. Electrical conductivity. Salinity.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>11</b>
	<b>CAPITULO I</b> .....	<b>12</b>
	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>O CAJUEIRO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Aspectos botânicos</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Importância sócio-econômica</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Salinidade</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Caracterização de solos afetados por sais</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Caracterização de águas para irrigação</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Salinidade na agricultura</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Efeitos dos sais sobre a planta</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3.5</b>	<b>O cajueiro e a salinidade</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>19</b>
	<b>CAPITULO II</b> .....	<b>23</b>
	<b>GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO INICIAL E ALOCAÇÃO DE SOLUTOS EM CLONES DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Emergência</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Crescimento e desenvolvimento</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Solutos inorgânicos e carboidratos solúveis</b> .....	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>
	<b>CAPITULO III</b> .....	<b>43</b>
	<b>CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS ENXERTADAS DO CLONE BRS 189 DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>Solo</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>Trocas gasosas</b> .....	<b>47</b>

<b>3.3</b>	<b>Crescimento e desenvolvimento .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4</b>	<b>Solutos inorgânicos e carboidratos solúveis .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A região Nordeste apresenta grande demanda evaporativa e pouca pluviosidade, fatores que diminuem a disponibilidade hídrica para a região e favorece a salinidade do solo (QUEIROZ et al., 2010), em função do intemperismo, balanço negativo de recarga de água do solo e da composição das rochas sedimentares que formam os solos nordestino.

A utilização de água de baixa qualidade para a irrigação, torna-se um fator limitante para a produção vegetal, uma vez que a salinidade inibe o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (MUNNS, 2002). As funções fisiológicas e bioquímicas podem ser influenciadas pelo excesso de sais, resultando em distúrbio das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes além de acúmulo de íons tóxicos e seus respectivos efeitos (DIAS; BLANCO, 2010)

Dentre as espécies frutíferas cultivadas no Nordeste brasileiro, destaca-se o cajueiro, tanto pelo potencial de exportação de suas castanhas quanto pela extensão da área de produção, que em 2009 alcançou 770 mil hectares (IBGE, 2009). Como a maioria dos pomares de cajueiro no Brasil está localizada no trópico semi-árido, onde a água é escassa e apresenta problemas de salinidade (GHEYI, 2000), os produtores de caju, desde os viveiristas (produtores de mudas) até aqueles que irrigam os pomares adultos, são obrigados a utilizarem água salina de baixa qualidade.

No caso da produção de mudas, o efeito da salinidade é mais pronunciado, uma vez que nessa fase as plântulas estão mais susceptíveis aos efeitos do sal. Inúmeros trabalhos evidenciam o efeito deletério da irrigação com água salina em plântulas de cajueiro (BEZERRA et al. 2007). Dessa forma, se torna importante o estudo da tolerância à salinidade de clones e/ou genótipos diferentes de cajueiro, para obtenção de materiais mais tolerantes para utilização como porta enxerto, uma vez que a recomendação técnica é que toda a propagação seja feita de forma vegetativa. Ademais, a seleção de materiais mais tolerantes proporcionará a produção de cultivares com maior capacidade produtiva em regiões afetadas por salinidade

Mediante o exposto, objetivou-se nos dois experimentos aqui descritos, avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de clones de cajueiro anão precoce submetidas à aplicação de água salina na irrigação e avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas do clone BRS 189 cultivadas em condições de campo, sob irrigação com água salina.

## **CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1 INTRODUÇÃO**

Em virtude da importância socioeconômica da cajucultura, principalmente para o nordeste do Brasil, vários trabalhos têm observado os aspectos de produção dessa cultura. A produção do cajueiro pode ser influenciada por vários fatores dentre eles a adubação, a irrigação, material genético e fatores abióticos.

A salinidade, por exemplo, pode ocasionar a diminuição no desenvolvimento vegetal. Sendo assim, relacionam-se abaixo tópicos que relatam como a salinidade pode influenciar a cultura do caju. Bem como esse estresse abiótico pode afetar as funções fisiológicas dessa cultura.

### **2 O CAJUEIRO**

#### **2.1 Aspectos botânicos**

O cajueiro, que tem o Brasil como centro de origem, pertence à família Anacardiaceae, composta de mais de 60 gêneros e de 400 a 600 espécies, incluindo árvores e arbustos tropicais que apresentam ramos sempre providos de canais resiníferos e folhas alternadas, coriáceas e sem estípulas (BARROS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2002).

De grande variabilidade genética, o cajueiro vem sendo estudado em dois grupos: comum e anão, definidos basicamente em função do porte das plantas. O tipo comum, também conhecido como gigante, é o mais difundido, apresentando porte elevado, altura entre 8 e 15 m e envergadura (medida da expansão da copa) que pode atingir até 20 m (CRISÓSTOMO et al., 2009). O cajueiro-anão precoce caracteriza-se pelo porte baixo, altura abaixo de 4m, copa homogênea com variação no tamanho de 5,0 a 6,5 m, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao do tipo comum e inicia o florescimento entre 6 e 18 meses. O peso dos frutos bem como do pedúnculo apresentam menor variabilidade em relação ao tipo comum (BARROS, 1988).

A amêndoa da castanha de caju constitui-se num dos principais produtos de utilização do cajueiro. É rica em proteínas, lipídios, carboidratos, fósforo e ferro, além de zinco, magnésio, proteínas, fibras e gordura insaturada, que ajudam a diminuir o nível de colesterol no sangue. Da amêndoa também pode ser extraído um óleo que pode ser utilizado como substituto do azeite de oliva.

## **2.2 Importância sócio-econômica**

Em 2004, a cajucultura ocupou uma área mundial de 3,09 milhões de hectares e produção de 2,27 milhões de toneladas, o que representou um rendimento médio de 0,73 tonelada/hectare, tendo Vietnã, Índia, Nigéria, Brasil, Indonésia e Tanzânia, como principais países produtores respondendo juntos por 83,9% da produção mundial. Em 2002 os maiores rendimentos foram do Vietnã e Tanzânia, com 2.920 e 1.250 kg ha<sup>-1</sup>. Por sua vez, os menores rendimentos foram obtidos pelo Brasil e Benin, com 260 e 220 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (CRISÓSTOMO et al., 2009)

Com uma área plantada de mais de 770.000 hectares e produção de mais de 220 mil toneladas de castanha de caju em 2009, o Brasil se destaca no cenário internacional tendo o Ceará como o maior produtor seguido por Rio Grande do Norte e Piauí respectivamente (IBGE, 2009). Em função de sua vasta área no Brasil, a cajucultura se destaca como uma atividade de expressiva importância socioeconômica, que além das atividades do campo, apresenta uma indústria de beneficiamento de castanha de caju com capacidade de processar mais de 280 mil toneladas/ano, sendo responsáveis pelo emprego de 37.500 pessoas no meio rural e 15.000 empregos nas indústrias de beneficiamento de castanha (OLIVEIRA et al., 2004).

Os Estados Unidos e Canadá são os principais mercados consumidores da amêndoa brasileira, respondendo por cerca de 85% das importações (GAZZOLA et al., 2006). O agronegócio do caju no mundo movimenta cerca de 2,4 bilhões de dólares por ano (OLIVEIRA, 2002). No ano de 2005 as exportações de castanha nacional chegaram a marca de 187 mil dólares (GAZZOLA et al., 2006).

Apesar da importância sócio-econômica, a cajucultura nordestina vem atravessando um período crítico, motivado pelos constantes decréscimos de produtividade, causado pelo modelo exploratório extrativista. A heterogeneidade dos plantios comerciais

existentes e a não aplicação de uma tecnologia agrônômica orientada, vem comprometendo o processo de produção de castanhas (OLIVEIRA, 2002).

## 2.3 Salinidade

### 2.3.1 Caracterização de Solos Afetados por Sais

Para a caracterização dos solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, que em geral, apresentam problemas de drenagem, usualmente se utiliza propriedades químicas do solo tais como pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e percentagem de sódio trocável (PST) (RIBEIRO, 2010). Segundo a USSL Staaff (1954), os solos terão as seguintes classificações: Solos salinos (CEes maior que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ , pH inferior a 8,5 e PST não superior a 15%); Solos salino-sódicos (CEes maior que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ , pH inferior a 8,5 e PST superior a 15%); Solos sódicos (CEes menor que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$ , pH varia entre 8,5 e 10 e PST superior ou igual a 15%).

Por sua vez, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS) separa a salinidade e sodicidade em níveis hierárquicos mais baixos, com base nos seguintes atributos: *Caráter Salino* - presença de sais, mais solúveis em água fria que  $\text{CaSO}_4$  em quantidades expressas por  $\text{CE} > 4$  e  $< 7 \text{ dS m}^{-1}$ ; *Caráter Sállico* - presença de sais, mais solúveis em água fria que  $\text{CaSO}_4$ , em quantidades expressas por  $\text{CE} > 7 \text{ dS m}^{-1}$ ; *Caráter solódico* - termo usado para distinguir horizontes ou camadas de PST variando de 6 a  $< 15\%$ ; *Caráter sódico* - termo usado para distinguir horizontes ou camadas de PST  $> 15\%$  (RIBEIRO, 2010)

### 2.2.2 Caracterização de Águas para Irrigação

Dentre os parâmetros estudados para determinação da qualidade da água, os mais usuais são a condutividade elétrica da água (CEa) e a razão de adsorção de sódio (RAS). A CEa determina a capacidade que a água possui de conduzir eletricidade, onde quanto menor o valor desse parâmetro, mais pura a água será. A RAS se dá por uma equação que utiliza o Na,

Mg e Ca. É um parâmetro utilizado para observação do risco de sodicidade (HOLANDA et al., 2010).

Quanto ao risco de salinidade, existem quatro classes relacionada com a condutividade elétrica C1 ( $< 0,75 \text{ dS m}^{-1}$ ), C2 ( $0,75-1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), C3 ( $1,5-3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) e C4 ( $> 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) que corresponde a risco de salinidade baixo, médio, alto e muito alto respectivamente. Para o risco de sodicidade existem três classes relacionadas com a RAS e a condutividade elétrica da água sendo essas a S1, S2 e S3 que correspondem a risco baixo, médio e alto de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (HOLANDA et al., 2010).

### **2.2.3. Salinidade na Agricultura**

Nos climas árido e semi-árido as chuvas não são suficientes para lavar e/ou transportar os sais solubilizados das rochas e minerais, ocasionando, conseqüentemente, o armazenamento dos mesmos ao longo do perfil do solo (UFC, 1993). Tal fato influencia diretamente na qualidade das fontes de águas tanto para o consumo humano quanto para utilização na irrigação. Em algumas regiões de clima semi-árido, onde o período chuvoso é curto, o aparecimento de intensas precipitações promove o deslocamento de sais de uma área de melhor para uma área de pior drenagem. Como nestas regiões há predomínio da evaporação sobre a precipitação, os sais se acumulam na camada superficial do solo, provocando a formação de solos salinos (QUEIROZ et al., 2010).

Por outro lado o processo de salinização pode se originar de causas naturais. As áreas naturalmente salinas do mundo correspondem aquelas que são constantemente inundadas pelas águas salgadas de lagos e, principalmente dos mares, os desertos salinos, e pequenas áreas próximas a depósitos de sais (OLIVEIRA, 1997).

No Brasil, o problema com a salinidade encontra-se, principalmente, na região do polígono das secas, a qual possui uma área de 950.000 km<sup>2</sup> distribuídas em oito estados da região Nordeste e no norte do estado de Minas Gerais. Nessa região é comum a ocorrência de solos com caráter sódico e solódico, associados com materiais de origem do pré-cambriano como gnaisses e granitos (OLIVEIRA, 1997). Um levantamento realizado em 1991 nas áreas irrigadas administradas pelo DNOCS revelou que dos 26 perímetros, apenas três não tinham problemas de salinidade. A principal causa da salinidade nestas áreas foi a deficiência no

sistema de drenagem e a qualidade da água aparecendo como causa menos importante. (GHEYI, 2000).

Embora se saiba que em geral se utiliza maiores quantidades de água de boa qualidade para o consumo humano, ficando muitas vezes águas de pior qualidade para as demais utilidades, levantamentos de avaliação da qualidade de água para a irrigação em Estados do Nordeste indicaram que cerca de 70% das fontes de água podem ser consideradas de boa qualidade para irrigação, apresentando níveis baixos ou médios de salinidade (HOLANDA; AMORIM, 1997).

Os grandes reservatórios de água geralmente contêm água de boa qualidade para irrigação, com pequena variação na composição ao longo do ano. Somente nos pequenos e médios açudes, nos poços amazonas e naturais e nos leitos de rios e riachos existe considerável variação ao longo do ano (HOLANDA et al., 2010), com a concentração máxima de sais sendo verificada no final do período seco (WRIGTH, 1981). Esses dados parece indicar que os problemas de salinização de solos nessa região não se devam à qualidade da água e sim a outros fatores, tais como manejo inadequado da irrigação, drenagem deficiente, entre outros.

#### **2.2.4. Efeitos dos sais sobre a planta**

A salinidade pode causar danos no crescimento e desenvolvimento das plantas por efeito osmótico, em que a elevada concentração salina diminui o potencial osmótico do solo, fazendo com que este retenha mais água, disponibilizando-a em menor quantidade para a planta. Isso acarreta em redução da abertura estomática, o que limita a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, reduzindo a produção de fotoassimilado e a produtividade vegetal (BERNSTEIN et al., 1993; MUNNS, 2002).

Outra forma dos sais afetarem as plantas é pelo seu efeito tóxico é caracterizado pelo acúmulo de íons específicos na planta. Por exemplo, o excesso de cloreto e sódio no protoplasma ocasiona distúrbios, afetando a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas (MUNNS, 2002). Os danos às plantas ocorrem quando os íons tóxicos são absorvidos em quantidades significativas, junto com a água absorvida pelas raízes. Uma vez absorvidos, os íons são transportados às folhas onde se acumulam, em função do processo de transpiração. No geral, a acumulação dos íons



em concentrações tóxicas demora certo tempo e os sintomas visuais dos danos desenvolvem-se muito lentamente para serem notados.

Por fim, a salinidade pode afetar as plantas devido a um desbalanço nutricional, em que o excesso de íons no solo inibe a absorção de outros íons. Por exemplo, quando a concentração de sódio e cloro no solo é alta a absorção de nutrientes minerais como nitrato, cálcio e potássio são reduzidos (LARCHER, 2000).

A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado. Em clima quente, ou durante a parte mais quente do ano, a acumulação de íons tóxicos para a mesma cultura é mais rápida que em climas mais frios ou durante a estação mais fria do ano, onde os sintomas visuais são mínimos ou não existem (FAO, 1985).

O efeito mais facilmente observado da salinidade sobre as plantas é a redução no crescimento, e por via de consequência, na produção. Assim, tanto halófitas como glicófitas sofrem inibição do crescimento em níveis crescentes de salinidade, sendo que os efeitos são bem mais drásticos nas últimas. Porém, a sensibilidade à salinidade não difere apenas entre espécies, mas também entre variedades ou cultivares de uma mesma espécie, e nas diferentes fases do ciclo da planta (MAAS; HOFFMAN, 1977; FAGERIA; GHEYI, 1997).

Além disso, podem ser observados nanismo, inibição do crescimento radicular, adiamento no desenvolvimento de gemas apicais, redução da área foliar, necrose nas raízes, gemas e margens das folhas, provocando a morte das células.

### **2.2.5. O Cajueiro e a salinidade**

A salinidade provoca efeitos negativos na germinação de plântulas de cajueiro (BEZERRA et al., 2002; CARNEIRO et al., 2002) bem como no desenvolvimento inicial dessas plântulas (VIÉGAS et al., 2001; CARNEIRO et al., 2002). Ainda com relação à produção de mudas, Carneiro et al. (2004) evidenciam a influência da utilização de porta enxertos na tolerância diferencial à salinidade.

Bezerra et al. (2007) relataram que a diminuição da disponibilidade hídrica favorece a queda na taxa de fotossíntese das plantas de cajueiro. Comportamento semelhante é observado face ao aumento da concentração salina na água de irrigação, sendo esse comportamento diferenciado em virtude do substrato utilizado (MESQUITA et al. 2007).

A redução da área foliar em resposta a salinidade, que está ligada a inibição da expansão e divisão celular (MUNNS; TERMAAT, 1986; MUNNS, 1993), também favorece a diminuição das trocas gasosas em plantas submetidas a estresse salino (BEZERRA et al., 2007).

O estudo da salinidade em cajueiro também é evidenciado em laboratório no estudo de metabolismo de N (MORAIS et al., 2007), mudanças bioquímicas (ABREU et al., 2008), indicadores fisiológicos (FERREIRA-SILVA et al., 2008), mudanças na atividade H-ATPase (ALVAREZ-PIZARRO et al., 2009) e reservas cotiledonares (VOIGT et al., 2009) entre outros.

Amorim et al. (2010), observaram não ter havido comprometimento na produtividade de plantas adultas de cajueiro anão precoce em função da salinidade. No entanto, existem poucos trabalhos que evidencie o estudo da salinidade em cajueiro em condições de campo. Tais estudos podem ajudar a entender e analisar o impacto da aplicação de águas salinas no cultivo dessa espécie.

### 3 REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. B.; PRISCO, J. T.; NOGUEIRA, A. R. C.; BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Physiological and biochemical changes occurring in dwarf-cashew seedlings subjected to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.20, n.2, p.105-118, 2008.

ALVAREZ-PIZARRO, J.C.; GOMES-FILHO, E; LACERDA, C.F.; ALENCAR, N.L.M.; PRISCO, J.T. Salt-induced changes on H<sup>+</sup>-ATPase activity, sterol and phospholipid content and lipid peroxidation of root plasma membrane from dwarf-cashew (*Anacardium occidentale* L.) seedlings. **Plant Growth Regulation**, v.59, n.2, p.125-135, 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 Agrônômica**, v. 41, n. 01, p. 113-121, 2010.

BARROS, L. de M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V.P.M.S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988a. p. 301-319 (Estudos Econômicos e Sociais, 35).

BARROS L.M. **Caju: Produção**: aspectos técnicos. Fortaleza: Embrapa / CNPAT, 2002, p. 18-20.

BERNSTEIN, N; SILK, W.K.; LÄUCHLI, A.. **Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress**. *Plant*, v.191, p. 433 – 439, 1993.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; SANTOS, F. J. S.; GURGEL, M. T.; NOBRE R. G. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.420-424, 2002.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E.; ABREU, C. E. B.; PRISCO, J. T., Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.4, p.449-461, 2007.

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, p.199-206, 2002.

CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.J.; Soares, F.A.L.; VIANA, S.B.A. Salt tolerance of precocious-dwarf cashew rootstocks: physiological and growth indexes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p.9-16, 2004 .

CRISÓSTOMO, L.A. et al. Cajueiro-Anão Precoce. In: Crisóstomo, L.A.; Naumov, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238p. (IIP. Boletim 18).

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, R.H.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

FAGERIA, N.K. ; GHEYI, H.R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: Simpósio: “Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada”, 1997, Campina Grande, PB. Anais..., Campina Grande: UFPB, p. 363-383, 1997.

FAO. Dados Agrícolas de FAOSTAT. **Comercio – cultivos y ganados primários y derivados – caju**. Disponível em: <<http://www.apps.fao.org>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; VÓIGT, E.L.; SOARES, L.S.P.; VIÉGAS, R.A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 20, n.1, p.51-59, 2008.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção e comércio mundiais. In **Anais... XLIV Congresso da SOBER. FORTALEZA, 23 A 27 DE JULHO DE 2006**.

GHEYI, H.J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T.S., ASSIS Jr., R.N., ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C., Eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza, DCS/UFC, 2000. p.329-346.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.. Qualidade da água para a irrigação. In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) **Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”**. Campina Grande - PB, UFPB, 1997. p. 137-169.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; NETO, M.F.; HOLANDA, A.C. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, R.H.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br, 2009.>. Acesso em: 23 jan. 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos-SP. Ed. Rima Arts e Textos, 2000. 531 p.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. **Crop salt tolerance- current assessment**. ASCE J. Irrig. Drain. Div., v. 103, p. 115-134, 1977.

MESQUITA, R. O.; BEZERRA, M.A.; LACERDA, C.F.; GOMES-FILHO E. Desenvolvimento e distribuição de íons em plântulas de cajueiro anão precoce cultivadas em diferentes substratos e submetidas ao estresse salino. In: ANNALS DO WORKSHOP MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2007, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2007. 1 CD-ROM.

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, 25: 239-250, 2002.

MUNNS, R. Physiological Processes Limiting Plant Growth On Saline Soils: some dogmas and hypotheses. **Plant Cell Environment** v.16, p.15-24, 1993.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal Of Plant Physiology**. v.13, p.143-160, 1986.

OLIVEIRA, F. N. S. (ED.). **Sistema de produção para manejo do cajueiro comum e recuperação de pomares improdutivos**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2004. 37 P. (SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 2).

OLIVEIRA, M. **Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais**. In: GHEYI, H.R., QUEIROZ, J.E., MEDEIROS, J.F. Eds. Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”, Campina Grande –PB. Anais..., Campina Grande – PB: UFPB, 1997, p. 3-35.

OLIVEIRA, V.H. Cultivo de cajueiro anão precoce. In: OLIVEIRA V.H. (Ed.). **Sistema de produção**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40p.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.A.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: Gheyi, R.H.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

RIBEIRO, M.R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, R.H.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-decorda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSL STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, U.S. Department of agriculture, 1954. 160 p.

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G.; LIMA JUNIOR, A.R.; QUEIROZ, J.E.; FAUSTO, M.J.M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.216-222, 2001.

VOIGT, E.L.; ALMEIDA, T.D.; CHAGAS, R.M.; PONTE, L.F.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v.166, n.1, p.80-89, 2009.

WRIGTH, S. **Alguns dados da física e da química das águas dos açúcares nordestinos**. Boletim Técnico/DNOCS, Fortaleza, v.39, n.1, p.21-31, 1981.

## CAPÍTULO II

### GERMINAÇÃO, DESENVOLVIMENTO INICIAL E ALOCAÇÃO DE SOLUTOS EM CLONES DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

#### RESUMO

A maioria dos pomares de cajueiro no Brasil está localizada no trópico semi-árido, onde a água é escassa e apresenta problemas de salinidade. Dessa forma, objetivou-se avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de cajueiro anão-precoce (clones: CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265), em ambiente protegido e irrigadas com diferentes soluções salinas, visando observar respostas diferenciadas entre os clones. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4 com quatro repetições, referentes a soluções salinas ajustadas para as condutividades elétricas (CEa) (0, 3, 6, 9 e 12 dS m<sup>-1</sup>), e 4 clones de cajueiro (CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265). Trinta dias após a emergência das plântulas, os dados foram coletados e submetidos à análise estatística. Todas as variáveis de emergência foram influenciadas pela salinidade. A irrigação com água salina proporcionou um acréscimo nos teores de Na e Cl nas diversas partes das plantas, afetando negativamente todas as variáveis de crescimento inicial dos clones de cajueiro anão precoce. Sendo o clone CCP 06 o mais tolerante a salinidade comparado aos demais clones estudados.

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale*. Condutividade elétrica. Salinidade.

#### ABSTRACT

### GERMINATION, INITIAL GROWTH AND ALLOCATION OF SOLUTES IN CLONES OF DWARF CASHEW UNDER IRRIGATION WITH SALINE WATER

Most cashew orchards in Brazil is located in semi-arid tropics, where water is scarce and has salinity problems. Based on this fact, this study was aimed at evaluating the germination and early growth of seedlings of precocious dwarf cashew (clones: CPC 06, BRS 189, BRS 226 and BRS 265) in greenhouse when irrigated with different salt solutions, in order to observe the differences between the respective responses. The treatments were arranged in a 5 x 4 factorial with four replications, referring y to saline solutions with respective salinities corresponding to the electrical conductivities (EC<sub>w</sub>) 0, 3, 6, 9 and 12 dS m<sup>-1</sup>, and four cashew clones (CCP 06 , BRS 189, BRS 226 and BRS 265). Thirty days after seedling emergence, the data were collected and analyzed statistically. All emergence variables were influenced by the salinity. The irrigation with saline water resulted in increased levels of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in different plant parts, adversely affecting all the variables of the initial growth of the dwarf cashew clones, with the CCP 06 clone showing the highest salinity tolerance among the clones.

**Keywords:** *Anacardium occidentale*. Electrical conductivity. Salinity

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies frutíferas cultivadas no Nordeste brasileiro, o cajueiro se destaca, tanto pela área de produção que chega a mais de 770.000 ha plantados (IBGE, 2009), quanto pelo potencial de exportação de suas castanhas. Grande parte destes pomares foi propagada por sementes e são cultivados sob regime de sequeiro (BARROS et al., 2004), embora nos últimos anos a prática de irrigação venha se apresentando como alternativa viável para o estabelecimento de novos pomares mais produtivos (CAVALCANTI JUNIOR; CHAVES, 2001). Como a maioria dos pomares de cajueiro no Brasil está localizada no trópico semi-árido, onde a água é escassa e apresenta problemas de salinidade (GHEYI, 2000), os pomares irrigados e especialmente os viveiros de produção de mudas são forçados a utilizarem água de baixa qualidade.

Em geral, a salinidade inibe o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (MUNNS, 2002). O excesso de sais podem alterar funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, resultando em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes além de acúmulo de íons tóxicos (AMORIM, et al. 2010). Tais efeitos ainda podem variar entre as fases de desenvolvimento (NEVES et al. 2008).

Os mecanismos de controle da absorção, transporte e distribuição dos íons em toda planta, assim como a capacidade de compartimentalização no vacúolo e o acúmulo de solutos orgânicos no citoplasma, permitindo o ajustamento osmótico são importantes mecanismos de tolerância das plantas ao estresse salino (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Em cajueiro anão precoce, estudos evidenciam que a porcentagem de germinação só é afetada em níveis elevados de sal, no entanto o tempo médio de emergência das plântulas é afetado, atrasando assim a emergência dessas plântulas (BEZERRA et al., 2002; CARNEIRO et al., 2002). Pode-se inferir que o cajueiro anão precoce é mais tolerante durante a germinação que durante as fases posteriores do desenvolvimento de plântulas (BEZERRA et al., 2007).

Em função do exposto, procurou-se avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de cajueiro anão-precoce (clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265), em ambiente protegido e irrigadas com diferentes soluções salinas, visando observar respostas diferenciadas entre os clones.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agroindústria Tropical Fortaleza – CE, Brasil. As sementes, tratadas previamente com fungicida sistêmico, foram semeadas em tubetes contendo 288 mL de vermiculita. A partir da semeadura, iniciou-se a aplicação dos tratamentos, que consistiu da aplicação a cada dois dias de 50 mL de solução salina (volume suficiente para manter o substrato na capacidade de campo), de acordo com o tratamento estabelecido.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes às soluções salinas ajustadas para as condutividades elétricas (CEa) de 0,0, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup> e aos quatro clones de cajueiro (CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265). Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e parcela experimental correspondendo a cinco tubetes com uma semente em cada tubete.

As soluções salinas foram preparadas pela adição de diferentes quantidades de sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, conforme Medeiros (1992), obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (1992).

Para as variáveis de emergência foram realizadas contagens diárias para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e porcentagem de emergência (PE) obtida 45 dias após a semeadura.

As variáveis de crescimento e desenvolvimento, obtidas 45 dias após a semeadura, foram: altura da plântula (AP) obtida utilizando régua graduada, diâmetro do caule da plântula (DP) obtida utilizando paquímetro digital, número de folhas (NF) obtida por contagem manual, área foliar (AF) mesurada utilizando-se um medidor tipo LI-3000, LiCor, Inc., Lincoln, matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) foram obtidas utilizando balança. A taxa de água nas folhas (TAF), no caule (TAC) e na raiz (TAR) foram obtidos pela diferença da massa fresca e seca pela massa fresca.

Os minerais Na, Cl e K foram determinados a partir da maceração em almofariz do material vegetal utilizado na análise da matéria seca (folhas, caules e raízes). Homogeneizou-se 1 g do material vegetal em 50 mL de água desionizada (passada através de filtros miliporos - mili-Q). Em seguida, essa mistura foi submetida à agitação por 2 horas,

seguido de filtração em papel de filtro do tipo lento. O extrato obtido foi mantido sob refrigeração até a realização das análises. No mesmo extrato foi determinado ainda os teores de carboidratos solúveis foliares.

Os teores de sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama (MALAVOLTA et al. 1997). O teor de cloreto foi determinado em espectrofotômetro a 460nm (GAINES et al., 1984). Para a determinação dos carboidratos solúveis das folhas utilizou-se a metodologia segundo Dubois et al. (1956).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão pelo programa SAEG (UFV, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Emergência

Todas as variáveis de emergência foram afetadas tanto pela salinização da água de irrigação quanto pelos clones, não sendo significativa a interação entre a salinidade da água de irrigação e o tipo de clone (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de variância e médias para porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais (CEa)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		PE	IVE	TME
Salinidade (S)	4	1030,00*	0,0193**	98,66**
Clone (C)	3	5005,00**	0,0635**	231,17**
SxC	12	263,33ns	0,0009ns	5,20ns
Resíduo	60	378,33	0,00178	6,61
CV	(%)	25,8	24,8	10,8
		Médias		
Clones		%		dia
CCP 06		98 A	0.2434 A	20.50 B
BRS 189		74 B	0.1846 B	21.11 B
BRS 226		65 B	0.1229 C	27.16 A
BRS 265		64 B	0.1285 C	26.10 A

\*,\*\*,: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo; médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os maiores percentuais de sementes emergidas foram obtidos com o clone CCP 06, não ocorrendo diferença significativa entre os demais clones (Tabela 1). Carneiro et al. (2002) e Meireles (1999) também observaram bons resultados para germinação do clone CCP 06 sob condições de salinidade, com médias de 93,7 e 92,08% respectivamente.

Para o índice de velocidade de emergência, a maior média foi apresentada pelo clone CCP 06, seguido do clone BRS 189. Os mesmos clones apresentaram tempo médio de emergência inferior ao dos clones BRS 226 e BRS 265, diferindo desses estatisticamente (Tabela 1).

Para os clones estudados, observou-se redução linear da porcentagem de emergência e do índice de velocidade de emergência de 1,8 e 3,3% respectivamente e aumento linear do tempo médio de emergência, com incremento médio de 12,4% para cada incremento unitário na CEa (Figuras 1A, 1B e 1C).

O mesmo comportamento no tempo médio de emergência foi observado por Bezerra et al. (2002) trabalhando com os clones de cajueiro anão precoce CCP 06 e CCP 1001 e Carneiro et al. (2002) trabalhando com os clones de cajueiro anão precoce CCP 06, CCP 09, CCP 1001, EMBRAPA 50 e EMBRAPA 51. Os autores observaram um incremento de 2,95 e 3,89% respectivamente para cada incremento unitário na CEa.

O aumento da concentração dos sais influencia diretamente o potencial osmótico do substrato, dificultando a disponibilidade de água para o processo de germinação, influenciando assim as variáveis estudadas.

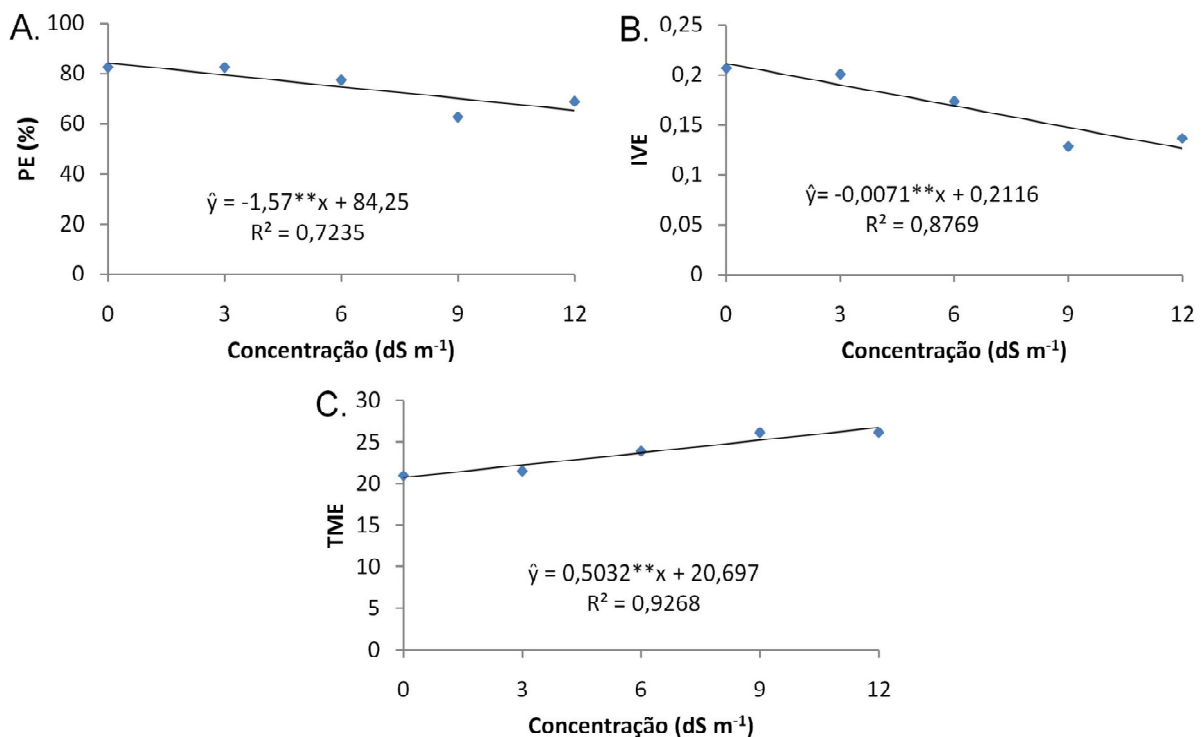


Figura 1 - (A) porcentagem de emergência(PE); (B) índice de velocidade de emergência (IVE); (C) tempo médio de emergência (TME) de sementes oriundas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

### 3.2 Crescimento e desenvolvimento

O fator salinidade na água de irrigação influenciou todas as variáveis de crescimento estudadas. Para as variáveis AP, DP e AF observa-se na ANAVA que houve diferença significativa entre os clones estudados (Tabela 2). Ainda na mesma tabela pode-se observar a comparação das médias entre os clones para as variáveis AP, DP e AF. Para variável AP o clone CCP 06 apresentou maior média não diferindo dos clones BRS 189 e BRS 226. Para variável DP o clone BRS 226 apresentou menor média diferindo dos demais clones. O mesmo comportamento foi observado para variável AF. Evidenciado comportamento diferenciado entre os clones para tolerância a irrigação com água salina.

Tabela 2. Análise de variância para altura da plântula (AP), diâmetro da plântula (DP) e área foliar (AF) dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais (CEa)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		AP	DP	AF
Salinidade (S)	4	175,2**	2,25**	21205**
Clone (C)	3	26,83*	4,40**	16458**
SxC	12	5,9ns	0,39ns	1949ns
Resíduo	60	505	0,52	2369
CV	(%)	22,3	17,4	29,2
		Médias		
Clones		(cm)	(mm)	(cm <sup>2</sup> )
CCP 06		14,3 A	4,3 A	177,8 A
BRS 189		13,4 AB	4,5 A	188,4 A
BRS 226		12,3 AB	3,4 B	124,4 B
BRS 265		11,7 B	4,2 A	175,8 A

\*, \*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo; médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente o crescimento das plantas, sendo o efeito linear, com decréscimo relativo (comparado ao controle) para cada incremento unitário de CEa de 3,8, 1,01 e 3,2% respectivamente para altura, diâmetro e área foliar (Figuras 2A, 2B e 2C). Os resultados foram semelhante aos obtidos por Carneiro et al. (2002), que trabalhando com os clones de cajueiro anão precoce CCP 06, CCP 09, CCP 1001, EMBRAPA 50 e EMBRAPA 51, obtiveram para cada incremento unitário na CEa decréscimo de 8,49% para altura da planta e 14,82% para área foliar. Redução no desenvolvimento da parte aérea em função da salinidade também foi observada por Rebequi et al. (2009) trabalhando com limão cravo irrigado com águas salinas em substrato sem e com biofertilizantes bovinos. Mendonça et al. (2007) observaram queda no incremento do diâmetro de mudas de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus robusta* e *Eucalyptus camaldulensis* em função da condutividade elétrica do substrato.

Nas glicófitas, a diminuição da área foliar é uma das respostas iniciais ao estresse osmótico resultante da salinidade, visando diminuir a perda de água por transpiração. Entretanto, essa redução na área foliar diminui a área disponível para a fotossíntese, que por sua vez seria um dos responsáveis pelo menor crescimento das plantas em condições de estresse salino (Parida et al., 2004).

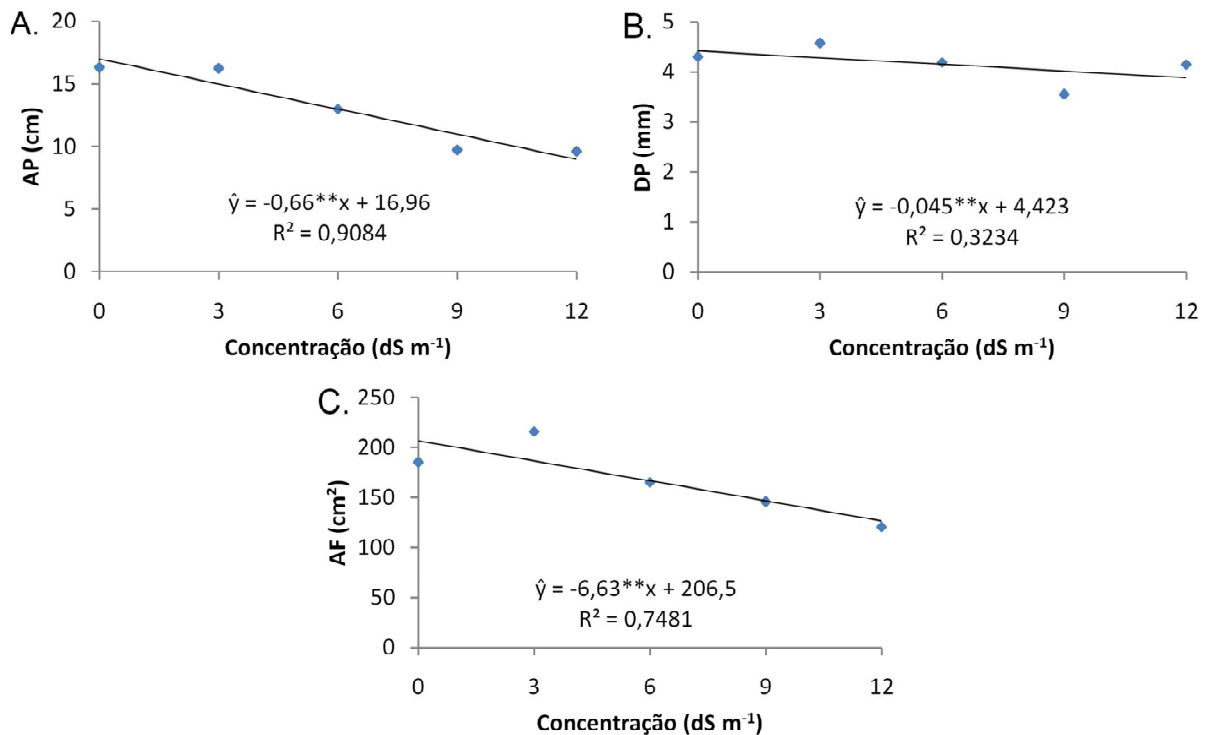


Figura 2 - (A) altura das plântulas (AP); (B) diâmetro das plântulas (DP); (C) área foliar (AF) de sementes oriundas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Não houve interação entre a salinidade da água de irrigação e os clones, exceto para as variáveis MSR e TAR (Tabela 3). Existindo comportamento diferenciado de clones dentro dos níveis salinos e/ou níveis salinos dentro de clones.

O clone BRS 265 apresentou a menor média diferindo dos demais para variável MSF. Para variável MSC o clone BRS 189 apresentou maior média não diferindo dos clones CCP 06 e BRS 226. Na variável MSPA o clone BRS 189 apresentou maior média, não diferindo dos clones CCP 06 e BRS 265.

Não foram observadas diferenças significativas entre os clones para as variáveis TAF e TAC (Tabela 3). Ficando evidenciado que para essas variáveis todos os clones apresentaram o comportamento semelhante.

Tabela 3 - Análise de variância para massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), taxa de água na folha (TAF), taxa de água no caule (TAC), taxa de água na raiz (TAR) dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais (CEa)

F.V.	G.L.	Quadrado médio						
		MSF	MSC	MSR	MSPA	TAF	TAC	TAR
Salinidade (S)	4	0,62**	0,35**	2,36**	1,92**	51**	69,9*	1134**
Clone (C)	3	0,24**	0,10**	0,36**	0,4**	4,4ns	2,4ns	65,2**
SxC	12	0,02ns	0,01ns	0,11*	0,04ns	6,8ns	13,2ns	43,7**
Resíduo	60	0,03	0,02	0,05	0,09	6,3	20,6	15,7
CV	(%)	28,4	33,3	34,4	27,7	3,3	5,5	5,1
		Médias						
Clones		(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)
CCP 06		0,70 A	0,46 A	0,6	1,17 AB	76,7	82,3	78,0
BRS 189		0,77 A	0,49 A	0,8	1,27 A	75,7	82,2	75,6
BRS 226		0,73 A	0,42 AB	0,5	0,94 B	75,7	81,6	79,4
BRS 265		0,52 B	0,32 B	0,8	1,06 AB	75,9	82,5	75,8

\*, \*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo; médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

No desdobramento da MSR observa-se que para o nível controle (0 dS m<sup>-1</sup>) os clones BRS 189 e BRS 265 apresentam maiores médias diferenciando dos demais. Para a comparação de cada clone dentro dos níveis salinos observa-se que os clones CCP 06 e BRS 265 apresentou menor variação entre as médias (Tabela 4).

Para taxa de água na raiz observa-se para o nível controle (0 dS m<sup>-1</sup>) os clones CCP 06 e BRS 226 apresentaram maior quantidade de água nos tecidos. Para a comparação de cada clone, dentro dos diversos níveis salinos, se observa comportamentos semelhante entre os clones.

Tabela 4 - Desdobramento das médias da massa seca da raiz (MSR) e da taxa de água na raiz (TAR) dos clones, dentro dos níveis de salinidade, e da salinidade, dentro dos clones

Salinidade dS m <sup>-1</sup>	Clones			
	CCP 06	BRS 189	BRS 226	BRS 265
(MSR) massa seca da raiz (g)				
0	1,06 B a	1,71 A a	0,84 B a	1,64 A a
3	0,79 A ab	0,89 A a	0,79 A ab	0,80 A b
6	0,47 A b	0,56 A ab	0,39 A abc	0,58 A b
9	0,44 A b	0,40 A b	0,36 A bc	0,49 A b
12	0,42 A b	0,40 A c	0,27 A c	0,53 A b
(TAR) taxa de água na raiz (%)				
0	70,6 A c	56,1 B b	68,3 A c	58,0 B c
3	73,5 A bc	75,7 A a	77,4 A b	75,3 A b
6	81,3 A ab	80,3 A a	80,8 A ab	78,6 A ab
9	80,9 A ab	82,4 A a	83,3 A ab	82,5 A ab
12	83,4 A a	83,4 A a	86,8 A a	84,0 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não difere estatisticamente na mesma linha e médias seguidas pela mesma letra minúscula não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste Tukey (p<0,05).

As variáveis massa seca da folha, do caule e da parte aérea (MSF, MSC, MSPA) dos clones estudados foram afetadas negativamente pela salinidade da água de irrigação, com redução linear das mesmas em função do incremento da CEa, na proporção de 4,3, 4,9 e 4,6% respectivamente, para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figuras 3A, 3B, e 3C).

As raízes apresentam maior capacidade de ajustamento osmótico, bem como uma melhor proteção do estresse oxidativo sob condições de estresse salino (ABREU et al., 2008), o que pode explicar a maior redução do crescimento das mesmas, bem como seu comportamento de provável ajustamento osmótico observado pela taxa de água na raiz (TAR).

De acordo com Ayers; Westcot (1999) como critério para escolha de uma cultura, quando se levam em conta problemas de salinidade, pode ser aceita uma diminuição no rendimento potencial de até 10%, isto é, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%. Tomando por base a equação da massa seca da parte aérea pode-se verificar que na CEa de 2,17 dS m<sup>-1</sup> ocorre redução de 10% no rendimento potencial dos clones estudados podendo, então, ser considerado valor limite de salinidade para produção de mudas com 30 dias.

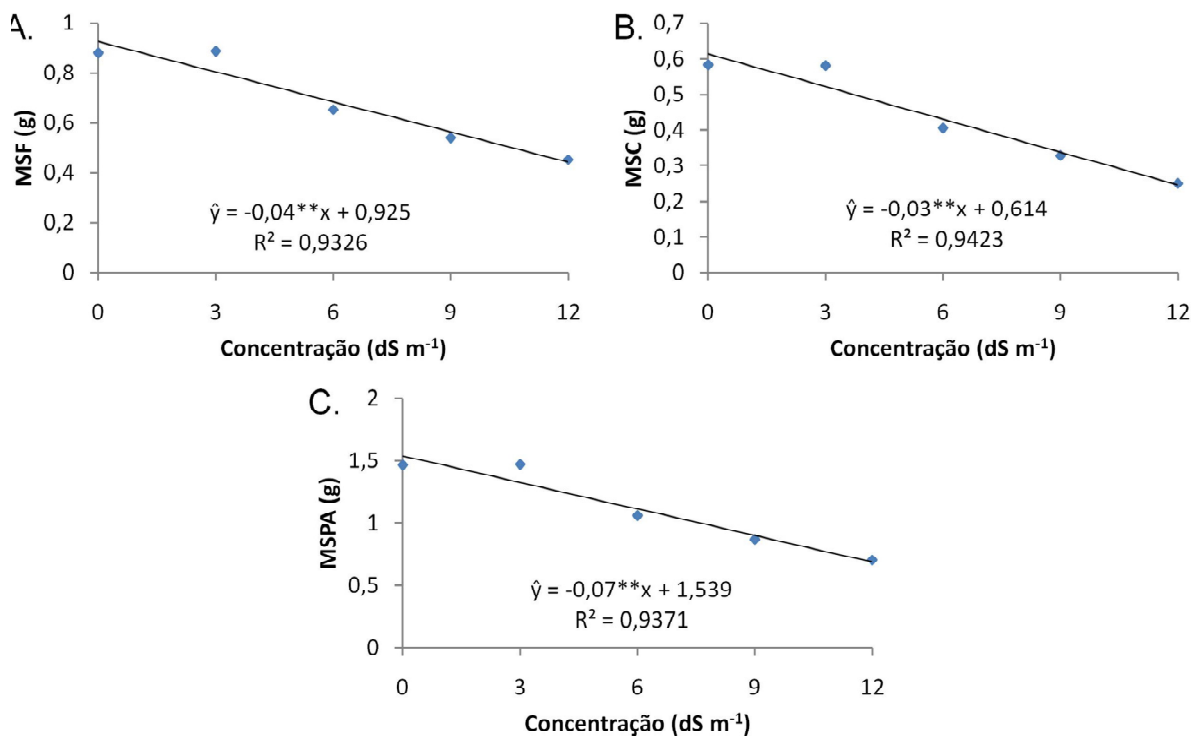


Figura 3 - (A) massa seca da folha (MSF); (B) massa seca do caule (MSC); (C) massa seca da parte aérea (MSPA) de plântulas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Para as variáveis taxa de água nas folhas (TAF) e taxa de água no caule (TAC) evidenciou-se efeito linear positivo (Figura 4A e 4B), indicando que pode ter acontecido um efeito osmorregulador, provocando uma maior absorção da água pelos tecidos. Carneiro et al. (2002), observaram comportamento similar para TAF no clone CCP76 de cajueiro anão precoce em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

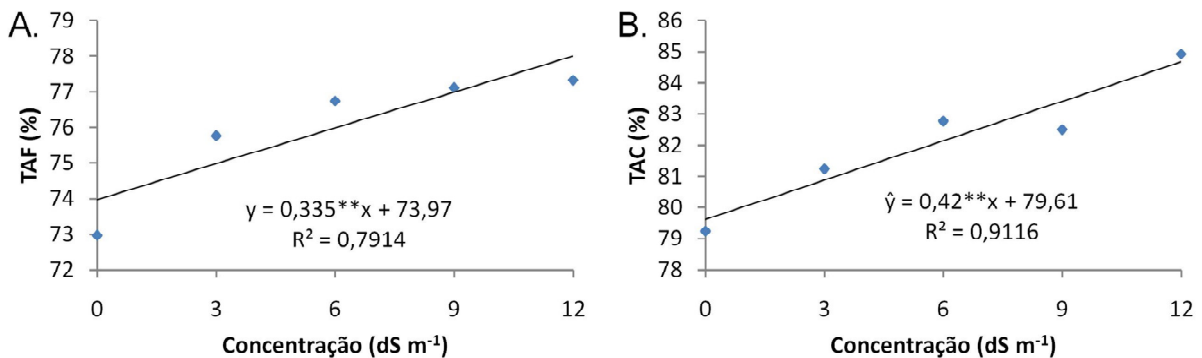


Figura 4 - (A) taxa de água na folha (TAF); (B) taxa de água no caule (TAC) de plântulas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A supressão do crescimento inicial das plântulas de cajueiro cultivadas em condições de salinidade provavelmente ocorre devido à redução na disponibilidade de água ou o acúmulo excessivo de íons ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) nos tecidos vegetais, que por sua vez podem afetar os processos fisiológicos como a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (NAVARRO et al., 2007) e provocar desequilíbrio nutricional (FERNANDES et al., 2003). Lopes et al. (2009), comentam que a redução no crescimento causado pelo estresse salino também pode estar relacionado ao gasto energético necessário para a síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos.

Os resultados obtidos no presente estudo parecem corroborar a observação de Bezerra et al. (2007), trabalhando com cajueiro anão precoce, de que nessa espécie, o crescimento e desenvolvimento das plantas é mais susceptível à salinidade de que a fase de germinação.

### 3.3 Solutos Inorgânicos e Carboidratos Solúveis

Com relação aos íons investigados, a salinidade somente não afetou os teores de potássio no caule (KC) e de potássio na raiz (KR). Por sua vez, não houve diferença entre os

clones para os teores de sódio no caule (NaC) e de sódio na raiz (NaR). As variáveis potássio na folha (KF), cloreto na folha (CIF), cloreto no caule (CIC) e cloreto na raiz (CIR) apresentaram interação entre os dois fatores.

O clone CCP 06 apresentou o menor teor de sódio na folha, não diferenciando estatisticamente do clone BRS 226. Quanto aos teores de cloreto, houve significância tanto para a salinidade quanto para os clones, havendo ainda interação esses dois fatores para todos os órgãos analisados (CIF, CIC e CIR) (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de variância para sódio na folha (NaF), sódio no caule (NaC), sódio na raiz (NaR), cloreto na folha (CIF), cloreto no caule (CIC), cloreto na raiz (CIR) dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais (CEa)

F.V.	G.L.	Quadrado médio					
		NaF	NaC	NaR	CIF	CIC	CIR
Salinidade (S)	4	353,6**	3905**	2444**	5659**	4678**	3245**
Clone (C)	3	4395**	130,9ns	115,7ns	342,3**	1249**	2161**
SxC	12	122,1ns	60ns	25,5ns	202,8**	545,6**	23,1**
Resíduo	60	73,7	48,8	13,7	49,1	45,3	25,8
CV	(%)	30,5	25,9	15,6	23,9	25,2	22,3
		Médias					
Clones		g Kg <sup>-1</sup>	g Kg <sup>-1</sup>	g Kg <sup>-1</sup>	g Kg <sup>-1</sup>	g Kg <sup>-1</sup>	g Kg <sup>-1</sup>
CCP 06		24,33 B	26,4	24,3	27,4	37,3	36,7
BRS 189		31,72 A	23,8	26,0	35,5	24,8	22,7
BRS 226		24,61 AB	27,7	20,3	27,1	26,3	20,1
BRS 265		31,79 A	27,6	22,7	26,3	18,8	13,9

\*,\*\*; significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo; médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os teores de sódio na folha, no caule e na raiz (NaF, NaC, NaR) foram afetadas positivamente pela salinidade da água de irrigação, com acúmulo linear das mesmas variáveis em função do incremento da CEa, na proporção de 44,8, 39,7 e 26,6% respectivamente, para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figuras 5A, 3B e 3C).

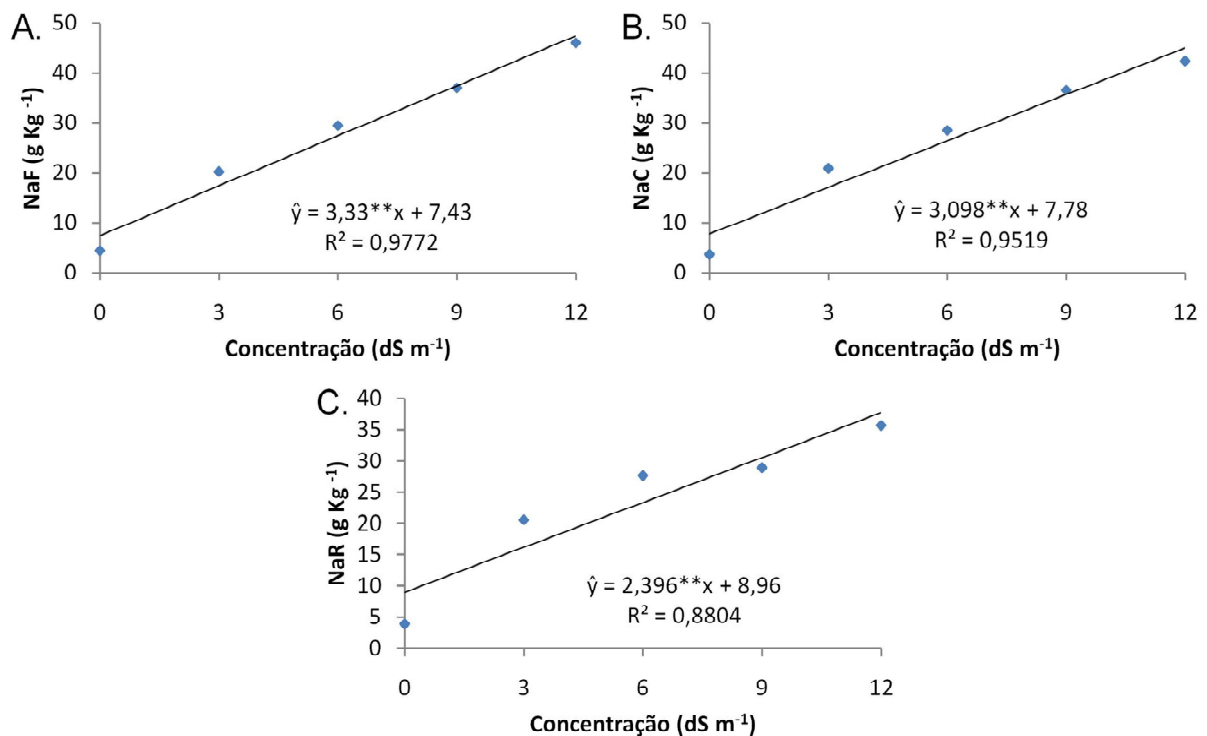


Figura 5 - (A) sódio na folha (NaF); (B) sódio no caule (NaC); (C) sódio na raiz (NaR); de plântulas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No desdobramento do CIF observa-se que, os clones apresentaram diferenças estatisticamente significativas, para o nível mais alto de salinidade (12 dS m<sup>-1</sup>) e o clone BRS 189 apresentou média superior aos demais. Quando a comparação se dá entre o CIC e o CIR, se observou que no maior nível de salinidade o clone BRS 265 apresentou menores médias (Tabela 6).

Os teores de cloreto na folha, no caule e na raiz (CIF, CIC, CIR) foram afetadas positivamente pela salinidade da água de irrigação, com acúmulo das mesmas em função do incremento da CEa, para todos os clones estudados, com exceção do BRS 265, mas todos os tratamentos salinos diferiram do controle (Tabela 6).

Tabela 6 - Desdobramento das médias do cloreto na folha (CIF), do cloreto no caule (CIC) e do cloreto na raiz (CIR) dos clones dentro dos níveis de salinidade, e da salinidade, dentro dos clones

Salinidade dS m <sup>-1</sup>	Clones			
	CCP 06	BRS 189	BRS 226	BRS 265
	(CIF) cloreto na folha (g Kg <sup>-1</sup> )			
0	2,58 A c	3,42 A c	2,61 A d	2,68 A c
3	19,3 A b	14,5 A c	18,6 A c	24,9 A b
6	32,4 A ab	39,5 A b	26,5 A bc	34,7 A ab
9	39,3 AB a	47,9 A b	39,4 AB ab	31,1 B ab
12	43,3 B a	72,1 A a	47,9 B a	42,7 B a
	(CIC) cloreto no caule (g Kg <sup>-1</sup> )			
0	3,29 A d	1,45 A d	1,38 A d	1,70 A c
3	23,5 A c	15,9 A c	16,9 A cd	23,3 A ab
6	35,2 A bc	24,3 A bc	28,8 A bc	31,1 A a
9	42,3 A b	34,2 A b	41,4 A ab	16,0 B b
12	81,9 A a	47,8 B a	43,1 B a	19,1 C ab
	(CIR) cloreto na raiz (g Kg <sup>-1</sup> )			
0	3,66 A d	1,53 A d	1,83 A c	1,16 A b
3	24,2 A c	16,3 A c	18,4 A b	19,6 A a
6	36,4 A b	28,6 AB b	22,4 BC ab	18,4 C a
9	35,4 A b	27,5 A b	30,4 A a	**
12	83,6 A a	39,2 B a	27,2 C ab	16,5 D a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não difere estatisticamente na mesma linha e médias seguidas pela mesma letra minúscula não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); \*\* amostra insuficiente para análise.

Na variável potássio no caule (KC) o clone BRS 189 apresentou menor média, diferindo dos demais. Quanto a presença de potássio na raiz os clones BRS 226 e 265 apresentaram a maior média não diferindo entre si (Tabela 7).

Com relação aos carboidratos solúveis na folha, houve efeito significativo da salinidade e do clone utilizado, sem interação entre os fatores (Tabela 7). O clone CCP 06 apresentou a maior e o clone BRS 265 a menor média referente ao teor de carboidratos presente nas folhas (CarbF).

Tabela 7 - Análise de variância para potássio na folha (KF), potássio no caule (KC) e potássio na raiz (KR) e carboidratos solúveis na folha (CarbF) dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce irrigado com águas de diferentes concentrações de sais (CEa)

F.V.	G.L.	Quadrado Médio			
		KF	KC	KR	CarbF
Salinidade (S)	4	734,4**	24,3ns	2,5ns	577**
Clone (C)	3	190,7**	148,3**	32,6**	3593**
SxC	12	51,5**	21,6ns	1,4ns	142ns
Resíduo	60	17,9	30	1,3	76,4
CV	(%)	13,8	27,2	25,5	23,8
		Médias			
Clones		(g Kg <sup>-1</sup> )	(g Kg <sup>-1</sup> )	(g Kg <sup>-1</sup> )	mg gMS <sup>-1</sup>
CCP 06		29,1	20,4 A	3,63 B	51,3 A
BRS 189		30,1	16,2 B	3,43 B	37,9 B
BRS 226		28,2	22,3 A	5,35 A	38,6 B
BRS 265		32,8	21,5 A	6,02 A	18,8 C

\*, \*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo; médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No desdobramento do KF observa-se que com exceção dos níveis (9 e 12 dS m<sup>-1</sup>) de sal, em que os clones BRS 265 e BRS 189 apresentaram maiores médias respectivamente, nos demais tratamentos não houve diferença entre os clones. Observando-se o efeito da salinidade em cada clone, verifica-se que o aumento da salinidade provocou acréscimo de KF praticamente em todos os clones (Tabela 8).

Tabela 8 - Desdobramento das médias da potássio na folha (KF) dentro dos níveis de salinidade, e da salinidade, dentro dos clones

Salinidade dS m <sup>-1</sup>	Clones			
	CCP 06	BRS 189	BRS 226	BRS 265
0	22,8 A b	18,8 A c	22,0 A b	23,3 A d
3	26,7 A ab	23,7 A bc	26,5 A ab	30,8 A cd
6	28,0 A ab	27,6 A b	29,1 A ab	34,4 A bc
9	33,0 B a	36,5 B a	29,8 B ab	46,8 A a
12	34,0 B a	43,7 A a	33,5 B a	40,2 AB ab

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não difere estatisticamente na mesma linha e médias seguidas pela mesma letra minúscula não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste Tukey (p<0,05).

Os carboidratos solúveis das folhas (CarbF) decresceram linearmente com o aumento da salinidade, sendo o decréscimo de 2,3% para o aumento de cada unidade de salinidade (Figura 6).

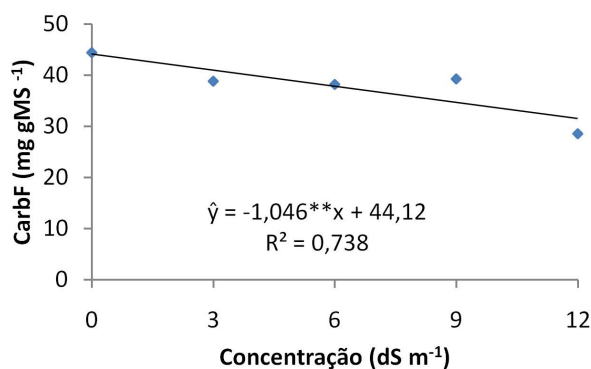


Figura 6 - Carboidrato na folha (CarbF) de plântulas dos clones CCP 06, BRS 189, BRS 226 e BRS 265 de cajueiro-anão precoce em função da salinidade da água de irrigação; \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Dentre as formas ou mecanismos relacionados a resistência à salinidade, tem sido relatado o padrão da partição de sódio e cloreto entre as diferentes partes da planta (ASHRAF; AHMAD, 2000). A partição de menor conteúdo de íons salinos para as folhas, evitando danos e/ou toxicidade nos tecidos fotossintéticos, é considerada um comportamento de plantas glicófitas mais resistentes ao sal (MUNNS; TESTER, 2008). Tal fato pode estar relacionado a

mecanismos seletivos de absorção e acumulação de íons salinos no sistema radicular assim como a restrição da sua transferência para parte aérea (MAATHUIS; AMTMANN, 1999).

Oliveira et al. (2006), relataram que o acúmulo de carboidratos nos tecidos vegetais em resposta ao incremento da salinidade pode ser indicativo de osmorregulação nas plantas. Esse comportamento não foi observado nos clones estudados nesse trabalho, com o decréscimo dos carboidratos foliares corroborando com a redução na matéria seca foliar. Apesar disso, foi observado que a taxa de água na folha mostrou uma tendência de acréscimo com a salinidade, sugerindo a existência de uma osmorregulação no tecido vegetal, que pode ter sido decorrente do aumento de solutos inorgânicos. Tal fato pode ser ainda resultado do acúmulo de outros compostos como proteínas solúveis e aminoácidos, como observado por Oliveira et al. (2006), trabalhando com genótipos de sorgo forrageiro.

#### 4 CONCLUSÃO

O incremento da salinidade na água de irrigação afetou negativamente todas as variáveis de emergência dos clones de cajueiro anão precoce.

A irrigação com água salina proporcionou um acréscimo nos teores de Na e Cl nas diversas partes das plantas, afetando negativamente todas as variáveis de crescimento inicial dos clones de cajueiro anão precoce.

Dos clones estudados o clone CCP 06 foi o mais tolerante à salinidade.

A salinidade limite encontrada no presente estudo foi de CEa de  $2,17 \text{ dS m}^{-1}$  para uma diminuição no rendimento potencial de até 10% do rendimento de acúmulo de matéria seca da parte aérea.

## 5 REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. B.; PRISCO, J. T.; NOGUEIRA, A. R. C.; BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Physiological and biochemical changes occurring in dwarf-cashew seedlings subjected to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.20, n.2, p.105-118, 2008.

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. 01, p. 113-121, 2010.

ASHRAF, M.; AHAMAD, S. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fibre characteristics ion accumulation, yield components and fibre characteristics hirsutum L. **Field Crops Research**, v. 66, n. 02, p. 115-127, 2000.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, n.1, p.889-899, 2004.

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

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PAIVA, W. O.; PAIVA, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. In: Silva, V.V. da. (ed.). **Caju. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI, 2004. p.81-92.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; SANTOS, F. J. S.; GURGEL, M. T.; NOBRE R. G. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.420-424, 2002.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E.; ABREU, C. E. B.; PRISCO, J. T., Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.4, p.449-461, 2007.

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, p.199-206, 2002.



CAVALCANTI JUNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. Documentos No 42.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; GUIMARÃES, P. T.; PINTO, J. E. B. P. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) sob diferentes níveis de salinidade. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.2, n.2, p.278-284, 2003.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 03, p. 371-374, 1984.

GHEYI, H. J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr, R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C. (eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: DCS/UFC, 2000. p.329-346.

IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br), 2009.>. Acesso em: 23 jan. 2011.

LOPES, T. C.; KLAR, A. E. Influência de diferentes níveis de salinidade sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.68-75, 2009.

MAATHUIS, F. J. M.; AMTMANN, A. K<sup>+</sup> Nutrition and Na<sup>+</sup> Toxicity: Basis of Cellular K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> Ratios. **Annals of Botany**, v. 84, n. 02, p. 123-133, 1999.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: Princípios e aplicações. Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.

MEDEIROS, J.F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 1992. 173p. Dissertação Mestrado

MEIRELES, A.C.M. **Salinidade da água de irrigação e desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: UFC, 1999. 60p. Dissertação Mestrado

MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; SANTIAGO, R. A.; RODRIGUES, L. A.; FREITAS, T. A. S. Características biométricas de mudas de Eucalyptus sp sob estresse salino. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 365-372, 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell & Environment**, Oxford, v.25, n. 2, p.239-250, 2002.

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

NAVARRO, A.; BAÑON, S.; OLMOS, E; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of Arbutus unedo plants. **Plant Science**, v.172, n.4 ,p.473-480, 2007.

NEVES A. L. R.; GUIMARÃES, F.V.A.; LACERDA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n.4, p. 569-574, 2008.

OLIVEIRA, L.A.A.; BARRETO, L.P.; NETO, E.B.; SANTOS, M.V.F., COSTA, J.C.A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa agropecuaria brasileira**. v.41, n.1, p.31-35, 2006.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B.; MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, **Bruguiera parviflora Trees**, v.18, n.2 , p.167-174, 2004.

REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. A.; DINIZ, A. A.; BREHM, M. A. S.; CAVALCANTE, M. Z. B. Produção de mudas de limão cravo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.32, n.2, p.219-228, 2009.

RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production**. FAO. Roma. 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG 9.1: Sistema de Análises Estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. (CD-ROM).

### CAPÍTULO III

## CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS ENXERTADAS DO CLONE BRS 189 DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE, IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

### RESUMO

São escassos estudos no estabelecimento das mudas de cajueiro no campo. Bem como a utilização e manejo adequado de água salina no estabelecimento dessas plantas. Em função do exposto, objetivou-se avaliar a tolerância de plantas de cajueiro anão precoce clone BRS 189 sob irrigação com água salina. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria tropical. Mudas do clone BRS 189, sobre porta enxerto do clone CCP 06, foram transplantadas para solo e a partir do segundo mês iniciou-se a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições e quatro plantas por parcela experimental, referentes às soluções salinas ajustadas para as condutividades elétricas (CEa) (0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Decorridos cinco meses obteve-se os dados e aplicou-se análise estatística. Todas as variáveis de desenvolvimento e a MSF foram influenciadas pela salinidade. Das trocas gasosas apenas a transpiração foi afetada pela salinidade. A salinidade limiar encontrada no presente estudo foi de CEa de 1,56 dS m<sup>-1</sup> para diminuição no rendimento potencial de até 10% .

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale*. Condutividade elétrica. Solos-salinos.

## GROWTH AND DEVELOPMENT OF GRAFTED SEEDLINGS OF CLONE BRS 189 DWARF CASHEW IRRIGATED WITH SALINE WATER

**Abstract** - Are few studies on the establishment of seedlings of cashew in the field and appropriate management of saline water on establishment of these plants. Based on this fact, this study was aimed at evaluating the growth of dwarf cashew clone BRS 189 under irrigation with saline water. The experiment was conducted at the Pacajus Experimental Field of the Embrapa Agroindústria tropical. The BRS 189 seedlings on the CCP 06 clone rootstock, were transplanted to the ground and subjected to the treatments, from the second month onwards. The treatments were arranged in blocks with four replications and four plants per plot, referring to saline solutions corresponding to the electrical conductivities (ECw) 0.8, 3.0, 6.0, 9.0 and 12.0 dS m<sup>-1</sup>. After five months, the data were obtained, and subjected to statistical analysis. All the development variables and the leaf dry mass (LDM, or MSF) were influenced by salinity. Only perspiration (of the gas exchanges) was affected by salinity. The salinity limit found in this study corresponded to an electrical conductivity of 1.56 dS m<sup>-1</sup>, to a fall in potential yield of up to 10%.

**Keywords:** *Anacardium occidentale*. Electrical conductivity. Soil-salinity

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semi-áridas apresentam problemas no que diz respeito à salinidade de solo e água. Tal fato se deve principalmente pela alta demanda evaporativa e a baixa pluviosidade (QUEIROZ et al., 2010), agravado pelo alto teor salino encontrado nos reservatórios de água, especialmente no verão, quando ocorre diminuição do volume hídrico desses reservatórios (QUEIROZ et al., 2010). Os rios e/ou riachos também podem apresentar problemas de salinidade, dependendo dos tipos de solos, da qualidade da água das barragens e retorno da água de drenagem (HOLANDA; AMORIM, 1997; OLIVEIRA, 1997).

A salinidade no solo provoca prejuízos na produção agrícola, já que nessas condições existe uma limitação do crescimento e da produção vegetal (GHEYI, 2000; MUNNS, 2002). Embora existam experiências de sucesso no cultivo de plantas irrigadas com águas salinas em virtude do manejo correto do solo, da rotação de culturas e do uso de diferentes fontes de água em diferentes estádios de desenvolvimento da planta (RHOADES, 1984; OSTER et al., 1984; SHARMA; RAO, 1998), poucas são as experiências no semi-árido nordestino (LIMA, 1997), especialmente com espécies perenes em experimentos de longo prazo. A utilização de águas salinas na agricultura depende do grau de tolerância da cultura, da drenagem do solo, da composição iônica da fonte de água e de outras características ambientais (SHARMA; RAO, 1998).

No Nordeste brasileiro, as fruteiras ocupam lugar de destaque na economia regional e seus cultivos estão, cada vez mais, ligados à agricultura irrigada. Isso resulta no aumento da demanda por água, o que tornará necessário o uso alternativo de fontes salinas. Nessa região, o cajueiro se destaca tanto pela área de produção, que chega a mais de 770.000 hectares plantados (IBGE, 2009), quanto pelo potencial de exportação de suas castanhas. Grande parte destes pomares foi propagada por sementes e são cultivados sob regime de sequeiro (BARROS et al., 2004), embora nos últimos anos a prática de irrigação venha se apresentando como alternativa viável para o estabelecimento de novos pomares mais produtivos (CAVALCANTI JUNIOR; CHAVES, 2001).

Apesar da importância, são escassos os estudos que visem elucidar o efeito da salinidade no estabelecimento das mudas de cajueiro no campo, bem como a utilização e o manejo adequado de água salina no estabelecimento dessas plantas. Em função do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de plantas de cajueiro anão precoce clone BRS 189, sob irrigação com água salina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus, da Embrapa Agroindústria Tropical (4°10'S e 38°27'W), altitude de 60m, distante 55 Km de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil clima Aw segundo Köppen (1948). No período, a precipitação pluviométrica do local foi de 0,0; 0,0; 0,0; 6,0; 0,0 e 81,2 mm, respectivamente, nos meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

No mês de junho de 2010, mudas com três meses de idade do clone BRS 189, enxertadas sobre porta enxerto do clone CCP 06, foram transplantadas para solo (Neossolos Quartzarênicos Distróficos Podzólicos), que recebeu previamente adubação de fundação segundo Oliveira, (2002). Durante os dois primeiros meses, período de estabelecimento das mudas, foi aplicado água de poço ( $0,8 \pm 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ).

A partir do terceiro mês (Setembro) iniciou-se a aplicação dos tratamentos, que consistiu da aplicação da irrigação, via micro aspersão, das soluções salinas com condutividades elétricas (CEa) de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0  $\text{dS m}^{-1}$ , seguindo uma lâmina calculada para a cultura do cajueiro anão precoce na região de Pacajus, correspondendo de 15 a 20 litros diários por planta (OLIVEIRA, 2002). Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições e quatro plantas por parcela experimental

As soluções salinas foram preparadas pela adição de diferentes quantidades de sais de NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , na proporção de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, conforme Medeiros (1992), obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais ( $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$ ), extraída de Rhoades et al. (1992). As soluções salinas foram preparadas e acondicionadas em caixas d água de 5000L, utilizando-se de condutivímetro portátil para mensuração e ajuste da condutividade elétrica de acordo com os tratamentos estabelecidos.

As trocas gasosas foram mensuradas aos 140 dias após o transplante (DAT), com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCi, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram entre 09:00 e 11:00 h, nas folhas mais desenvolvidas, utilizando-se fonte de luz constante de  $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Ao término do experimento (150 DAT) foram coletadas amostras de solo, em cada parcela experimental, na profundidade de 0-20 cm para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação e dos teores de s\u00f3dio e pot\u00e1ssio. Para tanto, em 400g de solo, foram adicionados 130 mL de \u00e1gua deionizada, passada atrav\u00e9s de filtros miliporos (mili-Q),

seguido de homogeneização e repouso por um período de 12 a 18 h. Em seguida, a amostra foi filtrada em papel de filtro com auxílio de vácuo. O filtrado corresponde ao extrato de saturação do solo. Após, as plantas foram coletadas e determinadas as seguintes variáveis: profundidade radicular (PR), altura da plântula (AP), diâmetro da plântula (DP), área foliar (AF), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca do caule (MSC) e matéria seca das folhas (MSF).

Os minerais Na, Cl, K e os carboidratos foliares foram determinados a partir da maceração em almofariz do material vegetal (folha) utilizado na análise da matéria seca. Homogeneizou-se 1 g do material em 50 mL de água desionizada, passada através de filtros miliporos (mili-Q). Em seguida, essa mistura foi submetida à agitação por 2 horas e filtrada em papel de filtro do tipo lento. O extrato obtido foi mantido sob refrigeração até a realização das análises.

Os teores de sódio e potássio foram determinados por fotometria de chama (MALAVOLTA et al. 1997). O teor de cloreto foi determinado em espectrofotômetro a 460nm (GAINES et al., 1984). Para a determinação dos carboidratos das folhas utilizou-se a metodologia segundo Dubois et al. (1956).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão pelo programa SAEG (UFV, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Solo

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e a concentração de sódio no solo foram fortemente afetada pela salinidade da água de irrigação (Tabela 1). Para variável (CEes) ocorreu acréscimo linear em função do incremento da CEa, na proporção de 38,1% para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figura 1A). Este aumento na CEes foi decorrente do aumento do teor de sódio no solo (Na), que também cresceu linearmente com o aumento da CEa (228,3% para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle) (Figura 1B).

Tabela 1 - Análise de variância para condutividade elétrica (CEes), concentração de sódio (Na) e concentração de potássio em um solo (K); cultivado com plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		CEes	Na	K
Salinidade (S)	4	27,6**	14247**	0,19ns
Linear	1	104,4**	55996**	0,21ns
Quadrática	1	0,14ns	317,6ns	0,32ns
Cúbico	1	5,9*	578,8ns	0,41ns
Resíduo	15	1,18	344	0,26
CV	(%)	23,4	23	28,2

\*, \*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo

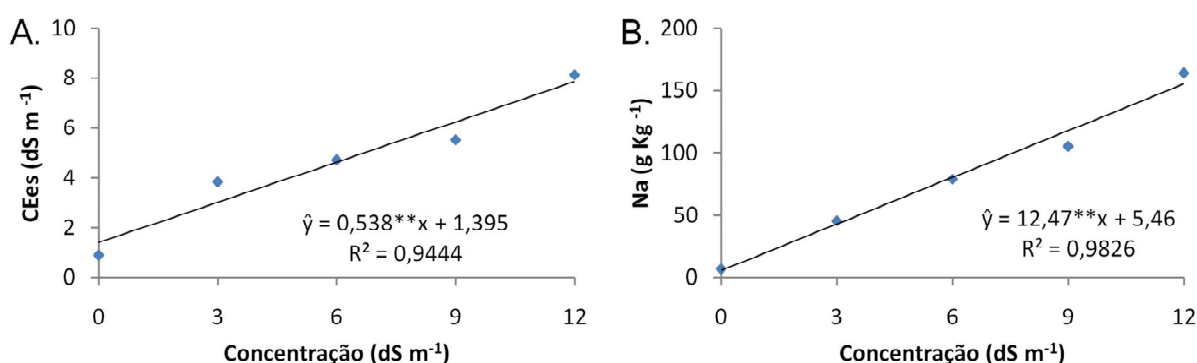


Figura 1 - (A) condutividade elétrica (CEes) e (B) concentração de sódio em um solo (Na); cultivado com plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>), \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Blanco et al. (2008), trabalhando com tomate sob estresse salino, também observou aumento da CEes e do Nas. Os mesmos autores observaram uma CEes final foi 55%

superior a condutividade elétrica média da água de irrigação, diferentemente do presente estudo, em que a CE do solo foi inferior à da água aplicada. Tal fato pode ser explicado pela diferença nos tipos de solos utilizados nos dois experimentos bem como a lâmina de irrigação aplicada.

### 3.2 Trocas gasosas

A salinidade afetou significativamente apenas a variável condutância estomática (gs), não apresentando comportamento linear significativo para a mesma variável. A variável transpiração (E) apesar de não ser afetada pela salinidade apresentou comportamento linear significativo (Tabela e Figura 2).

Tabela 2 - Análise de variância para condutividade fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interta pela concentração externa de CO<sub>2</sub> (Ci/Ce) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>)

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		A	gs	E	Ci/Ce
Salinidade (S)	4	26,6ns	0,04*	2,25ns	0,004ns
Linear	1	6,2ns	0,01ns	6,33*	0,004ns
Quadrática	1	40,4ns	0,08*	0,19ns	0,008ns
Cúbico	1	9,1ns	0,06ns	0,62ns	0,003ns
Resíduo	15	9,2	0,02	1,08	0,003
CV	(%)	29,6	40,6	30,8	8,2

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

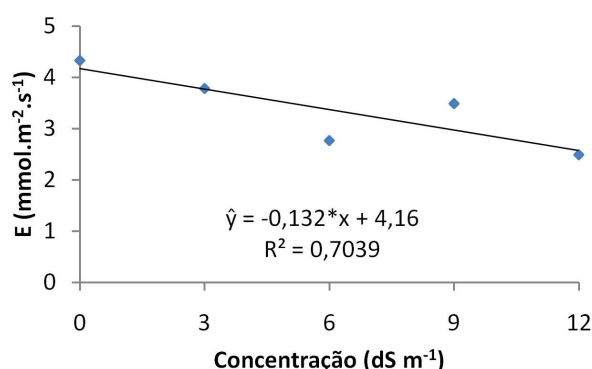


Figura 2 - Transpiração – E de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Essas observações corroboram com os obtidos por Amorim et al. (2010), que trabalhando com plantas adultas de cajueiro anão precoce, observaram que os tratamentos



salinos não afetaram a taxa fotossintética. Por outro lado, os dados são discordantes dos obtidos por Mesquita et al. (2007), trabalhando com plântulas de cajueiro anão precoce, que obtiveram queda linear na fotossíntese com o aumento da salinidade de irrigação. A contradição exposta acima pode ser explicado em função do presente trabalho ter sido conduzido em nível de campo (diferentemente do último trabalho citado) e o estágio de desenvolvimento ser um dos fatores que influencia as respostas das plantas de cajueiro à salinidade (Amorim et al., 2010).

### 3.3 Crescimento e desenvolvimento

A salinidade afetou as variáveis altura das plântulas (AP), diâmetro das plântulas (DP) e profundidade radicular (PR) (Tabela 3). A salinidade da água de irrigação afetou negativamente o crescimento das plantas, sendo o efeito linear significativo, com decréscimo relativo (comparado ao controle) para cada incremento unitário de CEa de 3,8, 4,2, 5,4, 5,7 e 7,5% respectivamente para altura, diâmetro, número de folhas, área foliar e profundidade radicular (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D e 3E).

Tabela 3 - Análise de variância para altura das plântulas (AP); (B) diâmetro das plântulas (DP); (C) número de folhas (NF); (D) área foliar (AF); (E) profundidade radicular (PR) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>)

F.V.	G.L.	Quadrado médio				
		AP	DP	NF	AF	PR
Salinidade (S)	4	370,9**	20,3*	161,7ns	200642ns	1444659*
Linear	1	883,6*	54,9**	539,6*	633947*	4696991**
Quadrática	1	269,4ns	9,25ns	18,5ns	55869ns	366568ns
Cúbico	1	329,1ns	14ns	0,60ns	660ns	9915ns
Resíduo	15	75,9	4,7	109,7	125727	463483
CV	(%)	26,6	31,7	69,2	69,5	79

\*, \*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

O comportamento das plantas foi semelhante, porém com valores inferiores, aos obtidos por Carneiro et al. (2002), que trabalhando com os clones de cajueiro anão precoce CCP 06, CCP 09, CCP 1001, EMBRAPA 50 e EMBRAPA 51,, obtiveram para cada incremento unitário na CEa decréscimo de 8,49% para altura da planta e 14,82% para área foliar. Os autores utilizaram plântulas mais jovens e cultivadas em tubetes, o que explica a menor tolerância das mesmas ao sal. Carneiro et al. (2007), também observaram que a

salinidade afetou negativamente as variáveis AP e AF do clone CCP76 de cajueiro anão precoce em função da condutividade elétrica da água de irrigação

Observa-se uma maior redução no crescimento das raízes, em especial na profundidade da massa radicular responsável pela absorção de água e nutrientes (raízes amostradas), quando comparado com o crescimento da parte aérea (Figuras 3A e 3E).

A redução na área foliar foi proporcional à redução no número de folhas (decréscimos relativos de 5,7 e 5,4% para cada incremento unitário de CEa). Esse decréscimo no número de folhas se deu mais por abscisão foliar que por inibição do crescimento das mesmas (dados não mostrados). A redução no crescimento das plantas, associado à abscisão de folhas sugere que o efeito deletério do estresse salino no presente experimento se deveu tanto ao componente osmótico quanto ao efeito tóxico dos íons absorvidos.

Adicionalmente, se observa que as folhas que permaneceram nas plantas mantiveram seu metabolismo praticamente inalterado, como pode ser observado pela manutenção das trocas gasosas. Vale ressaltar que as determinações das trocas gasosas ocorreram em condições ótimas de radiação, temperatura e máxima demanda por nutrientes. Dessa forma, embora não tenha sido observada queda na fotossíntese, a redução no crescimento das plantas também poderia estar associada a uma redução na fixação do carbono fotossintético, em função de uma diminuição diária do tempo em que as plantas sob estresse permaneceram fotossintetizando eficientemente.

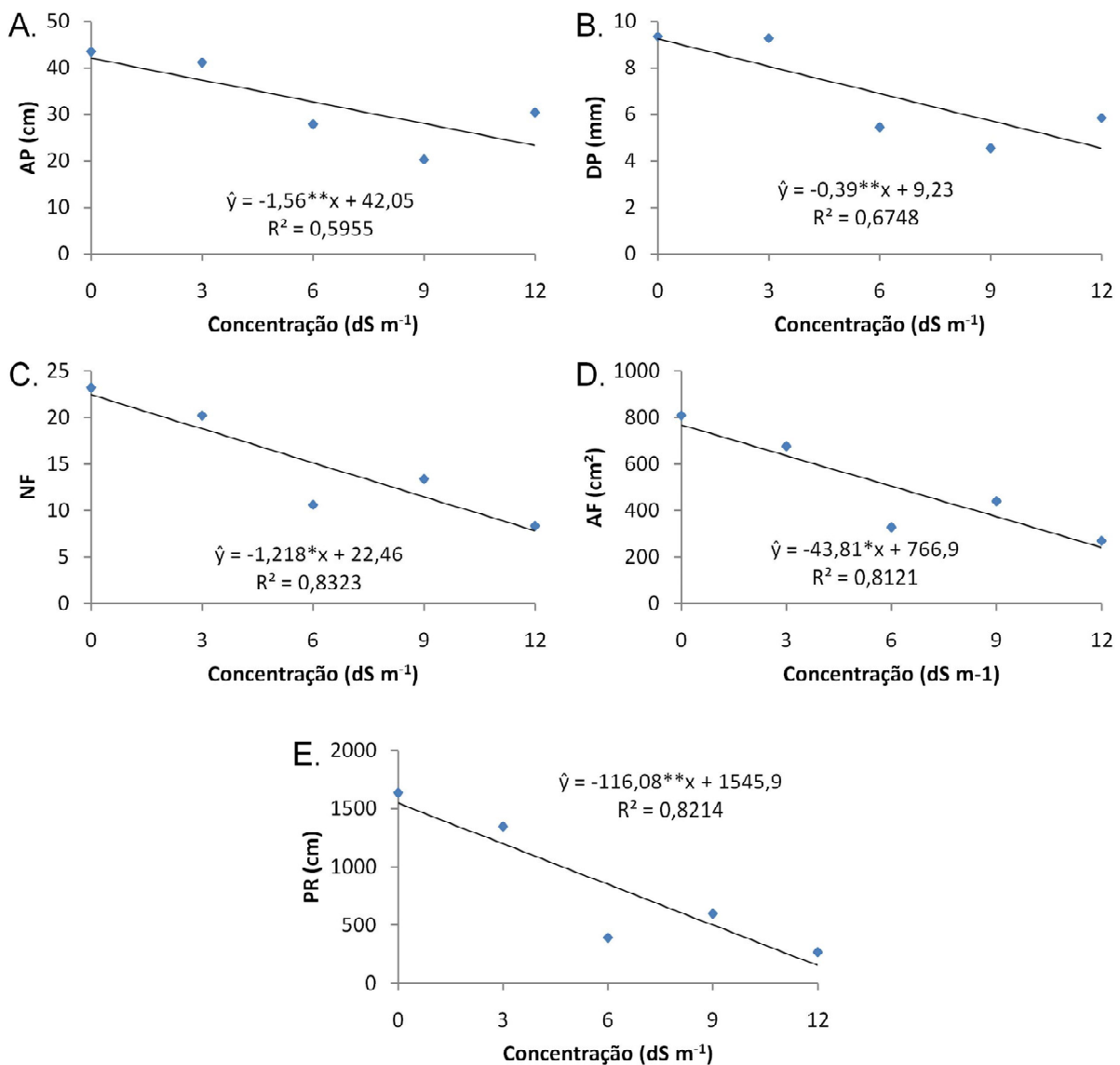


Figura 3 - (A) altura das plântulas (AP); (B) diâmetro das plântulas (DP); (C) número de folhas (NF); (D) área foliar (AF); (E) profundidade radicular (PR) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). \*,\*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

As variáveis massa seca da folha (MSF), do caule (MSC) e da raiz (MSR) não foram afetadas pela salinidade da água de irrigação (Tabela 4), mas a variável (MSF) apresentou comportamento linear significativo, decrescendo linearmente com o incremento da CEa, na proporção de 6,3% para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figura 4).

Tabela 4 - Análise de variância para massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>)

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		MSF	MSC	MSR
Salinidade (S)	4	26,7ns	49,1ns	8,51ns
Linear	1	90,4*	0,52ns	10,65ns
Quadrática	1	7,98ns	3,9ns	0,45ns
Cúbico	1	0,58ns	150ns	16,8ns
Resíduo	15	13,2	65,8	14,6
CV	(%)	73	49,2	39,6

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo

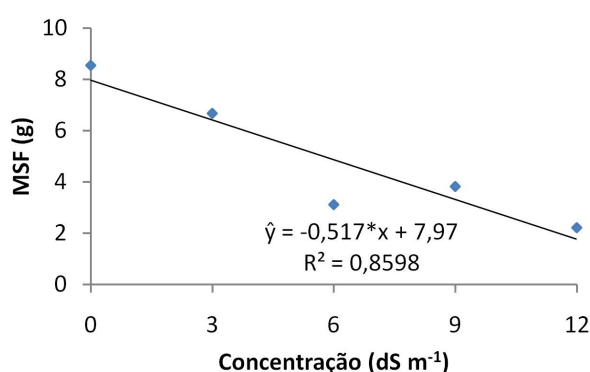


Figura 4 - Massa seca das folhas de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

De acordo com Ayers; Westcot (1999), pode ser aceita uma diminuição no rendimento potencial de até 10%. Assim, a salinidade máxima aceitável é aquela que permite produzir rendimento relativo mínimo de 90%. Tomando por base a equação da massa seca das folhas pode-se verificar que na CEa de 1,56 dS m<sup>-1</sup> ocorre redução de 10% no rendimento potencial do clone BRS 189 podendo, então, ser considerado valor para salinidade limite no desenvolvimento de plantas de cajueiro anão precoce com 5 meses de idade.

A variável MSR não foi afetada pela aplicação de água salina. As raízes são apontadas como tendo maior capacidade de ajustamento osmótico, bem como uma melhor proteção do estresse oxidativo sob condições de estresse salino (ABREU et al., 2008), o que foi corroborado com o observado no presente trabalho.

### 3.4 Solutos inorgânicos e carboidratos solúveis

Apesar dos teores de potássio foliar aumentar nos níveis mais elevados de salinidade, as equações de regressão da variável KF não apresentaram significância ao aumento da concentração salina na água de irrigação (Tabela 5). Por outro lado, os teores de sódio e cloreto nas folhas foram afetados pela salinidade da água de irrigação (Tabela 5), com acúmulo linear em função do incremento da CEa, na proporção de 13,6 e 18,3% respectivamente para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figura 5A e 5B).

Tabela 5 - Análise de variância para sódio na folha (NaF), potássio na folha (KF), cloreto na folha (ClF) e carboidratos solúveis nas folhas (CarbF) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>).

F.V.	G.L.	Quadrado médio			
		NaF	KF	ClF	CarbF
Salinidade (S)	4	88,5*	59,6ns	138,8**	248,7*
Linear	1	335,6**	84,9ns	434**	973,5**
Quadrática	1	6,6ns	0,01ns	16,9ns	13,4ns
Cúbico	1	11,8ns	46,6ns	70,2ns	7,29ns
Resíduo	15	11,74	44,2	14,8	31,1
CV	(%)	26,6	64,7	29,3	15

\*,\*\*: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo

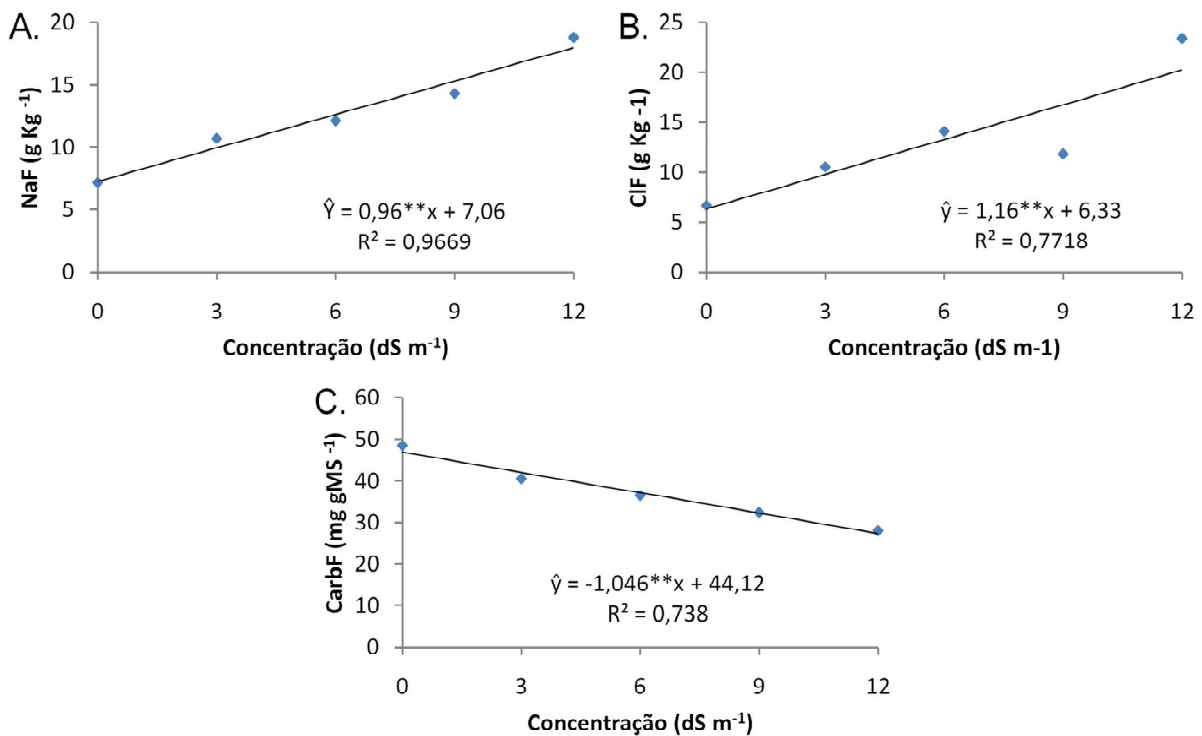


Figura 5 - (A) sódio na folha (NaF); (B) cloreto na folha (ClF); (C) carboidratos solúveis nas folhas (CarbF) de plantas do clone CCP 189 de cajueiro anão precoce, irrigadas com águas de diferentes concentrações salinas (CEa de 0,8, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). \*\*: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As dados de acúmulo de sódio e cloreto estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2009) obtiveram maior acúmulo de Cl<sup>-</sup> que de Na<sup>+</sup> nas folhas de pinhão manso. Ferreira-Silva et al. (2009) trabalhando com porta enxerto de cajueiro anão precoce obtiveram maior concentração de Cl<sup>-</sup> que de Na<sup>+</sup> nas folhas independente do porta enxerto utilizado. Amorim et al., (2010) trabalhando com plantas adultas de cajueiro anão precoce também obtiveram maiores teores de cloreto em comparação ao sódio independente da época amostrada. Os resultados acima sugerem que existe uma translocação diferencial dos íons Na e Cl para o sistema foliar e que o cloreto é o principal íon responsável pelos efeitos deletérios da salinidade em plantas de cajueiro.

Silva et al. (2009) comentam que a diminuição de K<sup>+</sup> e o acréscimo de Na<sup>+</sup> pode ser atribuído pelo antagonismo entre os dois íons, enquanto Lacerda (2005) comenta que a duração do estresse e idade da folha amostrada podem produzir diferentes resultados e interpretações.

Os CarbF foram afetados negativamente pela salinidade da água de irrigação, com decréscimo linear em função do incremento da CEa na proporção 2,3%, para cada unidade de salinidade excedente à água utilizada no controle (Figura 5C). Uma vez que o acúmulo de carboidratos nos tecidos vegetais em função do incremento da salinidade pode ser indicativo

de osmorregulação nas plantas (OLIVEIRA et al., 2006), pode-se inferir que no presente trabalho os resultados não contribuíram para esse mecanismo fisiológico.

#### 4. CONCLUSÃO

O crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas foram mais afetados pela salinidade que o sistema radicular.

O íon cloreto foi translocado em maior intensidade para as folhas sem, contudo, causar efeito deletério direto na fotossíntese das folhas que permaneceram viáveis.

A salinidade limite encontrada no presente estudo foi de CEa de  $1,56 \text{ dS m}^{-1}$  para uma diminuição no rendimento potencial de até 10% do rendimento de acúmulo de matéria seca das folhas.



## 5. REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. B.; PRISCO, J. T.; NOGUEIRA, A. R. C.; BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Physiological and biochemical changes occurring in dwarf-cashew seedlings subjected to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.20, n.2, p.105-118, 2008.

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. 01, p. 113-121, 2010.

AQUINO, A.J.S.; LACERDA, C.F.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; GHEYI, H.R. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de na<sup>+</sup>, k<sup>+</sup> e cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, n.5, p. 961-971, 2007.

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

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PAIVA, W. O.; PAIVA, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. In: Silva, V.V. da. (ed.). **Caju. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI, 2004. p.81-92.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES NETO, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.26-33, 2008.

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, p.199-206, 2002.

CAVALCANTI JUNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. Documentos No 42.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 03, p. 350-356, 1956.

FERREIRA-SILVA, S.L.; VOIGT, E.L.; VIÉGAS, R.A.; PAIVA, J.R.; SILVEIRA, J.A.G. Infl uência de porta-enxertos na resistência de mudas de cajueiro ao estresse salino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.361-367, 2009.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 03, p. 371-374, 1984.

GHEYI, H. J. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr, R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C. (eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: DCS/UFC, 2000. p.329-346.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.. Qualidade da água para a irrigação. In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) **Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”**. Campina Grande - PB, UFPB, 1997. p. 137-169.

IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br), 2009.>. Acesso em: 23 jan. 2011.

Lacerda, C. F de. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. (ed.). **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRP, 2005. p.127-137.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. (eds.) **Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”**. Campina Grande - PB, UFPB, 1997. p.113-136.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MEDEIROS, J.F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 1992. 173p. Dissertação Mestrado

MESQUITA, R. O.; BEZERRA, M.A.; LACERDA, C.F.; GOMES-FILHO E. Desenvolvimento e distribuição de íons em plântulas de cajueiro anão precoce cultivadas em diferentes substratos e submetidas ao estresse salino. In: ANNALS DO WORKSHOP MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2007, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2007. 1 CD-ROM.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell & Environment**, Oxford, v.25, n. 2, p.239-250, 2002.

OLIVEIRA, L.A.A.; BARRETO, L.P.; NETO, E.B.; SANTOS, M.V.F., COSTA, J.C.A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.41, n.1, p. 31-35, 2006.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais . In: GHEYI, H.R., QUEIROZ, J.E., MEDEIROS, J.F. Eds. Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”, Campina Grande –PB. **Anais...**, Campina Grande – PB: UFPB, 1997, p. 3-35.

OLIVEIRA, V.H. Cultivo de cajueiro anão precoce. In: OLIVEIRA V.H. (Ed.). **Sistema de produção**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40p.

OSTER, J. D.; HOFFMAN, G. J.; ROBINSON, F. E. **Management alternatives: crops, water, and soil**. California Agriculture, v.36, p.29-32, 1984.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.A.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: Gheyi, R.H.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

RHOADES, J. D. **Use of saline water for irrigation**. California Agriculture, v.36, p.42-43, 1984.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

SHARMA, D. P.; RAO, K. V. G. K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. **Soil & Tillage Research**, v.48, p.287-295, 1998.

SILVA, E. N.; Silveira, J.A.G.; FERNANDES, C.R.R.; DUTRA, A.T.B.; ARAGÃO, R.M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG 9.1: Sistema de Análises Estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. (CD-ROM).

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. da; LIMA JÚNIOR, A.R. de; QUEIROZ, J.E.; FAUSTO, M.J.M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.216-222, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.