



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA**



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO BRS Verde  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS**

**SEVERINO PEREIRA DE SOUSA JÚNIOR**

**Biblioteca UFCCG  
SMBC\_CDSA  
CAMPUS DE SUMÉ  
Reg. 10283/12**

**CAMPINA GRANDE  
PARAÍBA**

043.3)

5c

l

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO BRS Verde  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS**

*Dis  
631(043-3)  
5725c  
ex. 01*

**SEVERINO PEREIRA DE SOUSA JÚNIOR**

**Campina Grande – Paraíba**

**Dezembro de 2003**

**SEVERINO PEREIRA DE SOUSA JÚNIOR**  
**ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO BRS Verde**  
**IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS**

Orientador: Prof. **Dr. HANS RAJ GHEYI**

Co-orientador: Prof. **Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola (M.Sc.), Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

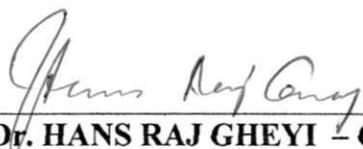
**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**  
**DEZEMBRO – 2003**

SEVERINO PEREIRA DE SOUSA JÚNIOR

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO BRS Verde  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS

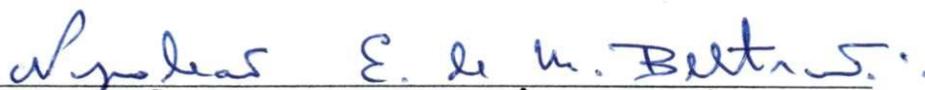
Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI – Orientador

DEAg/CCT/UFCG



Prof. Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO – Co - orientador

EMBRAPA – Algodão



Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES – Examinador

DEAg/CCT/UFCG

Dr. JOSÉ GERALDO RODRIGUES DOS SANTOS – Examinador

SSA/EMATER

Em memória do meu avô José Batista  
Exemplo de trabalho e honestidade

## HOMENAGENS

Aos meus pais, irmãos, e amigos.  
À filha Maria Isabel de Lucena Pereira e a  
minha esposa, Rosália F. P. L. Pereira à  
quem desejo caminhos novos, contínuos e  
transparentes.

## OFEREÇO E DEDICO

A DEUS pela sua soberania, misericórdia e fidelidade, capaz de me proporcionar saúde e perseverança em abundância, de modo que foi possível chegar ao final dessa tarefa.

Ao curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade concedida à realização deste curso.

A CAPES, pela concessão de bolsa de apoio técnico, a qual permitiu a condução do presente trabalho.

Ao orientador Dr. Hans Raj Gheyi, pelos ensinamentos ministrados durante o curso e na redação desta dissertação, bem como, pela responsabilidade, compreensão, respeito e amizade.

Ao segundo orientador Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, pela disponibilidade, companheirismo e alegria contagiante para com as pessoas.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (EMBRAPA), pelo apoio à pesquisa e formação de novos profissionais.

Aos colegas Eliezer, Genival, Ridelson, Cordão, Vanda, Sohad, Magnólia, Fabiana, Amanda, Sérvulo, Japa, Rogério (vardim) e Mário, Adilson David, Chico, Wilson e Doutor pela permanente ajuda na condução deste trabalho, a Frederico Antônio Loureiro Soares, pela amizade e valiosa ajuda, onde sem a qual seria difícil à sua conclusão.

Aos professores do Laboratório de Irrigação e salinidade da Universidade Federal de Campina Grande, Hugo Orlando Carvalho Guerra pela amizade, Professor Fábio pelas importantes contribuições e em especial ao prof. Pedro Dantas Fernandes pela amizade.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pelos conhecimentos técnicos/científicos repassados; e aos funcionários e colegas do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pela colaboração quanto a realização de análises.

Aos meus pais, Severino Pereira de Sousa e Sebastiana Batista Furtado Pereira, pelos esforços despendidos na minha formação moral e intelectual, e aos irmãos, Tiago Batista Pereira, Gustavo Batista Pereira e Ricardo Batista Pereira.

Finalmente, não poderia deixar de agradecer a toda sociedade brasileira, que contribui para a continuidade do ensino público e gratuito e, em especial a grande maioria carente que apesar das inúmeras dificuldades, particularmente sócio-econômicas, tem destinado indiretamente recursos públicos para que esta e tantas outras produções científicas sejam realizadas.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS DA CULTURA DO ALGODOEIRO .....	4
2.1.1. <i>Necessidades Hídricas do Algodoeiro.....</i>	4
2.1.2. <i>Aspectos Fisiológicos, Desenvolvimento e Produção do Algodoeiro sob Estresse Hídrico..</i>	5
2.1.3. <i>Parâmetros Morfofisiológicos.....</i>	6
2.1.4. <i>Influência da Salinidade da Água no Algodoeiro .....</i>	7
2.1.4.1. Fase de Germinação.....	7
2.1.4.2. Fase de Desenvolvimento .....	8
2.1.4.3. Na Produção e na Qualidade da Fibra.....	9
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO .....	10
2.3. EFEITO DOS SAIS SOBRE AS PLANTAS .....	13
2.3.1. <i>Efeito Osmótico .....</i>	14
2.3.2. <i>Efeito Tóxico de Íons Específicos.....</i>	15
2.3.3. <i>Efeito indireto dos íons - efeito nutricional.....</i>	16
2.4. TOLERÂNCIA DAS PLANTAS À SALINIDADE .....	17
2.4.1. <i>Tolerância do Algodoeiro.....</i>	20
2.4.2. <i>Mecanismos de Tolerância.....</i>	22
2.4.2.1. Morfológicos.....	22
2.4.2.2. Fisiológicos.....	23
2.5. CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DA PLANTA.....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	28
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	28
3.3. SUBSTRATO .....	29
3.4. PREPARO DA ÁGUA .....	31
3.4.1 <i>Seqüência de cálculo utilizada no preparo das águas de irrigação. ....</i>	31
3.5. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ENSAIO .....	33
3.6. VARIÁVEIS ESTUDADAS .....	35

3.6.1. Germinação.....	35
3.6.2. Índice de Velocidade de Emergência (IVE) .....	35
3.6.3. Fitomassa .....	35
3.6.4. Relação Raiz / Parte Aérea (R/PA) .....	36
3.6.5. Altura de Planta (AP), Diâmetro do Caule (DC) e Número de Folhas (NF).....	36
3.6.6. Área Foliar (AF) .....	36
3.6.7. Taxa de Crescimento Absoluto de Fitomassa (TCA).....	37
3.6.8. Taxa de Crescimento Relativo (TCR).....	37
3.6.9. Razão de área foliar (RAF) .....	37
3.7. EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ETR) E CONSUMO DE ÁGUA PELA PLANTA (Cs).....	38
3.8. VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO .....	38
3.9. ANÁLISE DO SUBSTRATO.....	39
3.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	39
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>40</b>
4.1. PERCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, NÚMERO DE DIAS PARA GERMINAR E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA. ....	40
4.2. NÚMERO DE FOLHAS, DIÂMETRO DO CAULE, ALTURA DE PLANTA, ÁREA FOLIAR E FITOMASSA DA PARTE AÉREA. ....	41
4.3. TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO, TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO, RAZÃO DA ÁREA FOLIAR E RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA.....	45
4.4. ABERTURA DA FLOR, ABERTURA DE CAPULHO, NÚMERO DE CAPULHO PESO MÉDIO DOS CAPULHOS E PRODUÇÃO TOTAL.....	51
4.5. SUBSTRATO NO FINAL DO EXPERIMENTO. ....	55
4.5.1. Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (CE <sub>es</sub> ).....	55
4.5.2. Relação de adsorção de sódio.....	55
4.5.3. Relação Na/K .....	56
4.5.4. Comportamento do Potencial hidrogeniônico (pH).....	59
4.6. EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ETR) E CONSUMO DE ÁGUA PELA PLANTA (Cs) .....	61
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01: NÚMERO DE FOLHAS – NF (A), DIÂMETRO DO CAULE – DC (B), ALTURA DE PLANTA – AP (C), ÁREA FOLIAR – AF (D) E FITOMASSA DA PARTE AÉREA – FPA (E) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE EM FUNÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (CEA). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003..... 45
- FIGURA 02: TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO – TCA (A) E TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO – TCR (B) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE EM FUNÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (CEA). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003..... 51
- FIGURA 03: ABERTURA DE FLOR – ABF (A), ABERTURA DE CAPULHO – ABC (B), NÚMERO DE CAPULHOS – NC (C), PESO MÉDIO DOS CAPULHOS – PMC (D) E PRODUÇÃO TOTAL – PT (E) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE EM FUNÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (CEA). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003..... 54
- FIGURA 04. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO – CEEs (A), RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO – RAS (B) E DA RELAÇÃO DE SÓDIO/POTÁSSIO – Na/K (C) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003..... 59
- FIGURA 05. CONSUMO DE ÁGUA PELA PLANTA – Cs (A) E EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL - ETR (B), DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA ATÉ OS 120 DIAS APÓS A SEMEADURA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. .... 62

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 01.</b> CLASSIFICAÇÃO DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO QUANTO AO RISCO DE SALINIDADE.....	12
<b>TABELA 02.</b> RISCOS DE PROBLEMAS DE INFILTRAÇÃO CAUSADOS PELO EXCESSO DE SÓDIO NA ÁGUA.....	12
<b>TABELA 03.</b> RISCOS DE TOXICIDADE DE SÓDIO, CLORETO E BORO NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO. ....	12
<b>TABELA 04.</b> VALORES DE SALINIDADE LIMIAR PARA ALGUMAS CULTURAS.....	19
<b>TABELA 05.</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS E QUÍMICAS DO SOLO UTILIZADO NO EXPERIMENTO. ....	30
<b>TABELA 06.</b> CONCENTRAÇÃO IÔNICA DO SÓDIO E DO CÁLCIO DA ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE – PB (CAGEPA). ....	31
<b>TABELA 07.</b> TEORES DE SAIS NA ÁGUA UTILIZADA NO PREPARO DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO*..	33
<b>TABELA 08.</b> RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A PERCENTAGEM DE GERMINAÇÃO (PG), O NÚMERO DE DIAS PARA GERMINAR (NDG) E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA (IVE) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA AOS 30 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS), CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003.....	41
<b>TABELA 09.</b> RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A NÚMERO DE FOLHAS (NF), DIÂMETRO DO CAULE (DC), ALTURA DE PLANTA (AP), ÁREA FOLIAR (AF) E FITOMASSA DA PARTE AÉREA (FPA) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA AOS 120 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....	44
<b>TABELA 10.</b> RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO (TCA) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA PARA OS PERÍODOS ENTRE 30, 45, 60, 75 E 90 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....	46
<b>TABELA 11.</b> RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO (TCR) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA PARA OS PERÍODOS ENTRE 30, 45, 60, 75 E 90 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003.....	48
<b>TABELA 12.</b> DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO (N x A) E MÉDIAS A TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO (TCR) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB	

DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA PARA O PERÍODO ENTRE 46 - 60 DIAS APÓS SEMEADURA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003.... 49

**TABELA 13.** RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA RAZÃO DA ÁREA FOLIAR (RAF) E DA RELAÇÃO RAIZ/PARTE AÉREA (R/PA) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA AOS 120 DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS). CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....50

**TABELA 14.** RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A ABERTURA DE FLOR (ABF), ABERTURA DE CAPULHO (ABC), NÚMERO DE CAPULHOS (NC), PESO MÉDIO DOS CAPULHOS (PMC) E PRODUÇÃO TOTAL (PT) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA AOS 120 DIAS APÓS A SEMEADURA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....53

**TABELA 15.** RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO ( $CE_{ES}$ ), RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS) E DA RELAÇÃO DE SÓDIO/POTÁSSIO (Na/K) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....57

**TABELA 16.** DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO (N X A) E MÉDIAS PARA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO ( $CE_{ES}$ ), RELAÇÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS) E DA RELAÇÃO DE SÓDIO/POTÁSSIO (Na/K) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA AOS 120 DIAS APÓS SEMEADURA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003.....58

**TABELA 17.** RESULTADOS DE ANÁLISE DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO MATERIAL DE SOLO AO FINAL DO EXPERIMENTO. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. .60

**TABELA 18.** RESUMO DE ANOVA E MÉDIAS PARA A EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ET<sub>R</sub>) E CONSUMO DE ÁGUA PELA PLANTA (C<sub>s</sub>) DO ALGODOEIRO COLORIDO BRS VERDE, OBSERVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TIPO DE ÁGUA. CAMPINA GRANDE-PB, 30 DE DEZEMBRO DE 2003. ....62

## RESUMO

O presente estudo foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Embrapa algodão, localizada em Campina Grande-PB, durante o período de maio a outubro de 2003. Objetivou-se estudar o crescimento, o desenvolvimento e a produção do algodoeiro BRS Verde irrigado com águas salinas, freqüentemente encontradas nos perímetros irrigados. Esse é um problema que cresce anualmente devido ao manejo inadequado da água de irrigação na exploração de culturas socioeconomicamente importantes para o semi-árido. Os tratamentos consistiram-se de dois tipos de água com diferentes proporções de Na e Ca (9,5:0,5 e 6,0:4,0), e seis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (2,0, 3,5, 5,0, 6,5, 8,0 e 9,5 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um esquema de análise fatorial 6 x 2, resultando em 12 tratamentos com três repetições, constituindo 36 unidades experimentais, compostas de vasos plásticos contendo 21 quilos de solo, cultivado com uma planta de algodoeiro. As variáveis número de dias para germinar, percentagem de germinação e índice de velocidade de germinação foram obtidas até aos 12 dias após a semeadura, não sendo estas afetadas pelos tratamentos em estudo. As variáveis do crescimento: número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, foram obtidos quinzenalmente até aos 120 dias após a semeadura (DAS), sendo avaliadas nesta mesma época a razão de área foliar e relação raiz/parte aérea, além da fitomassa da parte aérea após a colheita. As taxas de crescimento absoluto e relativo de fitomassa foram obtidas no período de 30 e 90 DAS. O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu significativamente o crescimento vegetativo (número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, fitomassa da parte aérea), como também os componentes de produção, número e peso médio dos capulhos. No peso médio dos capulhos houve incremento até 4,41 dS m<sup>-1</sup>, reduzindo a partir daí, 21,37% no nível mais alto (9,5 dS m<sup>-1</sup>), que ocasionou uma redução de 39,92% da produção, para este mesmo nível salino. Observou também, que o tipo de água não influenciou em nenhuma das variáveis avaliadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** algodoeiro, condutividade elétrica, estresse salino.

---

## **ABSTRACT**

The present study was carried out under greenhouse conditions at the EMBRAPA Cotton in the municipality of Campina Grande - PB, during the period of May to October 2003. The objective of the work was to study the growth, development and productivity of the green cotton BRS 200 irrigated with water of different salinity levels. Problem that grows annually due to the inadequate management of the irrigation water in the exploration of socioeconomically important crop for the semi-arid. The treatments consisted of two types of water with varying proportions of Na:Ca (9.5:0.5 e 6.0:4.0), and six levels of electrical conductivity of the irrigation water – (EC<sub>w</sub>- 2.0, 3.5, 5.0, 6.5, 8.0 and 9.5 dS m<sup>-1</sup>). The experimental design used was a completely randomized design in a 6 x 2 factorial scheme, resulted in 12 treatments with three repetitions, constituting of 36 factorial experimentais. The variables such as number of days for germination, germination percentage and index of emergence speed were obtained up to 12 days after the seeding. The growth indexes: leaf number, plant height, stem diameter and leaf area, were appraised up to 120 days after seeding, being appraised at the same time the ratio of leaf area and index of root/aerial parts as well as dry weight of the aerial parts. The absolute and relative growth rates were obtained for the 30 and 90 days after the seeding. The salinity of the irrigation water did not affect the percentage of germination (GP) and index of germination speed. However, the increase in the salinity of the irrigation water reduced the vegetative growth significantly (number of leaves, plant height, stem diameter, leaf area, dry weight of the aerial parts). The germination of cotton was influenced by the salinity of the irrigation water, however a GP of 76.66% was obtained in the highest level. The increase of EC<sub>w</sub> influenced significantly the leaf number, plant height, stem diameter, leaf area ratio and the dry weight of aerial part as the components of production - the number of capsule and mean weight of capsules. In case of mean weight of capsule, it increased of up to 4.41 dS m<sup>-1</sup>, reducing there after, 21.37% in the highest level (9.5 dS m<sup>-1</sup>). It was also observed that the type of water did not influence any of the appraised variables.

**KEY- WORDS:** cotton, electrical conductivity, salinity stress.

## **1. INTRODUÇÃO**

O algodoeiro é uma dicotiledônea, da família das Malváceas do Gênero *Gossypium*, considerada uma planta de autofecundação, embora a taxa de cruzamento natural possa atingir mais de 50 % (FREIRE & SANTOS, 1999).

No Brasil, os diversos segmentos da sociedade envolvidos direta ou indiretamente com a cotonicultura, representam cerca de 15% da economia nacional, o que demonstra a importância da cultura do algodoeiro para o país (EMBRAPA, 1994).

A cotonicultura é uma atividade agrícola de importância sócio-econômica. Para a região semi-árida do Nordeste brasileiro, por se adaptar às condições edafoclimáticas, suportando a distribuição irregular da precipitação pluviométrica, por agregar grande contingente de mão-de-obra no campo e na cidade e dispor de um parque têxtil que é o segundo do país, necessitando de matéria prima para atender à sua demanda. Entretanto, apesar dessa cultura ser relativamente tolerante à seca, seu rendimento pode ser sensivelmente reduzido quando ocorre déficit de água no solo, principalmente no início da floração (MARANI & AMIRAV, 1971).

Os sais são produtos da intemperização dos solos; do ponto de vista agrícola, quando em excesso afetam negativamente os solos, as águas e as plantas. Portanto, concentrações elevadas de sais, contendo principalmente sódio, atuam diretamente nos solos provocando a dispersão de argilas, influenciando na sua estrutura. A irrigação proporciona o carreamento de argila ao longo do perfil, formando uma camada densa, impedindo o crescimento de raízes e o movimento de água e de nutrientes, podendo elevar o lençol freático, aumentando a salinidade e inibindo os processos de germinação das sementes, do crescimento e do desenvolvimento reduzindo a produtividade das plantas (CAVALCANTE, 1995; OLIVEIRA, 1997).

A salinidade dos solos tem-se constituído num dos mais sérios problemas para a agricultura irrigada em diversas partes do mundo ( COELHO, 1983). Estima-se que em todo o mundo a salinidade afeta o rendimento das culturas numa área de aproximadamente 952

milhões de hectares, sendo que 4,5 milhões encontram-se no Brasil (SZABOLCS, 1989), aproximadamente nove milhões de hectares, envolvendo sete Estados (PEREIRA, 1983). Postel (1989), afirma que 25% de todas as áreas irrigadas do planeta encontram-se seriamente afetada pelos sais, agravando-se a cada ano, principalmente nos locais onde a irrigação é praticada sem manejo adequado da água e do solo.

Em áreas irrigadas, a salinização se deve, principalmente, à qualidade da água de irrigação, à existência ou formação de lençol freático superficial, às características físicas e químicas do solo e ao manejo inadequado da água e/ou do solo. A salinização do solo progride quando a quantidade de sais que nele é incorporada pela água de irrigação torna-se maior do que a quantidade removida pela água de drenagem. A rapidez com que os sais se acumulam na zona radicular é determinada pela lâmina de água aplicada na irrigação, método de irrigação, tipo de drenagem, tipo de solo, condições edafoclimáticas do local e, principalmente, pelo teor de sais na água, bem como, pelos tipos de sais nela contidos (RICHARDS, 1954).

O crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção da cultura do algodoeiro é resultante da expressão da planta em resposta aos fatores físicos e biológicos do ambiente. Portanto, a produção é determinada pelo genótipo e fisiologia da planta, que é alterada quantitativa, qualitativa e economicamente por variáveis do ambiente e pelo manejo, afetando o custo de produção da cultura e/ou o valor da fibra produzida (WIESE, 1982).

Em virtude da importância socioeconômica do algodoeiro e da falta de estudos envolvendo salinidade no algodoeiro verde, lançado recentemente pela Embrapa, no semi-árido nordestino, e dos problemas gerados pelos sais nas áreas irrigadas, faz-se necessário a intensificação das pesquisas sobre a resposta dessa cultura em condições de salinidade. Em regiões de clima árido e semi-árido, a salinidade tem se constituído em um dos maiores problemas para o cultivo, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento. O excesso de sais, além de provocar efeitos tóxicos sobre as culturas, diminui também a absorção de água, indisponibilizando muitos nutrientes importantes, causando desequilíbrio nutricional, condições estas, bastante desfavoráveis no processo de transpiração, crescimento vegetativo e produção da maioria das espécies cultivadas.

O manejo inadequado de água em regiões de clima semi-árido, como do Nordeste brasileiro, pode proporcionar a salinização de áreas irrigadas, o que se permite concluir que um manejo racional da irrigação, não deve envolver apenas aspectos quantitativos como economia de água por exemplo, mas também aspectos qualitativos, como a prevenção e/ou controle dos problemas causados pela salinidade (Holanda & Amorim, 1997).

Neste contexto, crescem cada vez mais as perspectivas sobre o manejo da água de irrigação, de forma a possibilitar a manutenção da capacidade produtiva do solo, mesmo sob cultivo com água de qualidade inferior. Proporcionando a obtenção de produções satisfatória com a utilização racional da água disponível na propriedade.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade do algodoeiro BRS verde irrigado com águas salinas.

---

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Considerações Gerais da Cultura do Algodoeiro**

O algodoeiro necessita para seu crescimento e desenvolvimento de uma quantidade de água adequada e com certa frequência, definidas em função dos fatores solo, clima e da própria cultura. Caso seja aplicada água em excesso, as plantas podem ter problemas na respiração radicular, devido à falta de aeração do solo, no entanto, a falta de água em períodos críticos do ciclo, compromete o crescimento, o desenvolvimento e produtividade das culturas (KLAR, 1991).

A partir do momento em que cessa a dotação ou aplicação de água ao solo, o conteúdo de água armazenado começa a diminuir à medida que ocorre a evapotranspiração. A facilidade com que as raízes das plantas absorvem água também diminui com a redução da água do solo. Esta diminuição alcança um limite, no qual as plantas começam a sentir o déficit hídrico. Entre esse limite e o ponto de murcha, as raízes ainda conseguem extrair água do solo, porém o crescimento vegetativo é sensivelmente prejudicado. Portanto, para o bom desenvolvimento das plantas, é recomendável não deixar que o conteúdo de água do solo irrigado alcance esse limite crítico (GOMES, 1994).

#### **2.1.1. Necessidades Hídricas do Algodoeiro**

Em experimentos conduzidos por Oliveira & Silva (1987), para determinar o uso consuntivo do algodoeiro herbáceo, cultivar SU-0450, durante o período de maio a setembro de 1979, no município de Barreiras-Ba, foi observado um consumo médio de 4,4 mm/dia, com consumo mínimo de 2,4 mm/dia, no início de crescimento das plantas, o consumo máximo de 6,2 mm/dia, ocorreu no período de plena floração e frutificação da cultura.

Dependendo do clima e da duração do período total de crescimento, o algodoeiro necessita de 700 a 1300 mm de água, para atender às suas necessidades hídricas (DOORENBOS & KASSAM, 1994). No início do período vegetativo, as necessidades hídricas da cultura são baixas, aproximadamente 10% do total, elevando-se, porém, durante o período de floração, quando a área foliar atinge o seu máximo, chegando a 50 ou 60 % do total, havendo diminuição nos estádios posteriores.

### **2.1.2. Aspectos Fisiológicos, Desenvolvimento e Produção do Algodoeiro sob Estresse Hídrico**

A água, como fator do ambiente, afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo essencial para a estrutura das moléculas biológicas, portanto também, para as células, tecidos e organismos como um todo (KLAR, 1984).

A escassez de água afeta o crescimento do algodoeiro, havendo estádios de seu ciclo fenológico onde os efeitos são mais críticos. Silva et al. (1984), estudando o período crítico da cultivar BR-1, identificaram que no tratamento que foi irrigado apenas na fase de floração/frutificação, a produtividade foi cerca de 23 % inferior a testemunha, irrigada durante todo o ciclo da cultura.

Segundo Wright & Nageswara Rao (1994), o déficit de água no solo reduz o crescimento das folhas e ramos por causa dos efeitos sobre o status de água na planta, fotossíntese e expansão foliar.

Luz et al. (1997) citam que o algodoeiro é muito sensível à deficiência hídrica na fase de floração e frutificação, porém, estresse apenas na fase de floração, seguido de reposição de água, permite que a cultura se recupere parcial ou totalmente e venha a fornecer rendimentos satisfatórios.

Entretanto, uma deficiência hídrica pode afetar negativamente o conjunto das funções fisiológicas e metabólicas da planta, tais como a fotossíntese e a respiração, e também, outras reações, repercutindo nas variações anatômicas, no crescimento, na reprodução, no desenvolvimento dos frutos e sementes e, conseqüentemente na produtividade (SILVA, 1997).

### 2.1.3. Parâmetros Morfofisiológicos

O ambiente compreende o conjunto de condições e fatores adversos ou favoráveis presentes no local de cultivo, agindo em diferentes níveis nos processos fisiológicos da planta, na maçã, na semente e na fibra (BRADOW et al. 1997). A distribuição de recursos metabólicos e, por conseguinte, o peso das fibras é também limitado pelo órgão, tecido e célula em resposta a fatores do micro ambiente. Em todos os níveis organizacionais, o algodoeiro responde fisiologicamente a variações do micro ambiente, alterando a taxa de metabolismo e a disponibilidade do substrato metabólico. Cada planta no campo e a localização de cada maçã na planta, desenvolve-se portanto, em micro ambientes ligeiramente distintos, e o ambiente governa não somente a taxa de acúmulo de peso, mas também a taxa de maturação da fibra e o processo de desenvolvimento celular associado com outras propriedades da fibra.

O índice de área foliar (IAF) representa a capacidade que as plantas têm em explorar o espaço disponível. Numa cultura, o IAF depende da área foliar por planta e do número de plantas por unidade de área. A variação temporal da área foliar depende do tipo de cultura, aumentando até um máximo, onde permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, sobretudo, em função da senescência das folhas mais velhas.

Hsiao (1973) considerou que muitos processos fisiológicos das plantas são afetados pelo déficit hídrico. Como o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão, uma quantidade de água insuficiente, mantendo células das zonas de crescimento em condição de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e mais ainda a expansão de todas as células, impedindo assim, o crescimento vegetativo das plantas.

Segundo Guinn & Mauney (1984a), déficit hídrico severo causa redução na floração do algodoeiro, bem como o estímulo fisiológico do florescimento não é evidenciado pelo estresse. A recuperação do florescimento após a redução da deficiência hídrica por meio da irrigação é em torno de três semanas.

Estudando o comportamento do algodoeiro submetido à deficiência hídrica, Guinn & Mauney (1984b) citam que a retenção das maçãs foi alta para potencial hídrico foliar entre  $-1,4$  e  $-1,9$  Mpa, mas diminuiu para potenciais inferiores a  $-1,9$  MPa. A retenção das maçãs também diminuiu com o aumento da carga na planta. O déficit hídrico diminuiu a produção pela redução no florescimento e retenção de maçãs.

Shalhevet & Hsiao (1986), afirmam que a perda de turgência nas folhas do algodoeiro, submetido a diferentes níveis de estresse hídrico e de estresse salino, foi devido não somente

ao menor ajuste osmótico, mas também devido à maior redução do potencial de água na folha, sob condições de estresse hídrico do que sob estresse salino.

Observando o efeito de baixos níveis de umidade no solo em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, CNPA-7H e CNPA Precoce-1, Pereira (1995), verificou que a área foliar média de cada cultivar correlacionou-se de forma positiva e direta com o conteúdo de água disponível do solo.

Analisando o efeito da deficiência hídrica sobre a qualidade da fibra do algodoeiro, Luz et al. (1997), observaram que o estresse hídrico nas diferentes fases do desenvolvimento da cultura não afetou a qualidade da fibra.

Nunes Filho et. al. (1997), estudaram o efeito de quatro lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de três cultivares de algodoeiro herbáceo; obtiveram produtividades máximas de 3.031, 2.760 e 2.434 kg/ha para as cultivares CNPA-7H, CNPA Precoce-1 e CNPA-6H mediante a aplicação de 836, 882 e 821 mm de água, respectivamente. A uniformidade da fibra variou de forma significativa, de acordo com o manejo e intensidade de irrigação, enquanto o comprimento, a resistência e a finura da fibra não foram afetados.

#### **2.1.4. Influencia da Salinidade da Água no Algodoeiro**

##### **2.1.4.1. Fase de Germinação**

As plantas absorvem água do solo quando o potencial hídrico dos tecidos das raízes é menor que o potencial da água do solo. A presença de sais na solução do solo aumenta a pressão osmótica ( $P_o$ ) e, conseqüentemente, diminui o potencial da água do solo, reduzindo ou impedindo a absorção de água pela planta. Este acréscimo de tensão, causado pelo excesso de sais solúveis, poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, a planta não conseguirá absorver água, mesmo em solo aparentemente úmido. Este fenômeno é conhecido por seca fisiológica.

A germinação, em geral, é reduzida com o decréscimo do potencial de água externo e os estudos comprovaram que em níveis altamente adversos, a germinação pode ser totalmente inibida, afetando, desta forma, a produção das culturas (SINGH & SINGH, 1983).

O algodoeiro é classificado como uma cultura tolerante aos sais (U.S.S.L. STAFF, 1954; BOWER & FEREMAN, 1957; e MAAS & HOFFMAN, 1977). Estudando a tolerância de espécies à salinidade, Novikov, citado por Strogonov (1964), relacionou o algodão entre as culturas halófitas facultativas. Entretanto, apesar de ser classificada pela maioria dos autores

---

como uma cultura tolerante aos sais, Ayers & Hayward (1948), observaram suscetibilidade na fase de germinação e nos primeiros estádios de desenvolvimento.

A germinação não ocorre em potenciais de água inferiores a determinado ponto crítico, que varia com a espécie (CARVALHO & NAKAGAWA, 1980). Jensen (1971), estudando o efeito da tensão de água no solo sobre a germinação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), concluiu que a percentagem de germinação não foi afetada por tensões de -0,33 a -3,0 bars, porém, decresceu progressivamente à medida que as tensões aumentaram a partir de - 4,0 bars. O número de plântulas emergidas diminuiu, mas moderadamente, à medida que as tensões aumentaram de 4,0 a 7,5 bars, sendo observada uma redução significativa à tensão de 8,0 bars e nenhuma emergência à tensões superiores em 12,0 bars. A velocidade de emergência decresceu progressivamente com o aumento da tensão de água.

#### **2.1.4.2. Fase de Desenvolvimento**

A energia necessária para a planta absorver água de um solo salino é maior que a requerida para absorver água de um solo não salino. Isto faz com que a disponibilidade de água para a cultura diminua na medida em que a salinidade aumenta. Os efeitos de estiagem e de salinidade são praticamente homólogos e provocam estado de escassez de água na planta e redução de seu crescimento, mas os efeitos conseqüentes, como paralisação do crescimento, danos nas folhas e necroses ou danos nos tecidos, aparecem depois que as culturas têm sido expostas às condições de alta salinidade por tempo prolongado. Portanto, à medida que o conteúdo de água no solo diminui, a disponibilidade de água para a planta varia continuamente em cada camada da zona radicular, já que tanto o conteúdo de água como a salinidade da solução do solo variam continuamente entre duas irrigações, devido ao consumo de água pela cultura.

A ocorrência de déficit de água durante a fase inicial de crescimento dependendo da duração prejudica a produtividade do algodoeiro. Beckett & Dunshee (1932), citados por Pequeno de Sousa (1985), verificaram que a ocorrência de um déficit de água no solo durante a fase inicial de crescimento acarretou uma redução média de 39 % na produtividade do algodoeiro.

O algodão quando em condições de excessiva seca diminui a atividade fotossintética, podendo ocorrer aumento do "shedding". Stockton et. al. (1961), observaram que ocorria um crescimento vegetativo e um florescimento restritos.

Estudos realizados em Israel mostraram que o estresse de umidade durante diferentes estádios de desenvolvimento do algodoeiro, afeta adversamente o número de flores e maçãs, bem como a retenção das flores e das maçãs (MARANI, 1973).

#### **2.1.4.3. Na Produção e na Qualidade da Fibra**

A inibição do crescimento e da produção vegetal em solos afetados por sais deve-se à redução no potencial osmótico da solução do solo, provocado pelo excesso de sais e/ou por efeito tóxico dos mesmos. Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas podem ser resumidos em: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica, inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e efeito tóxico dos íons sódio e cloreto (JEFFREY & IZQUIERDO, 1989).

O algodoeiro teve reduções de 10, 25, e 50 % na produção mediante a condutividade elétrica do extrato de saturação de 9,9, 11,9 e 16,0 dS m<sup>-1</sup> (POLJAKOFF, 1975), segundo resultados adaptados de Bernstein (1964).

A produção de algodão é uma função cumulativa de peso que depende da múltipla interação entre os fatores do ambiente, enquanto a qualidade da fibra, como definida na prática pelos setores da indústria, é um compósito de diversas variáveis inerentes às características da fibra, que são significativamente modificadas pelo micro ambiente na qual as fibras individualmente são produzidas. Por ocasião da classificação e valorização da fibra, os componentes de composição da qualidade são considerados pelas médias, ou seja, média por fardo do micronaire, do comprimento ou índice de maturidade, etc. Entretanto, as propriedades do fio e a eficiência no tingimento são determinadas pelas características individuais da fibra dentro daquela média de qualidade. Assim, como considerado por Bradow et al. (1997), é possível aumentar a produção (peso total de fibra) e melhorar a média de qualidade da fibra. Entretanto, o aumento da variabilidade das propriedades individuais das fibras prejudica o processamento industrial, visto que o ideal é ter a uniformidade das fibras. Deve-se considerar, ainda, que cultivares podem ser diferentemente afetados pelo ambiente.

Embora se admita que o ambiente possa afetar significativamente a produção e a qualidade da fibra, geralmente a produção é priorizada no processo produtivo, do mesmo modo que a qualidade da fibra é super valorizada e fixada em índices absolutos e em faixas restritas, como padrão de qualidade e as expensas das variáveis do ambiente. Portanto, o excesso de sais no solo prejudica a germinação das sementes, a emergência das plântulas, o crescimento e desenvolvimento, afetando negativamente a produtividade e a qualidade dos

produtos da maioria das plantas cultivadas. Íons em solução eleva a salinidade dos solos a índices que podem provocar entre outros fatores, necrose das folhas, abortamento precoce das flores e frutos, modificação anatômica de folhas e ramos, além do desequilíbrio nutricional das plantas, afetando o crescimento, o desenvolvimento e reduzindo o rendimento das culturas (MALAVOLTA, 1980; CAVALCANTE et al., 1985).

Longenecker (1974), citado por Nunes Filho (1993), estudando a influencia do sódio sobre as características agronômicas e propriedades da fibra, em duas cultivares de algodão (Acala 15171 e Pima S-2), por um período de dois anos, observou que o sódio reduziu o crescimento, a produção, o numero de frutos, o peso de sementes, o comprimento de fibra, a resistência e a finura, alem de apresentar frutos pouco desenvolvidos.

## **2.2. Qualidade da Água para Irrigação**

Toda e qualquer água contém sais solúveis em quantidades e proporções variáveis, independentemente da sua origem. Assim, qualquer método de aplicação de água ao solo implica na adição de sais ao perfil. Portanto, a água de irrigação, mesmo sendo de excelente qualidade, quando não manejada corretamente, pode tornar-se um dos principais fatores responsáveis pelo processo de salinização do solo (REEVE & FIREMAN, 1967; MOLEN, 1974; PIZARRO, 1985).

Deve-se considerar que a qualidade da água de irrigação é um dos importantes fatores do qual depende a agricultura irrigada, entretanto não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias (LOGAN, 1965; HOORN, 1971; YARON, 1973). Para o uso da água na agricultura irrigada, pode ser destacado entre as características mais importantes, a concentração total de sais solúveis, a concentração relativa de sódio em relação ao cálcio e ao magnésio e, ainda, a presença de elementos traços (HOLANDA & AMORIM, 1997).

Os elementos mais comuns e geralmente presentes na água de irrigação são os cátions sódio, cálcio, magnésio e potássio; além dos cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos, que são os ânions mais freqüentes (RICHARDS, 1977; CHRISTIANSEN et al., 1977; FAGERIA, 1985; PRATT & SUAREZ, 1990; RHOADES et al., 1992). Segundo Tanji (1990), outros constituintes como B, Sr, SiO<sub>2</sub>, Rb, F, Mo, Mn, Ba e Al também contribuem para limitar mais ainda o uso da água de irrigação.

Estudos realizados por Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995), em 95 propriedades localizadas nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará, entre os anos de 1988 e 1992, mostram resultados semelhantes em cerca de 78% das águas analisadas e predomínio em sua composição do cloreto de sódio. Foram encontrados valores praticamente iguais em relação às concentrações de cálcio e magnésio. Os valores de condutividade elétrica (CE), variaram entre 0,067 e 5,97 dS m<sup>-1</sup>.

A água pode sofrer grandes variações em termos de CE de acordo com a sua fonte e estação do ano, especialmente em açudes. Leprun (1983), realizando estudos em condições do Nordeste brasileiro, verificou que a salinidade da água varia de acordo com a fonte, sendo estabelecido pelo esse autor a seguinte ordem: açudes < rios < cacimbões < poços rasos. Em termos da presença de íons principais, a mesma apresenta a seguinte ordem: Na<sup>+</sup> > Ca<sup>++</sup> > Mg<sup>++</sup> > K<sup>+</sup> para os cátions e Cl<sup>-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>--</sup> para os ânions. Foram observados, ainda, grandes variações na composição da água em açudes, principalmente entre as estações seca e chuvosa.

Usualmente, a água de irrigação é classificada em relação a três parâmetros básicos, sendo o primeiro relacionado ao risco de salinidade, seguido de sodicidade ou problemas relacionados à infiltração e, por último, o risco de toxicidade causado por íons específicos (AYERS & WESTCOT, 1999).

Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade de se desenvolver um sistema próprio de classificação de água para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico mais seguro do seu efeito quando usada na irrigação. Considerando a ausência de estudos nesta direção, a sugestão é que seja usada para classificação quanto à salinidade proposta pelo UCCC (University of California Committee of Consultants), citada em Frenkel (1984) e Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954) e genérica como a de Ayers & Westcot (1999), entretanto, deve-se considerar sempre fatores importantes como tipo e concentração dos sais, interação entre o sistema solo-água-plantas e condições preventivas de manejo.

Com respeito à sodicidade, e à toxicidade iônica, as diretrizes apresentadas por Ayers & Westcot (1999) são adequadas. As referidas proposições de classificação quanto ao risco de salinidade e sodicidade encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. As diretrizes com respeito à toxicidade iônica encontram-se na Tabela 3.

**Tabela 01.** Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC <sup>1</sup>	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1999)	Problema de salinidade
	Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )			Faixas de CEa(dS m <sup>-1</sup> )	
C <sub>1</sub>	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C <sub>2</sub>	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C <sub>3</sub>	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C <sub>4</sub>	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Frenkel (1984).

**Tabela 02.** Riscos de problemas de infiltração causados pelo excesso de sódio na água.

RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	Grau de restrição		
	Nenhum	Ligeiro e moderado	Severo
	CEa (dS m <sup>-1</sup> )		
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers &amp; Westcot (1999).

**Tabela 03.** Riscos de toxicidade de sódio, cloreto e boro na água de irrigação.

Íon específico (afeta culturas sensíveis)	Unidade	Grau de restrição para uso		
		Nenhum	Ligeira / moderada	Severa
Sódio, irrigação por superfície		< 3,0	3,0 - 9,0	> 9,0
Sódio, irrigação por aspersão	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
Cloreto, irrigação por superfície	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	< 4,0	4,0 - 10,0	> 10,0
Cloreto, irrigação por aspersão	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
Boro	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0

Fonte: Ayers &amp; Westcot (1999).

### 2.3. Efeito dos Sais sobre as Plantas

Vários estudos têm sido realizados para avaliar o comportamento das culturas à salinidade, sendo em geral verificado que as plantas cultivadas apresentam maior sensibilidade aos efeitos salinos em sua fase inicial de desenvolvimento. Partindo dessa constatação, torna-se imprescindível o conhecimento dos efeitos dos sais nas diferentes etapas de desenvolvimento das culturas (AYERS & WESTCOT, 1999).

Durante a fase de germinação por exemplo, uma redução na absorção de água pode limitar o crescimento do eixo embrionário, tendo em vista que a presença de água acelera os processos metabólicos. A absorção é feita em função da diferença de potencial entre as sementes e o meio, pela sua redução a valores mais baixos do que os componentes de potencial total da água existente no solo. A germinação é o processo compreendido desde a absorção de água inicial até a emergência de parte do embrião (BEWLEY & BLACK, 1978)

O efeito da salinidade sobre as plantas acontece devido às concentrações elevadas de sais na solução do solo, onde as raízes estão expostas, acarretando geralmente, redução do potencial osmótico do meio (WYN JONES & GORHAM, 1983, citados por Läuchli & Epstein, 1990).

Normalmente, a salinidade exerce uma diversidade de efeitos sob o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, sendo dependentes da natureza e quantidade de sais solúveis, espécie de planta, variedades, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e condições de manejo de irrigação (INGVALSON *ET AL.*, 1976; KORKOR & HILLAL, 1976).

Strogonov (1964), verificou que plantas sensíveis à salinidade crescem com dificuldades maiores em solos afetados por sais, o que acaba provocando o atrofiamento das folhas, caule e frutos, principalmente em culturas anuais. As plantas são afetadas de forma diferente quando submetidas a condições de salinidade, estas podem ser classificadas como tolerantes à salinidade (halófitas) e sensíveis (glicófitas). Esta classificação entretanto, não é absoluta pois dentro de uma mesma espécie de plantas, existem cultivares altamente tolerantes e cultivares bastante sensíveis (LAUCHLI & EPSTEIN, 1984; PRISCO, 1978; MEIRI & SHALHEVET, 1973).

De acordo com Allison (1964) e Tayer (1987), os efeitos mais comuns e imediatos da salinidade sobre os vegetais são: a) seca fisiológica, proveniente do abaixamento do potencial osmótico; b) efeito tóxico de íons, especialmente do sódio e cloro; c) desbalanceamento

nutricional, proveniente da elevada concentração de determinados íons, particularmente do íon sódio por ser capaz de inibir a absorção de outros nutrientes.

O estresse salino pode, também, interferir positivamente no crescimento de algumas plantas, bem como em sua composição, podendo promover o crescimento de halófitas e aumentar o rendimento ou qualidade de algumas culturas (PASTERNAK, 1979). Em nível moderado, a salinidade pode aumentar por exemplo, o rendimento de algodão (Pasternak *et al.*, 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates (RUSH & EPSTEIN, 1981) e aumentar a tolerância de citros as geadas (SYVERTSEN & YELENOSKY, 1988).

### 2.3.1. Efeito Osmótico

A presença de sais em excesso na solução do solo diminui o potencial osmótico, podendo atingir limites em que a força de absorção das raízes é insuficiente para a absorção de água pelas plantas, ficando as mesmas incapacitadas de se desenvolver ou mesmo de sobreviverem (HAYWARD & SPURR, 1943; PIZZARRO, 1985).

Segundo Epstein (1972) e Menguel & Kirkby (1987), sob condições salinas, as células do tecido radicular das plantas não conseguem absorver água do substrato ou processam este mecanismo de forma deficiente, devido à inibição osmótica imposta pela elevada concentração de sais.

Algumas diferenças em relação ao crescimento das plantas, quando se faz comparação entre sais, indicam que além do efeito osmótico, ocorre também efeito iônico específico. Estudos realizados por Sousa (1990), mostram que os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, nas concentrações de 50, 100, 150, e 200 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, prejudicaram diferentemente a germinação de quatro espécies de gramínea.

Algumas espécies, entretanto, possuem mecanismo natural de defesa chamado de ajustamento osmótico, sendo capazes de promover aumento da concentração intracelular pela produção de ácidos orgânicos e açúcares (BERNSTEIN, 1975). Apesar de algumas espécies possuírem este mecanismo, o fato é que isso pode se refletir de forma negativa em relação ao desenvolvimento final da planta, já que parte da energia é consumida durante esse mecanismo (DAKER, 1988).

### 2.3.2. Efeito Tóxico de Íons Específicos

Altas concentrações de sais ao serem acumuladas nos tecidos das plantas, podem causar graves danos e reduzir o rendimento das culturas, especialmente daquelas mais sensíveis. Segundo Black (1967), estes sais quando absorvidos pelas plantas podem provocar desbalanceamento nutricional ou efeito tóxico devido à presença em excesso de um ou mais íons causando toxidade ou impedindo a absorção de outros nutrientes. Em solos salinos, por exemplo, é bastante comum a toxidez causada por íons sódio, cloreto e boro (ALLISON, 1964; FAGERIA, 1984).

Segundo Ayers & Westcot (1999), os sintomas causados pela toxidez do sódio são de difícil identificação. Nas folhas mais velhas geralmente, são encontradas queimaduras ou necroses nas bordas do limbo foliar espalhando-se de forma progressiva, sendo intensificadas ao longo da área internervural até o centro das mesmas.

Para Strogonov (1964), Meiri & Shalhevet (1973), Bernestein (1975), Shannon (1979), Menguel & Kirkby (1987), condições adversas existentes em solos salinos e ou sódicos podem afetar negativamente os processos metabólicos das plantas, como assimilação de CO<sub>2</sub>, fotossíntese, síntese de proteínas, respiração, relações hídricas, reações enzimáticas e conversão de fitohormônios.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, seguido por sódio e boro, entretanto, outros elementos podem se tornar tóxicos às plantas, mesmo em concentrações relativamente baixas. Segundo Allison (1964), Bernestein (1974), Bresler et al. (1982), Bohn et al. (1985) e Rhoades & Loveday (1990), íons como sulfato, carbonato, bicarbonato, cálcio, magnésio, potássio, nitrato e lítio, quando em concentrações elevadas, são igualmente tóxicos.

Conforme Läuchi & Epstein (1990), problemas de toxicidade em plantas perenes podem ocorrer mesmo em condições moderadas de alguns íons. Bernstein (1965) registrou danos considerados severos em folhas de várias frutíferas causados por sódio e cloreto tendo verificado também que as frutíferas possuem pouca habilidade de excluir sódio e cloreto, das folhas pelo fato de serem culturas perenes e sofrerem conseqüentemente um longo período de exposição.

### 2.3.3. Efeito indireto dos íons - efeito nutricional

Uma característica universal da salinidade é a presença de concentrações elevadas dos íons sódio e cloreto na maioria dos solos afetados por sais (EPSTEIN & RAINS, 1987; SZABOLCS, 1989). Nestas condições, a salinidade indiretamente provoca desequilíbrio nutricional, inibindo o crescimento dos vegetais. Deve-se levar em consideração entretanto, que a capacidade de absorver nutrientes pode ser bastante diferente entre espécies de plantas (FAGERIA, 1984).

Para Läuchi & Epstein (1990), concentrações muito altas desses íons acabam inibindo a absorção dos nutrientes que estejam em concentrações inferiores. Isto se verifica por exemplo, quando o cálcio é precipitado pela presença excessiva de sulfato, carbonato ou bicarbonato, afetando o desenvolvimento da planta, não pelo excesso do ânion presente mas sim pela indisponibilidade do cálcio. Elevadas concentrações de sulfato, geralmente reduzem a absorção de cálcio e aumenta a de sódio (HAYWARD & WADLEIGHT, 1949). De acordo, ainda, com Brown et al. (1953), com a absorção excessiva do íon sódio, o íon sulfato pode provocar a toxidez de sódio se a espécie for susceptível.

Níveis elevados de sódio na solução do solo podem afetar, também, o crescimento e desenvolvimento das plantas de forma indireta, através de alterações sobre as características físicas do solo e da conseqüente indisponibilidade de outros nutrientes. Quando no extrato de saturação do solo há teores consideráveis de carbonato de sódio, o pH do solo pode alcançar valores altos como 10 (GHEYI et al. 1991) e nessas condições, a disponibilidade de muitos elementos essenciais às plantas, como Cu, Fe, Mn, Zn, é reduzida (BRADY & BUCKMAN, 1983). Em casos assim, o crescimento da planta não é prejudicado diretamente pelo carbonato de sódio, mas pelo efeito indireto do pH.

Estudos realizados por Epstein (1961), Läuchi & Epstein (1970) e ainda por Kramer et al. (1984) demonstram que o íon  $\text{Na}^+$ , geralmente causa distúrbios na nutrição de cálcio. Concentrações elevadas de sódio no meio em relação ao cálcio, tendem a ser danosas, onde desordens nutricionais que envolvem outros elementos podem estar relacionadas ao transporte e metabolismo de cálcio, em meio salino.

Em ambientes salinos, onde há predominância do sódio em relação ao potássio, a exigência nutricional da planta por este íon, pode ser prejudicada (RAINS & EPSTEIN, 1967). Pesquisas realizadas por Ball et al. (1987), com *Avicennia marina*, mostram que, apesar desta espécie possuir um elevado grau de seletividade e mecanismo de transporte de potássio, surgiram sintomas de deficiência deste elemento em função da salinidade.

Após estudar os efeitos da salinidade em 11 cultivares de arroz, Fageria (1989) observou que os teores de fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea da planta foram reduzidos com a elevação dos níveis de salinidade, onde o aumento da concentração de  $\text{Na}^+$  proporcionou reflexos negativos na produção; ficou evidenciado que a redução na produção em solos salinos, é consequência da falta de equilíbrio nutricional.

#### **2.4. Tolerância das Plantas à Salinidade**

Existe uma grande variabilidade no limite de tolerância à salinidade entre as culturas (AYERS & WESTCOT, 1999). Dentro de uma mesma espécie pode haver variações entre genótipos e ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre estádios de desenvolvimento (MAAS & HOFFMANN, 1977; MAAS, 1990). Todavia, a maioria das espécies é relativamente sensíveis à salinidade e quase todas as culturas são incapazes de tolerar condições permanentes de salinidade no solo (KRAMER, 1984).

As halófitas por exemplo, são plantas consideradas tolerantes à salinidade podendo suportar até  $15\text{g L}^{-1}$  ( $\text{CE} = 24,00\text{ dS m}^{-1}$ ) de cloreto de sódio, equivalente aproximadamente, à metade da concentração da água do mar. O acúmulo de sais absorvidos nas folhas pelas halófitas para estabelecer o equilíbrio osmótico, mesmo com baixo potencial de água no solo, faz com que estas espécies sejam capazes de tolerar níveis elevados de cloreto de sódio; essas plantas mantêm concentrações salinas no citoplasma em níveis moderados, permitindo a realização dos mecanismos enzimáticos, metabólicos e de hidratação de proteínas em nível celular (LIMA, 1997).

Segundo Fageria & Gheyi (1997), em muitas plantas halófitas, a diferença em termos de tolerância à salinidade de algumas cultivares relaciona-se com o baixo teor de absorção e acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em toda planta ou pelo menos na parte aérea. Nas plantas glicófitas, entretanto, o equilíbrio osmótico é obtido por substâncias, na sua maioria orgânicas, como compostos nitrogenados, na forma de açúcares e ácidos orgânicos (LAUCHLI & EPSTEIN, 1990).

Existe uma considerável variação entre espécies no que diz respeito ao ajustamento osmótico, servindo essa diferença entretanto, como referência para classificação das plantas. Aquelas que absorvem sais, necessariamente, para manter a sua sobrevivência são chamadas de halófitas, e aquelas que acumulam quantidades de sais e outros solutos na maioria orgânicos são as glicófitas. Em beterrabas, por exemplo, os sais são os principais elementos

responsáveis pelo ajustamento osmótico, porém, em cenouras, o aumento do nível de sacarose, sob condições salinas é responsável por esse equilíbrio (CHAPMAN, 1960).

Segundo Epstein (1972), apesar desse mecanismo que muitas espécies possuem, quase sempre o crescimento das planta é reduzido pelo efeito da salinidade. A justificativa é que parte da energia necessária ao crescimento do vegetal acaba sendo desviada para o processo de ajustamento osmótico, prejudicando assim, o processo de alongamento das células, e dificultando o desenvolvimento natural das plantas.

Ao contrario das plantas tolerantes, as espécies sensíveis tendem, em geral, a eliminar os sais no processo de absorção da solução do substrato e, por não possuírem a capacidade de realizar o ajustamento osmótico, acabam sendo submetidas ao decréscimo de turgor sofrendo assim com o estresse hídrico provocado pelo processo de osmose (LIMA, 1997).

Em geral, as culturas são tolerantes à salinidade nos estádios mais avançados de desenvolvimento existindo entretanto, algumas exceções. O arroz por exemplo, é mais sensível durante o florescimento do que durante a fase de germinação, enquanto outra cultura é mais afetada durante a germinação e estádios mais avançados de desenvolvimento (LIMA, 1997). Experimentos conduzidos em casa de vegetação por Shalhevet et al (1995), mostraram que o sorgo, o trigo e o caupi são mais sensíveis durante a fase vegetativa e no início da fase reprodutiva, menos sensíveis na fase de floração e tolerantes durante o enchimento de grãos.

Algumas culturas, segundo Maas & Hoffman (1977), são capazes de produzir rendimentos aceitáveis em condições elevadas de salinidade, enquanto outras reduzem a produção. O nível máximo de salinidade média na zona radicular que pode ser tolerado pelas plantas, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento, é denominado de salinidade limiar (SL), expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação. Valores de condutividade elétrica de água inferior a 0,7 dS m<sup>-1</sup> permite que a maioria das culturas alcance os seus rendimentos potenciais máximos.

A tolerância de algumas espécies à salinidade é muito heterogênea, podendo variar entre 8 ou mais vezes em relação a outras, além do fato de que dentro de uma mesma espécie possa existir ampla variação entre cultivares e fases fenológicas. A variação dessa tolerância relativa, permite a ampliação do uso de águas de salinidade moderada e possibilita aumentar a faixa aceitável de águas salinas para fins de irrigação. A Tabela 4 apresenta valores de salinidade limiar para algumas espécies de plantas (AYERS & WESTCOT, 1985).

**Tabela 04.** Valores de salinidade limiar para algumas culturas.

Cultura	CEes (dS m <sup>-1</sup> )	Cultura	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
Abacate	1,3	Feijão fava	1,6
Abobrinha	3,2	Laranja	1,7
Alface	1,3	Limão	1,7
Algodão	7,7	Melão	2,2
Amendoim	3,2	Milho	1,7
Arroz	3,0	Morango	1,0
Batata	1,7	Nabo	0,9
Batata-doce	1,5	Pimentão	1,5
Beterraba	4,0	Rabanete	1,2
Brócolis	2,8	Repolho	1,8
Cana-de-açúcar	1,7	Soja	5,0
Cebola	1,2	Sorgo	4,0
Cenoura	1,0	Tomate	2,5
Couve flor	2,5	Pepino	2,5
Espinafre	2,0	Vagem	1,5
Feijão	1,0	Uva	1,5

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

A salinidade limiar pode ser entendida como sendo os rendimentos potenciais máximos alcançados pela cultura em função da salinidade verificado no extrato de saturação do solo. A relação entre a produção relativa da cultura e a salinidade do solo é usualmente descrita pela seguinte equação (MAAS e HOFFMAN, 1977 e MAAS, 1986):

$$RR = 100 - b(CEes - SL) \dots \dots \dots (Eq. 01)$$

onde,

RR = rendimento relativo em termos percentuais (%);

CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (dS m<sup>-1</sup>);

SL = salinidade limiar da cultura (dS m<sup>-1</sup>);

b = redução do rendimento relativo (%) por aumento unitário de salinidade acima do valor da salinidade limiar para a cultura.

A tolerância das culturas à salinidade, pode ser definida, em nível comercial, como sendo a capacidade que a planta possui de suportar quantidades excessivas de sais, sem perdas significativas em seus rendimentos, quando comparadas com valores obtidos sob condições não salinas (MAAS, 1990).

Para Hayward & Wadleigh (1949) e Daker (1988), existem três critérios que podem ser usados para avaliar a tolerância de uma espécie ou cultura à salinidade, a saber: a) capacidade para sobreviver em solos salinos, critério pouco expressivo em termos práticos para a agricultura irrigada, mas comumente utilizado pelos paisagistas; b) rendimento em solos salinos, critério usado por pesquisadores, e por possuir importância prática relevante sob

o ponto de vista agrônomo, permite por exemplo, avaliar entre cultivares de uma mesma espécie, qual delas tem maior produtividade; c) rendimento relativo, bastante utilizado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (USSL) para elaboração de tabelas em termos de tolerância relativa de diferentes espécies, podendo fornecer informações para os programas de melhoramento genético de cultivares.

#### **2.4.1. Tolerância do Algodoeiro**

Segundo Maas & Hoffman (1977) e Richards (1980), o algodoeiro é uma cultura tolerante aos sais. Entretanto, Diniz (1979), verificou que em condições salinas, cultivares de algodoeiro herbáceo se comportaram de forma diferente, quanto ao vigor e na fase de germinação. A salinidade do solo pode provocar o fechamento dos estômatos e causar modificações na estrutura dos frutos, reduzindo o crescimento e a taxa fotossintética do algodoeiro. A magnitude desses efeitos varia com a cultivar utilizada, uma evidência de haver variação intervarietal na cultura do algodoeiro em relação à salinidade.

Os critérios de tolerância das plantas aos sais são fundamentados apenas com base no processo de germinação das sementes. Entretanto, não adianta germinar, crescer, produzir mudas de qualidade e não haver produção economicamente viável. Em agronomia, a tolerância aos sais é considerada satisfatória quando as plantas submetidas a meios adversamente salinos não sofrem quedas drásticas na produtividade e na qualidade de produção, compatível, portanto, com as exigências do mercado (CORDEIRO, 1997).

A condutividade elétrica (CE) é o parâmetro mais empregado para expressar a concentração de sais solúveis na água. Toda água de irrigação contém certa quantidade de sais. Portanto, o manejo inadequado da irrigação eleva a concentração de sais da solução do solo. A salinidade máxima permissível no extrato de saturação do solo, para que não ocorra redução na produção do algodoeiro é de  $7,7 \text{ dS m}^{-1}$  (MAAS & HOFFMAN, 1977). Trabalhando com algodoeiro, Medeiros (1996) observou decréscimo tanto na altura de planta como na área foliar à medida que aumentou os níveis de sais na água de irrigação, provocando decréscimo do conteúdo de água na planta, que variou com o estágio de desenvolvimento da cultura. Em geral, o consumo de água pelas plantas decresce com o aumento na concentração dos sais na água de irrigação.

A salinidade do solo pode provocar indiretamente inibição da absorção de nutrientes pelas raízes do algodoeiro, sendo o maior desequilíbrio causado pelo cloreto de sódio, que se

deve à competição Na/K, inibindo a absorção de  $\text{NO}_3$ , acarretando redução no crescimento do sistema radicular (SILBERBUSH & BEM-ASHER, 1987).

Longenecker (1974) avaliou a influência do sódio sobre as características agronômicas e propriedades de fibra, em duas cultivares de algodoeiro (Acala 15171 e Pima S-2), por um período de dois anos e observou redução de crescimento, produção, número de frutos, peso de sementes, comprimento da fibra, resistência, finura, devido ao sódio, além de frutos pouco desenvolvidos.

A salinidade pode, também, influenciar positivamente no crescimento de algumas plantas, bem como, em sua composição. Promove o crescimento de halófitas e pode aumentar o rendimento ou qualidade de alguns cultivos; a salinidade moderada pode aumentar os rendimentos de algodão (PASTERNAK et al., 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates (RUSH & EPSTEIN, 1981). Rocha Filho et al. (1979), estudando os efeitos do NaCl e do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , (níveis de sódio: 0, 4, 40, 400, 4000 ppm nas cultivares do algodoeiro arbóreo 9193 e C-71, observaram aumento na produção de matéria seca, em ambas cultivares, quando foram usados 4 ppm de sódio; no entanto, nos níveis de 400 e 4000 ppm, ocorreu decréscimo da matéria seca.

Em estudos realizados por Khalil et al. (1967) e por Silberbush & Bem-Asher (1987), sobre o cultivo do algodoeiro em condições salinas, foram constatadas algumas adaptações morfológicas, como aumento de espessura da parede celular e diminuição da proporção de vasos condutores nas raízes do algodoeiro. Segundo Hoffman et al. (1971), essas modificações morfológicas podem aumentar a tolerância à difusão dos sais através das raízes, o que pode ser usado para explicar as diferenças de sensibilidade entre espécies e/ou cultivares aos substratos salinos. Alexandra (1999), estudando o crescimento e a produção de seis cultivares de algodão sob estresse salino, constatou ser o algodoeiro mais sensível à salinidade nas variáveis de crescimento do que nas de produção, sendo a fitomassa de ramos e raízes as variáveis mais afetadas em todos os genótipos.

## 2.4.2. Mecanismos de Tolerância

### 2.4.2.1. Morfológicos

Dentre os mecanismos de tolerância à salinidade, os de natureza morfológica, sem dúvida, são os de maior evidência. De acordo com Maas & Nieman (1978), as halófitas têm características morfológicas e anatômicas particulares como resultado do processo de seleção natural em meio salino. Tais adaptações têm sido observadas em regiões costeiras, pântanos salinos ou desertos salinos, garantindo a sobrevivência de alguns ecotipos fixados geneticamente em condições extremamente salinizadas.

O mecanismo absorção iônica seletiva confere à planta a capacidade de selecionar elementos como  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , característica primordial no processo de adaptação à salinidade (SHANNON, 1979). Este fato foi registrado, também, por Shannon & Noble (1995), em variedades de trevo (*Trifolium subterraneum* L.), constatando bons rendimentos sob condições de salinidade, além de baixa concentração de  $\text{Na}^+$  nas folhas, níveis satisfatórios de  $\text{K}^+$  e boa relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  em grãos e folhas de plantas tolerantes aos sais. Resultados semelhantes foram encontrados por Ashraf & O'Leary (1996), sendo considerada como uma característica de tolerância das plantas à salinidade, a habilidade em manter a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+ < 1,0$ .

De acordo com Fageria (1984), apesar da adaptação morfológica de alguns genótipos, o efeito da salinidade acaba reduzindo a disponibilidade de água para as plantas. Por essa razão, nas espécies tolerantes ocorrem mudanças morfológicas e anatômicas capazes de suportar o déficit hídrico. As mudanças mais comuns são a redução no número e tamanho das folhas, o baixo número de estômatos por unidade de área foliar, o espessamento da cutícula das folhas e a diminuição da diferenciação e do desenvolvimento do tecido vascular. Estas modificações podem variar entre espécies e cultivares.

A salinidade freqüentemente inibe menos o crescimento das raízes do que a parte aérea, o que resulta numa maior relação raiz / parte aérea sob condições salinas, em relação às não salinas (MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER, 1970; MAAS ET AL., 1972; MAAS & HOFFMAN, 1977; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984; FAGERIA, 1989). Com isso, a planta aumenta a capacidade de absorção de água e diminui a taxa de transpiração (FAGERIA, 1984; FAGERIA, 1989). Viana (2000) verificou que o crescimento absoluto da parte aérea da alface diminuiu de forma linear com o aumento da salinidade. Amorim (1994),

em pesquisa realizada com alho, verificou também sensibilidade mais elevada da parte aérea das plantas.

#### 2.4.2.2. Fisiológicos

Algumas halófitas, de acordo com Lauchli & Epstein (1984), adquirem o ajustamento osmótico através do acúmulo de sais em vacúolos das células das folhas, favorecendo a absorção de água. Este movimento varia entre espécies, cultivares e, em alguns casos, entre partes da própria planta (BERNSTEIN, 1961).

O nível de absorção de nutrientes varia de acordo com a espécie e a natureza do íon presente. O íon cloreto, por exemplo, devido à sua velocidade de absorção, fornece uma contribuição muito maior para o ajustamento osmótico das plantas do que o íon sulfato. Quando a salinidade consiste predominantemente de cátions monovalentes e ânions bivalentes, como no composto  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , a taxa de absorção de cátions é maior do que a de ânions. Nestas circunstâncias, o balanço iônico é alcançado através da síntese e acúmulo de ácidos orgânicos (MAAS & HOFFMAN, 1977).

De acordo com Magalhães (1979), a manutenção de níveis adequados de  $\text{K}^+$  na planta é essencial ao seu crescimento, ativando mais de 50 enzimas, algumas delas envolvidas em reações de fosforilação, síntese de carboidratos e proteínas, bem como auxiliando na respiração, transporte e distribuição de carboidratos aos diversos órgãos da planta.

Em ambientes salinos onde o  $\text{Na}^+$  predomina em relação ao  $\text{K}^+$ , a nutrição da planta em relação a este último pode ser prejudicada (SCHOREDER et al., 1994). De maneira semelhante, tem-se verificado que íons de  $\text{Na}^+$  em excesso geralmente causam distúrbios na nutrição de  $\text{Ca}^{++}$ , elemento importante no controle da permeabilidade seletiva da plasmalema (CRAMER et al., 1988). Neste caso, o  $\text{Mg}^{++}$  que é considerado vital ao processo fotossintético, além de ser ativador de várias enzimas, por ser também bivalente pode se comportar de forma semelhante ao cálcio.

A sensibilidade dos genótipos em apresentar deficiência de  $\text{Ca}^{++}$  na presença excessiva de íons sódio, além da capacidade de manter níveis adequados de  $\text{K}^+$  em condições de elevada concentração de  $\text{Na}^+$  no solo, é um fator que influencia a habilidade das plantas em tolerar sais (GRIEVE & FUJIYAMA, 1987).

Tanto os elementos essenciais, mas também outros que em geral são absorvidos em quantidades pequenas, são também importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O manganês, por exemplo, possui importante papel no processo de fotossíntese, não

se translocando adequadamente para órgãos mais novos quando ocorre sua deficiência. As plantas podem absorvê-lo, também, por via foliar, o que permite o seu uso através de pulverizações; torna-se não-assimilável em solos com matéria orgânica e pH elevados devido à formação de complexos insolúveis. Por outro lado, em meio ácido ocorre redução de manganês mangânico (tetreavalente) a manganês bivalente, podendo atingir níveis tóxicos (MALAVOLTA et al., 1974).

Segundo Hewitt (1963), citado por Malavolta et al. (1974), o zinco é necessário para a formação do ácido indol acético (AIA), substância promotora do crescimento das plantas. A sua deficiência provoca o aparecimento de internódios curtos, resultando na formação de rosetas na extremidade de ramos. Em condições de iluminação atenuada, sua deficiência demora a se manifestar. O pH entretanto, é o principal fator que influencia a disponibilidade de Zn, sendo mínima entre 5,5 e 7,0, e aumentando com a acidez. Em solos com pH superior a 7,0 acredita-se ocorrer reações que conduzem à insolubilização desse elemento na forma de zinco de cálcio (insolúvel) tornando-se difícil o seu aproveitamento (JACINTHO, 1971, citado por Malavolta et al., 1974).

Absorvido como ião cúprico, o  $\text{Cu}^{++}$  acumula-se na planta até atingir concentrações da ordem de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  e funciona como ativador de várias enzimas envolvidas em certas reações biológicas. Através de análise de plantas, tem-se constatado que os níveis encontrados nas raízes são freqüentemente superiores aos encontrados na parte aérea. Segundo Martin et al. (1971) citado por Malavolta et al. (1974), em experimento com mudas de laranjeira, mostraram que quando pH alcançou valores superior a 4,8 as plantas apresentaram deficiências, denotando-se assim também, uma forte relação entre o efeito do pH e a ausência deste elemento.

Uma pequena quantidade de boro (B) é necessária para que as plantas possam se desenvolver satisfatoriamente. Conforme Stromberg (1980), cerca de  $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$  de boro na água de irrigação é o mínimo requerido para o suprimento adequado às plantas. Santos (1996), estudando níveis de salinidade variando entre 1,82 a  $8,35 \text{ dS m}^{-1}$  nas variedades de mangueira Espada e Ubá verificou efeito significativo entre níveis de salinidade para o elemento boro aos 90 dias, variando os valores nas folhas de mangueira variaram entre 48,7 e  $76,4 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Os danos causados nas folhas pelo boro resumem-se a manchas amarelas ou secas, principalmente nas bordas e no ápice das folhas velhas. Também é importante ressaltar que a presença de sesquióxidos (óxidos de ferro e alumínio) no solo pode provocar a fixação de

---

boro tornando-o insolúvel sem causar, portanto, danos às plantas. Algo semelhante ocorre com a presença de matéria orgânica. (AYERS & WESTCOT, 1999).

Em síntese, as plantas consideradas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico, envolvendo tanto a absorção e a acumulação de íons como a síntese de solutos orgânicos. Embora estes dois mecanismos tenham sido usados como base na classificação de halófitas (WAISEL, 1972), eles geralmente operam juntos. O mecanismo dominante varia entre espécies de planta e, em alguns casos, entre partes da planta (FAGÉRIA & GHEYI, 1997).

Talvez o mais importante mecanismo regulador do estresse osmótico seja mesmo o processo de absorção seletiva de íons, pois mesmo em condições onde o íon tóxico esteja em níveis elevados, as espécies tolerantes conseguem absorver elementos essenciais. Há hipótese também, de que moléculas do tipo  $\beta$  glicínia,  $\beta$  prolinas, prolinas e outras moléculas encontradas em plantas, sejam osmoprotetoras. Elas se acumulam sobretudo no citoplasma das células, e durante o estresse salino evitam a desidratação provocada pelo balanço de forças existente entre o citoplasma e o meio (VALENTINE, 1984). Além dessas moléculas, tem-se constatado a presença de outros compostos osmorreguladores em glicófitas, tais como sais potássicos, ácidos orgânicos e açúcares (HELLEBUST, 1976).

A redução da área foliar segundo Läuchi & Epstein (1990), Araújo (1994) e Sousa (1995), provavelmente é decorrente da diminuição do volume das células. De acordo com os mesmos autores, a redução da área foliar e da fotossíntese contribuem de certo modo, para a adaptação das culturas à salinidade.

## **2.5. Características de Crescimento da Planta**

O crescimento de uma planta pode ser medido de várias maneiras. Em alguns casos, a determinação da altura é suficiente mas, às vezes, maiores informações são necessárias, abrangendo o tamanho das folhas (comprimento, largura e área) e o peso de matéria seca. Através de análise quantitativa, pode-se observar serem o crescimento e o desenvolvimento da planta resultantes da ação conjunta de três níveis de controle: o genético, o hormonal e o ambiental.

A análise quantitativa do crescimento vegetal foi desenvolvida por fisiologistas da escola inglesa, sendo considerada pela comunidade internacional como um método padrão para se estimar a produtividade biológica ou produtividade primária das comunidades vegetais (WATSON, 1952; MAGALHÃES, 1979).

---

Através da análise de crescimento é possível se avaliar as condições morfológicas e fisiológicas das plantas em diferentes intervalos de tempo (Magalhães (1979) e avaliar a planta como um todo e a contribuição de diferentes órgãos para no crescimento total (Benincasa, 1988). Esses estudos têm grande importância na avaliação do comportamento vegetal, sob diferentes condições ambientais e de cultivo, auxiliando na seleção de espécies ou cultivares que apresentem características funcionais mais apropriados aos objetivos da pesquisa científica.

Sob condições ambientais, existem vários procedimentos para se avaliar o crescimento das plantas, tais como: crescimento em altura, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas e produção de matéria seca, dentre outros. Embora complexo, a análise de crescimento ainda é o método mais eficiente e preciso para se avaliar o desenvolvimento e os processos fisiológicos dos vegetais (WHALE et al., 1985; BENINCASA, 1988).

Cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao logo do seu crescimento, é resultante da ação ou atividade fotossintética, sendo o restante procedente da absorção de água e de nutrientes minerais do substrato, justificando-se por esta razão, a necessidade desta avaliação durante todo o período de crescimento (BENINCASA, 1988).

Os métodos para avaliação do crescimento de plantas em geral são simples e consistem, principalmente, em medições periódicas de matéria seca, área foliar e outras variáveis (RADFORD, 1967). A partir desses elementos básicos, pode-se estimar, também, índices fisiológicos, tais como, índice de área foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida (KVET et al., 1971).

A taxa de crescimento absoluto ou taxa de crescimento da cultura compreende a variação ou incremento de material da planta, entre duas coletas ou amostragens, por unidade de tempo. Assim esta variável pode ser definida como sendo a velocidade média de crescimento ao longo do período de observações realizado (BENINCASA, 1988).

A taxa de crescimento relativo (TCR) da planta, segundo Ferri (1985), é uma variável bastante utilizada para avaliação do crescimento vegetal e é dependente da quantidade de material previamente acumulado. Para Hunt (1982), representa o aumento de matéria na planta por unidade de material preexistente, ao longo do tempo. Em outras palavras, a TCR representa a quantidade de material novo produzido em relação ao material preexistente. Sendo assim, o desenvolvimento da planta dependerá, basicamente, do material inicial e da sua capacidade de sintetizar novos produtos. De acordo, ainda, com Magalhães (1979), a taxa de crescimento relativo pode ser chamada de índice de eficiência, já que expressa a

capacidade da planta em produzir novo material e, conseqüentemente, a sua eficiência na conversão de matéria seca.

A razão de área foliar serve para avaliar a dimensão relativa do órgão assimilador, sendo utilizado como parâmetro apropriado nas avaliações dos efeitos genotípicos, de manejo e climáticos das comunidade vegetais; estando relacionada com a matéria seca resultante do processo de fotossíntese. Valores altos de razão de área foliar são indicativos de que os produtos fotoassimilados estão sendo melhor aproveitados. Por outro lado, a taxa de assimilação líquida expressa o aumento do crescimento por unidade de área foliar, em função do tempo, e estima a fotossíntese líquida e a magnitude do sistema assimilador envolvido no processo produtivo de matéria seca ( FERRI, 1985).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local do Experimento**

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação em instalações da Embrapa Algodão, em Campina Grande-PB, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 547,56 m, durante o período de abril á outubro de 2003.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil, é do tipo "CSa", mesotérmico, semi-úmido, com verão quente e seco de 4 a 5 meses, com chuvas de outono e inverno. Os meses de junho e julho são os mais frios com temperaturas médias inferiores a 20°C (COELHO & SONCIN, 1982).

#### **3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em um esquema fatorial 6 x 2, sendo estudados dois fatores: tipos de águas, com duas proporções de sódio e cálcio, utilizando como fonte destes íons (NaCl e CaCl<sub>2</sub>), e seis níveis de salinidade via água de irrigação, representados pelas condutividades: 2,0; 3,5; 5,0; 6,5; 8,0 dS m<sup>-1</sup>. Fatorialmente combinados, resultando em 12 tratamentos com três repetições, constituindo 36 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso plástico, onde foram cultivadas inicialmente três plantas, sendo uma desbastada aos 15 DAS (dias após a semeadura), e a segunda aos 30 DAS, permanecendo até o final do ciclo uma planta por vaso.

Definiu-se o nível médio de condutividade elétrica da água de irrigação em 5,0 dS m<sup>-1</sup> com base na tolerância e no rendimento relativo do algodoeiro em função da salinidade do solo ou da água proposta por Maas & Hoffman (1977) e Maas (1984), citados por Ayers & Westcot (1999), segundo os quais, valor de condutividade elétrico da água de 5,1 dS m<sup>-1</sup>,

proporciona rendimentos potenciais de 100% para a cultura. Este nível de salinidade da água produz uma condutividade no estrato de saturação do solo de  $7,7 \text{ dS m}^{-1}$ , que se constitui no valor limite de CEes para evitar efeitos generalizados no desenvolvimento do algodoeiro (GHEYI, 1997).

### **3.3. Substrato**

O material de solo das parcelas experimentais foi coletado no município de Lagoa Seca - PB, a uma profundidade de 0-30 cm, sendo em seguida peneirado com uma peneira de 2 mm. Os dados relativos à sua caracterização física, química e hídrica estão na Tabela 05 . A análise textural foi determinada pelo método do hidrômetro (Day, 1965), as densidades real e global pelos métodos do psicrômetro e da proveta, descritos por Forsythe (1975) e Embrapa (1997), respectivamente, e os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente mediante metodologias da Embrapa (1997). Para análise química das amostras de solo, foram utilizadas as metodologias propostas por Richards (1954).

**Tabela 05.** Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.

<b>Características Físicas</b>	
<b>Granulometria (%)</b>	
Areia (%)	71,46
Silte (%)	10,75
Argila (%)	17,79
Classificação Textural	<b>Franco arenoso</b>
Densidade Global (g/cm <sup>3</sup> )	1,47
Densidade das Partículas (g/cm <sup>3</sup> )	2,66
Porosidade (%)	44,74
Umidade Natural (%)	0,20
Umidade a 33 Kpa	5,90
Umidade a 150 Kpa	2,26
Água Disponível	3,64
<b>Características químicas</b>	
Cálcio (mmol <sub>c</sub> /kg)	17,4
Magnésio (mmol <sub>c</sub> /kg)	6,5
Sódio (mmol <sub>c</sub> /kg)	0,7
Potássio (mmol <sub>c</sub> /kg)	1,1
Hidrogênio (mmol <sub>c</sub> /kg)	19,3
Alumínio (mmol <sub>c</sub> /kg)	0,5
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,2
Matéria Orgânica (%)	0,34
Fósforo Assimilável mg / 100g	1,76
pH H <sub>2</sub> O <sub>(1:2,5)</sub>	6,36
CEsusp. Solo-água – (dS m <sup>-1</sup> )	0,12
<b>Extrato de Saturação</b>	
pH es	5,91
CEes-(dS m <sup>-1</sup> )	0,30
Cloreto (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,0
Carbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,0
Bicarbonato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,10
Sulfato (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ausência
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,62
Magnésio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,75
Potássio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,36
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,21
Porcentagem de Saturação (%)	22,66
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	1,63
PSI	1,13
Salinidade	Não salino
Classe do Solo	Normal

\*Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola (CCT/UFCG).

### 3.4. Preparo da Água

No preparo das águas de irrigação, utilizou-se água do sistema de abastecimento local (água do açude de Boqueirão), baseando-se na relação entre condutividade elétrica da água (CEa) e concentração ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1} = \text{CEa} * 10$ ), extraída de Rhoades *et al.* (1992). As águas de irrigação foram preparadas de acordo com os níveis salinos, devidamente diluída com água destilada e acrescida dos sais de acordo com os tratamentos após verificação das proporções de Na:Ca na água de abastecimento (Tabelas 06 e 07). A quantidade de cada componente utilizado no preparo das águas de irrigação (NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , água do sistema de abastecimento e água destilada) foi determinada de forma a, manter as proporções equivalentes de Na:Ca (9,5:0,5 e 6,0:4,0). As proporções usadas baseiam-se em resultados obtidos por Leprun (1983) e Medeiros (1992), sendo uma aproximação bastante representativa da maioria das fontes de água localizadas nos Estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte.

**Tabela 06.** Concentração iônica do sódio e do cálcio da água do sistema de abastecimento de Campina Grande – PB (CAGEPA).

Íon	Símbolo	Unidade	Valor
Sódio	$\text{Na}^+$	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	2,97
Cálcio	$\text{Ca}^{++}$	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$	1,42

\*Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola (UFCG-CG).

#### 3.4.1 Seqüência de cálculo utilizada no preparo das águas de irrigação.

1º . Etapa: determinar os requerimentos de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{++}$

Princípio:  $\text{meq.L}^{-1} = \text{CE}_a * 10$

$$\rightarrow \text{meq.L}^{-1} = 2,0 \text{ dS m}^{-1} * 10 = 20 \text{ meq.L}^{-1}.$$

$2,0 \text{ dS m}^{-1} = 20 \text{ meq.L}^{-1}$	Sódio	Cálcio
<b>Proporção</b>	9,5	0,5
<b>Requerido, <math>\text{meq.L}^{-1}</math></b>	$20 * 0,95 = 19$	$20 * 0,05 = 1$
Quantidade presente na água de Boqueirão, $\text{meq.L}^{-1}$	2,97	1,42

**2º. Etapa:** determinação do grau de diluição.

Necessário para o caso de algum elemento na água a utilizar (Boqueirão) esteja em concentração acima do requerido, como ocorreu com o  $\text{Ca}^{++}$ . Assim, determinou-se, por tentativa o grau de diluição que satisfizesse a condição. Para este caso, uma parte de água destilada para uma parte de água de boqueirão foi o suficiente, como constatado abaixo.

	Sódio	Cálcio
Requerido, meq $\text{L}^{-1}$	19	1,0
Quantidade na água de Boqueirão	2,97	1,42
Diluição 1:1	2,97/2	1,42/2
Na água após diluição 1:1, meq $\text{L}^{-1}$	1,48	0,71

**3º. Etapa:** determinar por diferença a quantidade de cada componente da solução de irrigação.

Solução 1N →	NaCl	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Quantidade de solução 1N requerida $\text{litro}^{-1}$ de água de irrigação, em mL	$19 - 1,48 = 17,52^a$	$1,00 - 0,71 = 0,29^b$
Quantidade de água $\text{L}^{-1}$ de água de irrigação a preparar, em mL	$= 1000\text{mL} - (a+b) = 982,19 \text{ mL}^d$	
Como a diluição foi de 1:1, então 'd' = 491,00 ml de água destilada + 491,00 mL de água de boqueirão		

**Tabela 07.** Teores de sais na água utilizada no preparo das águas de irrigação\*.

	CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )					
	2	3,5	5	6,5	8	9,5
<b>Diluição da água de Boqueirão com água destilada</b>						
Água A <sub>1</sub> , proporção de Na:Ca (9,5:0,5)	2	–	–	–	–	–
Água A <sub>2</sub> , proporção de Na:Ca (6,0:4,0)	–	–	–	–	–	–
<b>Concentração iônica na água da CAGEPA usada para preparação</b>						
<b>Água A<sub>1</sub> (9,5:0,5)</b>						
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,48	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,71	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
<b>Água A<sub>2</sub> (6,0:4,0)</b>						
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
<b>Concentração iônica requerida na água de irrigação</b>						
<b>Água A<sub>1</sub> (9,5:0,5)</b>						
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	19	33,25	47,50	61,75	76,00	90,25
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1	1,75	2,50	3,25	4,00	4,75
<b>Água A<sub>2</sub> (6,0:4,0)</b>						
Sódio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	12	21	30	39	48	57
Cálcio (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	8	14	20	26	32	38
<b>Volume (mL) de solução 1 N de sais, água da CAGEPA e água destilada para 1 L de água</b>						
<b>Água A<sub>1</sub> (9,5:0,5)</b>						
NaCl 1N	17,52	30,28	44,53	58,78	73,03	87,28
CaCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O 1 N	0,29	0,33	1,08	1,83	2,58	3,33
Volume de água da CAGEPA (mL)	491,00	969,5	954,5	939,5	924,5	909,5
Volume de água destilada (mL)	491,00	–	–	–	–	–
<b>Água A<sub>2</sub> (6,0:4,0)</b>						
NaCl 1N	9,03	18,03	27,03	36,03	45,03	54,03
CaCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O 1 N	6,58	12,58	18,58	24,58	30,58	36,58
Volume de água da CAGEPA (mL)	984,5	969,5	954,5	939,5	924,5	909,5
Volume de água destilada (mL)	–	–	–	–	–	–

### 3.5. Instalação e Condução do Ensaio

A cultivar de algodoeiro estudado foi a BRS verde, cujas sementes foram obtidas nos campos de produção da Embrapa/CNPA em Campina Grande-PB.

Foram utilizados vasos plásticos, com 30 cm de diâmetro e 27 cm de altura, com furos na parte inferior para permitir a drenagem. Os recipientes foram preenchidos com 21,17 kg de material de solo com de 5% de matéria orgânica em base de volume. Após o substrato ser irrigado até a capacidade de campo com excesso da respectiva água de cada tratamento, realizou-se o plantio semeando-se cinco sementes de forma equidistante por vaso, a uma profundidade de 1,0 cm.

As irrigações subsequentes foram realizadas em dias alternados com as respectivas águas de cada tratamento, sendo o volume calculado em função da demanda evapotranspiratória levando em consideração o coeficiente de cultivo da cultura e visando proporcionar uma lixiviação de 15%, sendo esta feita em intervalos médios de 10 dias; a evapotranspiração (consumo de água) foi determinada pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado na última irrigação. O volume de água, a ser aplicado, foi calculado com base no consumo de água no período anterior e se obter a fração de lixiviação desejada (Eq. 02). As irrigações foram feitas em intervalos médios de três dias, conforme o turno de rega. Nestas, caso drenasse algum vaso, o volume drenado era coletado e medida a condutividade elétrica, e deduzida do volume a aplicar na irrigação seguinte. A partir dos 30 dias após semeadura (DAS), Provocou-se lixiviações periódicas (intervalo de 10 dias) para o monitoramento dos níveis de salinidade na zona radicular. A coleta de drenagem foi individual, sendo acoplado um recipiente coletor na base de cada vaso. Conhecendo-se o volume de água aplicado e drenado por tratamento no dia anterior, estimou-se o volume a aplicar no próximo período.

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - 0,15)} \text{ (mL)} \dots\dots\dots \text{Eq. 02}$$

Onde:

- VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação;
- VA – Volume de água aplicado na irrigação anterior;
- VD – Volume de água drenado no dia anterior.

A adubação química, baseou-se nos resultados da análise do material de solo, seguindo a metodologia recomendada por Novais et al. (1991) para casa de vegetação, constando a adubação de fundação de 100 mg de P e 7,8 mg de K kg<sup>-1</sup> de solo. As adubações nitrogenadas e potássica de cobertura foram feitas em quatro etapas, sendo compostas de sulfato de amônio (9 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo por aplicação) e cloreto de potássio (10 mg de K kg<sup>-1</sup> de solo por aplicação), As aplicações foram feitas preparando solução de concentração desejada em 150 mL de água de cada tratamento.

### 3.6. Variáveis Estudadas

#### 3.6.1. Germinação

Foram consideradas germinadas as plântulas que emergiam na superfície dos vasos, sendo avaliado, o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes semeadas (PG), utilizando-se 03 repetições, com a primeira contagem aos 05 DAS e a última aos 12 DAS.

#### 3.6.2. Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado em cada parcela, observando-se o dia da emergência, em dias após a semeadura, e o número de plantas emergidas, a partir da Equação 03, extrapolando-se os valores (obtidos sobre 05 sementes, tal como o percentual de germinação) para obtenção do índice na base padrão de 100 sementes (VIEIRA & CARVALHO, 1994). O IVE estima a velocidade de emergência de plântulas por dia, sendo tanto maior o vigor quanto maior for o valor obtido.

$$IVE = \sum \frac{E_i}{N_i} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (\text{Eq. 03})$$

onde:

$IVE$  = índice de velocidade de emergência (plântulas emergidas  $\text{dia}^{-1}$ );

$E_i$  = número de plântulas normais emergidas, computadas no dia "i" após a semeadura;

$N_i$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira, ... última contagem.

#### 3.6.3. Fitomassa

Aos 30 DAS, foi coletada uma planta de cada repetição para determinação da fitomassa da parte aérea (FPA) e, aos 120 DAS, fez-se a coleta das plantas definitivas, que foram postas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de  $60^\circ\text{C}$  ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) até peso constante, obtendo-se assim a fitomassa de raízes (FR), fitomassa da parte aérea (FPA) e total (FT).

#### 3.6.4. Relação Raiz / Parte Aérea (R/PA)

A relação raiz / parte aérea (R/PA) foi obtida na última avaliação (aos 120 DAS), pelo quociente entre a fitomassa das raízes e a fitomassa da parte aérea da planta, segundo a equação extraída de Magalhães (1979):

$$R/PA = \frac{FR}{FPA} \dots\dots\dots (Eq. 04)$$

onde: FR – fitomassa do sistema radicular no tempo t;

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t.

#### 3.6.5. Altura de Planta (AP), Diâmetro do Caule (DC) e Número de Folhas (NF)

Os dados de diâmetro do caule, altura das plantas e número de plantas foram obtidos aos 30 DAS, e após esta a cada 15 dias, até os 120 DAS. Na contagem das folhas, foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 3,0 cm, ou seja, quando estavam totalmente formadas.

#### 3.6.6. Área Foliar (AF)

A área foliar é uma das mais importantes variáveis diretamente relacionadas com os processos fisiológicos das plantas em geral (ALVIN, 1962).

A mensuração inicial foi feita aos 30 DAS, e após esta a cada 15 dias até os 120 DAS, estimou-se a área foliar, determinando-se inicialmente o maior comprimento das folhas, para cada planta, e aplicando na fórmula de Wendt, (1967):

$$\text{Log } Y = 0,006 + 1,863 \log x \dots\dots\dots (Eq. 05)$$

em que:

$x$  – comprimento da folha (cm);

$Y$  – área foliar (cm<sup>2</sup>);

### 3.6.7. Taxa de Crescimento Absoluto de Fitomassa (TCA)

A taxa de crescimento absoluto (TCA), expressa em  $\text{cm dia}^{-1}$ , foi determinada com os dados obtidos a partir da altura da planta, observada em intervalos de 15 dias T1 (30 DAS) e T2 (45 DAS), T3 (60 DAS), T4 (75 DAS), conforme equação abaixo descrita por Beltrão et. al. (2001).

$$\text{TCA} = \frac{\text{AP}_2 - \text{AP}_1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (\text{Eq. 06})$$

onde:

$\text{AP}_1$  – Altura de planta no tempo  $t_1$  (cm);

$\text{AP}_2$  – Altura de planta no tempo  $t_2$  (cm).

### 3.6.8. Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR), expressa em  $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , foi calculada para os períodos de 30 a 45, 46 a 60, 61 a 75 DAS, a partir dos dados de altura de planta, conforme a equação a descrita por Beltrão et al.(2001).

$$\text{TCR} = \frac{\text{Log AP}_2 - \text{log AP}_1}{t_2 - t_1} (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \dots\dots\dots (\text{Eq. 07})$$

sendo:

TCA – taxa de crescimento absoluto ( $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

$\text{AP}_1$  – Altura de planta no tempo  $t_1$  (cm);

$\text{AP}_2$  – Altura de planta no tempo  $t_2$  (cm).

### 3.6.9. Razão de área foliar (RAF)

A partir dos dados de área foliar e fitomassa total, obtidos aos 120 DAS, determinou-se a RAF, expressa em  $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , através da relação entre a área foliar e a fitomassa total, de acordo com a seguinte equação ( FERRI, 1985).

$$RAF = \frac{AF}{FT} \dots\dots\dots (Eq. 08)$$

Em que:

AF – área foliar no tempo t (cm<sup>2</sup>).

FT – fitomassa total no tempo t (g).

### 3.7. Evapotranspiração Real (ETr) e Consumo de Água pela Planta (Cs)

A evapotranspiração real (ETr) e o consumo de água pela planta foram avaliados a partir dos dados das observações periódicas realizadas do volume aplicado e do volume drenado durante todo o experimento. A ETr foi estimada pela equação 09, obtida com base no balanço hídrico apresentado em ILRI (1989):

$$ETr = ((VA - VD)/S)/T \dots\dots\dots (Eq. 09)$$

sendo,

ETr = evapotranspiração real (mm dia<sup>-1</sup>);

VA – volume de água aplicado (L);

VD – volume de água drenado (L);

S – área de exposição do vaso (0,0079 m<sup>2</sup>);

T – tempo (dias).

### 3.8. Variáveis de Produção

As variáveis de produção estão representadas pelo número de dias para a abertura da flor e do capulho; número, peso médio, e peso total dos capulhos (algodão em caroço). A colheita foi realizada em duas etapas, a primeira (30/08/2003), quando as plantas apresentavam 60 % do número de capulhos abertos; a segunda (15/09/2003). Os capulhos foram colhidos separadamente em cada planta.

### 3.9. Análise do Substrato

Para a determinação da salinidade do substrato, no final do experimento, foi retirada uma amostra de cada repetição para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25°C, relação de adsorção de sódio (RAS), relação sódio/potássio (Na/K), pH e concentração de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$  e  $\text{HCO}_3^-$ , de acordo com metodologia proposta por Richards (1954) e adotada pela EMBRAPA (1979).

### 3.10. Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste “F” (Gomes, 1978; Ferreira, 1996). Para níveis de salinidade, por ser um fator quantitativo, realizou-se análise de regressão polinomial visando explicar melhor através de modelos matemáticos, o efeito de salinidade da água em cada variável estudada. Para tipo de água (fator qualitativo), foi utilizado o teste F em nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias (SANTOS et al. 1998).

Em função da heterogeneidade as variáveis: TCA (76 – 90 DAS), TCR (61 – 75 e 76 – 90 DAS), R/PA, NC e PT, foram transformados para  $(\sqrt{x})$ , sendo observada a amplitude dos dados e o coeficiente de variação utilizado como indicativo para a transformação que melhor se ajustou e validou as análises dos dados de acordo com ferreira (1996).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1. Percentagem de Germinação, Número de Dias para Germinar e Índice de Velocidade de Emergência.**

Conforme as análises de variâncias e as médias observadas para percentagem de germinação, número de dias para germinar e índice de velocidade de emergência, o aumento do nível de salinidade não interferiu na germinação das sementes do algodoeiro de forma isolada, o mesmo ocorrendo para o tipo de água (Tabela 08). Segundo a análise de variância e as médias obtidas para número de dias para germinar, nota-se que os níveis N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub> e N<sub>6</sub>, foram 4,35; 30,44; 43,48; 26,09; 34,78% superiores a testemunha (N<sub>1</sub>). O mesmo ocorrendo para o índice de velocidade de emergência (IVE), onde os níveis N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub> e N<sub>6</sub>, também mostraram-se superiores a testemunha (N<sub>1</sub>), retardando o a velocidade de emergência do algodoeiro.

Vários autores têm constatado redução da velocidade de emergência, devido à diminuição do potencial osmótico, através de tratamentos de salinidade, como no caso de Pereira (1997), em algodoeiro; além deste a redução do índice de velocidade de emergência foi, também, observada em algodão, por Jensen (1971), com níveis crescentes de estresse hídrico no solo.

Desta forma, infere-se que a redução do potencial osmótico da solução do solo, provocada pela salinidade, não prejudicou a absorção de água pelas sementes do algodão; ao contrário, parece ter favorecido o processo de embebição das mesmas, em função da manutenção de um maior teor de umidade no substrato no período compreendido entre as irrigações. De acordo com Ayers & Hayward (1949), o efeito prejudicial da salinidade sobre a germinação deve-se à diminuição da absorção de água pelas sementes, em função da redução do potencial osmótico da solução do solo, bem como, à absorção excessiva de íons, afetando vários processos fisiológicos relacionados à germinação.

**Tabela 08.** Resumo de ANOVA e médias para a percentagem de germinação (PG), o número de dias para germinar (NDG) e índice de velocidade de emergência (IVE) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água aos 30 dias após a semeadura (DAS), Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	PG	NDG	IVE
Nível Salino (N)	437,77 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,0328 <sup>NS</sup>
Tipo de Água (A)	277,77 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,0038 <sup>NS</sup>
N x A	224,44 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,0718 <sup>NS</sup>
Resíduo	188,88	0,79	0,0503
CV (%)	15,75	10,47	15,02

Valores médios			
Nível Salino (N)	%	dias	Emerg. dia <sup>-1</sup>
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	76,66	3,83	1,36
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	96,66	4,00	1,55
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	90,00	5,00	1,56
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	93,33	5,50	1,52
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	90,00	4,83	1,49
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	76,66	5,17	1,47

Tipo de Água (Na:Ca)			
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	84,44 <sup>A</sup>	2,40 <sup>A</sup>	1,50 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	90,00 <sup>A</sup>	2,36 <sup>A</sup>	1,48 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

#### 4.2. Número de Folhas, Diâmetro do Caule, Altura de Planta, Área Foliar e Fitomassa da Parte Aérea.

O resumo da análise de variância para o número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC) e altura de planta (AP) aos 120 dias de estudo, em função dos tipos de água e níveis de salinidade, está apresentado na Tabela 09. Constata-se que a salinidade da água de irrigação afetou significativamente (p < 0,01), o número de folhas (NF), o diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), área foliar (AF) e a fitomassa da parte aérea (FPA) com decréscimo linear para todas as variáveis citadas (Figuras 02 A, B, C, D e E respectivamente). Observa-se também, que o efeito do tipo de água sobre estas variáveis, não dependeu dos tratamentos salinos, pois, apesar de ter havido diferença significativa da salinidade neste período de avaliação, não houve efeito significativo para a interação (N x A), indicando, que os tipos de água utilizados apresentaram um mesmo comportamento nos diferentes níveis de salinidade.

Com base nos estudos de regressão, o crescimento das plantas, expresso em termos de número de folhas (Figura 01 A), obteve decréscimo relativo de 8,77% para cada incremento

de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  ou de 5,85% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). O estresse salino resulta em condição desfavorável à planta, devido à diminuição do potencial osmótico do solo; como consequência à menor disponibilidade de água, aumenta o intervalo de emissão de folhas e desativa parte de sua área foliar, com o objetivo de diminuição na taxa de transpiração. Segundo Slatyer (1967), o déficit de água nos tecidos da planta exerce influência direta sobre seus processos fisiológicos e as condições de umidade do solo são fatores determinantes da magnitude desse déficit.

No que se refere ao diâmetro do caule, observa-se decréscimo médio de 39,10%, comparado com  $N_1$ . Conforme estudos de regressão, houve decréscimos relativos de 4,84% para cada incremento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  de CEa e de 3,23% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

O crescimento das plantas em altura, constata-se pelos estudos de regressão (Figura 01 C) ter havido efeito negativo dos tratamentos salinos de forma linear ( $p < 0,01$ ), aos 120 DAS. De acordo com os modelos matemáticos, a taxa de decréscimo relativo foi de 8,52% para cada incremento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  de CEa ou de 5,68% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Nunes Filho (1993), estudando o comportamento de duas cultivares de algodoeiro irrigado com águas de condutividade elétrica variando 0,7 até  $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ , também observou uma redução da altura de planta e do número de folhas com o aumento da concentração salina na solução do solo.

Nota-se, ainda, na Tabela 09, que a área foliar (AF) e a fitomassa da parte aérea (FPA) sofreram efeitos da salinidade da água de irrigação (N) ao nível de 1% de probabilidade. Contudo, não houve também significância estatística para a interação (N x A), indicando que o efeito da salinidade sobre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, não dependeu dos tipos de águas, embora tenha havido diferenças significativas dos tratamentos salinos. Concordando com Maas & Nieman (1978); Shannon (1979); Fageria (1984); Fageria (1989), sob condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico (seca fisiológica), é comum ocorrer alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; dentre as mudanças morfológicas, destacam-se a redução do tamanho e do número de folhas. De acordo com (JÁCOME, 1999), o aumento da salinidade ocasiona redução da emissão foliar, reduzindo o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. Além disso, vários autores confirmam que, em solos salinos, o potencial osmótico é o principal fator de diminuição da superfície fotossintetizadora (BERNSTEIN, 1964; KRAMER, 1974, LAUCHI & EPSTEIN, 1884 e TERRY & WALDRON, 1984, citados por NUNES FILHO, 1993).

Pelos estudos de regressão, verifica-se ter sido linear o efeito da salinidade sobre a área foliar, em nível de 1% de probabilidade (Tabela 09). Segundo os modelos matemáticos obtidos, (Figura 01 D), a área foliar decresceu linearmente com o aumento da concentração salina da água de irrigação, ocorrendo decréscimo relativo de 11,15% para cada incremento de 1,5 dS m<sup>-1</sup> ou de 7,43% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Nunes Filho (1993), estudando o comportamento de duas cultivares de algodoeiro irrigado com águas de condutividade elétrica variando 0,7 até 12,0 dS m<sup>-1</sup>, observou uma redução da área foliar com o aumento da concentração salina na solução do solo.

De acordo com os estudos de regressão, o efeito dos tratamentos salinos sobre a FPA foi linear e decrescente (Figura 01 E). Nota-se que os percentuais de decréscimo relativo da FPA foram de 11,64% para cada incremento unitário de salinidade de água avaliado, e de 7,76% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação, havendo diminuição de 60,73% da matéria seca da parte aérea produzida pelas plantas irrigadas com águas de 9,5 dS m<sup>-1</sup> comparadas com a testemunha (2 dS m<sup>-1</sup>).

Observa-se, mediante resultados obtidos, que a fitomassa da parte aérea e a área foliar foram as variáveis mais afetadas pela salinidade, indicando, possivelmente uma adaptação da planta ao estresse salino, com o passar do tempo. De acordo com Läuchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume de células. Os mesmos autores, ainda afirmam que as reduções da área foliares e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à salinidade e que a redução da área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, a qual contribui para o ajustamento osmótico e, conseqüentemente, alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como medida de manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração.

Hoffman & Phene (1971), acrescentam que os fatores do ambiente tais como umidade relativa, concentrações de CO<sub>2</sub> e ventilação, têm causado constantes efeitos na fotossíntese. Dentre estes, a salinidade reduziu a fotossíntese por unidade de área foliar na cultura do algodoeiro. A queda no processo fotossintético se deu principalmente pela redução da área foliar disponível para a fotossíntese, (KHALIL, 1967).

Analisando-se o efeito isolado dos tipos de águas, observa-se que apesar de não ter diferença significativa a água A<sub>2</sub> (proporção de Na:Ca de 6:4) se sobressaiu em todas as variáveis analisadas, indicando ser mais benéfica que a água A<sub>1</sub> (proporção de Na:Ca de 9,5:0,5). O papel do Ca<sup>++</sup> na adaptação vegetal ao estresse salino é complexo e não bem

definido. Efeitos positivos desse nutriente amenizando estresses salinos também foram observados por Cramer et al. (1985), Cachorro et al. (1994), Ashraf & O'Leary (1997) e Davenport et al., (1997).

**Tabela 09.** Resumo de ANOVA e médias para a número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), área foliar (AF) e fitomassa da parte aérea (FPA) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água aos 120 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios				
	NF	DC	AP	AF	FPA
Nível Salino (N)	165,56**	5,33**	1804,57**	1653292,83**	1008,23**
Reg. Pol. Linear	393,60**	12,16**	4021,71**	4032059,97**	2469,32**
Reg. Pol. Quadr.	5,88 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	138,02 <sup>NS</sup>	35515,27 <sup>NS</sup>	7,62 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Cubica	6,12 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	117,13 <sup>NS</sup>	4901,30 <sup>NS</sup>	42,93 <sup>NS</sup>
Desv. Reg.	4,14 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	38,95 <sup>NS</sup>	30370,81 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>
Tipo de Água (A)	56,25 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	4,00 <sup>NS</sup>	230003,37 <sup>NS</sup>	2,26 <sup>NS</sup>
N x A	18,18 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	180,26 <sup>NS</sup>	143618,27 <sup>NS</sup>	36,00 <sup>NS</sup>
Resíduo	15,72	0,32	81,61	126985,87 <sup>NS</sup>	49,52
CV (%)	16,27	6,5	11,09	19,87	16,85

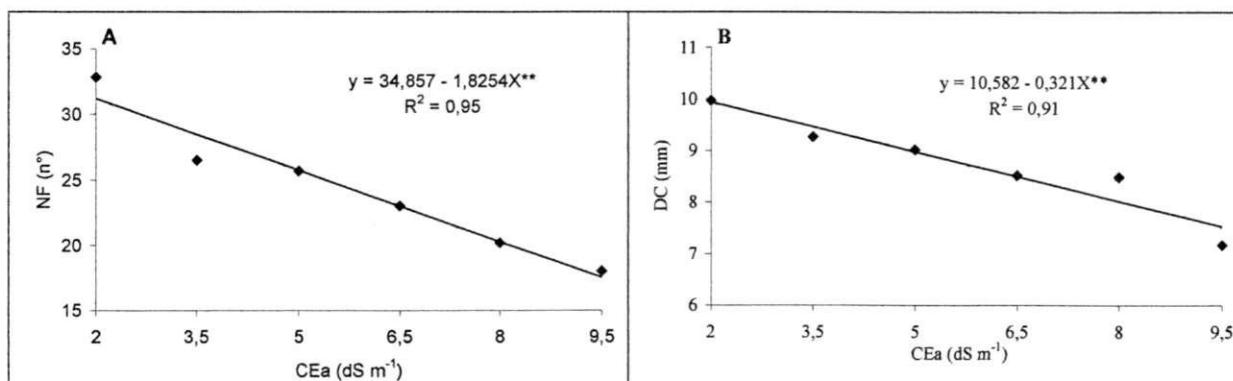
  

Valores médios					
Nível Salino (N)	Nº	mm	cm	cm <sup>2</sup>	g
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	32,83	9,96	109,50	2574,60	61,12
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	26,50	9,26	90,66	2114,21	50,12
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	25,66	9,01	84,16	1970,97	43,21
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	23,00	8,51	73,33	1542,95	38,64
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	20,16	8,48	70,50	1412,49	33,47
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	18,00	7,16	60,50	1141,32	24,01

Tipo de Água (Na:Ca)					
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	23,11 <sup>A</sup>	8,63 <sup>A</sup>	81,11 <sup>A</sup>	1712,82 <sup>A</sup>	41,51 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	25,61 <sup>A</sup>	8,83 <sup>A</sup>	81,77 <sup>A</sup>	1872,69 <sup>A</sup>	42,01 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).



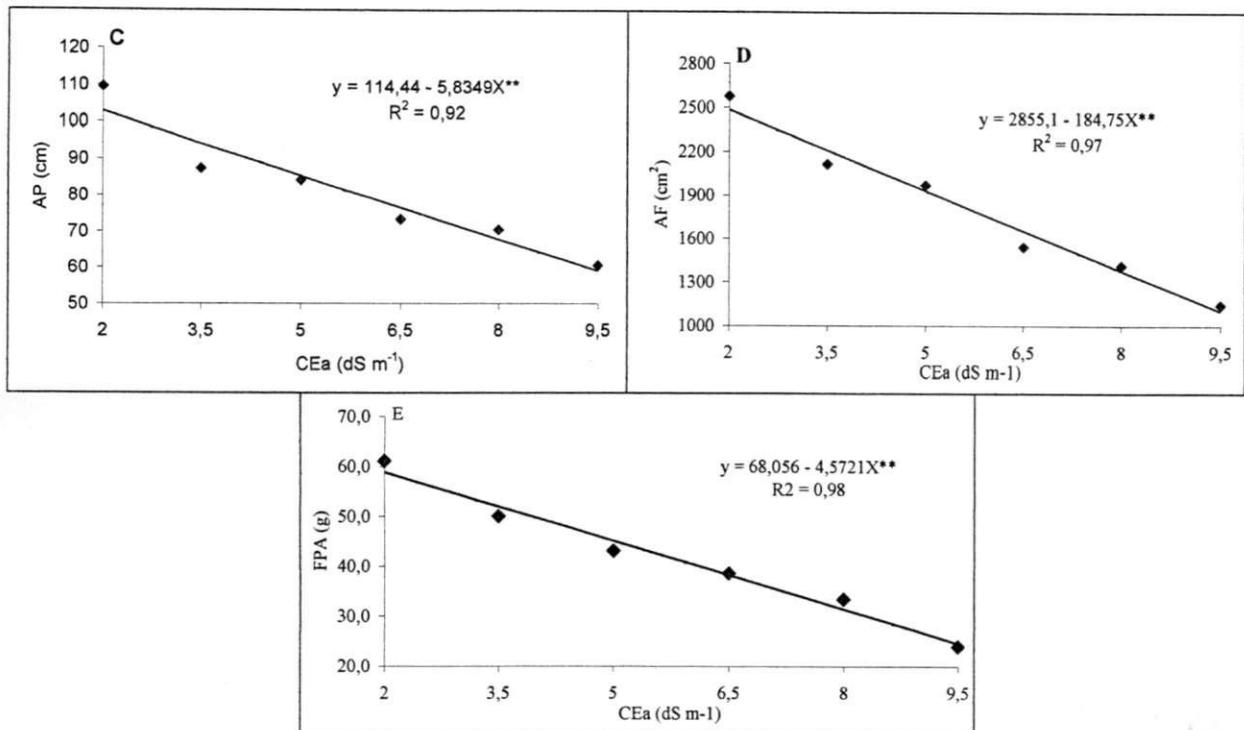


Figura 01: Número de folhas – NF (A), diâmetro do caule – DC (B), altura de planta – AP (C), área foliar – AF (D) e fitomassa da parte aérea – FPA (E) do algodoeiro colorido BRS verde em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

#### 4.3. Taxa de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo, Razão da Área Foliar e Relação Raiz/Parte Aérea

O resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) e da taxa de crescimento relativo (TCR) para os períodos de 30 – 45, 46 – 60, 61 – 75 e 76 - 90 dias após semeadura 90 (DAS), em função dos tipos de água e níveis de salinidade, são apresentados nas Tabelas (10 e 11). Observou-se que não houve interferência da salinidade no período de 76 – 90 DAS. Constatou-se, ainda, que o efeito do tipo de água não foi significativo em nenhum período em análise e que não dependeu dos tratamentos salinos, pois, não houve efeito significativo para a interação (N x A), indicando, que os tipos de água utilizados apresentaram um comportamento semelhante nos diferentes níveis de salinidade.

**Tabela 10.** Resumo de ANOVA e médias para a taxa de crescimento absoluto (TCA) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água para os períodos entre 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 30 de dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios			
	30-45	46 -60	61 -75	75 -90 <sup>1</sup>
Nível Salino (N)	1,4705**	0,5779**	0,0142*	0,0038 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Linear	3,5088**	1,3710**	0,0841*	-
Reg. Pol. Quadr.	0,0710 <sup>NS</sup>	0,0174 <sup>NS</sup>	0,0204 <sup>NS</sup>	-
Desv. Reg.	0,0169	0,0178	0,0248 <sup>NS</sup>	-
Tipo de Água (A)	0,0103 <sup>NS</sup>	0,0278 <sup>NS</sup>	0,0065 <sup>NS</sup>	0,0032 <sup>NS</sup>
N x A	0,1010 <sup>NS</sup>	0,01236 <sup>NS</sup>	0,0017 <sup>NS</sup>	0,0061 <sup>NS</sup>
Resíduo	0,0477	0,0745	0,0040	0,0030
CV (%)	14,71	14,77	5,69	5,17

Nível Salino (N)	Valores médios			
	cm dia <sup>-1</sup>	Cm dia <sup>-1</sup>	cm dia <sup>-1</sup>	cm dia <sup>-1</sup>
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	2,2300	2,3383	1,0936	1,1048
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	1,8017	2,0150	1,0684	1,0379
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	1,6400	1,8783	1,0625	1,0382
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	1,2333	1,7317	1,0839	1,0592
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	1,0783	1,6883	1,1869	1,0484
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	0,9217	1,4317	1,1431	1,0484

Tipo de Água (Na:Ca)				
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	1,4672 <sup>A</sup>	1,8194 <sup>A</sup>	1,1198 <sup>A</sup>	1,0468 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	1,5011 <sup>A</sup>	1,8750 <sup>A</sup>	1,0930 <sup>A</sup>	1,0655 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

<sup>1</sup> Valores transformados em  $\sqrt{X + 1}$

Pela equação matemática (Figura 02 A) obtida mediante análise de regressão dos dados, o decréscimo relativo da TCA, comparado a N<sub>1</sub>, por cada incremento avaliado (1,5 dS m<sup>-1</sup>), foi de 12,16 e 7,17%, correspondendo a 8,10 e 4,78% por incremento unitário da salinidade, para os períodos de 30 – 45 e 46 – 75 DAS, respectivamente, no tocante ao período de 76 – 90 DAS verifica-se acréscimo de 30,88% por cada incremento avaliado e 20,59% para cada incremento unitário da salinidade, comparados com N<sub>1</sub>. Comparando-se os valores observados mediante as equações em N<sub>6</sub> e N<sub>1</sub>, foram constadas reduções de 60,79 e 35,87% nos períodos de 30 – 45 e 46 – 60 DAS. Esses resultados explicam os menores valores encontrados para a altura das plantas, número de folhas, área foliar e FPA nos níveis mais salinos, uma vez que a variação ou incremento de material da planta, entre duas amostragens, por unidade de tempo, expressando a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (TCA), foi reduzida.

Resultados semelhantes foram obtidos por Carneiro (2001), estudando a cultura do cajueiro anão precoce, sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. De acordo

com Maas & Hoffman (1977), na medida em que a concentração salina da solução do solo aumenta acima de um limite tolerável, a taxa de crescimento da maioria das espécies vegetais diminui progressivamente.

Igualmente a TCA, a taxa de crescimento relativo (Tabela 11), não sofreu os efeitos da salinidade da água de irrigação (N) apenas no período 76 – 90 DAS; entretanto houve efeito significativo na interação (N x A) no período de 46 – 60 DAS.

De acordo com os estudos de regressão para o fator salinidade da água de irrigação, verifica-se ter havido efeito significativo da salinidade sobre a TCR, sendo linear, causando decréscimo, relativo a  $N_1$ , de 3,66% para cada incremento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e de 2,44% por incremento unitário de CEa no período de 30 – 45 DAS e acréscimo de 90,91% para cada incremento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e de 60,61% por incremento unitário de CEa no período de 61 – 75 DAS (Figura 02 B).

**Tabela 11.** Resumo de ANOVA e médias para a taxa de crescimento relativo (TCR) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água para os períodos entre 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios			
	30 - 45	46 - 60	61 - 75 <sup>1</sup>	76 - 90 <sup>1</sup>
Nível Salino (N)	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Linear	0,0000 <sup>NS</sup>		0,0000 <sup>NS</sup>	-
Reg. Pol. Quadr.	0,0000 <sup>NS</sup>	Tabela 12	0,0000 <sup>NS</sup>	-
Desv. Reg.	0,0000		0,0000	-
Tipo de Água (A)	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>
N x A	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000*	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>
Resíduo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CV (%)	9,18	9,92	0,04	0,032
	Valores médios			
Nível Salino (N)	cm cm dia <sup>-1</sup>	cm cm dia <sup>-1</sup>	cm cm dia <sup>-1</sup>	cm cm dia <sup>-1</sup>
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0192	0,0120	1,0004	1,0005
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0185	0,0123	1,0003	1,0002
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0182	0,0123	1,0004	1,0002
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0160	0,0138	1,0005	1,0002
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0162	0,0150	1,0012	1,0002
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	0,0158	0,0145	1,0012	1,0003
Tipo de Água (Na:Ca)				
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	0,0173 <sup>A</sup>	0,0132 <sup>A</sup>	1,0008 <sup>A</sup>	1,0002 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	0,0173 <sup>A</sup>	0,0134 <sup>A</sup>	1,0006 <sup>A</sup>	1,0003 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

<sup>1</sup> Valores transformados em  $\sqrt{X + 1}$

Na Tabela 12 observa-se por meio do desdobramento da interação (N x A) que a salinidade da água de irrigação interferiu (p<0,05) nos dois tipos de águas com acréscimos, relativo a N<sub>1</sub>, de 3,81 e 6,47% para cada incremento de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e de 2,54 e 4,31% por incremento unitário da salinidade, para as água A<sub>1</sub>e A<sub>2</sub>, respectivamente, no período de 46 – 70 DAS (Figura 02 C). Na avaliação final, os valores máximo e mínimo de TCR, obtidos entre os níveis de salinidade estudados, foram de 1,0005 e 1,0003 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para N<sub>1</sub> e N<sub>6</sub>, respectivamente.

**Tabela 12.** Desdobramento da interação (N x A) e médias a taxa de crescimento relativo (TCR) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água para o período entre 46 - 60 dias após semeadura. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios			
	46 - 60		46-60	
N em A <sub>1</sub>	0,0000*	N em A <sub>2</sub>	0,0000*	
Reg. Pol. Linear	0,0000**	Reg. Pol. Linear	0,0000**	
Reg. Pol. Quadr.	0,0000 <sup>NS</sup>	Reg. Pol. Quadr.	0,0000 <sup>NS</sup>	
Desv. Reg.	0,0000 <sup>NS</sup>	Desv. Reg.	0,0000*	
<b>Resíduo</b>	0,0000	<b>Resíduo</b>	0,0000	
CV (%)	7,5630	CV (%)	11,7605	

	Valores médios			
	cm cm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>		cm cm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	
N <sub>1</sub> (2,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0123	N <sub>1</sub> (2,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0117	
N <sub>2</sub> (3,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0120	N <sub>2</sub> (3,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0127	
N <sub>3</sub> (5,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0127	N <sub>3</sub> (5,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0120	
N <sub>4</sub> (6,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0143	N <sub>4</sub> (6,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0133	
N <sub>5</sub> (8,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0130	N <sub>5</sub> (8,0 dS m <sup>-1</sup> )	0,0170	
N <sub>6</sub> (9,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0150	N <sub>6</sub> (9,5 dS m <sup>-1</sup> )	0,0140	

A em	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>
A <sub>1</sub>	0,0123 <sup>A</sup>	0,0120 <sup>A</sup>	0,0127 <sup>A</sup>	0,0143 <sup>A</sup>	0,0130 <sup>A</sup>	0,0150 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	0,0117 <sup>A</sup>	0,0127 <sup>A</sup>	0,0120 <sup>A</sup>	0,0133 <sup>A</sup>	0,0170 <sup>A</sup>	0,0140 <sup>A</sup>
<b>dms</b>	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

O resumo da análise de variância da razão da área foliar (RAF) e a relação raiz parte aérea (R/PA) aos 120 dias após semeadura, em função dos tipos de água e níveis de salinidade, são apresentados na Tabela 13. Constatou-se que o efeito do tipo de água sobre estas variáveis não foi significativo e que não dependeu dos tratamentos salinos, pois, não houve efeito significativo para a interação (N x A), indicando, que os tipos de água utilizados apresentaram um comportamento semelhante nos diferentes níveis de salinidade.

Na razão da área foliar os valores médios os valores máximos e mínimos foram de 48,17 e 40,41 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Este comportamento pode ser explicado pelo fato da fitomassa da parte aérea ter sido mais afetada que a área foliar, nos níveis de salinidade mais altos, o que contribuiu para o aumento da RAF, já que esta variável é determinada através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea. Na medida em que a folha cresce, menor é a proporção do material fotossintetizado retido no limbo foliar, ou seja, maior é a exportação de fotoassimilados para outras partes da planta. Portanto, como a RAF é um indicativo da dimensão relativa do aparelho assimilador – relaciona a área foliar com a matéria seca resultante da fotossíntese – valores altos de RAF indicam que os produtos fotoassimilados

estão sendo mais utilizados para a formação do aparelho fotossintético, denotando que, com aumento da salinidade, os produtos fotossintetizados foram mais usados no crescimento de folhas.

Aos 120 DAS, os valores máximos e mínimos da R/PA foram de 0,36 e 0,32 g g<sup>-1</sup>, diferença entre ambos de apenas 12%. Assim, constata-se, que o crescimento da parte aérea (onde o valor máximo foi 2,55 vezes maior que o valor mínimo) foi mais afetado pela salinidade da água de irrigação do que os sistemas radiculares, resultando numa maior relação R/PA, estando, de acordo com citações de vários autores (MEIRI & POLJAKOFF-MAYBER, 1970; MAAS & HOFFMAN, 1977; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984 e 1989). Isto pode ser um indicativo de adaptação morfo-fisiológica da cultura à salinidade devido à redução do potencial hídrico do solo (efeito osmótico), fazendo com que as plantas aumentem a capacidade de absorção de água e diminuam a taxa de transpiração (MAAS & NIEMAM, 1978; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1984 e 1989).

**Tabela 13.** Resumo de ANOVA e médias para razão da área foliar (RAF) e da relação raiz/parte aérea (R/PA) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água aos 120 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios	
	RAF	R/PA <sup>1</sup>
Nível Salino (N)	51,06 <sup>NS</sup>	0,001 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Linear	22,95 <sup>NS</sup>	0,0008 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Quadr.	16,68 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Cúbica	38,62 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>
Desv. Reg.	16,26 <sup>NS</sup>	0,0012 <sup>NS</sup>
Tipo de Água (A)	50,86 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>
N x A	20,79 <sup>NS</sup>	0,0036 <sup>NS</sup>
Resíduo	42,83	0,0036
CV (%)	15,04	17,42
	Valores médios	
<b>Nível Salino (N)</b>	cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	cm
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	41,89	0,32
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	42,23	0,34
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	45,92	0,32
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	40,41	0,33
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	42,45	0,36
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	48,17	0,34
<b>Tipo de Água (Na:Ca)</b>		
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	42,32 <sup>A</sup>	0,34 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	44,70 <sup>A</sup>	0,34 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

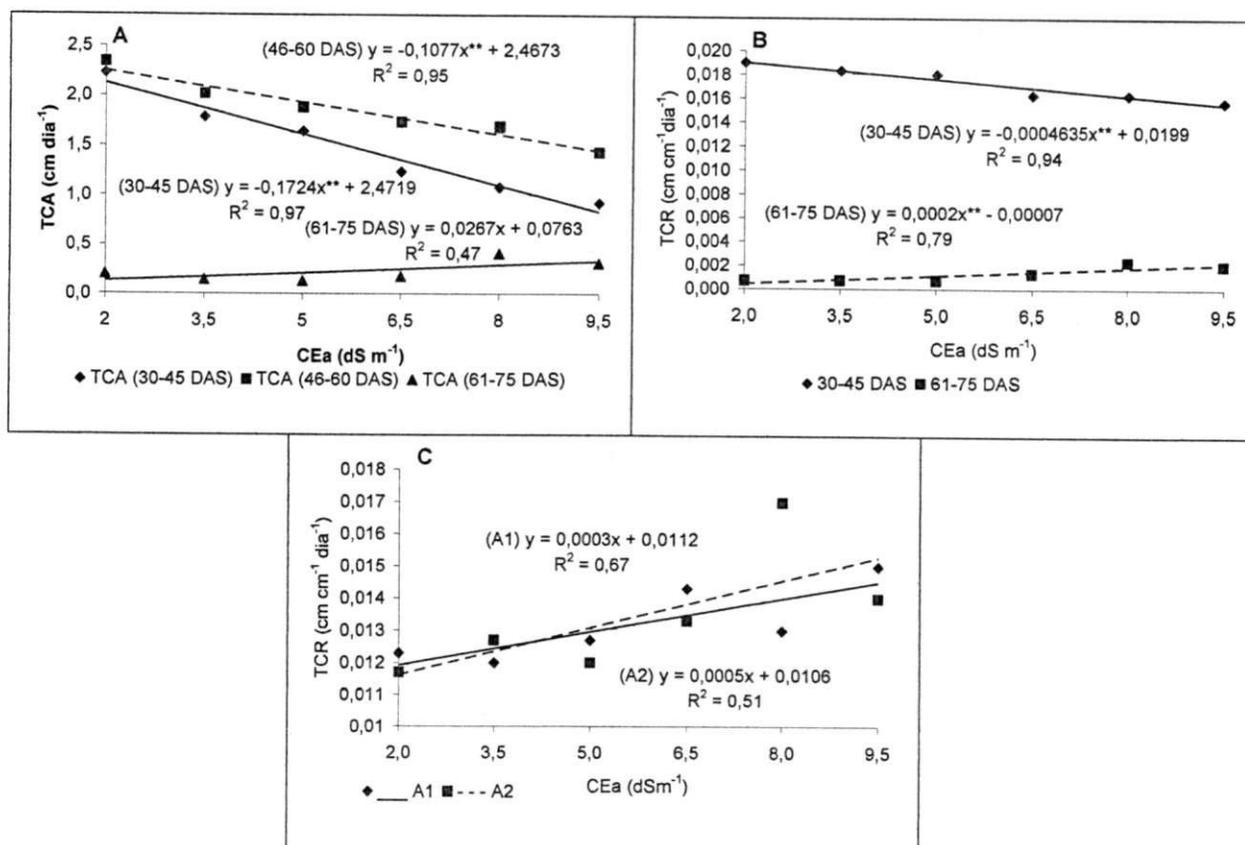


Figura 02: Taxa de crescimento absoluto – TCA (A) e taxa de crescimento relativo – TCR (B) do algodoeiro colorido BRS verde em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

#### 4.4. Abertura da Flor, Abertura de Capulho, Número de Capulho Peso Médio dos Capulhos e Produção Total.

As análises de variância e as médias observadas para abertura da flor (ABF), abertura de capulho (ABC), número de capulho (NC) e peso médio dos capulhos (PMC), estão resumidas na Tabela 14. Verifica-se que a salinidade da água de irrigação afetou, significativamente a ABF, ABC, NC, PMC e PT.

Com base nos estudos de regressão, observa-se que o número de dias para abertura do botão floral, (Figura 03 A), obteve incremento de 1,83; 3,65; 5,48; 7,30 e 9,13% em relação a N<sub>1</sub>, respectivamente de N<sub>2</sub> a N<sub>6</sub>. Verifica-se ainda, de acordo com os modelos matemáticos, que as taxas de acréscimo relativo do número de dias para abertura dos botões florais por incremento unitário de CEa foi de 1,22%.

No que se diz respeito a abertura do capulho (ABC), houve decréscimo relativo de 2,17% para cada incremento de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  de CEa e de 1,45% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Através das médias (Tabela 14), verifica-se que a testemunha ( $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) foi 8,59% superior ao nível mais alto ( $9,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), demonstrando que o aumento da salinidade da água de irrigação acelerou a produção.

Pelos estudos de regressão, verifica-se ter sido linear o efeito da salinidade sobre o número de capulho, em nível de 1% de probabilidade (Tabela 14). Segundo o modelo matemático obtido, (Figura 03 C), o número de capulho decresceu linearmente com o aumento da concentração salina da água de irrigação, havendo decréscimos relativos (comparados a  $N_1$ ) de 9,83; 19,66; 29,49; 39,31 e 49,14%, para os tratamentos  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$ ,  $N_5$  e  $N_6$ , respectivamente. A taxa de decréscimo relativo por incremento unitário da salinidade (CEa) foi de 6,55%.

O efeito dos tratamentos salinos sobre o peso médio do capulho (PMC) foi linear e decrescente, com significância de 1% de probabilidade (Tabela 14). De acordo com a equação (Figura 03 D), nota-se que o percentual de decréscimo relativo da PMC (comparados a  $N_1$ ) foi de 4,27% para cada incremento de salinidade avaliado e de 2,85% para cada aumento unitário da salinidade da CEa. Observa-se, também, que até  $4,41 \text{ dS m}^{-1}$ , o PMC teve incremento de 6,87% comparado com  $N_1$  ( $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) decrescendo logo em seguida com redução de até 21,37% no nível mais alto avaliado ( $9,5 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Comparando-se as médias (Tabela 14), pode-se ver que a produção foi mais afetada à medida que se elevou a condutividade elétrica da água de irrigação, reduzindo 39,92% da produção no nível mais alto de salinidade ( $N_6$ ), em relação a testemunha. Em conformidade com os resultados obtidos por Maas & Hoffman (1977), Andrade (1996), e Alexandra (1999). Nesta a cada elevação de  $2 \text{ dS m}^{-1}$  da água ocorreu decréscimo linear na produção, diferindo significativamente para o genótipo EMBRAPA 112-Algodão.6M algodoeiro, que reduziu 84,38% da produção em relação a testemunha no nível mais salino ( $10 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Por ser quantitativo o fator níveis de salinidade, o efeito entre tratamentos é melhor estudado através de regressão, conforme apresentado graficamente na figura 03 E. Observa-se uma função linear negativa entre os níveis, havendo decréscimo de 7,29% a cada intervalo salino avaliado, que corresponde a 4,86% de decréscimo por aumento unitário da CEa. Andrade (1996), constatou decréscimo de 19% na produção em caroço de cultivares de algodoeiro, em solo com  $8 \text{ dS m}^{-1}$  em relação à testemunha. De acordo com Aleksandra (1999), ocorreu redução de 37,82% da produção do genótipo CNPA Precoce 2, no nível de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ .

Analisando-se o efeito isolado dos tipos de águas pelo teste de Tukey, observa-se que apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os tipos de água, A<sub>2</sub> se sobressaiu em todas as variáveis analisadas, indicando ser mais benéfica que a água A<sub>1</sub>.

**Tabela 14.** Resumo de ANOVA e médias para a abertura de flor (ABF), abertura de capulho (ABC), número de capulhos (NC), peso médio dos capulhos (PMC) e produção total (PT) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água aos 120 dias após a semeadura. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios				
	ABF	ABC	NC <sup>1</sup>	PMC	PT <sup>1</sup>
Nível Salino (N)	48,96**	13,16*	15,51**	1,43*	4,51**
Reg. Pol. Linear	105,01**	16,29*	34,81**	2,42**	10,8257**
Reg. Pol. Quadr.	17,02*	0,01 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,3790 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Cubica	0,33 <sup>NS</sup>	11,55*	3,42 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,1439 <sup>NS</sup>
Desv. Reg.	0,01 <sup>NS</sup>	1,01 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,0065 <sup>NS</sup>
Tipo de Água (A)	3,36 <sup>NS</sup>	3,36 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,1235 <sup>NS</sup>
N x A	1,49 <sup>NS</sup>	3,02 <sup>NS</sup>	1,69 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>	0,2887 <sup>NS</sup>
Resíduo	4,97	3,83	1,52	0,46	0,315
CV (%)	2,75	8,03	19,77	16,08	10,97
Valores médios					
<b>Nível Salino (N)</b>	dias	dias	n°	g	g
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	78,66	25,16	8,50	<b>4,41</b>	6,08 (38,10) <sup>#</sup>
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	78,83	26,00	7,16	<b>4,61</b>	5,70 (32,61)
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	79,33	25,50	6,16	<b>4,80</b>	5,41 (29,53)
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	80,66	23,66	6,33	4,03	5,03 (25,42)
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	82,66	22,00	5,66	3,89	4,59 (21,23)
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	86,00	23,83	3,66	3,49	3,66 (13,48)
Tipo de Água (Na:Ca)					
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	80,72 <sup>A</sup>	24,66 <sup>A</sup>	6,27 <sup>A</sup>	4,20 <sup>A</sup>	5,02 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	81,37 <sup>A</sup>	24,05 <sup>A</sup>	6,22 <sup>A</sup>	4,20 <sup>A</sup>	5,14 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 81,33A 0,05).

<sup>#</sup>Dados originais do peso total dos capulhos.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$

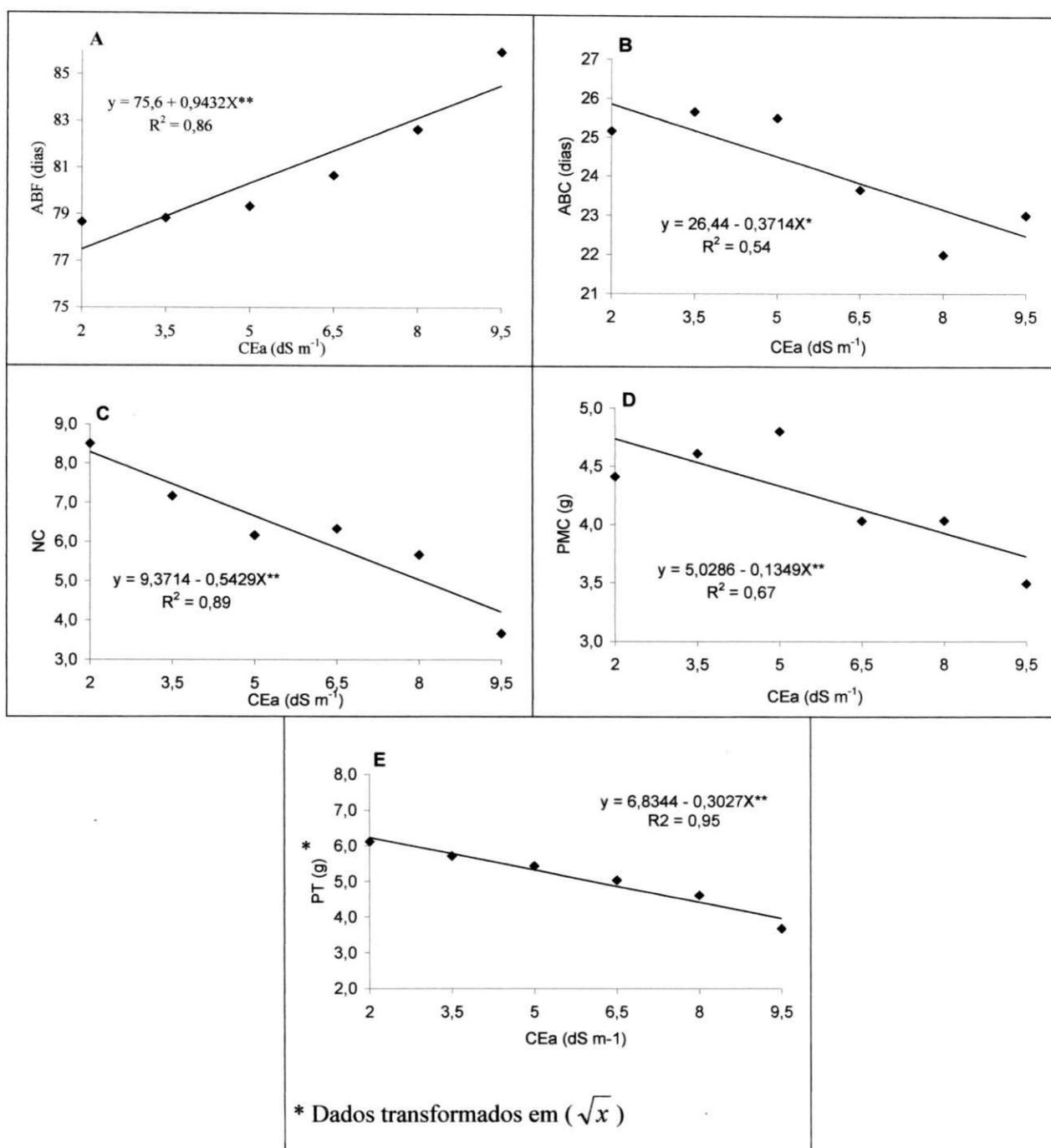


Figura 03: Abertura de flor – ABF (A), abertura de capulho – ABC (B), número de capulhos – NC (C), peso médio dos capulhos – PMC (D) e produção total em gramas por planta – PT (E) do algodoeiro colorido BRS verde em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

## 4.5. Substrato no Final do Experimento.

### 4.5.1. Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação ( $CE_{es}$ )

Em relação a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ( $CE_{es}$ ), nota-se que o fator nível salino (N) foi significativo ao nível de 1 % de probabilidade, o mesmo ocorrendo para a interação a nível de 5% de probabilidade (Tabela 15 e 16). No entanto, para o tipo de água não ocorreu diferença quanto a elevação da salinidade. O aumento da salinidade da água de irrigação originou um aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ), com valores variando de 8,28 a 20,91  $dS\ m^{-1}$ , para águas do tipo  $A_1$  e de 7,74 a 22,08  $dS\ m^{-1}$  para águas do tipo  $A_2$  (Tabela 16). Pela equação matemática (Figura 5A), obtida mediante análise de regressão dos dados, o acréscimo relativo da  $CE_{es}$ , comparado a  $N_1$ , por cada incremento avaliado (1,5  $dS\ m^{-1}$ ) foi de 21,47% e por cada incremento unitário da salinidade foi de 14,31%, para o tipo  $A_1$ , enquanto que em  $A_2$  foram de 42,88% e 28,59% por incremento unitário de salinidade, o que resultou em uma condutividade elétrica do solo de 3,02 e 2,69 vezes maior que a da água de irrigação ( $CE_a$ ), para as águas  $A_1$  e  $A_2$ , (respectivamente).

### 4.5.2. Relação de adsorção de sódio

Verifica-se, pelos dados contidos na Tabela 15, que a RAS, foi incrementada significativamente pela salinidade da água de irrigação, ao nível de 1 % de probabilidade. Os acréscimos verificados entre  $N_1$  e  $N_6$  foram de 147,26 e 81,31% para  $A_1$  e  $A_2$ , respectivamente. As curvas de regressões significativas estão apresentadas na Figura 04 B, onde observa-se que houve um acréscimo de 29,45 e 16,26% para cada incremento de 1,5  $dS\ m^{-1}$ , para a  $A_1$  e  $A_2$ , respectivamente, já por cada aumento unitário de  $CE_a$  verificou-se um acréscimos de 19,63% e 10,84% para  $A_1$  e  $A_2$ , respectivamente.

Quanto ao fator tipo de água que foi também significativo, verifica-se, porém, (Tabela 16) que as médias de  $A_1$  superou as de  $A_2$  em 67,83%. Na Figura 04 B, estão apresentadas as curvas e modelos matemáticos para os dois tipos de água avaliados.

Nota-se, que os valores da RAS foram todos superiores a 12, o que resulta em uma PST superior a 15%, indicando que a água de irrigação provocou a sodificação do solo, no que depende da proporção do  $Na^+$  em relação aos demais cátions. Observa-se também, que a

RAS progrediu de forma acentuada com os níveis crescentes de salinidade devido às proporções dos sais utilizados para preparação das soluções salinas, 9,5:0,5 e 6,0:4,0 (NaCl:CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) e, supostamente, em parte, à tolerância da planta relacionada ao mecanismo de exclusão de íons, pois segundo o IRRI (1994), a diferença entre cultivares tolerantes à salinidade pode estar associada ao baixo teor de absorção e à acumulação de Na<sup>+</sup> ou Cl<sup>-</sup> em toda a planta ou na parte aérea e que, nos cultivares tolerantes, o teor de Na<sup>+</sup> na parte aérea é muito menor que nos cultivares suscetíveis, o que certamente implica no incremento da RAS.

#### 4.5.3. Relação Na/K

A análise feita sobre a relação Na/K verificou-se, para o fator salinidade de água de irrigação (N), em cada nível do fator tipo de água (A), que houve efeito, significativo, da salinidade, apenas para os tratamentos oriundos de água do tipo A<sub>1</sub> (9,5Na:0,5Ca); Observado através do efeito quadrático, que ocorreu acréscimo, comparado com N<sub>1</sub>, de 48,15; 77,84; 89,08; 81,86 e 56,19% para N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub> e N<sub>6</sub> respectivamente (Figura 04 C). Este comportamento pode ser explicado pelo aumento da concentração de sódio na solução do solo, que pode modificar as propriedades físicas do mesmo ou atuar na inibição da absorção de outros elementos. Estudos realizados por Pereira & Andrade (1980), utilizando solução nutritiva, mostraram que uma concentração acima de 50 mmol de NaCl, acarretou redução na absorção do potássio, entre outros elementos.

Muitos autores abordam os efeitos danosos do sódio sobre o crescimento das plantas, sobretudo, por causar distúrbios na nutrição de cálcio (ANSARI et al., 1978; ELZAM & EPSTEIN, 1969; KINGSBURY E EPSTEIN, 1986). Conforme Hanson (1984), o cálcio tem o importante papel de aumentar a seletividade das raízes, reduzindo o acúmulo de íons tóxicos nos tecidos das plantas. Assim, parece pertinente inferir, que além do efeito osmótico, também o tóxico, provavelmente por sódio, baseado nas evidências anteriormente discutidas, tenha contribuído para a redução do crescimento das plantas, com o aumento da salinidade, sobretudo em nível radicular, tendo em vista a da R/PA, discutida anteriormente; vale lembrar que, sob condições de estresse hídrico, que pode ser induzido pela salinidade, normalmente, ocorre o inverso, ou seja, aumento da R/PA, na tentativa de a planta aumentar o volume de solo explorado por suas raízes (TURNER, 1986; LUDLOW & MUCHOW, 1990).

**Tabela 15.** Resumo de ANOVA e médias para condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ), relação de adsorção de sódio (RAS) e da relação de sódio/potássio (Na/K) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	$CE_{es}$	RAS	Na/K
Nível Salino (N)	139,14**	685,26**	992,56**
Tipo de Água (A)	10,93 <sup>NS</sup>	12888,68**	16987,64**
N x A	9,05*	321,75**	648,47**
Resíduo	3,45	27,39	124,14
CV (%)	12,47	14,71	16,23
	Valores médios		
<b>Nível Salino (N)</b>	dS m <sup>-1</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>
N1(2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	8,01	19,10	44,45
N2(3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	11,79	28,90	74,61
N3(5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	13,68	34,15	71,54
N4(6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	15,90	40,66	82,60
N5(8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	18,49	40,98	68,24
N6(9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	21,49	49,65	70,31
<b>Tipo de Água (Na:Ca)</b>			
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	15,44 <sup>A</sup>	54,49 <sup>A</sup>	90,35 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	14,34 <sup>A</sup>	16,65 <sup>B</sup>	46,90 <sup>B</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

# DAS – dias após semeadura

**Tabela 16.** Desdobramento da interação (N x A) e médias para condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ), relação de adsorção de sódio (RAS) e da relação de sódio/potássio (Na/K) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água aos 120 dias após semeadura. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios		
	$CE_{es}$	RAS	Na/K
<b>N em A<sub>1</sub></b>	53,91**	961,99**	1484,73**
Reg. Pol. Linear	244,51**	4486,48**	2144,39**
Reg. Pol. Quadr.	7,36 <sup>NS</sup>	152,43 <sup>NS</sup>	3085,46**
Desv. Reg.	0,45 <sup>NS</sup>	64,54 <sup>NS</sup>	1019,43*
<b>Resíduo</b>	3,76	47,81	187,49
<b>CV (%)</b>	12,54	12,68	15,15
	Valores médios		
	$dS\ m^{-1}$	$(mmol\ L^{-1})^{0,5}$	$mmol_c\ L^{-1}$
N <sub>1</sub> (2,0 $dS\ m^{-1}$ )	8,28	26,58	52,87
N <sub>2</sub> (3,5 $dS\ m^{-1}$ )	13,78	42,56	95,29
N <sub>3</sub> (5,0 $dS\ m^{-1}$ )	15,42	52,52	87,52
N <sub>4</sub> (6,5 $dS\ m^{-1}$ )	16,85	65,88	122,40
N <sub>5</sub> (8,0 $dS\ m^{-1}$ )	17,44	63,22	90,57
N <sub>6</sub> (9,5 $dS\ m^{-1}$ )	20,91	76,23	93,46
<b>N em A<sub>2</sub></b>	94,28**	45,02**	156,26 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Linear	462,77**	194,69**	15,33 <sup>NS</sup>
Reg. Pol. Quadr.	5,22 <sup>NS</sup>	7,56 <sup>NS</sup>	213,05 <sup>NS</sup>
Desv. Reg.	1,12 <sup>NS</sup>	1,75 <sup>NS</sup>	55,40 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	3,14	6,98	60,78
<b>CV (%)</b>	12,37	15,87	16,62
	Valores médios		
N <sub>1</sub> (2,0 $dS\ m^{-1}$ )	7,74	11,63	36,04
N <sub>2</sub> (3,5 $dS\ m^{-1}$ )	9,80	15,25	53,93
N <sub>3</sub> (5,0 $dS\ m^{-1}$ )	11,96	15,79	55,57
N <sub>4</sub> (6,5 $dS\ m^{-1}$ )	14,96	15,45	42,80
N <sub>5</sub> (8,0 $dS\ m^{-1}$ )	19,54	18,75	45,92
N <sub>6</sub> (9,5 $dS\ m^{-1}$ )	22,08	23,07	47,18
<b>A em N<sub>1</sub></b>			
A <sub>1</sub>	8,28 <sup>A</sup>	26,58 <sup>A</sup>	52,87 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	7,74 <sup>A</sup>	11,63 <sup>B</sup>	36,03 <sup>A</sup>
<b>A em N<sub>2</sub></b>			
A <sub>1</sub>	13,78 <sup>A</sup>	42,26 <sup>A</sup>	95,29 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	9,80 <sup>B</sup>	15,24 <sup>B</sup>	53,93 <sup>B</sup>
<b>A em N<sub>3</sub></b>			
A <sub>1</sub>	15,42 <sup>A</sup>	52,52 <sup>A</sup>	87,52 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	11,96 <sup>B</sup>	15,79 <sup>B</sup>	55,57 <sup>B</sup>
<b>A em N<sub>4</sub></b>			
A <sub>1</sub>	16,85 <sup>A</sup>	65,88 <sup>A</sup>	122,40 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	14,96 <sup>B</sup>	15,45 <sup>B</sup>	42,80 <sup>B</sup>
<b>A em N<sub>5</sub></b>			
A <sub>1</sub>	17,44 <sup>A</sup>	63,20 <sup>A</sup>	90,57 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	19,53 <sup>A</sup>	18,75 <sup>B</sup>	45,92 <sup>B</sup>
<b>A em N<sub>6</sub></b>			
A <sub>1</sub>	20,91 <sup>A</sup>	76,23 <sup>A</sup>	93,45 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub>	22,08 <sup>A</sup>	23,07 <sup>B</sup>	47,18 <sup>B</sup>
<b>Dms</b>	4,69	8,82	18,78

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ( $p < 0,05$ ).

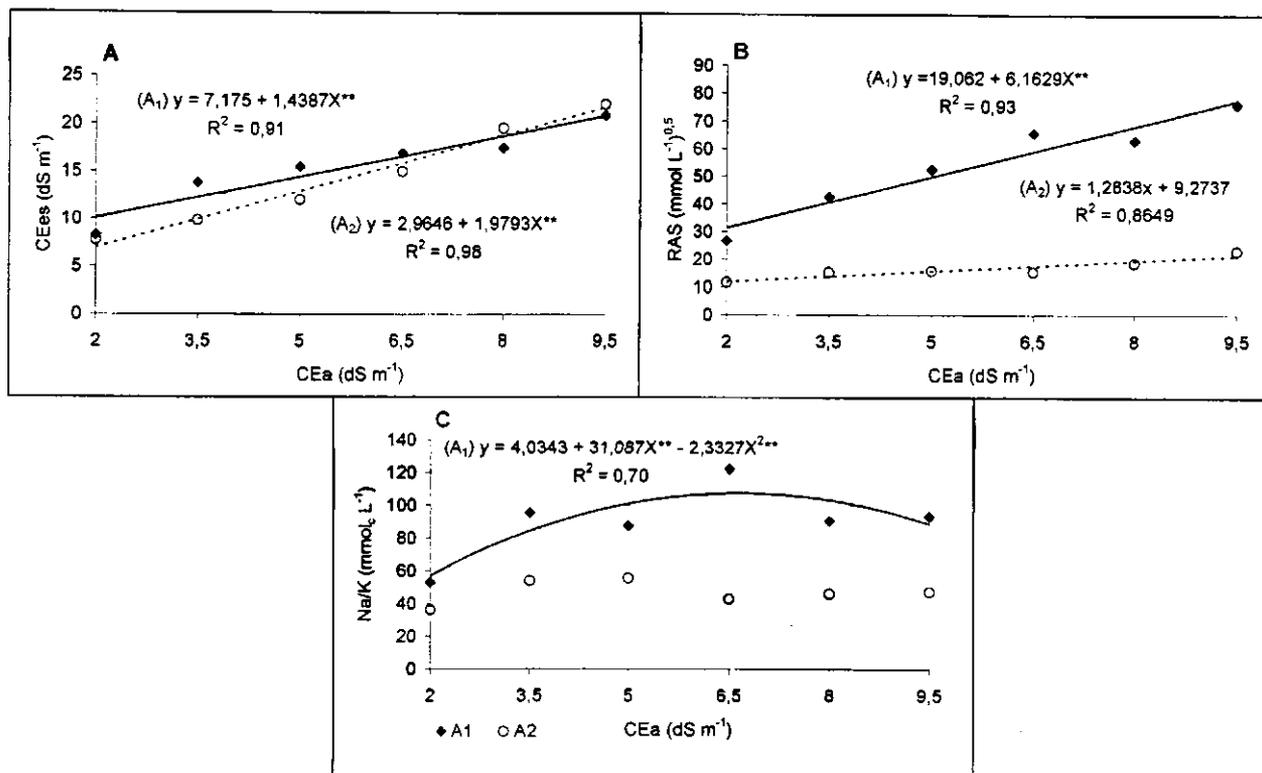


Figura 04. Condutividade elétrica do extrato de saturação – CEes (A), relação de adsorção de sódio – RAS (B) e da relação de sódio/potássio – Na/K (C) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

#### 4.5.4. Comportamento do Potencial hidrogeniônico (pH)

As variações de pH da pasta saturada, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação, não foram acentuadas, em relação ao valor inicial, ficando seus valores entre 5,29 e 6,15, sem uma tendência de aumento ou diminuição com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 17). Quanto ao tipo de água, observou-se que o pH do solo na água A<sub>1</sub> foi ligeiramente superior ao da A<sub>2</sub>, provavelmente como consequência da maior proporção de sódio, estando de acordo com Brady & Buckman (1979), que afirmam que qualquer processo que estimule a manutenção ou a formação de certas bases, como cálcio, magnésio, potássio e sódio, contribuirá para o aumento da alcalinidade.

De acordo com os resultados de análise do extrato de saturação do solo, no final do experimento (Tabela 17), verificou-se incrementos com a salinidade para todos os cátions. A elevação mais acentuada do sódio e do cloreto ocorreu devido às altas proporções de Na utilizadas na preparação das águas de irrigação em forma de cloreto. Segundo a literatura, uma característica universal da salinidade é a presença em altas concentrações dos íons sódio e cloreto na solução do solo (EPSTEIN & RAINS, 1987; SZABOLCS, 1989). Altas

concentrações destes íons, em relação a outros que estejam presentes em baixas concentrações na solução do solo, podem causar toxicidade (LÄUCHLI & EPSTEIN, 1990). Conforme Ayers & Westcot (1999), os problemas de toxicidade mais frequentes são provocados, principalmente, pelos íons cloreto e sódio contidos na água de irrigação. No presente trabalho, além do efeito osmótico da salinidade, também ocorreu problema de toxicidade por íons específicos, provavelmente, pelo sódio e cloreto.

**Tabela 17.** Resultados de análise do extrato de saturação do material de solo ao final do experimento. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Característica	Níveis de salinidade de A <sub>1</sub>						
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	
pH	6,06	6,10	6,15	5,91	5,87	5,79	
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	8,28	13,78	15,42	16,85	17,44	20,91	
P.O. (kPa) **	603,91	1005,06	1124,67	1228,97	1272,00	1525,09	
FC *	3,14	2,54	2,17	2,01	2,43	1,97	
RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	26,58	42,56	52,52	65,09	59,39	78,85	
PST (%)	78,77	84,73	86,38	89,06	86,73	89,70	
Ânions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Cl	100,50	180,03	202,43	227,32	236,80	283,68
	CO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HCO <sub>3</sub>	4,54	3,66	3,74	2,65	3,46	2,38
	SO <sub>4</sub>	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
Cátions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ca	11,10	13,70	12,79	12,75	14,21	17,97
	Mg	11,22	12,35	16,29	13,88	14,33	15,02
	K	1,65	1,65	2,29	1,97	2,67	3,31
	Na	88,22	154,48	199,11	240,31	236,88	305,55

Característica	Níveis de salinidade de A <sub>2</sub>						
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	
pH	6,15	5,40	5,29	5,51	5,57	5,51	
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	7,74	9,80	11,96	14,96	19,54	22,08	
P.O. (kPa) **	564,52	714,77	872,31	1091,12	1425,17	1610,43	
FC *	3,87	2,8	2,39	2,3	2,44	2,32	
RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	6,65	10,82	13,50	15,54	18,76	17,57	
PST (%)	18,47	27,36	31,16	35,09	41,77	42,37	
Ânions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Cl	88,65	123,77	149,77	194,65	269,60	310,42
	CO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HCO <sub>3</sub>	2,47	2,37	1,52	2,49	1,67	1,73
	SO <sub>4</sub>	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
Cátions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ca	24,66	38,57	48,98	62,63	82,37	94,19
	Mg	17,58	15,49	17,08	21,89	27,08	29,97
	K	1,53	1,53	1,65	2,42	2,99	3,88
	Na	53,54	79,63	90,62	100,23	140,75	181,95

\* FC = CEes/CEa

\*\* P.O. (kPa) = (0,36 x CEes) x 2 x 101,3

#### 4.6. Evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e consumo de água pela Planta (C<sub>s</sub>)

O consumo de água pelo sistema solo-planta decresceu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 05 A). De acordo com Rhoades & Loveday (1990), a concentração de sais solúveis na zona radicular reduz o fluxo de água na planta, devido ao efeito osmótico, que pode ser constatado através da redução do consumo de água pelas plantas. Nota-se na Figura 05 A, que o consumo relativo de água nos níveis de salinidade, comparado com N<sub>1</sub>, decresceu 9,90% por aumento unitário de CE<sub>a</sub>. Com base nas médias apresentadas na Tabela 18, constata-se que o consumo em N<sub>6</sub> foi 93,94% menor do que em N<sub>1</sub>, indicando que as plantas sofreram estresse hídrico, induzido pelo estresse salino (seca fisiológica), ocorrido pela redução do potencial osmótico da solução do solo, observação que esta de acordo com citações de Menguel & Kirkby (1987).

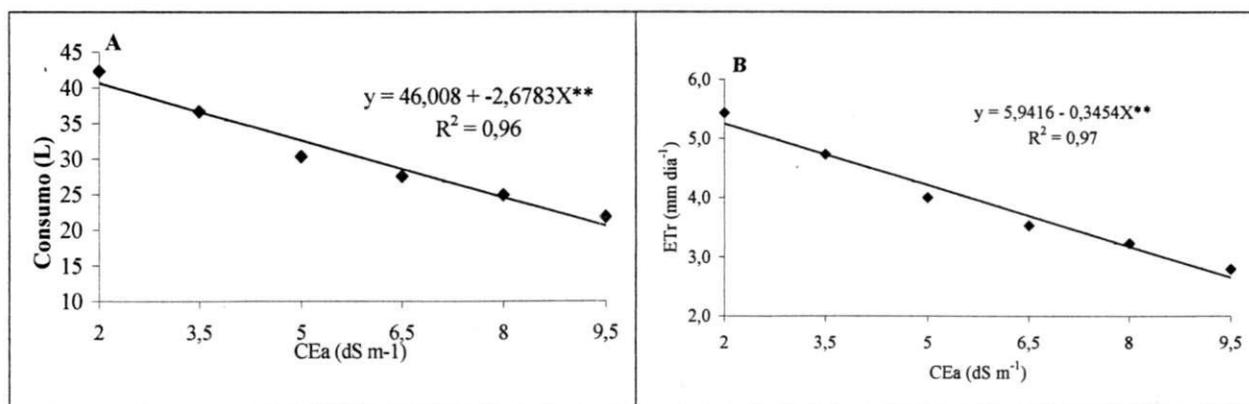
No presente trabalho, o efeito osmótico pode ser facilmente constatado ao se observar a redução da ET<sub>r</sub>, havendo efeito significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, do fator 'nível salino' sobre a variável, sendo o consumo de água pela cultura reduzido à medida que a condutividade elétrica da água aumentava (Tabela 18). A evapotranspiração foi afetada, como mostra a equação matemática (Figura 05 B), onde se verifica decréscimo relativo de 14,78; 35,83; 53,77; 68,04 e 94,04%, em N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, N<sub>5</sub> e N<sub>6</sub>, em relação à testemunha (N<sub>1</sub>), correspondendo a um decréscimo de 6,58% por acréscimo unitário da condutividade elétrica da água. Estes resultados comprovam que o estresse salino induz uma seca fisiológica (estresse hídrico), devido à redução do potencial osmótico da solução do solo.

**Tabela 18.** Resumo de ANOVA e médias para a evapotranspiração real (ETr) e consumo de água pela planta (Cs) do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

Causa de variância	Valores de quadrados médios	
	ETr	Cs
Nível Salino (N)	5,78**	351761789,86**
Reg. Pol. Linear	14,09**	858803669,95**
Reg. Pol. Quadr.	0,33**	20612649,20**
Reg. Pol. Cubica	0,01 <sup>NS</sup>	534864,12 <sup>NS</sup>
Desv. Reg.	0,02 <sup>NS</sup>	566273,46 <sup>NS</sup>
Tipo de Água (A)	0,20*	6526321,77 <sup>NS</sup>
N x A	0,09 <sup>NS</sup>	7671760,84 <sup>NS</sup>
Resíduo	0,04	3862357,19
CV (%)	5,016	6,42
	Valores médios	
<b>Nível Salino (N)</b>	<b>mm dia<sup>-1</sup></b>	<b>mL</b>
N <sub>1</sub> (2,0 dS. m <sup>-1</sup> )	5,45	42321,00
N <sub>2</sub> (3,5 dS. m <sup>-1</sup> )	4,73	36682,83
N <sub>3</sub> (5,0 dS. m <sup>-1</sup> )	4,00	30353,50
N <sub>4</sub> (6,5 dS. m <sup>-1</sup> )	3,55	27559,50
N <sub>5</sub> (8,0 dS. m <sup>-1</sup> )	3,23	24910,50
N <sub>6</sub> (9,5 dS. m <sup>-1</sup> )	2,81	21820,66
Tipo de Água (Na:Ca)		
A <sub>1</sub> (9,5:0,5)	3,88 <sup>B</sup>	30182,22 <sup>A</sup>
A <sub>2</sub> (6,0:4,0)	4,03 <sup>A</sup>	31033,77 <sup>A</sup>

\* e \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; NS não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05).

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{X}$



**Figura 05.** Consumo de água pela planta – Cs (A) e evapotranspiração real - ETr (B), do algodoeiro colorido BRS verde, observadas sob diferentes níveis de salinidade e tipo de água até os 120 dias após a semeadura. Campina Grande-PB, 30 de Dezembro de 2003.

## **5. CONCLUSÕES**

1. A percentagem de germinação foi reduzida com o aumento da CEa, ocorrendo decréscimo a partir de  $5,80 \text{ dS m}^{-1}$ , aumentando o número de dias para germinar, não havendo efeito significativo sobre o índice de velocidade de emergência.
2. Águas com concentração salina acima de  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ , provocaram decréscimo linear no crescimento do algodoeiro, em termos de número de folhas, diâmetro do caule, altura de planta, área foliar e fitomassa da parte aérea.
3. A velocidade média de crescimento (TCA) do algodoeiro, decresce, linearmente, com o aumento da salinidade.
4. A eficiência do algodoeiro, da sementeira à colheita, em produzir material novo por unidade de material pré-existente, aumentou na ordem de 3,91% por aumento unitário de CEa.
5. O aumento da salinidade não interferiu na exportação de fotoassimilados nas partes da planta, uma vez que não houve efeito na RAF.
6. O crescimento da planta, observado pela fitomassa da parte aérea, foi a variável mais afetada com o aumento da salinidade, decrescendo 41,44% já no nível de  $5 \text{ dS m}^{-1}$  comparado com  $N_1$ .
7. O aumento da concentração salina provocou retardamento na abertura dos botões florais em torno de 1,22% por incremento unitário da CEa.
8. Na fase de produção, o estresse salino produziu efeito negativo sobre o número de capulho por planta, decrescendo 49,14% quando a CEa é elevada de 2,00 para  $9,50 \text{ dS m}^{-1}$ . Entretanto, não provocou redução no peso médio do capulho até  $4,41 \text{ dS m}^{-1}$ .

9. Água de condutividade elétrica de  $4,06 \text{ dS m}^{-1}$  proporcionou 90% de rendimento relativo do algodoeiro, sendo a produção reduzida em aproximadamente 40,0% no nível mais alto de salinidade ( $9,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), comparado com a testemunha ( $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ).
10. A irrigação com água salina provocou aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, indicando que as lâminas de irrigações não foram suficientes para proporcionar lixiviações adequadas de sais no solo.
11. Os valores da RAS foram superiores a  $12,00 (\text{mmol L}^{-1})^{1/2}$ , denotando risco de sodificação do solo pela água de irrigação.
12. A evapotranspiração foi reduzida com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, diminuindo o consumo de água pelas plantas.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, v.16, p.139-180, 1964.

AMORIM, J.R. **Comportamento do alho (*Allium sativum* L.) sob diferentes níveis de salinidade de água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 97p. (Dissertação de Mestrado).

ANDRADE, R. M. **Comportamento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sob duas formas de aplicação e diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Lavras: UFLA. 1996. 97p. (Dissertação de Mestrado).

ANSARI, R.; NAQUI, S. M.; ALA, S. A. Growth and composition of two cultivars of *Triticum aestivum* as affected by soil salinity. **Soil Science**, v.9, p.443-453, 1978.

ARAÚJO, C.A.S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância a salinidade em solução nutritiva**. Viçosa: UFV, 1994. 87p. (Dissertação de Mestrado)

ASHRAF, M.; O'LEARY, J.W. Responses of a salt-tolerant and a salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, n.2-3, p.361-377, 1997.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife: CNPQ, 1995. 128 p.

AYERS, A. D.; HAYWARD, H. E. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants. **Soil Science Society American. Proceedings**, v. 13,224-6, 1948.

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

BALL, M. C.; CHOW, W. S.; ANDERSON, J. M. Salinity-induced potassium deficiency causes loss of functional photosystem II in leaves of the grey mangrove (*Avicennia marina*), through depletion of the atrazine-binding polypeptide. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.351-361, 1987.

BELTRÃO, N.E. de M.; VASCONCELOS, O.L.; FIDELES FILHO, F.; RIBEIRO, V.G.; PEREIRA, J.R. Análise do Crescimento do Algodoeiro Herbáceo em Sistema de produção de Elevada Tecnologia, Irrigada via Pivô Central. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, 3.,2001. Campo Grande.. Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.435-438

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERNSTEIN, **Effects of salinity on mineral composition and growth of plants**. Plant Analysis and Fertilizer Problems, 1964, v. 4, p. 25 – 45.

BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady State. **American Journal Botany**, v. 48, p.909-18, 1961.

BERNSTEIN, L. **Salt tolerance of fruit crops**. Washington: United States Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin. n.292. 1965.

BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: SCHILFGAARD. J. Van (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison: American Society Agronomy, 1974. p. 39 – 54. (Agronomy, 17).

BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity of on plant growth. **Annual Review Phytopathology**, n°.13, p. 295-312, 1975.

---

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1978.

BLACK, C.A. **Soil-plant relationships**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1967. 285p.

BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341p.

BRADY, J.M.; BAUER, P.J.; SASSENATH-COLE, G.F.; JOHNSON, R.M. Modulations of fiber properties by growth environment that persist as variations of fiber and yarn quality. **Proceedings Beltwide Cotton Conferences**, v. 2, p. 1351-1360, 1997.

BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S. A., 1983. 647p.

BRESLER, E.; McNEAL, B. L.; CARTER, D. L. **Saline and sodic soil: Principles, dynamics and modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 249 p.

BROWN, J.W.; WADLEIGH, C.H.; HAYWARD, H.E. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. **Proceeding American Society Horticultural Science**. v.61, p.49-55, 1953.

CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, v.159, n.2, p.205-212, 1994.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3 ed. Campinas: CARGIL, 1980. 326P.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia-PB: UFPB, 1995. 71p.

CAVALCANTE, L. F.; CHAVES, L. H. G.; BRITO NETO, J.; LUCENA, E. R. Os sais e as plantas. **Anais do Curso Pós-graduação em Manejo e Conservação de Solos**. Areia-PB: UFPB, p.1-48. 1985.

CHAPMAN, V.J. **Salt marshes and salt deserts of the world**. London: Leonard Hill, 1960, 329p.

CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E. C.; WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluation. **Journal Irrigation and Drainage**, v.103, p.155-169, 1977.

COELHO, M. A. Aspecto da dinâmica da água em solos sódicos e salino-sódicos. **Ciência Agrônômica**, v. 14, n. 1 – 2, p. 61 – 68, 1983.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo, Editora Moderna, 1982. 368p.

CORDEIRO, J. C. **Salinidade da água, fonte e níveis sobre a germinação e formação de mudas de mameiro Havaí**. Areia-PB: UFPB/CCA, 1997. 49p. (Dissertação de Mestrado).

CRAMER, G. R.; SPURR, A. S. Responses of lettuce to salinity. I. Effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.9, n.2, p.115-130, 1986.a

CRAMER, G. R.; EPSTEIN, E.; LAUCHLI, A. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentration. **Journal Experimental Botany**, v.39, p. 1513 – 1522, 1988.

CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A.; POLITO, V.S. Displacement of Ca<sup>2+</sup> by Na<sup>+</sup> from the Plasmalema of root cells. **Plant Physiology**, v.79, n.1, p.207-211, 1985.

DAKER, A. **A água na agricultura**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988, 543p.

DAVENPORT, R.J.; REID, R.J.; SMITH, F.A. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. **Physiologia Plantarum**, v.99, n.2, p.323-327, 1997.

DAY, P. R. Fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed) **Methods of Soil Analysis**, American Society Agronomy., 1965. p. 546-547. (Agronomy, 9)

- DINIZ, A. F. **Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum L.*)**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1979. 30p. (Dissertação de Mestrado).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.
- FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 286 p. 1999.
- ELZAM, O. E.; EPSTEIN, E. Salt relations of two grass species differing in salt tolerance. I. Growth and salt content at different salt concentrations. **Agrochimica**, v.13, p.187-195, 1969.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos, Rio de Janeiro, **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil**. Campina Grande-PB: EMBRAPA-CNPA, 1994. 74p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 17)
- EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. **Plant Physiology**, v.36, p.437-444, 1961.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. New York: John Wiley and Sons, 1972. 412p.
- EPSTEIN, E.; RAINS, D. W. Advances in salt tolerance. **Plant and Soil**, v.99, p.17-29, 1987.
- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. EMBRAPA, 1984. 341p.

- FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivares. **Plant and Soil**.v.88, n.2, p.237-243, 1985.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989, 425p, (EMBRAPA-CNPAP. Documento, 18).
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E. & MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura. Campina Grande: UFPB-SBEA**, 1997. p.363-383.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 1996. 437p.
- FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.
- FORSYTHE, W. **Física de suelos. Manual de laboratório**. Turrialba: IICA, 1975. 221p.
- FRENKEL, L. H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. **Soil Salinity Under Irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.143-72.
- FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 286 p. 1999.
- GOES, G. S. O problema de salinidade e drenagem e projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. **Anais...** Reunião sobre salinidade em áreas irrigadas. Fortaleza: 1978. p. 04-08.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8 ed. São Paulo. Nobel, 1978. 430p.
- GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 1994. 344p.
- GRIEVE, C. M.; FUJIYAMA. H. The response of two rice cultivars to external Na/Ca ratio. **Plant and Soil**, v.103, p.245-250, 1987.

GUINN, G.; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. I. Effects of plant moisture status on flowering. **Agronomy Journal**. v. 76, n. 1, p. 90-94. 1984a.

GUINN, G.; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. II. Effects of plant moisture status and active boll load on boll retention. **Agronomy Journal**. v. 76, n. 1, p. 94 -98. 1984b.

HANSON, J. B. The function of calcium in plant nutrition. *In*: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (eds.), **Advances in Plant Nutrition**. 1984. p.149-208.

HAYWARD, H. E., SPURR, W. B. Effects of isosmotic concentrations of inorganic and organic substrate on entry of water into corn roots. **Botanical Gazette**, n.105, p.152-64, 1943.

HAYWARD, H.E.; WADLEIGH, C.H. Plant growth on saline and alkali soils. **Advances in Agronomy**, v.1, p.1-38.1949.

HELLEBUST, J.A. Osmoregulation. **Ann. Ver. Plant. Physiology**.v.27, p.485-505, 1976.

HEWITT, E.J. Plant Physiology. *In*: MALAVOLTA.E; HAAG.H.P; MELLO.F.AF; BRASIL, M.O.C.(eds) **Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974, 752p.

HOFFMAN, F. J.; RWALINGS, S. L.; GARBER, M. J. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. **Agron. J.**, Masison, v. 63, p. 822-826, 1971.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. **Qualidade da água para irrigação**. *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E; MEDEIROS, J. M. (eds). **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.137-169.

HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. *In*: **Salinity Seminar Baghdad**. Rome: FAO, 1991. p.117-35. (Irrigation and Drainage Paper, 7).

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Ann. Rev. Plant Physiol**. 24, p. 519-570. 1973.

HUNT, R. **Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis.** London: Edgard Arnold, 1982. 248p.

INGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfalfa yield with various index of salinity. **Soil Science**, v.122, n.3, p.145-153, 1976.

JÁCOME, A.G. **Crescimento e produção de genótipos de algodoeiro, em um solo salino-sódico.** Campina Grande: UFPB/CCT, 1999. 112p. (Dissertação de Mestrado).

JEFFREY, W. D.; IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estresé.** Santiago: FAO, 1989. 91p.

JENSEN, R. D. Effects of soil water tension on the emergence and growth of cotton seedlings. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 766-768, 1971.

JINDAL, P.C.; SINGH, J.P.; GUPTA, O.P. Studies on salt tolerance in mango-Injurious effects of salt on young mango seedlings. **Programe Horticultural**, v.2, n.28 p.65-71, 1976a.

JINDAL, P.C.; SINGH, J.P.; GUPTA, O.P Effect of salinity on the mineral in mango seedlings. **Journal of Agricultural Science** v.49, n.2, p.105-109, 1979b.

KHAIL, M. A.; AMER, F.; ELGABALY, M. M. A salinity fertility interactions sudy of corn an cotton. **Soil Sciety Americam Proceodings**, v. 81, p. 683-686, 1967.

KINGSBURY, R. W.; EPSTEIN, E. Salt sensitivity in wheat. A case for specific ion toxicity. **Plant Physiol.**, v.80, p.651-654, 1986.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

KLAR, A.E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação.** São Paulo: Nobel, 1991. 156p.

KORKOR, S. A.; HILLAL, M. H. Use of saline water for irrigating wheat crop. **Agrochemical**, v.20, n.1-2, 1976.

KRAMER, D. Cytological aspects of salt tolerance in higher plants. In: STAPLES, C; TOENNIESSEN, G.H.(eds.) **Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement**. p.3-15, 1984.

KVET, J.; ONDOCK, J. P.; NECAS, J. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CASTSKY, J.; JARVIS, P.G.(eds.). **Plant Photosynthetic Production**, The Hague, 1971. p.343-84.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Transport of potassium and rubidium in plant roots. The significance of calcium. **Plant Physiology**, v.45, p.639-641, 1970.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v. 38, n.10, p.18-21, 1984.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K.(ed.) **Agricultural Salinity Assessment and Management**, New York: ASCE, 1990. p.113-137.

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório do Convênio de Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE, 1983. p. 91 – 141.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 113-136.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas da água**. Trad. LEMOS, A. M. de. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 75p.

LONGENECKER, D. E. The influence of high sodium in soil upon fruiting and shedding, boll characteristics, fiber properties and yields of two cotton species. **Soil Science**, v. 118, p. 387-396, 1974.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evolution of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, v.43, p.107-153, 1990.

LUZ, M. J. da S. e.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W. dos.; AMORIM

NETO, M. da S. Efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento e a qualidade da fibra do algodoeiro. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, v. 1, n. 1, p. 125-133, 1997.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v. 1, p. 12 – 36, 1986.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. p.262-304.

MAAS, E. V., HOFFMAN, G. J. Tolerancia de los cultivos a los sales. In: **Boletim Técnico Departamento Irrigação/Univ.** Chapingo: Universidade Anotôn., 1980. p. 1-18.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division of ASCE**, v.103, n.IR2, p.115-134, 1977.

MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. (ed.). **Crop Tolerance to Sub-optimal Land Conditions**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. cap. 1. ( Special Publication, 32)

MAAS, E. V., OGATA, G., BARBER, M. J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. **Agronomy Journal**, n.64, p.793-795, 1972.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres Ltda, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E; HAAG, H.P.; MELLO; F.A.F; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: ESALQ, 1974.

MARANI, A. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. IV. Effects on periods of stress occurrence, correlations and regressions. **Experimental Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 121-128, 1973.

MEDEIROS, E. V. de. **Efeitos da salinidade na água de irrigação sobre a germinação, vigor de sementes e desenvolvimento de plantas de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch)**. Areia: UFPB/CCA, 1996. 51p. (Monografia de Graduação).

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados de RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB. 1992. 173 p. (Dissertação de Mestrado).

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação**. Mossoró: ENA/ESAM, 1994. 60p. (ESAM, Boletim Técnico Científico, 22).

MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, W.; MIRANDA, J. E. C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lan). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.23-29, 1990.

MEIRI, A.; SHALHEVET, J. Crop growth under saline conditions. *In*: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.). **Arid Zone Irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.277-290. (Ecological Studies, 5).

MENGUEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern: International Potash, Institute 1987. 687p.

MARANI, A.; AMIRAV, A. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. I – The coastal plain region. **Experimental Agriculture**, v. 7, p. 213 – 224, 1971.

MOLEN, W. H. Salt balance and leaching requirement. *In*: **Drainage Principles and Applications**, Wageningen: ILRI, 1974, p.59-100. (ILRI Publication, 16).

MORAIS, C. D. **Ação do gesso agrícola no manejo de solo irrigado afetado por sais.** Areia-PB: UFPB, 1990. 47p. (Monografia de Graduação).

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA, 1991. 392 P. (EMBRAPA – SEA. Documento, 3).

NUNES FILHO, J.; SÁ, V. A de L. e.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S. de.; COUTINHO, J. L. B. Comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo irrigado no Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Fortaleza. **Anais.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. p. 357-359.

NUNES FILHO, J. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. Raça *latifolium* Hutch.) em função da salinidade e umidade do solo.** Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 1993. 96p. (Tese de Doutorado)

OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Queiroz, E.; Medeiros, A. F. (ed). **Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada.** Campina Grande-PB: UFPB/SBEA, 1997. P. 1-35.

OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J. J. S. **Uso consuntivo e desenvolvimento radicular do algodoeiro herbáceo.** Salvador: 1987. 22p EPABA, ( Boletim de Pesquisa, 08).

PASTERNAK, D.; TWERSKY, M.; MALACH, Y. Salt resistance in agricultural crops. In: MUSSED, H.; STAPLES, R.C. (ed.). **Stress Physiology in Crop Plants.** New York: John Wiley and Sons Inc., 1979. P.127-1

PEREIRA, M. R.; ANDRADE, A. G. Efeito da concentração salina no desenvolvimento do tomateiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. **Anais.** São Paulo-SP: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1980. p. 315-423.

PEREIRA, J. R. Solos salinos sódicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 15. 1983. São Paulo. 1983. **Anais.** Campinas: SBCS., 1983. p. 127-43.

PEREIRA, J. R. **Genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H.) submetidos a estresse hídrico na fase de germinação.** Campina Grande: UFPB, 1997. 136p. (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, M. do N. B. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.) em baixos níveis de água disponível do solo.** Campina Grande: UFPB-CCT, 1995. 108p. (Dissertação de Mestrado).

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos.** Madrid: Editora Agrícola Española, S/A, 1985. 542p.

POLJAKOFF, A. **Plants in saline environments.** New York: 1975. 213 p.

POSTEL, S. **Water for agriculture: Facing the limits.** Washinton, Worldwatch Institute, 1989. 54 p. (Worldwatch Paper 93).

PRATT, P.F.; SUAREZ, D.L. Irrigation water quality assessment In: TANJI, K.K (ed). **Agricultural Salinity Assessment and Management.** New York: ASCE, p.220-236, 1990.

PRISCO, J.T. Efeitos da salinidade na germinação de sementes e no crescimento das plantas. In: **Reunião sobre Salinidade em Áreas Irrigadas.** Fortaleza. **Anais.**, MINTER, 1978. p.65-83.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. **Crop Science**, v.7, p.171-175, 1967.

RAINS, D. W.; EPSTEIN, E. Preferential absorption of potassium by leaf tissue of the mangrove, *Avicennia marina*: An aspect of halophytic competence in coping with salt. **Australian Journal Biological Science**, v.20, p.847-857, 1967.

REEVE, R C.; FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In: HAGAN, R. M.: HAISE, R. H. & EDMINSTER, T. W. (ed.). **Irrigation of Agricultural Lands.** Madison: American Society Agronomy, 1967. (Agronomy, 11 ).

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

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **The use of saline for crop production**, Rome: FAO. 1992. 133 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 48).

RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. *In*: STEWART, D.R.; NIELSEN, D.R. (ed.) **Irrigation of Agricultural Crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p. 1089-1142. (Agronomy, 30).

RUSH, D. W.; EPSTEIN, E. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. **Journal American Society Horticulture Science**, v.106, p.699-704, 1981.

SAMPAIO SANTOS, J. A. S. **Efeito da temperatura, pré-embebição e salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Campina Grande: UFPB-CCT, 1981. 91p. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, J.R. **Efeito de níveis de salinidade no desenvolvimento inicial de porta-enxerto de mangueira (*Mangifera Indica* L.)** Cruz das Almas: UFBA, 1996. 71p (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, J.W.dos; MOREIRA, J.de A.N.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, 1998. p. 225-230.

SCHROEDER, J.I.; WARD, J.M.; GASSMANN, W. Perspectives on the physiology and structure of inward-rectifying K<sup>+</sup> channels in higher plants: Biophysical implications for K<sup>+</sup> uptake. **Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure**, v. 23, 1994. p. 441-471.

SHALHEVET, J.; HSIAO, T. C. Salinity and drought: a comparison of their effects no osmotic adjustment, assimilation, transpiration and growth. **Irrigation Science**, v. 7, 1986. p. 249-264.

SHALHEVET, J.; MORRIS, G.H.; SCROEDER, B.P. Root and shoot growth response to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.3, p.512-516, 1995.

SHARMA, M. L. Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species. **Agronomy Journal**, v.68, p.390-394, 1976.

SHANNON, M.C.; NOBLE, C.L. Variation in salt tolerance and ion accumulation among subterranean clover cultivars. **Crop Science**, v.35, p.798-804, 1995.

SILBERBUSH, M.; BEN-ASHER, J. The effects of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 18, p. 65-81, 1987.

SILVA, F.A.M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G. **Efeito de NaCl no crescimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)**. Lavras: Cerne, 2000.

SILVA, L. C. **Respostas ecofisiológicas e desempenho agronômico do amendoim cv. BR 1 submetido a diferentes lâminas e intervalos de irrigação**. Campina Grande: UFPB-CCT, 1997. 126P. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. J. da.; HOLANDA, A. F. de.; JESUS, F. M. M. de.; CARVALHO, O. S.; PIMENTEL, C. R. M.; GUIMARÃES, P. M. **Recomendações para a cultura do algodoeiro herbáceo irrigado no Nordeste brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1984. 15p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 10).

SINGH, K. P.; SINGH, K. Seed germination and seedling growth responses on some rice cultivars to water potential treatments. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 26, n. 2, p. 182-188. 1983.

SOARES, K. T. **Efeito de soluções salinas com diferentes potenciais osmóticos na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.)** Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1985, 56p (Dissertação de Mestrado)

SOARES, F. A. L. **Comportamento do maracujazeiro mmarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) sob condições de estresse salino.** Campina Grande: UFPB, 2001. (Dissertação de Mestrado)

SOUSA, F.X.; **Descrição e utilização de um carbonizador de cascas de arroz para uso na propagação de plantas.** Fortaleza, EMBRAPA/CNPAT, 1995. n.63.

SOUZA, J. G. de; BARREIRO NETO, M.; COSTA, J. N. da. Avaliação de cultivares de algodoeiro herbáceo tolerantes à seca. In: **Relatório técnico anual – 1983-1984.** Campina Grande: EMBRAPA - Centro nacional de pesquisa de algodão.1985. p. 240-241.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, R. F. A. **Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus vulgaris*) sob diferentes salinidades da água de irrigação.** Campina Grande: UFPB, 1999. 96P. (Dissertação de Mestrado).

STOCKTON, J.; DONEEN, L. D.; WALHOOD, V. T. Boll shedding and growth of the cotton plant in relation to irrigation frequency. **Agronomy Journal**, v. 53, n. 4. p. 272-275, 1961.

STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants.** Jerusalem, Israel: Prog. Sci. Transl., 1964. 279p.

STROMBERG, L. K. **Water Quality for Irrigation.** Fresno: Cooperative Extension of University of California, 1980. 20p.

SZABOLCS, I. **Salt-Affected Soils.** Florida, Library of Congress, 1989. 274p.

SYVERTSEN, J. P.; YELENOSKY, G. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifying growth, water relations, and mineral nutrition. **Journal American Society of Horticulture Science**, v.13, p.889-893, 1988.

TANJI, K.K. Nature and extent of agricultural salinity. In: TANJI, K.K. (ed). **Agricultural Salinity Assessment and Management**. New York: ASCE, 1990.

TEYER, J. N. **Effect of irrigation methods with saline waters on maize production and salt distribution in soil**. Bari: International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, 1987. 285p. (M.Sc.,Thesis).

TURNER, N. C. Crop water deficits: a decade of progress. **Advances in Agronomy**, v.39, p.1-51, 1986.

VASCONCELOS, M. F. **Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes percentagens de sódio trocável**. Campina Grande: UFPB, 1990. 76p. (Dissertação de mestrado).

VIANA, S. B. A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado).

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP-FCAVJ, 1994. 164p.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v.4, p.141-154, 1952.

WHALE, D. M.; HEILMEIER, H.; MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Annual Botany**, v.56, p.631-650, 1985.

WIESE, M.V. Identification and measurement of crop yield constraints. In: Proceedings Beltwide Cotton Production Research Conferences. **Anais**. 1982. p. 13-16,.

WRIGHT, G. C., NAGESWARA RAO, R. C. Groundnut water relations. In: SMART, J. **The Groundnut Crop: Scientific Basis for Improvement**. London: Chapman & Hall, 1994. p. 281-335.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (eds.). **Arid Zone Irrigation**. Berlin: Springer-Verlag. 1973. cap.4, p.71-85. (Ecological Studies, 5).