

Efeitos Do Cloreto De Sódio Sobre O Crescimento E
Acumulação De Nutrientes Da Mamoneira

CICERA RAQUEL FERNANDES RODRIGUES

FEVEREIRO – 2007
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Efeitos Do Cloreto De Sódio Sobre O Crescimento E
Acumulação De Nutrientes Da Mamoneira

CICERA RAQUEL FERNANDES RODRIGUES

Dissertação submetida à
Coordenação do Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, Área de
Concentração em Solos e Nutrição de
Plantas, como requisito para obtenção
do grau de Mestre.

FEVEREIRO – 2007
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interesses na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Cicera Raquel Fernandes Rodrigues

Dissertação aprovada em: 07 de Março de 2007

Prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez - Doutor
(orientador)

Prof. Ricardo Almeida Viégas - Doutor
(orientador)

Prof. Boanerges Freire de Aquino - PhD
(examinador)

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda - Doutor
(examinador)

*Em memória de meu pai
Francisco Rodrigues de Lima, em
especial a meu avô materno
Domingos Santana Leite, por ter
me dado exemplo de integridade,
simplicidade, amor, carinho e paz
interior.*

MINHA HOMENAGEM

*A minha amiga,
companheira e mãe **Maria
Socorro Leite Fernandes
Rodrigues**, meu irmão **Ramon
Fernandes Rodrigues**, a minha
vovozinha materna **Idalina
Fernandes Leite**, meus queridos
tios **João Santana**, **José Ricardo,
Pacelli Fernandes** e as minhas
amigas tias **Rosa Fernandes** e
Aurenice Santana pelos exemplos
de vida que são, bem como pela
compreensão, carinho e amor a
mim dedicados e que serve de
estímulos para continuar lutando
por momentos felizes como esse.*

*Aos meus primos, parentes
e amigos.*

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Ser todo poderoso, por toda força que me dispôs, para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Francisco Rodrigues (in memorian) e Maria Socorro, por tudo que me propiciaram na vida.

A meu irmão Ramon Fernandes Rodrigues, pela amizade, ajuda e compreensão.

A meus tios, pelo apoio inenarrável na minha formação acadêmica e de vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará.

Aos Profs. Drs. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez e Ricardo Almeida Viégas meus orientadores, pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica, profissional, amizade e como ser humano.

Ao Prof. Dr., Claudivan Feitosa de Lacerda pela contribuição prestada no decorrer do trabalho e pela sua gratificante amizade, assim como pela participação do julgamento do mesmo.

Ao Prof. PhD. Boanerges Freire de Aquino por sua atenção, amizade, ensinamentos transmitidos de maneira construtiva e pela participação no julgamento do mesmo.

Ao Edilsson, pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei durante todo o curso.

Aos orientados do prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, David Correa (braço direito do trabalho e a quem tenho muita consideração e admiração), Regília Bosco, Wesley Crispim (que me ajudou tantas e tantas vezes), Antônio Maia, Emanuel Peixoto, Regis Pinheiro, Wilber Lúcio e Antônio José pelo laço fraternal que desabrochou nesses dois anos.

A Fátima, que ajudou a conduzir as análises feitas no decorrer do experimento, além da amizade conquistada.

As minhas amigas Eng. Agrônomas Virgínia Menezes, Gislane Mendes, Tereza Monteiro, e aos amigos Eng. Agrônomos João Paulo Cajazeira, Jaime Ferre

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Principais atributos usados na avaliação da qualidade da água de irrigação.....	14
Tabela 02. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	15
Tabela 03. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água. ...	15
Tabela 04. Classificação da tolerância relativa à salinidade	21
Tabela 05. Características das cultivar de mamona BRS 149 – Nordestina.	24
Tabela 06: Tratamentos utilizados no experimento mamona cv. Nordestina..	25
Tabela 07: Resultados da análise da água de abastecimento (CAGECE), utilizada na solução nutritiva da cultivar de mamona.....	25
Tabela 08: Valores do quadrado médio e significância estatística para os parâmetros matéria seca da raiz (MSR), caule (MSC), folha (MTF), parte aérea (MSPA), total (MST), relações entre folha e caule (F/C), folha e raiz (F/R) e parte aérea e raiz (PA/R), aos 45 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade.....	30
Tabela 09: Valores médios da matéria seca das raízes (MSR), da parte aérea (MPA) e o total (MST) aos 45 dias de cultivo, sob efeitos de diferentes níveis de salinidade.....	31
Tabela 10: Valores do quadrado médio e significância estatística para os aumentos da produção de matéria seca da raiz, do caule, folha, parte aérea, total, relações entre folha e caule, folha e raiz, parte aérea e raiz e área foliar total aos 45 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade da mamona pelo NaCl. .	32
Tabela 11: Valores do quadrado médio e significância estatística da taxa fotossintética (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO ₂ em cultivar de mamona, aos 45 dias de experimento, sob diferentes níveis de salinidade	36
Tabela 12: Medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO ₂ e suas reduções relativa em folhas de mamona, aos 45 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade..	37
Tabela 13: Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis de macronutrientes nas raízes, caule e folha em cultivar de mamona, sob diferentes níveis de salinidade.	37
Tabela 14: Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis de micronutrientes nas raízes, caule e folha em cultivar de mamona, sob diferentes níveis de salinidade..	45
Tabela 15: Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis sódio (Na ⁺) e Cloro (Cl ⁻) na folha, caule e raiz sob efeito de diferentes níveis de salinidade..	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Semeio com vermiculita.....	26
Figura 2. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	26
Figura 3: Cultivares em vasos de 8L	27
Figura 4: Determinação da concentração interna de CO ₂ , condutância estomática – gs, fotossíntese e a transpiração – E..	29
Figura 5: Produção relativa da matéria seca da parte aérea (A) e total (B) em função da salinidade da solução nutritiva causada pelo NaCl.....	34
Figura 6: Área foliar total da mamona cv. nordestina em função da salinidade da solução nutritiva ocasionada pela adição de NaCl.	35
Figura 7: Teores de nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordeste em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- nitrogênio, B – fósforo e C - potássio.....	39
Figura 8: Teores nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordeste em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- cálcio, B – magnésio e C - enxofre.....	42
Figura 9: T Teores nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordeste em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- cobre e B – zinco.....	46
Figura 10: Teores nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordeste em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- ferro e B – manganês..	47
Figura 11: Teores de Na nas raízes, caule e folhas de plantas da cv nordestina (A) e teores de Cl nas raízes, caule e folhas de plantas da cv nordestina (B) em função dos níveis de NaCl na solução nutritiva.	49
Figura 12: Teores de sódio e potássio em folhas da cultivar de mamona em função das condutividades elétricas.	51
Figura 13: Sintomas de toxidez nas folhas e redução no crescimento.	52
Figura 14: Excesso de sais na zona radicular.	53

APENDICE

APENDICE 1 :_Fotos demonstrativas do estudo.....	73
--------------------------------------------------	----

EFEITOS DO CLORETO DE SÓDIO SOBRE O CRESCIMENTO E ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES DA MAMONEIRA

RESUMO

Recentemente, especial ênfase tem sido direcionada ao cultivo da mamoneira, contudo, poucos são os resultados disponíveis na literatura sobre o real potencial desta cultura em se desenvolver e produzir quando cultivada em áreas salinizadas. Por tratar-se de uma cultura naturalmente vigorosa, de fácil propagação e que pode apresentar relevante importância social e econômica para o país, especialmente para o nordeste e considerando os escassos estudos relacionados, visou-se neste trabalho, avaliar a tolerância da salinidade e seus efeitos sobre os teores de nutrientes na planta. Foi instalado um experimento casa de vegetação em condições hidropônicas. Usou-se 10 tratamentos de salinidade correspondentes a CE da solução nutritiva de 1,7; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0, 12,5 e 15,0 dS/m. o delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, com três repetições. A salinidade afeta negativamente o crescimento das plantas de mamona e acarreta sintomas visuais de toxidez, caracterizados por queima das bordas e ápice das folhas e, em estágio mais avançado, amarelecimento do limbo e queda das mesmas, é considerada moderadamente sensível a salinidade, apresentando a salinidade limiar está entre 1,7 a 2,5 dS/m, houve aumentos nos teores de fósforo nas raízes da mamona, decréscimos nos teores de potássio nas folhas, o cálcio e o magnésio tiveram seus teores constantes, sendo que o cálcio apresentou maiores acúmulos nas folhas, os teores do zinco foram maiores nos caules, enquanto que o cobre apresentou maior acúmulo nas raízes, tanto o ferro, quanto o manganês apresentaram maiores teores nas raízes e os teores de sódio e cloro aumentaram significativamente em todas as partes da planta com o aumento da salinidade, sendo os teores de cloro, maiores que sódio. Para os dois íons Na^+ e Cl^- , ocorreu maior acúmulo ocorreu nas raízes, seguidos dos caules e folhas.

PALAVRAS-CHAVE: mamoneira, tolerância à salinidade, hidroponia.

EFFECT OF SODIUM CHLORIDE ON THE DEVELOPMENT AND ABSORPTION OF NUTRIENTS OF CASTOR BEAN

ABSTRACT

Special emphasis has recently been given to the culture of castorbean, however available results about the potential of this culture to develop and to produce when cultivated in salinized areas are not greatly found in the literature. To be a vigorous culture and to disseminate easily it can be of great social and economic importance for Brazil and especially for the Northeast region. Thus, considering the scarce related studies, the current work was aimed to evaluate the tolerance to salinity of this plant species as well the effects of different salinity levels in the nutrient solution on the plant growth. The plants were hidroponically cultivated under greenhouse conditions. The treatments consisted of ten salinity levels that corresponded to the following nutrition solutions CE' s: 1,7; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 12,5 e 15,0 dS/m. The experiment was an entirely randomized block design with three replications. The salinity negative affects the castorbean growth and causes visual symptoms of toxicity, which had been characterized by burning of the edges and apex of leaves. With increasing toxicity symptoms intensity the leaves yellowed then dropped off. Castorbean is considered a moderately sensitive plant species to salinity and it has salinity threshold between 2,5 and 1,7 dS/m. It was seen that phosphorus increased in the castorbean roots while potassium of leaves decreased; the calcium and magnesium concentrations kept constant in the roots, and in the leaves calcium concentrated more. The zinc concentration was higher in the stem while cupper was higher in the roots. Iron and manganese concentrated more in the roots and the contents of sodium and chloride significantly increased, mainly of chloride, with increasing external salinity in all plant parts. The sodium and chloride concentrations were higher in the roots followed by leaves and stem.

WORDS KEY: castorbean, salt tolerance, hydroponics

SUMÁRIO

<i>LISTA DE TABELAS</i>	<i>ix</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>x</i>
<i>LISTA DE APÊNDICE</i>	<i>xi</i>
RESUMO.....	<i>xii</i>
ABSTRACT.....	<i>xiii</i>
<i>1 INTRODUÇÃO</i>	<i>1</i>
<i>2 OBJETIVOS</i>	<i>3</i>
<i>3 REVISÃO DE LITERATURA</i>	<i>4</i>
3.1 Cultura da mamona.....	4
3.2 Importância da mamona.....	6
3.3 Fisiologia da mamona.....	7
3.4 Sistema de produção e cultivares.....	8
3.5 O problema da salinidade.....	9
3.6 Qualidade da água para a irrigação.....	12
3.7 Efeitos da salinidade nas plantas.....	15
3.7.1 Considerações gerais.....	15
3.7.2 Efeito Osmótico.....	16
3.7.3 Efeito direto ou de toxicidade de sais.....	17
3.7.4 Efeito indireto ou de natureza nutricional.....	18
3.8 Tolerância das plantas a salinidade.....	19
3.8.1 Considerações gerais.....	19
3.8.2 Tolerancia das culturas a salinidade.....	20
<i>4. MATERIAIS E MÉTODOS</i>	<i>23</i>
4.1 Localização do experimento.....	23
4.2 Característica da cultivar de mamoneira.....	23
4.3. Tratamentos.....	24

4.4. Delineamento estatístico	25
4.5. Instalação e condução do Experimento.....	27
4.6. Variáveis analisadas.....	27
4.6.1. Durante a condução do experimento	27
4.6.2. Análise de Crescimento	28
4.6.3. Trocas Gasosas	28
4.6.4. Teores de nutrientes	29
4.6.5. Análises estatísticas	29
<i>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</i>	<i>30</i>
5.1. Efeito da salinidade no crescimento vegetativo da mamoneira	30
5.2. Trocas gasosas	36
5.3. Composição mineral	37
5.3.1 Teores de macronutrientes	37
5.3.2. Teores de micronutrientes	44
5.3.3. Teores de íons potencialmente tóxicos	48
<i>6 CONCLUSÕES.....</i>	<i>54</i>
<i>7. LITERATURA CITADA.....</i>	<i>55</i>
<i>8. ANEXO.....</i>	<i>73</i>

1. INTRODUÇÃO

A prática da irrigação nas regiões áridas e semi-áridas se torna indispensável devido à ocorrência do déficit hídrico para culturas na época seca (Gheyi *et al.*, 1997). Entretanto, nestas regiões é comum à ocorrência de fontes de água com elevados teores de sais que, antes de serem utilizadas na irrigação, devem ser avaliadas, principalmente sob os aspectos de salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. Muitas vezes sem considerar critérios técnicos pertinentes tem contribuído, de forma bastante expressiva, para o agravamento e também para a extensão deste problema. Portanto, nessas regiões, deve-se priorizar a utilização de plantas de uso diversificado, que apresentem características fisiológicas e bioquímicas (indicadores biológicos) compatíveis com o seu cultivo em áreas salinizadas e que, adicionalmente, possam servir como fonte de proteínas à alimentação animal e humana, contribuindo desta forma com o desenvolvimento da região Nordeste do Brasil.

Recentemente, especial ênfase tem sido direcionada ao cultivo da mamoneira; contudo, poucos são os resultados disponíveis na literatura sobre o real potencial desta cultura em se desenvolver e produzir quando cultivada em áreas salinizadas. A mamoneira é uma planta de origem tropical, possivelmente da Etiópia, leste da África, bastante resistente à seca e heliófita requerendo, pelo menos, 500 mm de chuvas para o seu crescimento e desenvolvimento e temperatura do ar entre 20 e 30°C, de preferência com altitude superior a 400m, para seu ótimo ecológico. O Nordeste, devido à oferta ambiental para esta cultura, com 406 municípios considerados aptos, sem restrições para seu cultivo.

A mamoneira (*Ricinus communis L.*) é uma planta cuja origem é, até agora incerta. Alguns a têm como asiática, outros como africana ou como planta nativa da América. O fato é que a mamona é mencionada desde a antigüidade. Alguns autores clássicos garantem que ela já era conhecida dos antigos egípcios, há mais de 4.000

anos e que estes já a tinham como planta milagrosa sendo igualmente usada na Índia para os mais diversos fins (Savy Filho, 1996).

No Brasil, são poucas as informações sobre a sua introdução, mas ela é conhecida desde os tempos coloniais quando, de seus frutos, era extraído o óleo para lubrificar os engenhos e mancais dos inúmeros engenhos de cana-de-açúcar. A maioria dos autores, entretanto, acredita que ela foi trazida pelos colonizadores portugueses, no primeiro século do descobrimento, sendo que sua adaptação às condições edafoclimáticas foi imediata, podendo ser encontrada, praticamente, em todo território nacional em estado subspontâneo (Fornanzieri Júnior, 1986).

Várias são as cultivares de mamoneiras disponíveis para o plantio em nosso país, variando em porte, deiscência dos frutos, tipo dos cachos e outras características. Para a agricultura familiar no Nordeste recomenda-se o uso de cultivares de porte médio (1,7 a 2,0m) e de frutos semi-indeiscentes, como a BRS 149 Nordestina e indeiscente como a Guarani, lançadas pela EMBRAPA. São de boa rusticidade, resistentes à seca e de boa capacidade de produção, média de 1.400 kg/ha de baga em condições de cultivo de sequeiro.

A salinidade dos solos e das águas é um problema de preocupação mundial. Admiti-se até que a queda da civilização da mesopotâmia foi conseqüência do aumento da salinização dos solos irrigados, entre os rios Tigres e Eufrates (Daker, 1988). A superfície da terra afetada pela salinidade, não está bem contabilizada, porém como exemplos existem mais de três milhões de hectares na Índia e cerca de 600 mil hectares na Turquia (Rosa, 1997).

Por tratar-se de uma cultura naturalmente vigorosa, de fácil propagação e que pode apresentar relevante importância social e econômica para o país, especialmente para o Nordeste e considerando os escassos estudos relacionados à utilização da mamoneira em solos salinos, fez-se necessário no presente estudo submeter essa cultura a diferentes níveis de salinidade.

2. OBJETIVOS

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), por apresentar capacidade de produzir satisfatoriamente sob condições de baixa precipitação é uma alternativa de grande importância para o semi-árido brasileiro, porém, atualmente tem sido estimulado o seu cultivo irrigado, uma vez que, em muitas situações, a irrigação é a única maneira de garantir a produção, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, predominante no Nordeste brasileiro.

Diante da carência de informações envolvendo salinidade em mamoneira, objetivou-se neste trabalho:

2.1. Avaliar e descrever os efeitos do estresse salino sobre o crescimento e composição química das folhas, caules e raízes de mamona cv. Nordestina;

2.2. Avaliar o potencial quantitativo de acumulação de íons (Na^+ e Cl^-), e suas interferências sobre a nutrição mineral.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura da mamona

A mamoneira pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Geraniales*, família *Euphobiaceae*, gênero *Ricinus* e espécie *R. communis* L. No Brasil, conhece-se a mamona sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira e palma-de-cristo; na Inglaterra e Estados Unidos pelos nomes de “castor beans” e “castor seed” respectivamente. Entre seus parentes mais próximos estão a mandioca, a borracha e o pinhão (Weiss, 1983).

As plantas desta espécie apresentam grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, porte, cor e teor de óleo nas sementes, etc. Pode-se, portanto, encontrar tipos botânicos com porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e caule verde, vermelho ou rosa, com presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diferentes tamanhos e colorações e diferentes teores de óleo (Savy Filho, 1996).

É um fitossistema de elevado nível de organização morfológico, com forte e penetrante sistema radicular, atingindo profundidades até três metros (Popova & Moshkin, 1986). Em regiões Semi-Áridas, a taxa de crescimento da raiz é maior que a parte aérea, o que demonstra que a planta fortalece primeiro o seu sistema de fixação e de absorção para que possa suportar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Isso acontece em menor grau nas áreas onde a precipitação atinge níveis razoáveis (Savy Filho 1996).

A mamoneira é basicamente uma planta de fotoperíodo de dia longo, porém, se adapta bem em outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com menos de 12 horas, mas, não menos que 9 horas, embora a partir deste limite o crescimento seja reduzido (Embrapa, 1997).

A distribuição geográfica da mamoneira é extensa, sendo encontrada em estado espontâneo ou cultivada, em quase todas as zonas tropicais e subtropicais. No Brasil é cultivada desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul, embora seja cultivada desde o paralelo 40° norte ao paralelo 40° sul, com intervalos de altitude de 300-1500m acima do nível do mar. Com características de cultura resistente à seca, a mamoneira expressa rendimento máximo com precipitação de 600-700mm distribuídas principalmente em seu estágio vegetativo. Há, no entanto, informações de boas produções obtidas na África do Sul, com precipitações pluviais de 370-500mm (Weiss, 1983).

Segundo Carvalho *et al.*, (2002) a mamona é cultivada comercialmente em mais de 15 países, o Brasil já foi um dos maiores produtores mundiais de mamona ao lado da Índia, de alguns países pertencentes à antiga URSS e da China e maior exportador de seu óleo, ao longo dos anos, a produção vem sofrendo forte queda, com vista de perdas de mercado no exterior.

A sua extraordinária capacidade de adaptação, a multiplicidade de aplicações industriais do seu óleo (derivados) e o valor de sua torta, como fertilizante e suplemento protéico, situa a mamona, entre as oleaginosas tropicais mais importantes da atualidade. Devido a esta importância, nos últimos anos, a cultura passou a ser encarada com maior rigor e critério (Fornanzieri Júnior, 1986).

O fato de não existir bons substitutos em muitas de suas aplicações do óleo da mamona, como também, pela sua versatilidade industrial, a demanda por esse óleo vem se expandindo bastante tanto no Brasil quanto em outros países industrializados. Os co-produtos da mamoneira têm amplo espectro de utilização, sendo usado na fabricação de tecidos de nylon, na siderurgia como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, pinturas e vernizes, perfumaria, cremes, cosméticos e saboarias. O óleo é considerado de grande valor como lubrificante de motores de grande rotação como no caso da aviação. Na medicina têm sido utilizado suas qualidades purgativas. A torta proveniente da extração do óleo é empregada na adubação (Azevedo *et al.*, 1997).

Acredita-se que com investimentos em tecnologia agrícola que estão sendo feitos por empresas envolvidas na obtenção e comercialização do óleo de mamona e seus derivados, o Brasil poderá voltar a crescer e competir no mercado nas próximas décadas.

3.2. Importância da mamona

Os principais produtos ou subprodutos da mamona de importância na agricultura são o óleo e a torta. O óleo da mamona é singular na natureza, possuindo propriedades químicas e físicas únicas, por ter um ácido graxo peculiar, o ricinoleico, que tem mais oxigênio do que os demais, devido ter uma hidroxila (OH) no carbono 12, além de ter uma dupla ligação estrategicamente posicionada no carbono 9 de sua cadeia de 18 carbonos. Estas particularidades permitem que o óleo da mamona seja o mais denso e viscoso de todos os óleos. Tem viscosidade dez vezes maior do que o óleo de girassol, por exemplo, sendo usado para a fabricação de mais de 800 produtos, com destaque para vidros a prova de bala lentes de contacto, batons, sabões metálicos, lubrificantes especiais para motores e reatores de elevada rotação, plásticos de elevada resistência, poliuretanas, entre outros. Ele tem 30 % a mais de lubricidade do que os demais óleos podendo substituir o enxofre, em 100 %, no diesel mineral, sendo assim um óleo especial e com mercado garantido no mundo moderno. (Embrapa, 2004)

O óleo pode ser extraído a partir da semente completa (sem descascar) ou da baga (semente descascada mecanicamente). O método utilizado para extrair o óleo pode ser prensagem, a frio ou a quente, ou extração por solvente, enquanto que a torta, um subproduto de seu óleo, é resultante da última prensagem onde esta é moída e transformada em farelo, rico em nitrogênio, e que tem grande capacidade de recuperação de solos com a fertilidade baixa, pois constitui-se num adubo orgânico nitrogenado de grande importância (sendo utilizada na base de duas a três toneladas por hectare). A torta também é utilizada como condicionador nas misturas fertilizantes e como ração animal: como alimento para animais somente pode ser utilizada depois de desintoxicada, por ser muito venenosa, principalmente na presença de ricina. Sendo o processo de desintoxicação bastante complexo e, muitas vezes, caro, as usinas de óleo preferem vender a torta apenas como fertilizantes. (Embrapa, 2004)

Mas não são apenas o óleo e a torta que têm aplicações ou que podem resultar em ganhos por parte dos produtores, uma vez que, da mamoneira, tem-se o aproveitamento completo da planta, pois suas folhas servem de alimento para o bicho da seda e, misturadas à folhagem, aumentam a secreção láctea das vacas. Sua haste, além de celulose própria para a fabricação de papel, fornece matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros. (Embrapa, 2004).

No nordeste a mamona está sendo considerada como mais uma importante alternativa para a geração de emprego e renda no campo, com o apoio efetivo do Governo do Estado. Na Paraíba a cultura da mamona abre perspectivas para 9.800 produtores rurais se beneficiarem do cultivo do produto numa área de 19.600 hectares distribuída em 49 municípios. Para incrementar o negócio, o Governo decidiu pela distribuição, através da Secretaria da Agricultura, de 137.200 quilos de sementes selecionadas de mamona das variedades BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina. O Governo do Estado também busca parcerias com empresas para implantar uma unidade de beneficiamento do grão da mamona, para que a cadeia produtiva se complete, evitando assim a ação do intermediário, do atravessador. Todo o processo tem um objetivo específico: que o agricultor tenha o apoio do Governo e tenha condições de produzir e de vender através da sua associação ou da sua cooperativa a uma indústria. (Embrapa, 2004).

3.3. Fisiologia da mamona

A mamona é considerada muito resistente à seca, não suportando solos alagados nem encharcados (Mazzani,1983; Weiss, 1983), além de colocada no grupo de espécies cultivadas muito sensíveis ao estresse salino e sódico tendo, como limite tolerável, 3,0 ds/m de condutividade elétrica na solução do solo (Ayers & Westcot, 1991). No zoneamento agroecológico dela para os Estados do Nordeste, Beltrão *et al.*, (2001) salientam que há mais de 400 municípios aptos ao seu cultivo em condições de sequeiro, ressaltando serem importantes para o seu melhor desempenho, temperaturas do ar, média anual, entre 20 e 30°C, precipitação pluvial média anual superior a 500 mm (5000 m³)/ha, e altitude de pelo menos 300m.

A mamona é uma planta de metabolismo fotossintético C3, de baixa eficiência no uso da água e do nitrogênio, heliofila, de fotoperiodismo longo, adaptando-se, porém, aos trópicos, com pelo menos 12 horas de luz/dia e não suporta nebulosidade, e temperaturas elevadas superiores a 35°C (Weiss, 1983).

As mamonas asselvajadas e os tipos rudimentares que apresentam frutos e sementes pequenos, com baixos teores de óleo, em geral menos de 25%, contra uma média de 45% nos tipos cultivados, ocorrem em quase todo o Brasil, em especial em terrenos baldios, lixões, solos próximos à beira do mar e até na areia do mar, sem apresentar sintomas de estresse salino, sódicos, nutricionais e de outros tipos,

evidenciando forte resistência aos diversos fatores potencialmente estressantes do ambiente.

Em geral, nas plantas superiores, 1,0 g de fitomassa ou biomassa, equivale a 17 KJ de energia, que corresponde a 0,4 g de carbono ou a 1,5 g de CO. No caso da mamona, em condições de cultivo de sequeiro no semi-árido brasileiro, pode-se produzir mais de 8,0 t de fitomassa, descontando-se a produção dita econômica, de sementes, de onde se extrai o óleo, ficando em média 30 % de casca de frutos no processo de beneficiamento (Embrapa, 2004)

A mamona possui um fitossistema de elevado nível de organização morfológico, com forte e penetrante sistema radicular, atingindo profundidades superiores a três metros, podendo chegar a até seis metros e considerada como sendo uma planta de elevada resistência à seca, e xerófila, porém sensível ao excesso de umidade por períodos prolongados, em especial na fase inicial e na fase de frutificação (Amorim Neto *et al.*, 2001; Popova & Moshkin, 1986; Hemerly 1981; Silva, 1981).

3.4. Sistemas de produção e cultivares

A mamona, planta da classe das dicotiledôneas, família das euforbiáceas, também chamada carrapateira, baforeira e baga, uma oleaginosa de relevante importância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais, sendo encontrada em estado nativo em várias regiões do Brasil. Depois de industrializadas, suas sementes dão origem à torta e ao óleo de mamona que, entre as diversas utilidades, são empregados na indústria de plásticos, siderurgia, saboaria, perfumaria, curtume, tintas e vernizes, além de ser excelente óleo lubrificante para motores de alta rotação e carburante de motores a diesel. A tecnologia utilizada no cultivo desta espécie tem evoluído pouco.

Basicamente, podem-se definir dois tipos de sistemas de produtivos. Um primeiro sistema que não se utiliza mecanização e nem de insumos modernos, tais como sementes melhoradas, defensivos, fertilizantes etc., a cultura assumindo, porém, papel social de grande relevância, a partir da exploração de pequenas áreas por forças de trabalho familiares, sempre em regime de consórcio com milho e feijão. Um segundo sistema assume caráter mais comercial, com participação de tração mecânica e utilização de insumos modernos. Em função do cultivar, a mamoneira pode atingir a

altura de 1,8m até mais de 5m bem como pode variar a cor da folha e caule, o tamanho da semente e os componentes do óleo.

Possui raízes laterais e uma pivotante que chega a 1,5m de profundidade, caule redondo, liso, esverdeado ou roxo (dependendo da cultivar) e coberto com cera, folhas grandes de coloração verde-escuro, com 5-11 lóbulos, flores em panícula (cacho) terminal, com flores masculinas, femininas e hermafroditas, com viabilidade de pólen por uma semana.

Os cultivares de mamoneira para o plantio são classificados segundo seu porte e o grau de deiscência (abertura) do fruto maduro. Quanto ao porte: anão, com porte até 1,8m; médio, com porte entre 1,8-2,5m; alto, entre 2,5-5,0m. Quanto à deiscência do fruto: deiscente, com abertura total; semideiscente, com abertura parcial; indeiscente, sem abertura do fruto.

A mamoneira é uma planta de clima tropical e subtropical. Não suporta geadas, ventos fortes freqüentes e nebulosidade. A temperatura ideal para seu cultivo gira em torno de 20-26°C, com índice de precipitação pluviométrica entre 600-700mm/ano (mínimo de 400mm) e dias longos (com 12h de duração, no mínimo).

3.5. O problema da salinidade

A salinização do solo tem origem na sua formação uma vez que o mesmo é produto da intemperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de vários fatores, tais como o clima, a topografia, os organismos vivos e o tempo (Brady & Buckman, 1983).

Freqüentemente, os problemas de salinidade têm sido associados com a água de irrigação e com a presença de lençol freático elevado e não controlado. Entretanto, os ventos, as chuvas e as inundações provocadas pelas águas do mar têm, também, originados problemas de salinidade em várias partes do mundo (Van Alphen & Verhoeven, 1983).

Para Bohn *et al.*, (1985), as três principais fontes naturais de sais do solo são; o intemperismo mineral, a precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes de ambiente marinhos e lacustres), sendo que os sais também podem ser adicionados ao solo através das atividades humanas, incluindo o uso da água de irrigação.

Os solos salinos se desenvolvem em consequência do acúmulo gradativo de sais. Os sais mais freqüentes são formados por cátions de cálcio, magnésio, sódio e ânions de cloreto e sulfato; também, com menos freqüência, nesses solos, encontram-se outros íons como potássio, carbonatos, bicarbonatos e nitratos.

Para Pizarro (1985), o principal efeito da salinidade sobre os solos consiste em sua ação sobre a estrutura. Essa propriedade é função da floculação dos colóides e da cimentação dos mesmos na forma de agregados, fazendo com que os efeitos da salinidade sejam mais pronunciados quanto mais argilosos for solo.

Outro efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo relaciona-se com a diminuição da disponibilidade da água. De acordo com Russo & Bresler (1980), em solos cuja estrutura tenha sido modificada pela sodicidade e/ou ausência de íons em solução, a tendência é armazenar mais água quando exposto aos mesmos níveis de potencial matricial. Lima *et al.*, (1990), estudando os efeitos da sodicidade e da concentração de sais sobre um solo argiloso, observaram aumento na água retida quando o solo era exposto a uma maior concentração de sódio na fase trocável e/ou menor concentração de sais na solução.

No solo a salinidade progride quando a quantidade de sais que nele é incorporada pela a água de irrigação torna-se maior que a quantidade removida pela a 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 tipos de sais nela presentes (Richards, 1954).

Segundo Santos & Hernandez (1997), a salinidade do solo é afetada pelas características de retenção de água, freqüência de irrigação, fração de lixiviação, e qualidade da água de irrigação. O controle da salinidade constitui um aspecto importante do uso seguro da irrigação com água de moderada salinidade. Isto requer uma compreensão de como os sais afetam as plantas e degradam os solos, de como os processos hidrológicos afetam o acúmulo de sais e de como as atividades de irrigação e cultivo afetam o solo.

Intensa evaporação e a drenagem inadequada tem provocado problemas de salinidade nos solos, reduzindo a germinação, a densidade, o crescimento e o desenvolvimento das culturas interferindo, com isto, na sua produtividade, e nos casos mais sérios leva a planta à morte (Silva & Pruski, 1997). Várias tecnologias tem sido utilizadas para produzir economicamente em condições de salinidade, dentre elas

destaca-se o uso de culturas e cultivares consideradas tolerantes a salinidade (Ferreira Neto, 2001).

Salinidade é um termo que qualifica uma situação de excesso de sais solúveis no solo ou no ambiente radicular onde as plantas estão crescendo. No mundo, os maiores problemas de salinidade ocorrem em regiões áridas e semi-áridas, associados, na maioria dos casos, com a agricultura irrigada. Em nível global, estima-se que cerca de 30 milhões de hectares da área total irrigada (237 milhões de hectares) estejam severamente afetados por sais. Além disso, as perdas de terras decorrentes da má irrigação, em consequência da salinização, são cerca de 1,5 milhão de hectares anualmente, segundo dados da FAO, citados por Oliveira (1997).

Uma grande parcela dos solos do Nordeste do Brasil, em especial aqueles localizados em regiões de clima semi-árido e na faixa litorânea, apresentam uma forte tendência a serem afetados por excesso de sais solúveis. O acúmulo de sais afeta tanto as propriedades físicas como as propriedades químicas do solo. De forma geral, as propriedades químicas dos solos salinizados são determinadas pelo tipo e pela quantidade dos sais presentes. Em solos de regiões semi-áridas que não apresentam problemas de excesso de sais, freqüentemente, os íons de Ca^{2+} e Mg^{2+} são os principais cátions existentes tanto na solução quanto no complexo de troca. Porém, a irrigação com águas de baixa qualidade nestes solos promove a acumulação de outros sais solúveis e, com freqüência, o sódio passa a ser o cátion predominante (Bolt, 1978).

Os problemas da agricultura associados aos solos salinos e/ou aos solos sódicos podem ser atribuídos a distúrbios tanto na absorção de água como na absorção de nutrientes pela planta (Ball *et al.*, 1985). Assim, em razão da presença de uma barreira semipermeável em relação à absorção de água pelas raízes, valores mais negativos de potencial osmótico na solução do solo tendem, contudo, a dificultar a absorção de água pelas raízes (Papp *et al.*, 1984). Por outro lado, os distúrbios provocados pela salinidade na nutrição da planta são, primariamente, devido à existência de um desfavorável balanço iônico no complexo sortivo do solo (Terry & Waldron, 1985).

Em solos salinos e, principalmente, em solos salino-sódicos, o íon Na^+ assume uma posição dominante, a qual adversamente pode afetar a absorção de outros cátions (Blumwald *et al.*, 1983). Ademais, menções podem ser feitas com respeito ao efeito de certos íons tóxicos à planta, a exemplo do boro, além de altas concentrações do íon cloreto (Bolt, 1978). No caso especial dos solos alcalinizados,

os altos valores de pH causados pela presença de carbonatos dissolvidos afetam fortemente a solubilidade de muitos íons, particularmente certos micronutrientes e fosfatos, tornando-os indisponíveis às plantas (Bolt, 1978). Essas condições, por sua vez, limitam severamente o crescimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade agrícola (Boyer, 1982) tanto em espécies halófitas quanto em espécies não halófitas (Brugnoli & Lauteri, 1991).

Em plantas não halófitas, a exemplo da algarobeira, a taxa de crescimento é bastante reduzida mesmo em baixos níveis de salinidade (Fougère *et al.*, 1991). Contudo, há ainda uma larga variabilidade entre elas oscilando de extremamente sensíveis até espécies altamente tolerantes à salinidade (Greenway & Munns, 1980). A redução no crescimento, induzida pela salinidade, é uma consequência de várias respostas fisiológicas da planta dentre as quais se incluem modificações no balanço iônico, status de água, comportamento estomatal, eficiência fotossintética, alocação e assimilação de carbono, e nutrição mineral, principalmente com relação à absorção e à assimilação de nitrogênio (Greenway & Munns, 1980; Munns & Termaat, 1986).

De acordo com Rao & Gnanam (1990), a redução assimilatória do nitrato tem assumido importância central em plantas expostas à salinidade ou a outras formas de estresse ambiental. O nitrato é a principal forma de nitrogênio disponível para as culturas em condições normais de campo, sendo a produtividade das plantas largamente influenciada pela aquisição e redução deste íon nutriente e por sua incorporação em aminoácidos e proteínas (Beevers & Hageman, 1993). Assim, em vista da reduzida produtividade das culturas agrícolas em condições de salinidade, tanto a absorção como a assimilação de nitrato constituem processos importantes em plantas expostas às condições salinas ou, ainda, a outras modalidades de estresse (Krishna & Gnanam, 1990). Desta forma, parece correta a sugestão de que uma acentuada sensibilidade da planta às variações induzidas pela salinidade tanto na absorção quanto na assimilação de nitrato levam, como resposta, a mais severas consequências dos efeitos induzidos pela salinidade sobre o crescimento da planta (Viégas *et al.*, 2004).

3.6. Qualidade da água para a irrigação

A água é essencial aos seres vivos e fator de fundamental importância à produção de alimentos. A prática de irrigação, em muitas situações, é a única maneira

de garantir uma produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é caso do Semi-Árido brasileiro, onde há deficiência hídrica às plantas, devido a taxa de evapotranspiração ser maior que a de precipitação, durante maior parte do ano. Nessas áreas sem um manejo adequado de irrigação a salinização do solo é inevitável (Holanda & Amorim, 1997).

A agricultura irrigada depende tanto da qualidade como da quantidade da água; no entanto, o aspecto de qualidade tem sido desprezado devido ao fato que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como os antigos que requerem águas adicionais, há que se recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve-se existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível de águas, de acordo com sua qualidade (Ayers & Westcot, 1999).

A qualidade da água de irrigação é determinada pela composição e concentração de substâncias ou solutos dissolvidos, destacando-se como principais: os cátions cálcio, magnésio e sódio e os ânions, bicarbonato, sulfato e cloreto, enquanto o boro, flúor e nitrato estão usualmente, presentes em pequenas concentrações. Pequenas quantidades de carbonatos e de outros constituintes menos importantes, são encontradas em muitas águas. As concentrações de diversos íons mostram grandes variações, mas devido a baixa solubilidade de carbonatos de cálcio e magnésio, de sulfatos de cálcio, sódio e cloretos, freqüentemente predominam nas águas mais salinas (Wilcox & Durum, 1967).

Toda água, superficial ou subterrânea, contém sais dissolvidos. Os sais são adicionados às águas por meio de produtos solúveis do intemperismo das rochas e da erosão proveniente da precipitação pluvial e das águas em escoamento. Os tipos e concentrações dos sais dependem do meio ambiente, do movimento e da fonte da água. Os sais são encontrados, geralmente em maiores proporções em águas subterrâneas que em águas superficiais, devido a maior exposição dos estratos geológicos aos materiais solúveis. Os sais solúveis encontrados nas águas subterrâneas originam-se primordialmente da dissolução dos minerais presentes nas rochas. Nas áreas que reabastecem grandes volumes de águas subterrâneas, tais como as correntes aluviais ou de áreas de recarga artificial, a qualidade da água superficial de infiltração tem efeito marcante nas águas subterrâneas. Mesmo as águas de chuvas

que infiltram no solo contêm concentrações mínimas de sais retiradas da atmosfera (Andrade & Lopes, 2000).

Os estudos de Leprun (1983); Laraque (1989), mostram que no Nordeste brasileiro, as águas normalmente utilizadas nas irrigações, apresentam na maioria das vezes, concentrações totais de sais na faixa de 1 a 30 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ (condutividade elétrica na faixa de 0,1 a 3,0 dS m^{-1}).

Em estudos realizados por Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995), durante o período de 1988 a 1992, sobre a qualidade de água usada na irrigação em 95 pequenas propriedades localizados nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, e Ceará, foi verificada uma semelhança de aproximadamente 78% na composição química das águas analisadas, com predominância para o cloreto e o sódio, com condutividade elétrica (CE) variando entre 0,25 a 1,50 dS m^{-1} , sendo praticamente iguais as concentrações de cálcio e magnésio.

Os parâmetros básicos de avaliação da qualidade de água para irrigação estão na TABELA 1: acidez (pH), condutividade elétrica (CE_a), cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, boro, total de sólidos dissolvidos (TSD) e relação de adsorção de sódio (RAS), acompanhados dos respectivos símbolos e unidade internacionais adotadas.

Tabela 01. Principais atributos usados na avaliação da qualidade da água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade
Acidez	pH	
Condutividade elétrica	CE_a	dS m^{-1} (25 °C)
Cálcio	Ca	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Magnésio	Mg	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Sódio	Na	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Potássio	K	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Cloreto	Cl	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Sulfato	SO_4	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Carbonato	CO_3	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Bicarbonato	HCO_3	$\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$
Nitrogênio	$(\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{NO}_2)$	mg L^{-1}
Boro	B	mg L^{-1}
Relação de adsorção de sódio	RAS	$(\text{mmol L}^{-1})^{1/2}$

Dentre as diversas proposições para classificação da água de irrigação, destacam-se: Richards (1954) e Ayers & Westcot (1999). Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água, próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso não ocorre, os referidos autores sugerem que seja utilizada a proposição da University of Califórnia

Committee of Consultants (UCCC), citada por Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954). As referidas propostas para classificação encontram-se nas TABELAS 02 e 03.

Tabela 02. Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC *	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1999)	
	Faixas de CE_a ($dS\ m^{-1}$)			Faixas de CE_a ($dS\ m^{-1}$)	Problema de salinidade
C ₁	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C ₂	0,25 – 0,75	0,75 – 1,50	Médio	0,7 – 3,0	Moderado
C ₃	0,75 – 2,25	1,50 – 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C ₄	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

- University of Califórnia Committee of Consultants Fonte: (Holanda & Amorim, 1997; Ayers & Westcot 1999).

Tabela 03. Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS ($mmol\ L^{-1}$) ^{1/2}	Grau de restrição		
	Nenhum	Ligeira e moderada	Problemas severos
	----- CE_a ($dS\ m^{-1}$) -----		
0 – 3	> 0,7	0,7 – 0,2	< 2,0
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 & Westcot (1999).

3.7. Efeitos da salinidade nas plantas

3.7.1 Considerações Gerais

Em geral, após cada irrigação, os sais solúveis, que são adicionados ao solo juntamente com a água aplicada, vão se concentrando na solução do solo, à medida que as plantas extraem grande parte da água armazenada na zona radicular para os seus processos vitais, através da transpiração, deixam para trás quase todos os sais, (Rhoades, 1972; Kramer, 1973; Rhoades & Loveday, 1990; Ayers & Westcot, 1991; citados por Amorim 1994).

Os efeitos da salinidade sobre a planta refletem-se em alterações no potencial osmótico na toxicidade dos íons e no desequilíbrio da absorção de nutrientes essenciais (Greenway & Munns, 1980).

O efeito principal da salinidade é de natureza osmótica, podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade refere-se ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST) com danos nas propriedades físico-químicas do solo, provocando problemas de infiltração. Em alguns casos, o efeito iônico pode se manifestar na forma de desequilíbrio nutricional (Holanda & Amorim, 1997)

Segundo Ayers & Westcot (1999), os efeitos tóxicos acontecem quando a planta absorve com a água certos sais ou íons que, em excesso, podem ser acumulados em níveis prejudiciais nas folhas durante a transpiração e, freqüentemente, acompanham ou complicam os problemas de salinidade e ou de permeabilidade, podendo aparecer mesmo quando a salinidade é baixa. Para Maas (1984), a absorção foliar acelera a velocidade de acumulação dos íons tóxicos da planta, sendo muitas vezes, a principal fonte de toxidade.

Os efeitos dos sais sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água salina por esta, pela interferência dos sais nos processos fisiológicos, ou mesmo por toxidez similar àquela decorrente de adubações excessivas (Lima, 1997).

As plantas tolerantes à salinidade são designadas como halófitas e sua tolerância podem atingir até cerca de 15g L^{-1} de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto e o sódio em altas taxas, os quais se acumulam nas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (Lauchli & Epstein, 1984).

3.7.2 Efeito Osmótico

A água e os nutrientes nela dissolvidos são absorvidos do solo pelas plantas, através dos pêlos absorventes da raiz, de certo modo, pelo processo físico de osmose. Assim, a água pode mover-se do solo para dentro da raiz, enquanto o potencial osmótico nas células dos pêlos absorventes for menor do que àquele do solo (Follet *et al.*, 1981 citado por Amorim, 1994).

As plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são maiores que a força de retenção da água, exercido pelo solo. À medida que a água é extraída do solo, as forças que retém a água restante tornam-se maiores e

quando a água do solo é retida com força superior as forças de extração, iniciam-se o estado de escassez na planta (Ayers & Westcot 1999).

Segundo Menguel & Kirkby, (1987), quanto mais aumenta a concentração salina da solução do solo, mais diminui o seu potencial osmótico. E, assim, chega a um determinado ponto em que as células das raízes das plantas não tendo a força de sucção suficiente para vencer o elevado potencial osmótico da solução ambiente, não podem mais absorver água do solo e, então, morrem; a menos que sejam capazes de ajustarem osmoticamente através da acumulação de solutos (sais) inorgânicos ou fotossintetizados.

Para Rhoades *et al.*, (2000), o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce, em geral, efeitos nocivos ao crescimento. A hipótese que melhor explica esse fato é que a salinidade excessiva reduz o crescimento por causa do aumento da energia que é gasta pelas plantas na absorção de água do solo e no ajustamento osmótico celular para sobreviverem e produzirem em condições de estresse.

Quando a extração de água pelas raízes é reduzida, as plantas diminuem o seu crescimento, chegando até a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem, como por exemplo, murchamento, coloração verde-azulada escura e folhas com maior espessura (Ayers & Westcot, 1999).

3.7.3 Efeito direto ou de toxicidade de sais

Segundo Smedema & Ricroft (1988), citados por Viana, (2000), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de íons na solução do solo a causa da toxicidade, ao que supõe, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou um ânion específico ou composição salina desfavorável.

A toxicidade é, normalmente, provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, entretanto muitos outros oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações. Estes efeitos acontecem quando as plantas absorvem expressivas quantidades de sais do solo juntamente com a água permitindo que haja toxidez. Este excesso pode promover desbalanceamento e danos ao citoplasma resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões um maior acúmulo de sais, translocados do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais.

É recomendável, portanto, manter baixos os níveis de salinidade no solo durante o plantio. Também é importante lembrar que os dados gerados pelas pesquisas e publicados na literatura foram obtidos, em sua maioria, de parcelas de irrigação por inundação ou gotejamento. Por essa razão, é preciso considerar que outros métodos como aspersão, por exemplo, pode conduzir danos maiores uma vez que as folhas também absorvem os sais, reduzindo a produtividade ou mesmo apresentando aspectos negativos para o mercado, por exemplo, a uva se torna esbranquiçada por precipitados químicos oriundos da evaporação da água aspergida sobre as plantas (Lima, 1997).

Para Maas (1984), a absorção foliar acelera a velocidade de acumulação dos íons tóxicos da planta, sendo, muitas vezes, a principal fonte de toxicidade. Em geral, os danos nas culturas sensíveis ocorrem a concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas das folhas e/ou clorose na área internevral. Se a acumulação de íons chegar a ser suficientemente elevada, haverá, como consequência, uma redução significativa nos rendimentos. As culturas anuais são mais tolerantes e, por conseguinte não são afetados por concentrações baixas desses elementos, por outro lado, todas as culturas sofrerão danos e chegarão a morrer, se as concentrações forem suficientemente altas (Ayers & Westcot, 1999).

3.7.4 Efeito indireto ou de natureza nutricional

Em determinadas condições de salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas capazes de se constituir num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (Cruciani, 1987).

De acordo com Gheyi *et al.*, (1991), o excesso de um determinado íon poderá provocar deficiência de outro devido a sua precipitação ou inibição (por exemplo, o excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso do íon. Outro exemplo desse tipo de problema poderá ser o efeito do sódio trocável no solo, provocando condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, sobretudo, para o sistema radicular.

O sódio, apesar de não ser essencial para as plantas, quando em concentrações adequadas, pode favorecer o cultivo de algumas hortaliças, especialmente a beterraba, aipo, acelga e nabo (Richards, 1954; Daker, 1988). Outra observação é que, para algumas culturas anuais, a toxicidade do íon sódio manifesta-se muito mais por efeito em deficiência do cálcio resultado de complexas interações entre esses íons (Ayers & Wescot, 1999).

Segundo Bernstein (1958), citado por Amorim (1994), as plantas requerem certos elementos minerais para seu crescimento normal e os absorve do solo, principalmente, na forma de sais solúveis; porém concentrações de sais excessivas são prejudiciais. Por isso, o grau em que esses íons se encontram em excesso na solução do solo (sais solúveis) ou na fração trocável (sódio), representa uma medida do problema de salinidade (Reeve & Fireman, 1967).

3.8. Tolerância das plantas a salinidade

3.8.1 Considerações Gerais

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, cuja diferença deve-se, quase sempre, a melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm o que permite a planta absorver, mesmo em condições de salinidade elevada, suficiente quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância da planta que se cultivam (Ayers & Westcot, 1999).

A salinidade afeta o crescimento e, conseqüentemente, a produção das culturas. Os efeitos dos sais sobre as plantas superiores podem ser causados pela diminuição na permeabilidade da água no sistema radicular, antecipando diariamente o fechamento dos estômatos, fenômeno conhecido como “seca fisiológica”, resultando em menor taxa fotossintética. Os sais podem causar toxidez similar àquela da adubação excessiva e alterar o metabolismo do sistema radicular reduzindo a síntese e/ou, translocação de hormônios sintetizados neste órgão da planta, os quais

são necessários ao metabolismo foliar. Como resultado, o crescimento das folhas é retardado (Romero & Oliveira, 2000).

Segundo Richards (1954), a tolerância das culturas à salinidade poderá ser avaliada mediante três critérios.

- capacidade para sobreviver em solos salinos;
- rendimento obtido em solos salinos;
- rendimento da cultura relativo em solos salinos comparados aos obtidos em solos não salinos sob condições de manejo semelhantes.

A tolerância à salinidade pode, em algumas culturas, alcançar valores de 8 a 10 vezes à tolerância de outras. A amplitude dessa tolerância relativa permite maior uso das águas de salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas consideradas adequadas para irrigação (Ayers & Westcot, 1999).

A capacidade dos vegetais superiores em se desenvolverem satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores interligados, com destaque para a constituição fisiológica da planta e, também o seu estágio de crescimento (Brady & Buckman, 1983). Segundo Silva (1983) espécies de crescimento lento, são mais tolerantes aos sais do que as de crescimento rápido.

Portanto, é imprescindível, que se conheça a tolerância de diferentes espécies e cultivares a salinidade, afim de que se possa optar pelo cultivo daquelas que propiciarão as maiores produções com menor consumo de água para lixiviação, como medida a viabilizar a utilização de água de salinidade moderada para irrigação, sobretudo, em condições de Semi-Árido onde grande parte da água disponível à irrigação contém teores relativamente altos de sais solúveis (Viana, 2000).

3.8.2 Tolerância das culturas a salinidade

Plantas muito sensíveis a salinidade também absorvem água do solo juntamente com os sais permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Este excesso provoca desbalanceamento e danos ao citoplasma resultando em danos principalmente nas bordaduras e no ápice das folhas, a partir de onde, a planta perde por transpiração quase que tão somente água, havendo nessas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta, e obviamente intensa toxidez de sais. Essas plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na

absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico necessário e sofrem com decréscimos de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico por osmose. (Lima, 1997).

Ayers & Westcot (1999), apresentaram resultados de pesquisas sobre tolerâncias de algumas culturas à salinidade do extrato de saturação do solo (CE_{es}), onde houve uma redução de 50% sobre a germinação, a qual, pode ser relacionada por cultura e CE_{es} na seguinte ordem; cevada, algodoeiro, beterraba açucareira, sorgo, cártamo, trigo, beterraba, alfafa, tomateiro, arroz, repolho, melão, milho, alface, cebola, e feijão, respectivamente para os valores: 16 a 24; 15,5; 6 a 12,5; 13; 12,3; 14 a 16; 13,8; 8 a 13,4; 7,6; 18; 13; 10,4; 21 a 24; 11,4; 5,6 a 7,5 e 8 $dS\ m^{-1}$. Neste mesmo trabalho os autores acrescentaram que a salinidade na camada superficial do solo, superior a 4 $dS\ m^{-1}$ inibe e retarda a germinação de sementes e o crescimento inicial das plantas.

A tolerância das culturas aos sais é, convenientemente, expressa em termos de salinidade média da zona radicular, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento, denominado de salinidade limiar (SL), expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; conseqüentemente, nesse nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (Ayers & Westcot, 1999).

Segundo Maas (1984), as culturas quanto a sua tolerância relativa à salinidade podem ser classificadas conforme a TABELA 04.

Tabela 04. Classificação da tolerância relativa à salinidade.

Grupo de tolerância relativa	Salinidade Limiar – SL ($dS\ m^{-1}$)
Sensíveis	<1,3
Moderadamente sensíveis	1,3-3,0
Moderadamente tolerantes	3,0-6,0
Tolerantes	6,0-10,0
Não adequa a maioria das culturas	>10,0

Fonte:Ayers & Westcot (1999)

Pomier & Brunin (1974), citados por Ferreira *et al.*, (1997), estudando o efeito da irrigação sobre a produção de um coqueiral plantado em areia grossa, cuja salinidade era metade daquela da água do mar, concluíram que tal procedimento não fora prejudicial ao coqueiro cultivado naquele tipo de solo, tendo, ao contrário, contribuído significativamente para o aumento da produção.

No caso do cajueiro anão-precoce, Carneiro (2001) estudando o efeito da condutividade elétrica da água (CE_a) variando de 0,7 a 2,8 $dS\ m^{-1}$, relata que a fitomassa da parte aérea aos 50 dias após a semeadura (DAS) decresceu 5,35% por aumento unitário da CE_a . Gurgel (2001), estudando o efeito da salinidade na acerola,

também constatou que a FPA foi afetada significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, com decréscimo linear de 13,15% por aumento unitário da CE_a .

Em relação à cultura da mamona, são poucos os dados na literatura com relação à resposta desta cultura à salinidade, mas segundo (Cavalcanti, 2003) a porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) em função de CE_a de irrigação e de diferentes proporções de sais nas águas estudadas; não foram afetados. Isto é, durante a fase de germinação essa cultura apresentou resposta semelhante aos diferentes tratamentos.

Os resultados referentes à tolerância de plantas a elevados níveis de salinidade devem ser analisados e interpretados adequadamente antes de serem aplicados na prática. Os critérios de avaliação podem envolver mecanismos morfológicos (folhas mortas, redução em peso de matéria seca da parte aérea ou grãos), e mecanismos fisiológicos (Fageria & Gheyi, 1997).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de outubro a novembro de 2006, pertencente ao Departamento de Ciências do Solo, Centro de Ciências Agrárias na Universidade Federal do Ceará (UFC), com altitude de 47m, latitude Sul 3° 44' 35'' e longitude Oeste 38° 34' 33''. No interior da casa de vegetação foi registrado ao longo do experimento, temperatura média de 29°C.

4.2. Característica da cultivar

Foi utilizada uma cultivar de mamoneira (BRS 149 Nordestina A). As sementes foram fornecidas pelo Departamento da Fitotecnia, UFC, Fortaleza - CE. As características da cultivar encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 05. Características das cultivar de mamona BRS 149 – Nordestina.

Características	Nordestina
Origem	Seleção individual com teste de progênes, na variedade local Baianita
Ano de lançamento	1998
Ciclo médio / dias	250
Produtividade ¹ / kg / ha	1.500
Potencial produtivo	4.000
Florescimento do 1º cacho ² / dap	50
Maturação do 1º, 2º e 3º cacho ² / dap	100 - 200 - 250
Formato do cacho	Cônico
Deiscência dos frutos	Semi-deiscentes
Cor da semente	Preta
Peso de 100 sementes / g	68
Forma de colheita	Manual parcelada
Altura da planta / m	190
Cor do caule	Verde com cera
Teor de óleo ³ / %	48,90

¹ Nas condições semi-áridas do Nordeste em anos normais de precipitação pluvial

² Dap = dias após o plantio

³ Dados médios de experimentos.

4.3. Tratamentos

Foram utilizados 10 tratamentos de salinidade que consistiram em soluções nutritivas com condutividade elétrica (CE) de: 1,7; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 12,5 e 15,0 dS/m. As concentrações de NaCl aplicada em mmol . L⁻¹ encontram-se na TABELA 06.

Para preparação dos tratamentos tornou-se como base a solução nutritiva de 80; 4,1; 75; 24; 7,2 e 12 mg/L de N, P, K, Ca, Mg e S preparados com NH₄NO₃; KNO₃; KH₂PO₄; CaCl₂; MgSO₄7 H₂O e de 1,2; 1,1; 0,4; 0,2; 0,03; e 0,01 mg/l de Fe, Mn, Zn, B, Cu e Mo sendo como fontes de Fe- EDTA, MnSO₄4 H₂O, Zn SO₄7 H₂O, H₃BO₃, Cu SO₄5 e Na₂MoO₄2H₂O preparado com água da CAGECE, cujas características encontram-se na TABELA 07. A solução nutritiva manteve-se

constante e adicionou-se doses crescentes de NaCl até atingir a CE desejada, de acordo com os tratamentos.

Tabela 06. Tratamentos utilizados no experimento mamona cv. Nordestina.

Tratamento	CE	NaCl
	-----dS/m-----	-----mmol . L ⁻¹ -----
1	1,7	0,00
2	2,5	8,30
3	3,0	14,00
4	4,0	26,70
5	5,0	32,50
6	6,0	49,16
7	7,5	79,16
8	9,0	99,15
9	12,5	113,33
10	15,0	137,80

Tabela 07. Resultados da análise da água de abastecimento (CAGECE), utilizada na solução nutritiva da cultivar de mamona.

CE	pH	Cátions					Anions		RAS
		Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ³⁻	CO ³⁻	
dS/m	 mmol/L		
0,64	7,1	1,0	1,6	3,3	0,3	5,0	1,3	0,0	2,93

4.4. Delineamento estatístico

O experimento seguiu um delineamento, inteiramente casualizado, correspondendo, para cada tratamento em disposição 1 x 10 (cultivar x 10 tratamentos) com três repetições por tratamento, formando assim 10 tratamentos e 30 unidades experimentais.

4.5. Instalação e condução do Experimento

Na instalação do experimento, sementes de mamona da cultivar foram superficialmente esterilizadas em uma solução de hipoclorito de sódio 5% (v/v). E em seguida as sementes foram embebidas com água destilada para retirada do excesso da substância esterilizante. Após 06 horas de embebição, as sementes foram colocadas para germinarem, em uma profundidade de 2,0 cm, em copos plásticos, contendo a vermiculita como substrato. FIGURA 01.

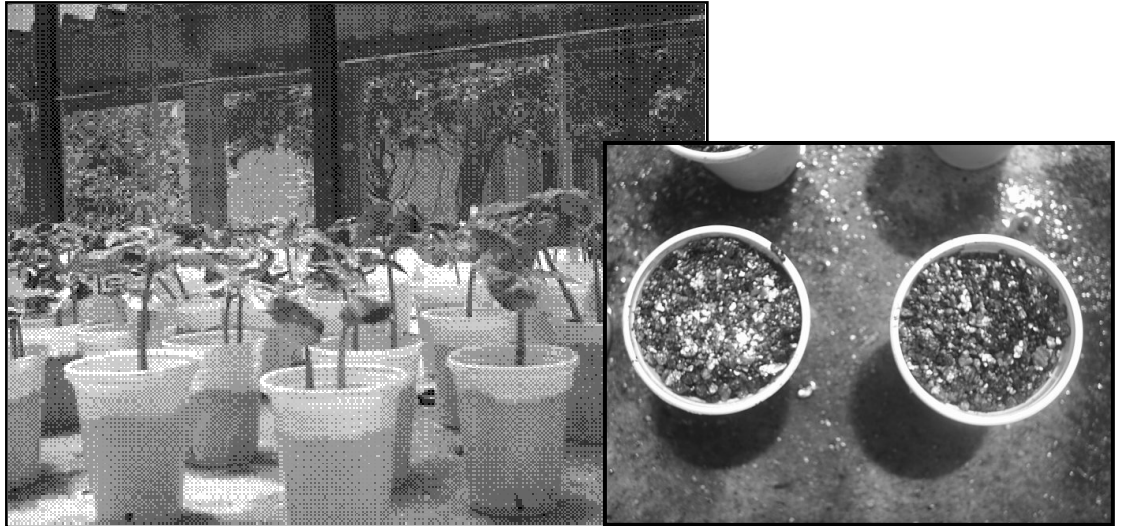


Figura 1. Semeio com vermiculita.

As irrigações foram diárias até as plantas jovens completaram 20 dias (aproximadamente 20 cm de altura), onde foram transferidas para bandejas de polietileno para adaptação ao meio hidropônico (FIGURA 02) contendo a Solução Nutritiva, continuamente aerada. Após o período de aclimação (15 dias) foram escolhidas plantas uniformes e transferidas para vasos com capacidade de 8L. O pH da solução nutritiva foi mantido em $\pm 5,5$, mediante adição de KOH ou HCl 0,1M. FIGURA 03.

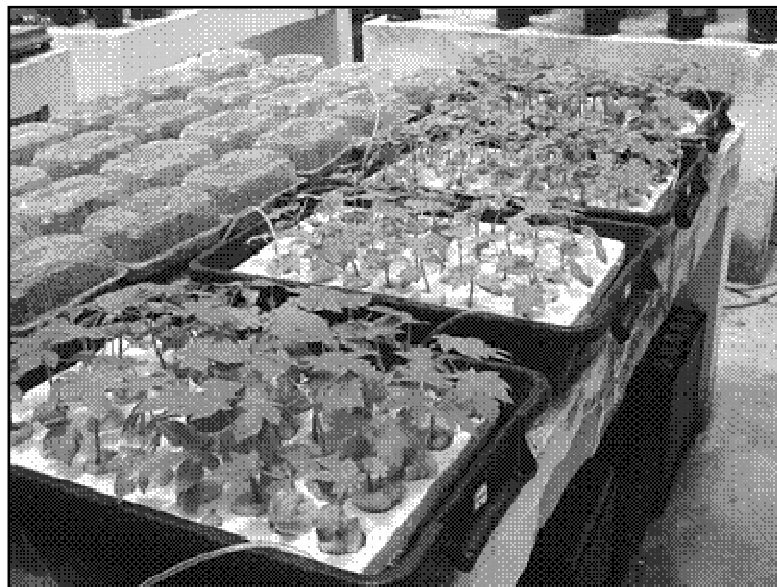


Figura 2. Período de Aclimação.

Durante o período experimental o pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente e, quando necessário, ajustado para o nível desejado ($5,5 \pm 0,2$) com auxílio de KOH ou HCl 0,01 M; nesta ocasião, o volume da solução nutritiva de cada vaso foi elevado para o original (8L) com água de torneira (CE: 0,64 dS/m). A troca da solução nutritiva, correspondente a cada tratamento, foi feita em intervalos de oito dias como forma de manter mínimas as variações na sua concentração elementar. Foram avaliados ao fim do experimento transpiração e área foliar das plantas de mamoneira. No final do experimento, as folhas foram coletadas, o caule foi separado das raízes na altura da cicatrização das folhas cotiledonares. O material vegetal foi secado em estufa (65 °C), até peso constante, moído, passado em peneira com abertura de malha de 200 “mesch” e, subsequente, armazenado para análises químicas.

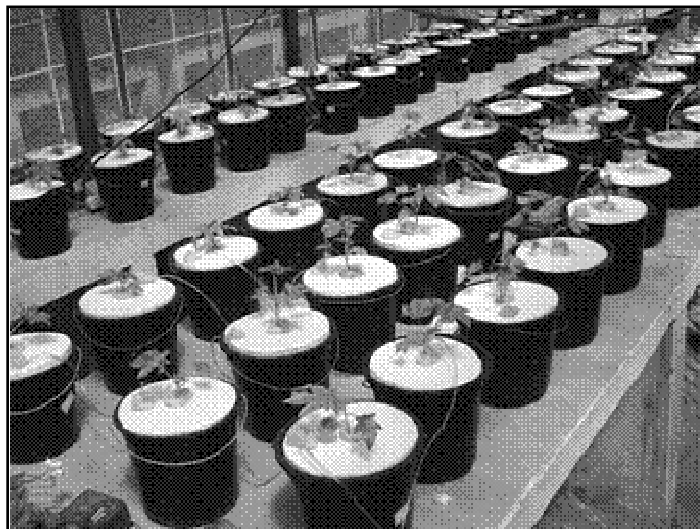


Figura 3. Cultivares em vasos de 8L .

4.6. Variáveis analisadas

4.6.1 Durante a condução do experimento

Em todos os tratamentos foram avaliados e registrados sintomas visuais da planta ocasionados pelo excesso de NaCl durante o cultivo.

Com o crescimento das plantas e, sobretudo, devido a sua grande susceptibilidade ao ataque de ácaros aos 30 dias após a instalação do experimento houve a necessidade da aplicação de acaricida tendo o enxofre como ingrediente

ativo. O produto usado foi o Kumulos, que possui como produto ativo o enxofre e é caracterizado por grânulos solúveis em água.

4.6.2 Análise de Crescimento

A coleta do experimento foi realizada aos 45 dias após o plantio, sendo que na ocasião foi medida a área foliar, através do medidor de área foliar (LI – 3100, Area Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Em seguida as plantas foram separadas em folhas, raízes e caules. As partes separadas foram cortadas e colocadas em estufa a 65°C até peso constante, para estimativa do peso seco de cada parte da planta e pela soma obteve-se o peso total de cada planta. Por último, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, com malha de 40 mesh, colocadas em sacos de papel e conservadas em dessecador até realização das análises químicas.

4.6.3 Trocas Gasosas

Antes da colheita, foram determinadas: concentração interna de CO₂ – Ci (ppm), condutância estomática – gs (mol . m⁻² . s⁻¹ de H₂O), fotossíntese – A (μmol m⁻² . s⁻¹ de CO₂) e a transpiração – E (mol . m⁻² . s⁻¹). Nestas medidas foi utilizado, um analisador de gás no infravermelho IRGA (LCI System, ADC, Hoddesdon) em sistema aberto, com fluxo de ar de 200 mL min⁻¹. As medições ocorreram entre 8 e 12h, com radiação saturante, na temperatura e umidade ambiente.



Figura 4. Determinação da concentração interna de CO_2 , condutância estomática – gs, fotossíntese e a transpiração – E.

4.6.4. Teores de nutrientes

Na matéria seca de todas as partes das plantas, determinou-se os teores totais de macro e micronutrientes: N, Na, K, P, S, Ca, Mg, Cl, Fe, Cu, Zn e Mn. Em extrato de digestão nitro-perclórica o Na e K foram analisados por fotometria de chama, o P por colorimetria pelo método molibdovanadato, o S por turbidimetria e o Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrometria de absorção atômica. O Nitrogênio total (N) foi determinado em extrato de digestão sulfúrica pelo método de semi - micro- kjeldahl. Os cloretos (Cl) foram extraídos por agitação em água e determinado por titulação com nitrato de prata (Malavolta, 1997).

4.6.5. Análises estatísticas

Para avaliar os efeitos dos diferentes níveis de salinidade (NaCl) nas variáveis estudadas, foi utilizada análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as comparações de médias foram obtidas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A análise dos dados foi realizada através do programa computacional SAEG Versão 8.1 e do Microsoft Excel 2003, utilizado nas análises de regressão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeito da salinidade no crescimento vegetativo da mamoneira

Na TABELA 08 são apresentados os valores de matéria seca das raízes (MSR), caules (MSC), folhas (MSF), da parte aérea (MSPA), da planta inteira (MST), e das respectivas relações, folha/caule (F/C), folha/raiz (F/R) e parte aérea/raiz (PA/R). Observa-se que a matéria seca das raízes, caules, parte aérea, total e relação parte aérea/folha apresentam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, e a matéria seca das folhas, total, relação folha/caule e relação folha/raiz foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 08. Valores do quadrado médio e significância estatística para os parâmetros matéria seca da raiz (MSR), caule (MSC), folha (MTF), parte aérea (MSPA), total (MST), relações entre folha e caule (F/C), folha e raiz (F/R) e parte aérea e raiz (PA/R), aos 45 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade.

Fontes de Variação	Quadrado Médio							
	MSR	MSC	MSF	MSPA	MST	F/C	F/R	PA/R
Tratamento	2,28**	0,59**	9,42*	14,19**	26,22*	0,38*	0,36*	19,34**
Resíduo	0,22	0,14	2,95	4,15	4,79	0,16	0,24	2,57
CV (%)	12,50	14,99	16,22	15,47	12,92	9,85	17,21	36,36

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.

O aumento na concentração de NaCl na solução nutritiva ocasionou diminuição significativa na produção de matéria seca das raízes, da parte aérea e total (TABELA 09).

Quando a redução da produção de matéria seca das partes da planta estudadas, se descontou a matéria seca produzida até o início dos tratamentos para encontrar a produção relativa da matéria seca, considerando 100% de produção de matéria seca do tratamento sem adição de NaCl. Verificou-se que os aumentos de produção de matéria seca destas variáveis mantiveram praticamente a mesma significância ao nível de 5% de probabilidade (TABELA 10).

As reduções foram evidentes nos tratamentos contendo maiores concentrações de sal. A redução observada sugere que os íons Na^+ e Cl^- absorvidos e transportados para a parte aérea possivelmente excedeu o limite necessário ao ajustamento osmótico da planta, e desta forma acarretaram efeitos danosos ao crescimento (Flower & Yeo, 1986). Uma das explicações mais aceitas para a inibição do crescimento pelo sal é o desvio de energia, associado à adaptação a salinidade e redução no ganho de carbono (Richardson & Mccree, 1985).

Esse comportamento pode estar associado a um ajustamento osmótico mais rápido e uma perda de turgor mais lenta das raízes, quando comparadas com a parte aérea (Shalhevet *et al*, 1995). Por outro lado, segundo Taiz & Zeiger (2002) quando uma planta é submetida a determinados tipos de estresse, ela aloca reservas para os órgãos que estão diretamente ligados a esse estresse, como estratégia de sobrevivência.

Tabela 09. Valores médios da matéria seca das raízes (MSR), da parte aérea (MPA) e o total (MST) aos 45 dias de cultivo, sob efeitos de diferentes níveis de salinidade.

Tratamento		MSR	MSPA	MST
Nº	CE			
-----g/ planta -----				
1	1,7	5,19a	17,21a	22,40a
2	2,5	5,11b	14,88ab	19,99ab
3	3,0	3,60b	14,23ab	17,82ab
4	4,0	3,22b	12,33ab	15,56ab
5	5,0	3,28b	12,79ab	16,07b
6	6,0	3,21b	12,23ab	15,44b
7	7,5	3,05b	11,28b	14,33b
8	9,0	3,40b	10,43b	13,84b
	DMS	1,33	5,76	6,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DMS= Diferença mínima significativa.

Tabela 10. Valores do quadrado médio e significância estatística para a redução da produção de matéria seca da raiz, do caule, folha, parte aérea, total, relações entre folha e caule, folha e raiz, parte aérea e raiz e área foliar total aos 45 dias de cultivo, sob efeito de diferentes níveis de salinidade da mamona pelo NaCl.

Fontes de Variação	Quadrado Médio					
	MSR	MSC	MSF	MSPA	MST	AF
Tratamento	2,28**	0,59**	9,42*	14,19**	26,22*	0,15*
Resíduo	0,22	0,14	2,95	4,15	4,79	5242279
CV (%)	35,88	42,88	55,40	50,92	41,20	71,38

** Significativo pelo teste F a 1% *Significativo pelo teste F a 5%;; ns = não significativo.

Na FIGURA 5 encontram-se as médias do incremento das produções relativas da matéria seca da parte aérea (A) e total (B).

Avaliando o crescimento da cultivar de mamona em resposta à salinidade através da matéria seca total produzida, a cultura apresentou reduções que variou entre 22,33% e 79,41% nos tratamentos com CE de 2,5; e 9,0 dS/m, respectivamente, em relação ao tratamento que não recebeu NaCl (CE 1,7 dS/m).

A redução da matéria seca da parte aérea, bem como a matéria seca total da mamona cv. nordestina apresentaram comportamento linear decrescente, com reduções nos valores dessas variáveis à medida que se aumentavam as doses de NaCl na solução nutritiva. Verifica-se que a produção da matéria seca da parte aérea e total começou a ser afetada quando a salinidade da solução nutritiva foi de 2,5 dS/m . Sugere-se que a salinidade limiar, em solução nutritiva está entre 1,7 e 2,5 dS/m. Nas concentrações salinas superiores a 2,5 dS/m as produções de matéria seca, tanto da parte aérea como a total, decresceram apresentando valores de coeficientes de determinação elevados, estando de acordo com Maas & Hoffmann (1977) e Maas (1984) que, indica que o crescimento vegetativo decresce linearmente com o aumento da salinidade acima do valor da salinidade limiar (SL) entretanto, de acordo com a FIGURA 5 considerando todos os tratamento com redução de matéria seca a salinidade limiar estimada pelo método gráfico de Maas & Hoffmann 1977 para mamona cv. nordestina foi inferior 1dS/m valor considerado baixo e que não representa a salinidade limiar verdadeira. Para esse comportamento certamente deve ter contribuído ao atraso na aplicação do estresse salino e conseqüentemente a curta duração do estresse (23 dias), o qual diminuiu o coeficiente angular da linha que descreve a redução de crescimento com a salinidade (FIGURA 5), e conseqüentemente a SL.

Ainda para a FIGURA 5, avaliando o efeito deletério da cultivar, verifica-se que esses resultados, comparados aos da literatura sobre os limites de tolerância à

salinidade das culturas (Ayers & Westcot, 1999) na TABELA 04, permite enquadrar a cultivar nos limites de moderadamente sensível.

Resultados semelhantes foram encontrados em cevada por Cramer *et al.*, (1991), e em plantas de feijão-de-corda submetidas a crescentes níveis de NaCl (Lacerda, 1995; Silva, 1998; Costa *et al.*, 2003). Dantas *et al.*, (2002) verificou que quando houve aumento da salinidade em genótipos de feijão-de-corda, ocorreu uma redução na produção de matéria seca. A redução na biomassa do feijão-de-corda tem respaldo científico em diversos trabalhos que referenciam que o teor relativo de água nas folhas de plantas de caupi sob salinidade permanece quase inalterado, indicando um eficiente mecanismo protetor acoplado ao fechamento dos estômatos (Dantas *et al.*, 2002). Larcher (2000), afirma que a produção de biomassa é um bom critério para se avaliar o estresse salino em plantas.

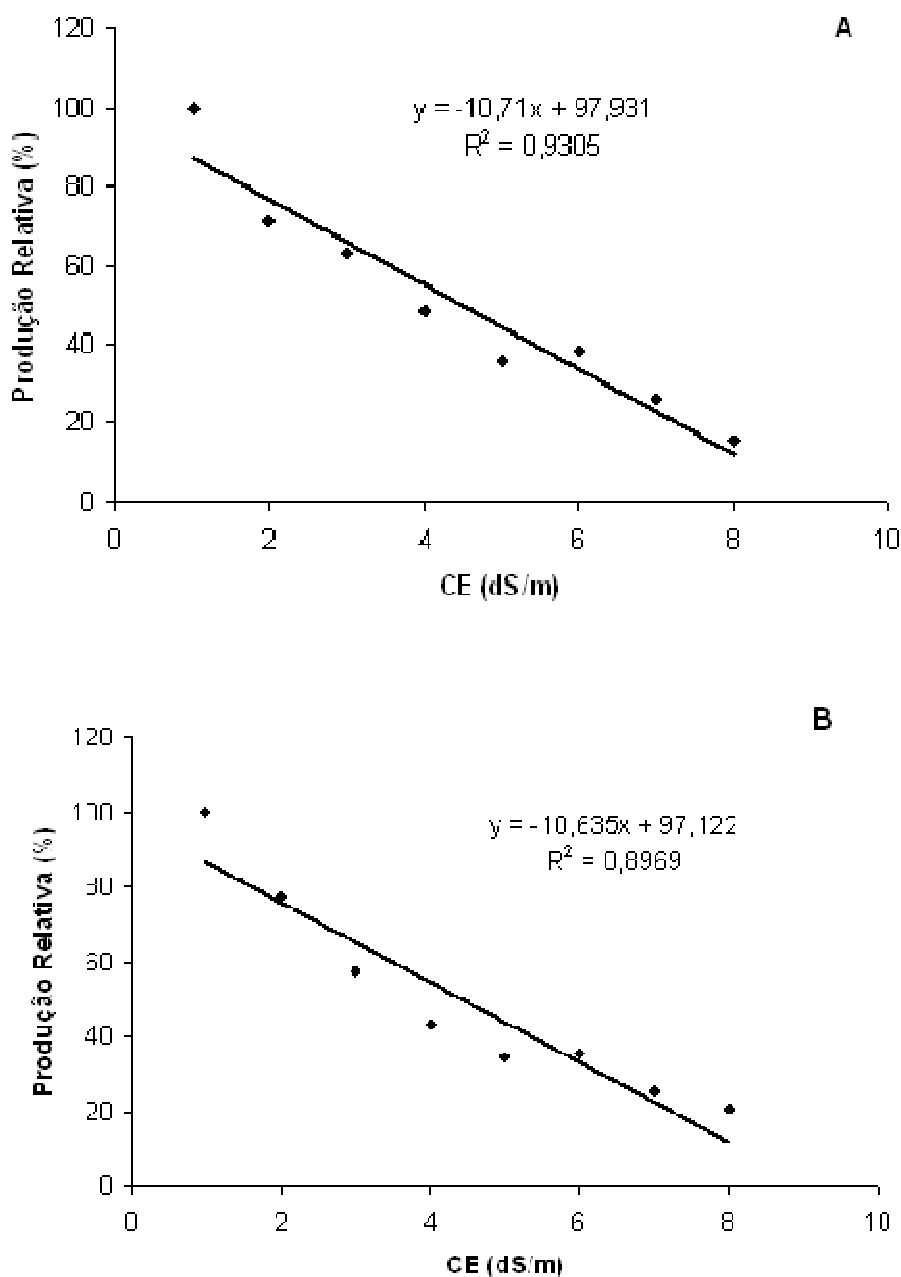


Figura 5. Produção relativa da matéria seca da parte aérea (A) e total (B) em função da salinidade da solução nutritiva causada pelo NaCl.

A Área foliar das plantas de mamona se reduziu com o aumento da concentração salina (NaCl) da solução nutritiva seguindo uma tendência linear (FIGURA 6). Considerando 100% de área foliar dos tratamentos sem adição de NaCl (tratamento de CE 1,7 Ds/m) as reduções variam de 37,8 a 92,1% para os tratamentos de CE 2,5 e 9,0 dS/m, respectivamente. Já nos tratamentos CE 12,5 e 15,0 dS/m essa redução foi de 100%, causando a morte das plantas. Uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar,

reduzindo a área foliar disponível para a fotossíntese (Terry & Waldron, 1984). Essa redução na área foliar foi também comprovada por O'Leary (1971) e Sousa (1995) em plantas de *Phaseolus vulgaris*, Costa *et al.*, (2003) e Aragão *et al.*, (2005) e, em bananeira por Carmo *et al.*, (2003).

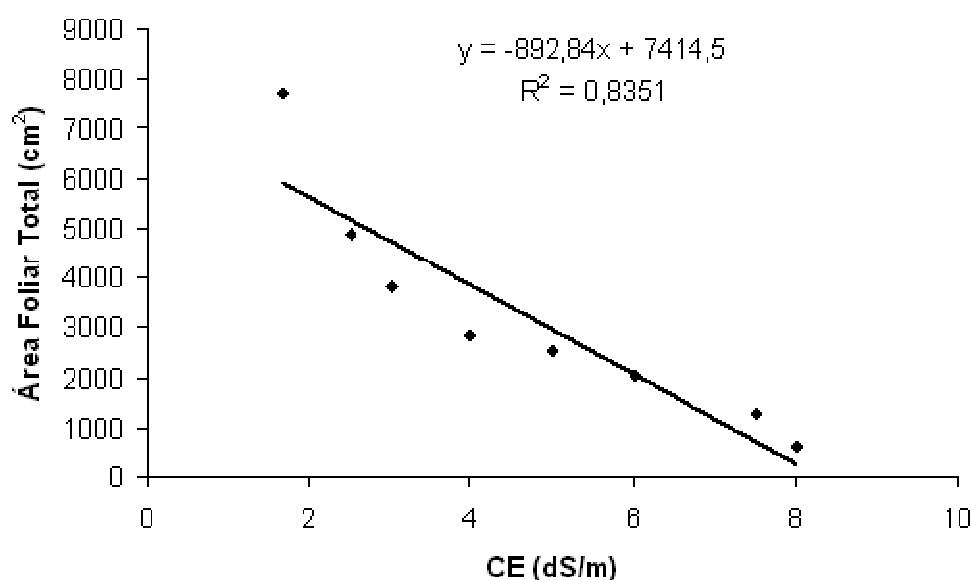


Figura 6. Área foliar total da mamona cv. nordestina em função da salinidade da solução nutritiva ocasionada pela adição de NaCl.

Esta redução decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células e, segundo Lauchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), em associação com reduções na atividade fotossintética contribui, de certo modo, para adaptação das culturas à salinidade.

Totawat & Mehta (1985) obtiveram resultados semelhantes, os quais verificaram reduções de 60% na AF em plantas de sorgo submetidas a tratamento salino com 12 dS.m-1 de condutividade elétrica. Alberico & Cramer (1993) observaram que a AF de plântulas de milho foi um excelente indicador do efeito dos tratamentos salinos, já que a mesma foi reduzida em cerca de 45% com a adição de 80 mol m-3 de NaCl à solução nutritiva. Em adição, Hasaneen *et al.*, (1994) verificaram que o estresse salino reduziu a AF de plantas de milho em 52%. O efeito da salinidade sobre o crescimento é explicado pela redução da área foliar que afeta a assimilação de carbono pela planta que, por sua vez, conduz uma menor taxa fotossintética (Munns, 1993). Indiretamente a redução da área foliar pode aumentar a concentração de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, ou seja,

para a adaptação da planta à salinidade; por outro lado, solutos podem elevar-se a níveis tóxicos, em compartimentos celulares específicos da folha (Läuchli & Epstein, 1990).

Conforme a literatura é comum ocorrer adaptações morfológicas nas plantas sob condições de estresse hídrico e salino, o que caracteriza uma forma de minimizar as perdas de água por transpiração; dentre essas adaptações destacam-se reduções no tamanho e no número de folhas (Fageria, 1989).

5.2. Trocas gasosas

A fotossíntese (A), a transpiração (E) e a concentração interna de CO₂ foram significativos ao nível de 1% de probabilidade e a condutância estomática (GS) ao nível de 5% de probabilidade. (TABELA 11)

Tabela 11. Valores do quadrado médio e significância estatística da taxa fotossintética (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ em cultivares de mamona, aos 45 dias de experimento, sob diferentes níveis de salinidade.

Fontes de Variação	Quadrado Médio			
	A	E	GS	CO ₂
Tratamento	163,91**	17,09**	4,10*	918,73**
Resíduo	27,82	1,77	1,75	207,16
CV (%)	27,94	22,39	112,53	5,90

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.

Na TABELA 12 são mostradas as medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) em folhas da cultivar de mamona, aos 45 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade e as diferenças estatísticas entre as médias de cada tratamento pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Embora tenha escolhido plantas uniformes, existiu uma grande variabilidade de dados incoerentes entre a cultivar nos tratamentos, mesmo tentando-se controlar os fatores externos, as sementes não apresentaram a mesma resistência. E também por

Entretanto houve um elevado CV, principalmente nas taxas fotossintéticas, condutância estomática e transpiração. O tratamento 2 apresentou dados altamente discordantes, o qual não foi considerado na discussão. Em relação às taxas fotossintéticas, transpiração e condutância estomática os valores foram ligeiramente menores e não apresentaram diferenças significativas. (TABELA 12).

Tabela 12. Medidas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ e suas reduções relativa em folhas de mamona, aos 45 dias do experimento, sob efeito de diferentes níveis de salinidade.

Tratamento	Fotossíntese	Transpiração	Condutância estomática	Concentração interna de CO ₂	
Nº	CE	A	E	gs	
	dS/m	µmol m ⁻² . s ⁻¹ de CO ₂	mol . m ⁻² . s ⁻¹	mol . m ⁻² . s ⁻¹ de H ₂ O	
				CO ₂	
				ppm	
1	1,7	18,67abc	4,42bc	0,54b	279,33a
2	2,0	5,40c	1,96c	0,10b	247,33ab
3	3,0	25,27a	7,11ab	0,68a	252,66ab
4	4,0	20,24ab	5,47bc	0,94b	219,66b
5	5,0	21,07ab	5,94b	0,70b	232,66b
6	6,0	25,27a	7,16ab	1,84ab	243,33ab
7	7,5	24,89ab	10,21a	1,39ab	241,33ab
8	9,0	10,05bc	5,27bc	0,20b	235,00b
CV		27,94	22,39	12,53	5,90
DMS		14,92	3,76	2,68	40,71

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. DMS= Diferença mínima significativa.

5.3. Composição mineral

5.3.1 Teores de macronutrientes

Analisando-se a TABELA 13, observa-se que a salinidade exerceu efeito significativo nos teores foliares de cálcio, magnésio, nitrogênio e fósforo da cultivar estudada, ao nível de 5% de probabilidade. O potássio apresentou significância ao nível de 1% de probabilidade; neste caso, apenas o enxofre não apresentou significância estatística.

Tabela 13. Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis de macronutrientes nas raízes, caule e folha em cultivar de mamona, sob diferentes níveis de salinidade.

Quadrado Médio						
Folha						
Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	7,26*	1,05*	121,08**	6,75*	0,25*	0,15 ^{ns}
Resíduo	9,86	0,75	12,65	2,97	0,20	0,17
CV (%)	9,29	19,94	14,33	7,15	9,34	23,58
Caule						
Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	13,03*	4,08**	20,06 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,70*	0,68*
Resíduo	7,04	1,07	1,10	2,47	0,67	0,60
CV (%)	8,30	19,48	4,86	11,62	12,13	17,53
Raiz						
Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	89,82**	24,47 ^{ns}	5,58 ^{ns}	15,31**	0,49*	0,16*
Resíduo	9,80	0,77	0,17	2,14	0,58	0,10
CV (%)	8,34	12,90	1,34	21,71	11,47	21,94

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

O nitrogênio, magnésio e enxofre, no caule, apresentaram significância ao nível de 5% de probabilidade, enquanto que o íon fósforo apresentou significância estatística ao nível de 1% de probabilidade. No mesmo parâmetro avaliado, o cálcio e potássio não apresentaram significância estatística.

Ainda para a TABELA 13, no parâmetro raiz, o nitrogênio e o cálcio apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade. O magnésio e enxofre tiveram significância ao nível de 5% de probabilidade. Enquanto que, o fósforo e o potássio não apresentaram significância estatística.

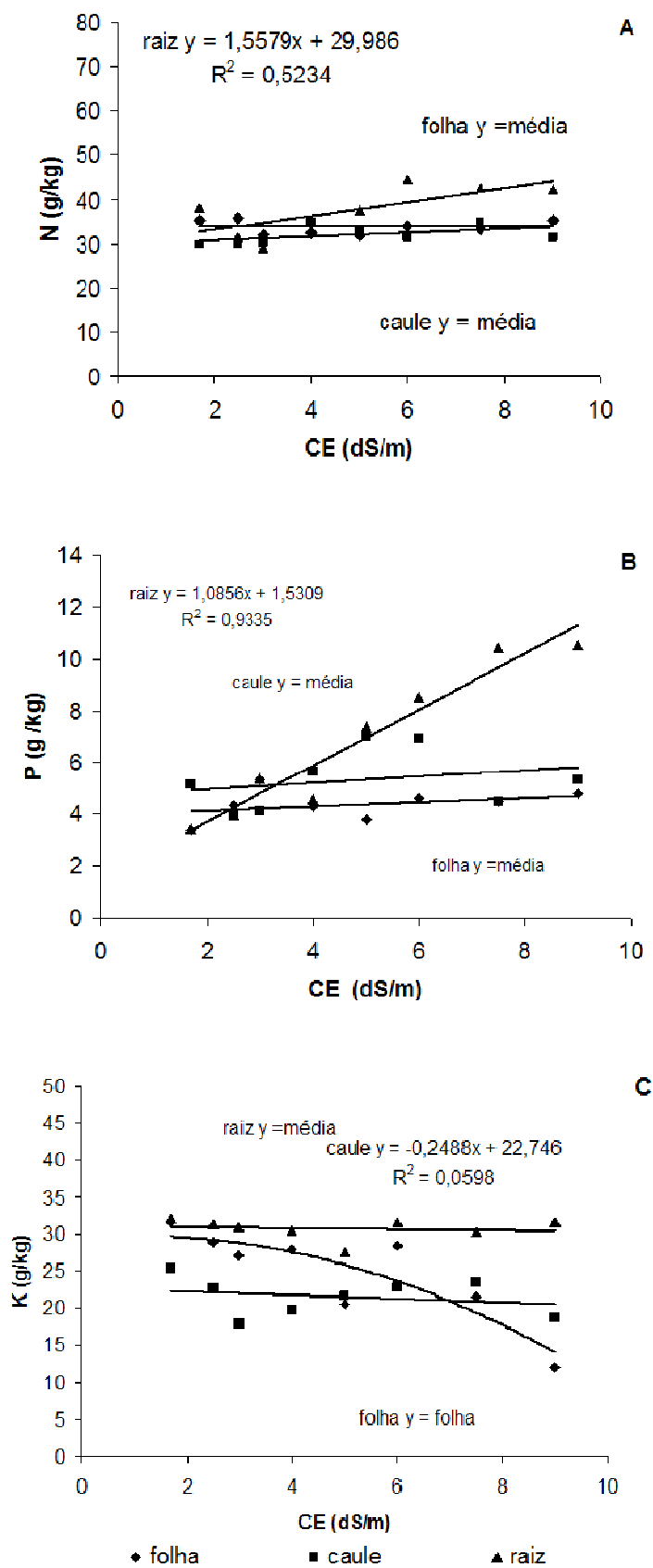


Figura 7. Teores de nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordestina em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- nitrogênio, B – fósforo e C - potássio.

A resposta do nitrogênio das folhas e caules da cultivar de mamona estudada foi semelhante com o aumento da concentração de sal na solução nutritiva (FIGURA 7A). Quanto às raízes, a cultivar nordestina exibiu leve aumento no teor de nitrogênio, com o aumento da concentração salina (FIGURA 7A). Dados literários confirmam que ocorre redução de N com a salinidade que pode ser explicada pelo fato de que o aumento da absorção e acumulação de Cl pelas plantas frequentemente vem acompanhado por decréscimo no teor de nitrato na parte aérea. Comportamento este atribuído a um efeito antagônico do Cl sobre a absorção de nitrato (Bar *et al.*, 1997 e Feingin *et al.*, 1991) ou a redução na absorção de água (Lea – Cox & Syvertsen, 1993). O que não ocorreu com a cultivar de mamona, o efeito da salinidade sobre o teor de nitrogênio não pareceu depender do nível de salinidade, do período em que a planta é submetida ao estresse e principalmente dos diferentes graus de tolerância das espécies e genótipos. (Al-Harbi, 1995).

A salinidade não afetou os teores de fósforo nas raízes da cultivar estudada (FIGURA 7B). Houve aumento no teor deste íon nas raízes, por outro lado, nas folhas e caules o nível do fósforo se manteve. Resultados que divergem aos encontrados por vários autores (Levitt, 1980; Maas e Grieve, 1987; Andrade, 1989; Lacerda, 1995; Azevedo Neto, 1997; Silva, 1998). Esses resultados evidenciam a necessidade de cautela na realização de adubação fosfatada em ambiente salino, pois o nível ótimo deste nutriente para a produção vegetal na ausência de sais pode ser tóxico pra algumas plantas cultivadas em ambiente salino (Niemam e Clark, 1976; Grattan e Maas, 1984). Verifica-se na FIGURA 7B, que o íon fósforo, é bem distribuído na parte aérea da planta, o fósforo não manifestou alteração, mesmo quando houve aumento das concentrações de NaCl na solução nutritiva.

Alguns autores têm defendido que o aumento na absorção e no acúmulo de P em plantas estressadas é mais comum quando as concentrações de P são altas na solução de cultivo (Roberts *et al.*, 1984; Navarro *et al.*, 2001), como verificado no presente estudo nas raízes, e podem não ocorrer em plantas cultivadas no campo ou em meio pobre nesse nutriente. Essa observação foi confirmada em estudo desenvolvido com dois genótipos de sorgo forrageiro cultivados sob condições de casa de vegetação, em vasos contendo solo arenoso, e irrigadas com águas salinas com até 8 dS m⁻¹ (Aquino, 2005). Este autor, não encontrou nenhuma tendência de acúmulo de P em folhas de plantas de sorgo. Portanto, esses resultados discrepantes demonstram que muitos estudos realizados em condições controladas necessitam de

ajustes para que possam melhor representar as condições reais do campo (Lacerda, 2005; Mittler, 2006).

A absorção e localização de Na^+ , Cl^- , K^+ e Ca^{2+} em plantas submetidas a estresse salino têm recebido muita atenção dos pesquisadores, que pretendem estudar os mecanismos de tolerância à salinidade (Greenway e Munns, 1980; Lacerda, 2005). Para a cultivar estudada, os teores de potássio apresentaram decréscimo nas folhas e mantiveram-se praticamente constantes no caule e raízes (FIGURA 7C).

Altas concentrações do íon sódio podem inibir a absorção de potássio pelas plantas, através do antagonismo entre estes dois íons bem como poderá ocorrer o vazamento do íon potássio quando há a substituição do Na pelo Ca nas membranas celulares (Marschner, 1995). Na realidade alguns autores têm observado a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para K e Na o que pode refletir a necessidade da planta para coordenar o influxo desses cátions (Schachtman e Liu, 1999). No presente estudo, no entanto, os teores de K nas folhas e caules não foram influenciados pelo aumento da salinidade (FIGURA 7C), resultado semelhante ao obtido, em sorgo, por Aquino (2005), porém divergente dos resultados obtidos pela maioria dos autores (Igartua *et al.*, 1995; Oliveira, 2002; Silva *et al.*, 2003). Particularmente no caso de plantas de feijão-de-corda, observam-se resultados conflitantes (Costa *et al.*, 2003), sendo observado acúmulo em alguns genótipos e redução em outros. De acordo com Lacerda (2005), a duração do estresse e a idade da folha amostrada podem produzir diferentes resultados e interpretações.

A influência do estresse salino sobre os teores de cálcio e magnésio mostraram-se dependente do órgão da planta considerado (FIGURA 8A). Os teores de cálcio nas folhas e caules da planta foram se mantiveram constantes sob o incremento da salinidade. O NaCl reduziu os teores de cálcio nas raízes, porém essa redução não foi muito expressiva e nem apresentou diferenças significativas. Fato este, que pode ser explicado devido uma maior absorção deste íon por parte da planta, resultados que são distintos aos observados por vários autores (Kent e Läuchli, 1985; Grieve e Fujiyama, 1987; Grieve e Maas, 1988; Cramer *et al.*, 1989; Nakamura *et al.*, 1990; Silva, 1998). No entanto, podemos observar que o conteúdo de cálcio nas folhas é superior ao do caule (FIGURA 8A), resultado também encontrado por Lacerda (1995) e Silva (1998) em plantas de feijão-de-corda cv Pitiúba, submetidas a estresse salino.

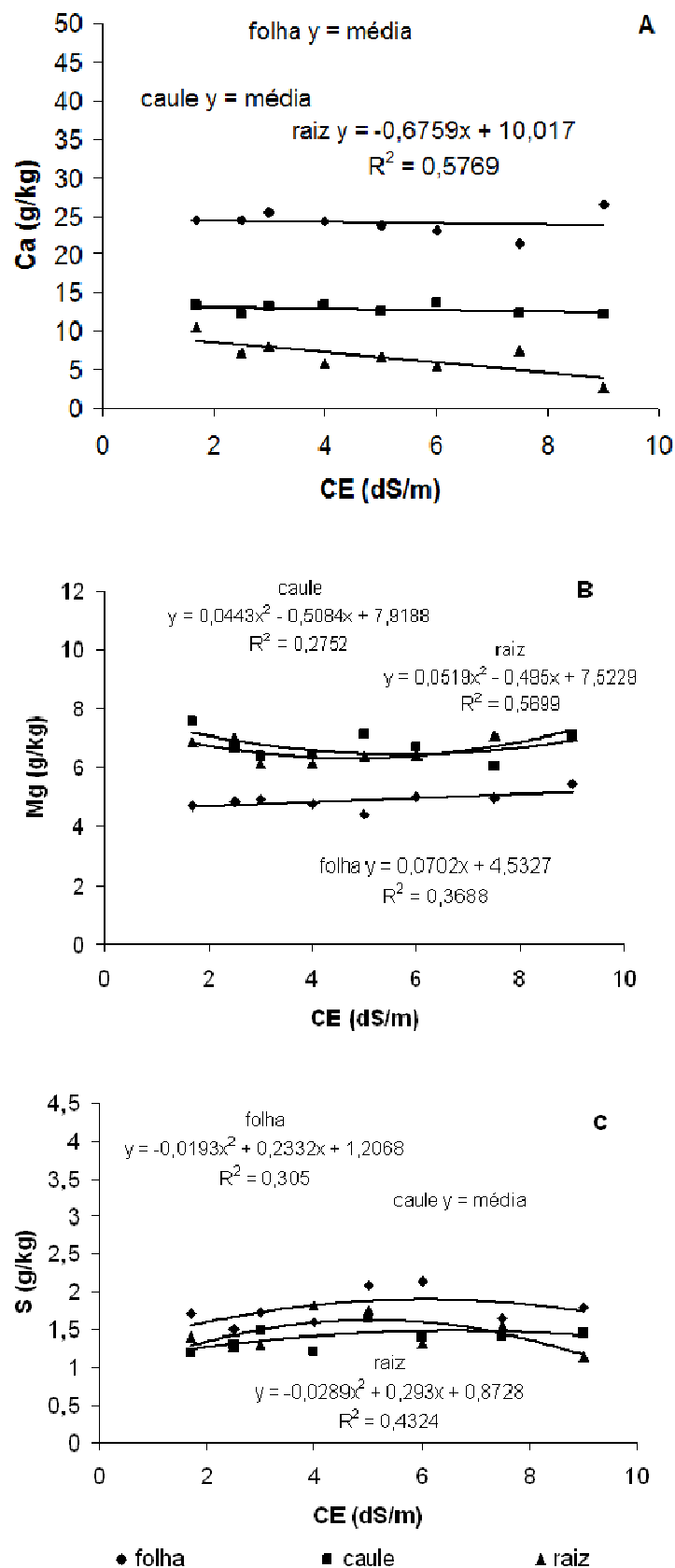


Figura 8. Teores nutrientes nas ra\u00edzes, caule e folhas de mamona cv. Nordestina em fun\u00e7\u00e3o dos n\u00edveis de salinidade causada pelo NaCl: A- c\u00e1lcio, B - magn\u00e9sio e C - enxofre.

Vários estudos têm demonstrado os efeitos do cálcio como redutor dos teores de sódio em milho (Maas e Grieve, 1987; Alberico e Cramer, 1993), em feijão (Cachorro *et al.*, 1994), sorgo (Colmer *et al.*, 1994; Lacerda *et al.*, 2003), cevada (Cramer *et al.*, 1991; Huang e Redmann, 1995), alfafa (Chaundary *et al.*, 1994), arroz (Zhong e Läuchli, 1994; Lin e Kao, 1995), tomate (Satti *et al.*, 1994), e em diversas gramíneas (Galvez *et al.*, 1993). O efeito benéfico do cálcio em prevenir a entrada de sódio, ocorre primariamente na plasmalema das células da raiz envolvidas na absorção. Estudos conduzidos por Reid e Smith (2000) assinalam a importância do Ca^{2+} , em condições salinas, sendo necessária uma condição mínima deste íon para manter a integridade da estrutura das membranas e o correto funcionamento do transporte seletivo dos íons. Por outro lado, é conhecido o efeito antagônico do excesso de cálcio sobre a absorção de outros íons, como o potássio (Marschner, 1995). Dessa forma, é possível a ocorrência de diferentes respostas da planta à salinidade do meio, quando se compara diferentes tipos de sais. Essas diferenças podem ocorrer em termos de crescimento, na nutrição mineral ou em outras respostas fisiológicas da planta.

O cálcio tem importante papel na resposta das plantas em condições salinas. Já que o mesmo é essencial para manter a integridade das membranas, o que pode ser justificado pelos resultados de pesquisas indicando que a suplementação de cálcio, em tais condições, melhora o crescimento de várias espécies cultivadas (Cachorro *et al.*, 1994).

O comportamento dos teores de magnésio das plantas foi bastante diferenciado aos teores de cálcio, quando foram submetidos aos aumentos sucessivos das concentrações de cloreto de sódio na solução nutritiva (FIGURA 8B). Os maiores teores de magnésio foram encontrados nas raízes e caules independentemente do nível de salinidade. Embora as folhas tiverem apresentado teores inferiores aos do caule e raiz, eles se mantiveram constantes à medida que se elevava as concentrações de NaCl (FIGURA 8B).

Trabalhos com sorgo têm reportado que as concentrações de magnésio podem permanecer constantes na parte aérea (Azevedo Neto *et al.*, 1995) ou diminuir na parte aérea e nas raízes (Kawasaki *et al.*, 1983) com o incremento do estresse salino. Esta variabilidade de resultados realça a importância de maiores estudos sobre a influência da salinidade sobre os teores deste macronutriente nos diferentes tecidos vegetais.

Além do papel do magnésio na molécula de clorofila e da sua atividade como

co-fator em quase todas as enzimas do metabolismo energético (Taiz & Zeiger, 2002) este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucléicos e membranas (Clarkson & Hanson, 1980).

Desta forma, é provável que os menores teores nas folhas desse nutriente tenha sido um dos fatores que afetaram o metabolismo das plantas e, conseqüentemente, reduziram o crescimento das plantas estudadas.

As informações referentes ao acúmulo de enxofre nos tecidos das plantas cultivadas sob condições de salinidade são bastante limitadas. Em geral, os estudos enfocam os efeitos ocasionados pela salinidade e decorrentes do excesso de sulfatos, em relação àqueles ocasionados por cloretos. Mor & Manchanda (1992) notaram que a salinidade reduzia o teor de enxofre nas folhas de ervilha, enquanto o aumentava nas raízes, com incremento da salinidade.

Os teores de enxofre nas folhas, caules e raízes praticamente se mantiveram constantes à medida que os níveis de salinidade aumentaram (FIGURA 8C). Até o presente momento, os estudos disponíveis na literatura têm dado pouca importância à influência da salinidade por cloro sobre a absorção e transporte de enxofre nas plantas cultivadas. Os poucos trabalhos existentes tratam, normalmente, da comparação entre efeito da salinidade provocada por cloro e enxofre.

5.3.2 Teores de micronutrientes

Analisando a acumulação dos micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn) nas cultivares de mamona submetidas estresse salino, observamos pela TABELA 14, que o aumento nas concentrações de sais na solução nutritiva influenciou na absorção dos íons cobre e manganês ao nível de 5% de probabilidade, mas não influenciou o ferro e zinco nas folhas. A salinidade crescente influenciou ao nível de 5% de probabilidade os teores de ferro, zinco e manganês nos caules, ao nível de 1% de probabilidade o cobre. Nas raízes, foram estatisticamente significativos, a 5% de probabilidade os íons ferro, zinco e manganês, enquanto que os teores de cobre não apresentaram significância.

Tabela 14. Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis de micronutrientes nas raízes, caule e folha em cultivar de mamona, sob diferentes níveis de salinidade.

Quadrado Médio				
Folha				
Fontes de variação	Cu	Zn	Fe	Mn
Tratamento	8,76*	120,50 ^{ns}	1731,98 ^{ns}	2736,86*
Resíduo	6,92	136,27	2632,58	1368,78
CV (%)	26,78	20,92	17,73	13,22
Caule				
Fontes de variação	Cu	Zn	Fe	Mn
Tratamento	1,74**	1309,17*	831,68*	2955,19*
Resíduo	0,90	539,27	660,60	1553,36
CV (%)	23,29	15,33	13,09	16,80
Raiz				
Fontes de variação	Cu	Zn	Fe	Mn
Tratamento	37,03 ^{ns}	53,64*	17848,30*	9402,32*
Resíduo	39,21	31,09	7995,87	4479,31
CV (%)	23,38	12,79	21,83	6,68

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo

Na FIGURA 9A, podemos observar que o incremento na salinidade não influenciou nos teores de cobre, tanto nas folhas, caules e raízes, verificando um comportamento constante nas folhas e caules. Os parâmetros avaliados, não apresentaram diferenças significativas, tendo apresentado maiores teores nas raízes, seguidos das folhas e por ultimo dos caules. Os teores de zinco permaneceram constantes nas folhas e raízes. O caule apresentou maiores teores, seguidos pelas folhas e raízes. (FIGURA 09B). Os teores de zinco nas folhas, caules e raízes não apresentaram diferenças significativas.

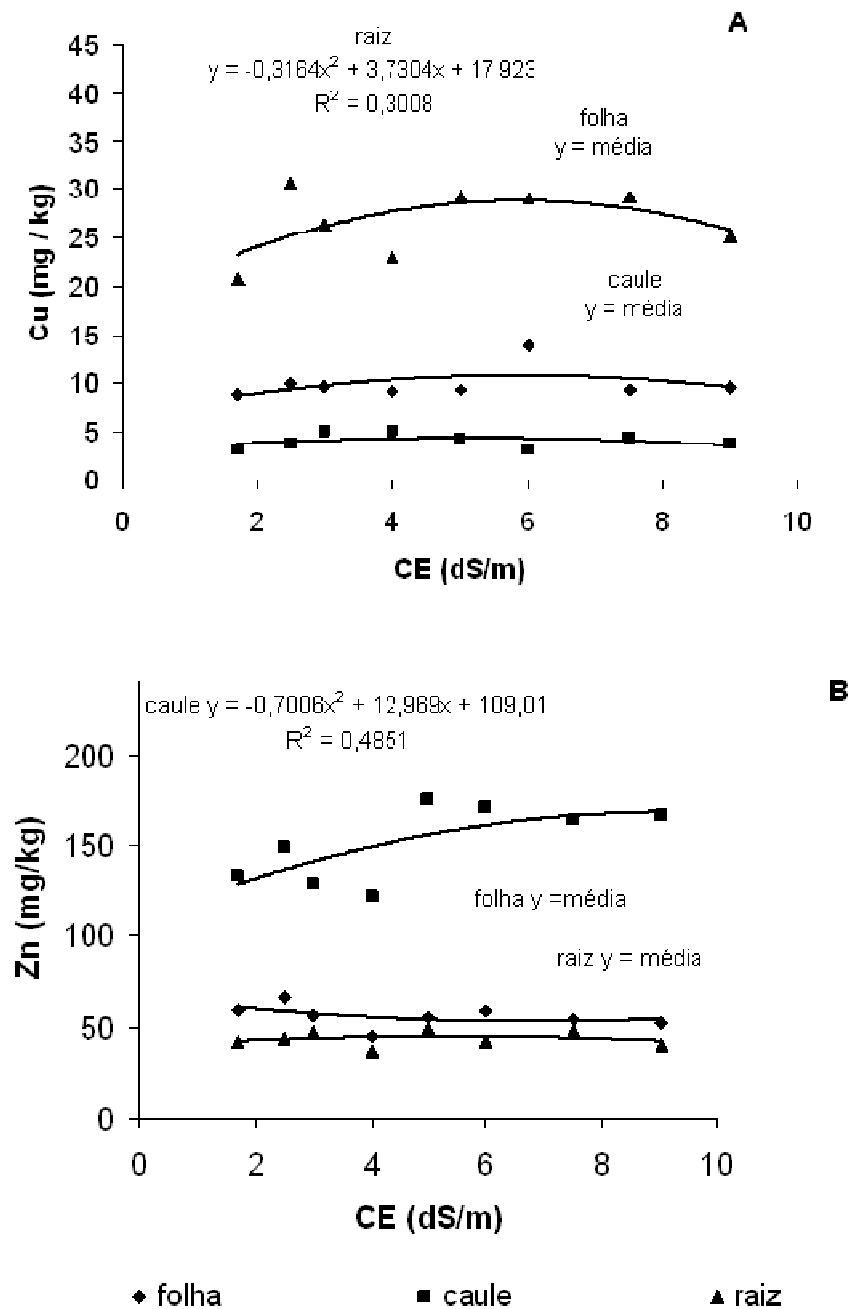


Figura 9. Teores nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordestina em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- cobre e B – zinco.

Na FIGURA 10A se observa que o incremento na salinidade provocou um aumento nas raízes nos teores de ferro. Contudo, os teores de Fe, nas folhas e caules permaneceram praticamente constantes com o aumento nas concentrações salinas. Também na mesma figura, vê-se que o manganês não sofreu redução acentuada com o aumento da concentração de sais; verifica-se que os teores desses dois micronutrientes foram maiores nas raízes da planta, seguidos pelas folhas e caules. (FIGURA 10A e B).

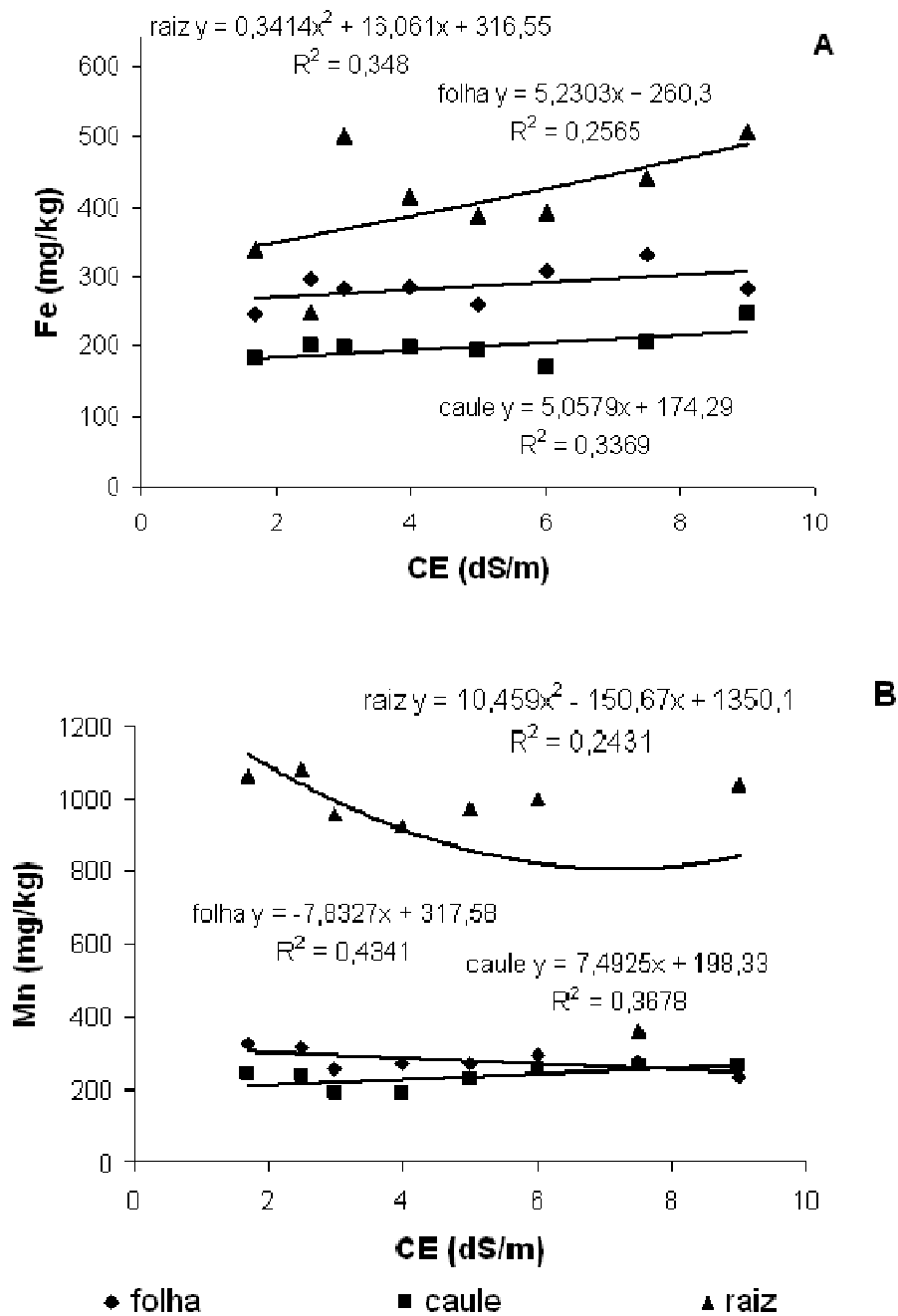


Figura 10. Teores nutrientes nas raízes, caule e folhas de mamona cv. Nordestina em função dos níveis de salinidade causada pelo NaCl: A- ferro e B – manganês.

Verifica-se que os teores dos micronutrientes, de um modo geral, foram pouco afetados pelo aumento da salinidade, que pode ser explicado em parte, pelo fato de que os cátions micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) sofrerem grande influencia do pH e do conteúdo de cálcio na solução, ou seja, em condições ácidas, os cátions micronutrientes apresentam maior solubilidade e disponibilidade para absorção,

podendo, as vezes tornarem tóxicos as plantas. Com o aumento do pH, estes íons passam para formas insolúveis (óxidos e hidróxidos) ocorrendo uma diminuição na sua solubilidade e disponibilidade (Aquino, 2003).

5.3.3 Teores de íons potencialmente tóxicos

O crescente aumento da concentração do nível de NaCl afetou significativamente os parâmetros avaliados ao nível de 1% de probabilidade. (TABELA 15)

Tabela 15. Valores do quadrado médio e significância estatística para variáveis sódio (Na^+) e Cloro (Cl^-) na folha, caule e raiz sob efeito de diferentes níveis de salinidade.

Fontes de Variação	Quadrado Médio					
	Folha		Caule		Raiz	
	Na	Cl	Na	Cl	Na	Cl
Tratamento	177,66**	981,19**	363,11**	341,24**	262,70**	1062,66**
Resíduo	0,24	18,01	0,78	9,81	0,40	7,94
CV (%)	4,40	8,77	5,18	10,61	2,78	5,26

*Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.

O incremento do nível de salinidade na solução nutritiva determinou aumentos significativos nos teores de Na em todos os órgãos da planta (FIGURA 11A). O teor de sódio revelou uma relação linear, sendo os aumentos bem mais expressivos nas raízes. Patil *et al.*, (1984) encontraram aumentos relevantes na concentração de Na nas raízes de goiabeira (0,41 para 0,70%) entre o controle e o nível de 60mM de NaCl.

Os teores de cloro nos tecidos aumentaram de forma significativa com os níveis de NaCl (FIGURA 11B). Entre os órgãos estudados, as raízes, seguido dos caules e folhas apresentaram os maiores teores deste elemento.

Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo Neto & Tabosa (2000) em milho em que verificaram que os maiores teores de sódio foram encontrados na raiz, no colmo e na bainha correspondendo, respectivamente, a cerca de 1,8; 2,8; e 2,1 vezes aos observados no limbo, no nível 100mol m^{-3} de NaCl.

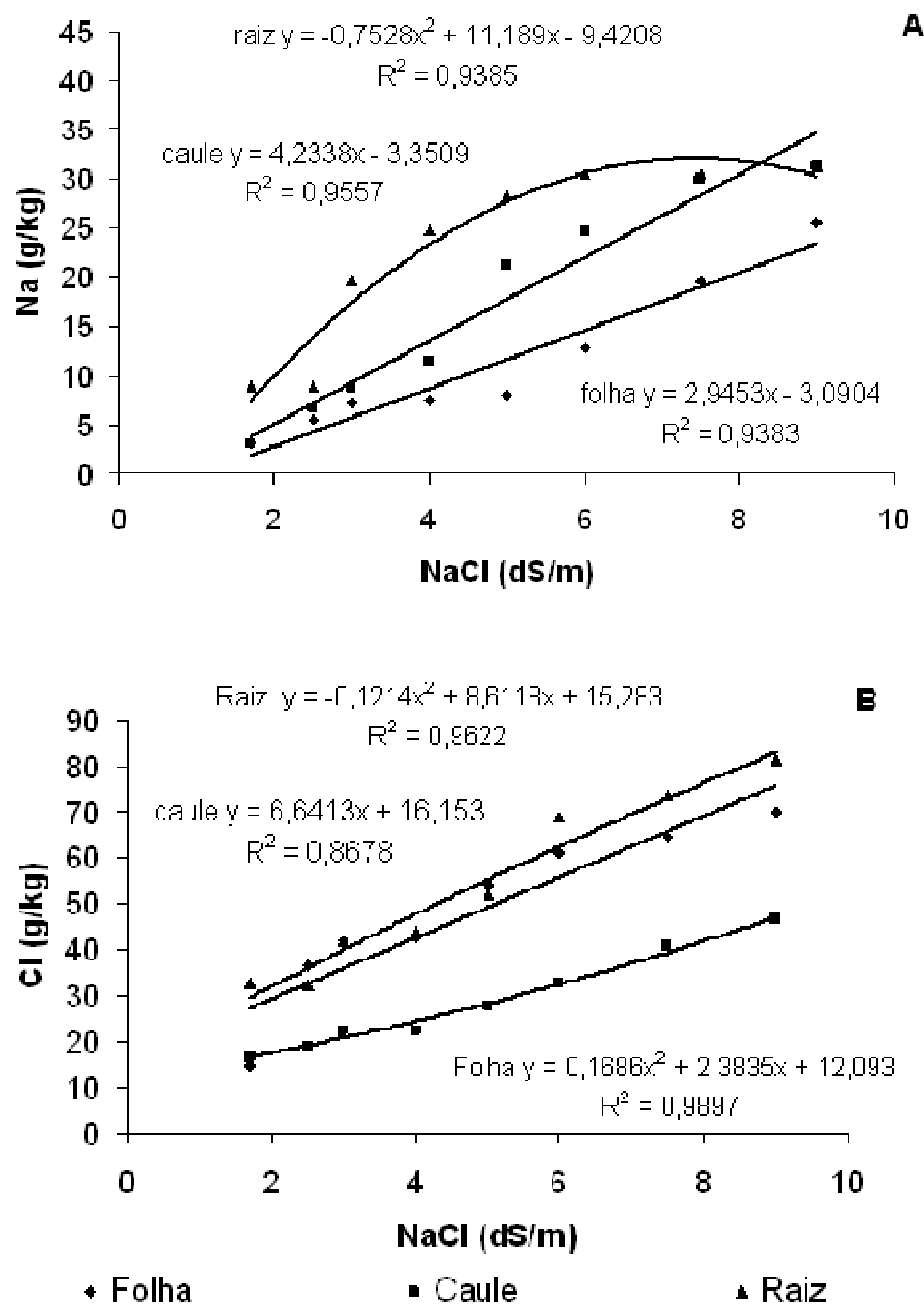


Figura 11. Teores de Na nas raízes, caule e folhas de plantas da cv nordestina (A) e teores de Cl nas raízes, caule e folhas de plantas da cv nordestina (B) em função dos níveis de NaCl na solução nutritiva.

As plantas sofreram reduções e/ ou inibições no seu crescimento, à medida que eram submetidas a concentrações crescentes de salinidade (NaCl), e isso é atribuído ao efeito osmótico, à toxicidade pela absorção excessiva dos íons Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

Os teores de cloro foram superiores aos de sódio ao longo dos tratamentos

com o aumento da salinidade, dada a sua mobilidade e transportes elevados, devido ocorrer como ânion livre na planta (Marschner, 1995). Os maiores teores de cloro ocorreram nas raízes bem como os teores de sódio. Na medida em que se aumentava as concentrações de NaCl de 8,30 a 137,80 mmol/l ocorria um aumento crescente tanto para o cloro como para o sódio, sendo os teores de cloro bem mais expressivos. Fernandes *et al.*, (2002) também verificaram maior acúmulo de Cl do que Na em pupunheira, em condições salinas.

Os resultados obtidos sugerem não ter havido mecanismos de exclusão dos íons tóxicos (Na e Cl) após o processo de absorção, resultados em acúmulo na parte aérea e clorose e queima da folhas. Essas respostas resultaram, provavelmente, de alteração no balanço hormonal, na perda de turgescência das células-guarda e na redução generalizada da atividade metabólica da planta (Gorham *et al.*, 1988).

A exposição das plantas a concentrações crescentes de NaCl na solução nutritiva induziu um aumento na absorção de cloro e sódio, em todos órgãos da planta estudados.

À medida que o sódio aumentava de forma progressiva ao longo dos tratamentos o potássio nas folhas decrescia também de forma progressiva, nos caules e raízes ele manteve-se constante. Este fato pode ser atribuído segundo Siegel *et al.*, (1980), a um antagonismo entre o Na e o K.

Analisando-se as concentrações de potássio e sódio nas diferentes partes das plantas, verifica-se que o decréscimo nas concentrações de potássio nas folhas, ocorreu simultaneamente à elevação dos teores de sódio (FIGURA 12). O antagonismo verificado entre as concentrações desses nutrientes nas partes das plantas foi traduzido matematicamente através de elevados coeficientes de correlação, sugerindo a hipótese de que o aumento na concentração de sódio nos tecidos de espécies glicófitas geralmente está associado a uma diminuição na concentração de potássio (Greenway & Munns, 1980).

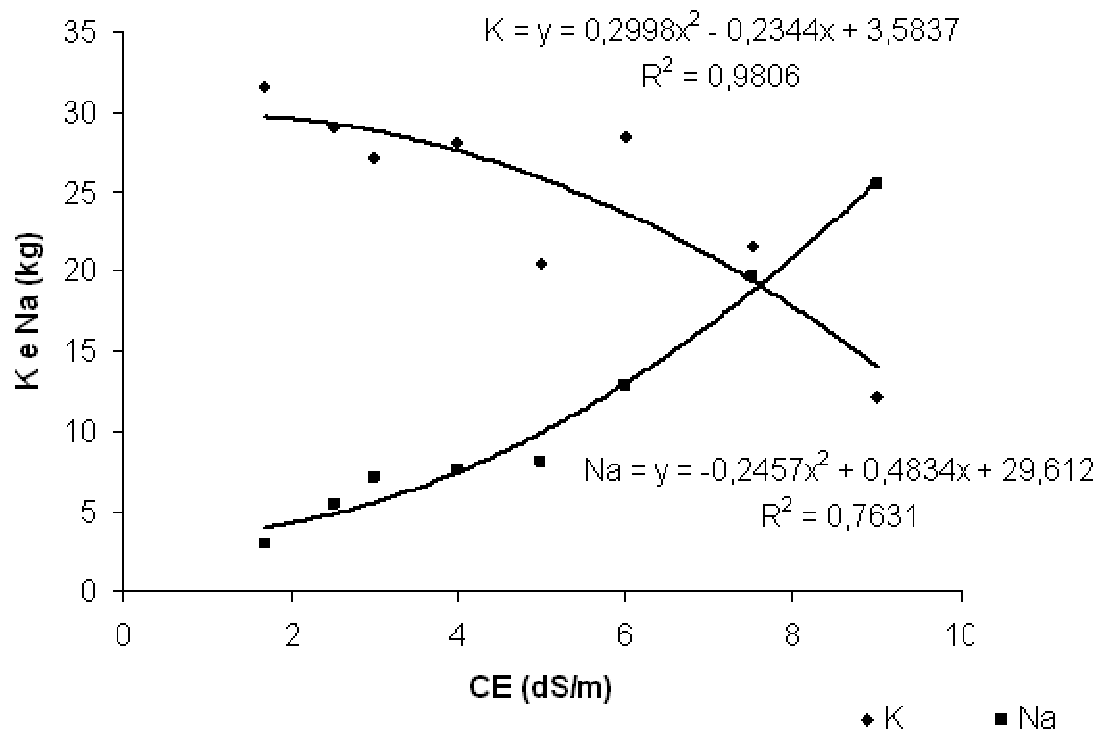


Figura 12. Teores de sódio e potássio em folhas da cultivar de mamona em função das condutividades elétricas.

Segundo Ayers & Westcot (1999), os efeitos tóxicos acontecem quando a planta absorve com a água certos sais ou íons que, em excesso, podem ser acumulados em níveis prejudiciais nas folhas durante a transpiração e, freqüentemente, acompanham ou complicam os problemas de salinidade e ou de permeabilidade, podendo aparecer mesmo quando a salinidade é baixa (FIGURA 13A). Para Maas (1984), a absorção foliar acelera a velocidade de acumulação dos íons tóxicos da planta, sendo muitas vezes, a principal fonte de toxidade.

De acordo com as FIGURA 13 B as plantas sofreram reduções e/ ou inibições no seu crescimento, à medida que eram submetidas a concentrações crescentes de salinidade (NaCl), e isso é atribuído ao efeito osmótico, à toxicidade pela absorção excessiva dos íons Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

Na cultivar de mamona sintomas de toxidez por NaCl foram evidenciados pela redução da área foliar (FIGURA 6), queima das bordas e ápice do limbo e em estágio mais avançado amarelecimento do limbo foliar (FIGURA 13) que se tornavam mais evidentes com o aumento da concentração salina. Por exemplo, no tratamento 7 (CE= 7,5 dS/m).

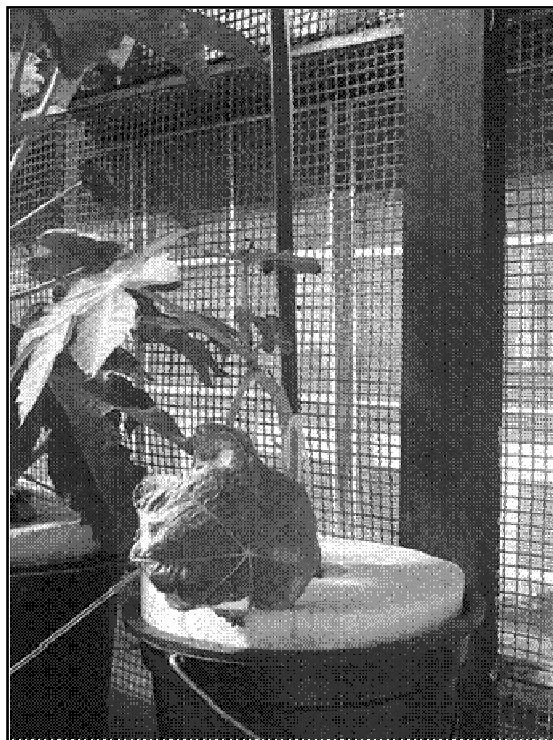
**A****B**

Figura 13. Sintomas de toxidez nas folhas e redução no crescimento.

Rhoades *et al.*, (2000), o excesso de sais na zona radicular das plantas, em geral, exerce efeitos nocivos no crescimento (FIGURA 14). A hipótese que melhor explica este fato é que a salinidade excessiva reduz o crescimento e causa a até a morte das plantas por causa do aumento da energia que é gasta pelas plantas na absorção de água do solo e no ajuste osmótico para sobreviverem e produzirem em condições de estresse.



Figura 14. Excesso de sais na zona radicular.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir:

1. A salinidade afeta negativamente o crescimento das plantas de mamona cv. nordestina e acarreta sintomas visuais de toxidez, caracterizados por queima das bordas e ápice das folhas e, em estágio mais avançado, amarelecimento do limbo e queda das mesmas;
2. A mamona cv. nordestina moderadamente sensível à salinidade, apresentando a salinidade limiar entre 1,7 a 2,5 dS/m;
3. A salinidade causou aumentos nos teores de fósforo nas raízes da mamona cv. nordestina, decréscimos nos teores de potássio nas folhas, o cálcio e o magnésio tiveram seus teores constantes, sendo que o cálcio apresentou maiores acúmulos nas folhas;
4. Os teores do zinco foram maiores nos caules, enquanto que o cobre apresentou maior acúmulo nas raízes; tanto o ferro, quanto o manganês apresentou maiores teores nas raízes;
5. Os teores de sódio e cloro aumentaram significativamente em todas as partes da planta com o aumento da salinidade, sendo os teores de cloro, maiores que sódio. Para os dois íons, ocorreu maior acúmulo nas raízes, seguidos dos caules e folhas.

6. LITERATURA CITADA

- ALBERICO, G. J.; CRAMER, G. R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, p.2289-2303, 1993.
- AMORIM, J. R. A. de. **Comportamento do alho sob duas formas de aplicação de diferentes níveis de salinidade de água de irrigação**. Campina Grande-PB. UFPB. 1994. 97p. (Dissertação de Mestrado).
- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. de; BELTRÃO, N.E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed. Téc.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 3, p. 63-76.
- ANDRADE, L. N. V.: LOPES, H.L. **Aplicação de modelos hidrológicos superficiais e subsuperficiais em bacias hidrográficas: FASE I – compilação de banco de dados**. Juazeiro: UNEB – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais. Disponível em: [geodesia.ufsc.br/Geodesia online/ ARQUIVO/Cobrac_2000/130/130.htm](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia_online/ARQUIVO/Cobrac_2000/130/130.htm). Acesso em 20 de Agos. 2003.
- AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 2003. 182p. Notas de aulas
- AQUINO, A.J.S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. Fortaleza: UFC, 2005, 73p. Dissertação Mestrado

- ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. **Braz. Journal Plant Physiology**, v.17, n.2, p.207-212, 2005.
- ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa-MG: UFV 1994, 87p (Dissertação de Mestrado).
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife: CNPq.1995.128p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).
- AYRES, R. S, WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de irrigação e drenagem, 29, rev, 1).
- AZEVEDO NETO, A.D. **Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plântulas de milho submetidas ao estresse salino**. UFRPE, Recife. 133p. 1997. Dissertação de Mestrado.
- AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E.de M.; SOARES, J.J.; VIEIRA, R. de M.; MOREIRA, J,de A.N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).
- BALL MC, MELHORN RJ, TERRY N PACKER I. Electron spin resonance studies of ionic permeability properties of thylakoid membranes. **Plant Physiology**, 78:1-3, 1985.

- BALLANTYNE JS, CHAMBERLIN ME. Regulation of cellular amino acid levels. In: **Cellular and Molecular Physiology of Cell Volume Regulation**.(K STRANGE Ed.), CRC Press, Boca Raton, 1984, p.111-122.
- BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAEL, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and moneral composition of avocado and citrus plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 6, p. 715 – 731, 1997.
- BATES LS, WALDREN RP, TEARE ID. Rapid determination for free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, 39: 205-207, 1973.
- BEEVERS I, HAGEMAN RH. In **Encyclopedia of plant physiology**. New Series, vol. 15 A (Lauchi, A. & Bialeski, R.L. eds), 151-197. Springer, Berlin. 1993.
- BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C.; VASCONCELOS, O.L.; AZEVEDO, D.M.P. de; VIEIRA,D.J. Fitologia.In: AZEVEDO,D.M.P. de; LIMA, E.F. (eds. tec.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.
- BERTELI H, NISSEN P. Effect of exogenous and endogenous nitrate concentration on nitrate utilization by dwarf bean. **Plant Physiol.**, 70:754-759, 1982.
- BLUMWALD E, MEHLHORN R. J, PACKER I. Ionic osmoregulation during plant salt adaptation. **Plant physiology**, 73; 377-380, 1983.
- BOHN, H. L.;Mc NEAL, B.L.; O'CONNOR, G. A.; **Soil Chemistry**. 2^a ed. New York: John Wiley & Sons, 1985, 647p
- BOYER J. S. Plant Productivity and Environment. **Science**, 218: 443-448, 1982.
- BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro; Livraria Freitas Bastos S. A. 1983. 647p.

- BRINES M, LARHER F. Osmoregulation in halophytic higher plants: a comparative study of soluble carbohydrate, polyols, betaines and free proline. **Plant, Cell & Environ**, 5:287-292, 1982.
- BRUGNOLI E, LAUTERI M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. **Plant Physiology**, 95: 628-635, 1991.
- BOLT G.H. Soil Chemistry. A. Basic Elements. New York. **Elsevier Scientific Publishing Company**. 1978. p. 281.
- CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, v.159, p.205-212, 1994.
- CARMO G. A; MEDEIROS J. F.;TAVARES J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA A. M.; PALÁCIO, E. A. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal/SP, v.25, n.3, p.513-518, 2003.
- CARNEIRO, P. T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande–PB: UFPB 2001, 85p. (Dissertação de Mestrado).
- CARVALHO, J. M. F.; PIO, K. B.; SANTOS, ;ALMEIDA, F de A. C. Germinação e contaminação de sementes de mamoneira *in vitro* mediante quebra de dormência e desinfecção. **Revista Brasileira Oleaginosa e Fibrosas**, v. 6, n. 1, p. 483 a 490, jan-abr. 2002.
- CAVALCANTI, M. L. F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande –PB: UFCG, 2003, 46p. (Dissertação de Mestrado).

- CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. Annual Review of Plant Physiology, Palto Alto, v.3, p.239-298, 1980.
- COSTA, H. M., RAMOS, V. D., ABRANTES, T. A. S. et al. **Efeito do óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica. Polímeros**, jan./mar. 2004, vol.14, no.1, p.46-50.
- COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasil. Bot.**, v.26, n.3, p.289-297, jul-set., 2003.
- CRAMER, G. R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, v.21, p.675-692,1994.
- CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.
- DANTAS, J.P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.
- DAKER, A. **A água na agricultura**. Irrigação e drenagem. Parte 3 (ed. 7). Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. 3v 543p.
- DELAUNEY AJ, HU CAA, KAVI-KISHOR PB, VERMA DPS. **Cloning of delta-aminotransferase cDNA from Vigna aconitifolia by trans-complementation in Escherichia coli and regulation of proline biosynthesis**. J. Biol. Chem. 268: 18673-18678, 1993.
- ELTHON TE, STEWART CR. Proline oxidation in corn mitochondria. **Plant Physiology**, 70: 567-572, 1982.

- EMBRAPA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE –. **O Biodisel do óleo da mamona e a produção da fitomassa: considerações gerais e singulares.** Campina Grande, PB, 2004.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. EMBRAPA - CNPAF. 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. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 319 – 362.
- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1613 – 1619, 2002.
- FERREIRA NETO, M. **Desenvolvimento e produção do coqueiro sob diferentes salinidades na água de irrigação.** Campina Grande; UFPB, 2001. 88p. (Dissertação de Mestrado).
- FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil.** Brasília: EMBRAPA- SPU; Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1997. 292p.
- FLOWERS, T.J.; TRORE, P. F.; YEO, A. R. **The mechanism of salt tolerance in halophytes.** Ann. Rev. Plant. Physiol., 28: 89-121. 1977.
- FORNANZIERI JÚNIOR, A. **MAMONA: Uma rica fonte de óleo e de divisas.** São Paulo. Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora Ltda. 1986. 75p.
- FOUGÉRE F, L. E RUDULIER D, STREETER J. G. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Plant Physiology**, 96: 1228-1236, 1991.

- FUKUTOKU Y, YAMADA Y. Sources of proline-nitrogen in water-stressed soybean (*Glycine max*). II. Fate of ¹⁵N-labelled protein. **Physiology Plantarum**, 61: 622-628, 1984.
- GALVEZ, A. F.; GULICK, P. J.; DVORAK, J. Characterization of the early stages of genetic salt-stress responses in salt-tolerant *Lophopyrum elongatum*, salt-sensitive wheat, and their amphiploid. **Plant Physiol.**, v.103, p.257-265, 1993.
- GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J. Effects of environmental variables and cropping on plant water status of custard apple. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.4, p.445-455, 1992.
- GHEYI. H.; FAGEIRA, N. K. **Efeitos dos sais sobre as plantas. In: Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: 1997. p. 125-131, 1997.
- GORHAM, J.; TOMAR, O. S.; JONES, G. R. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 132, p. 678 – 682, 1988.
- GOSSET, D.R.; MILLHOLLON,E.P.; LUCAS, M.C. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. **Crop Science**, v.34, p.706-714, 1994
- GRATTAN, S.R.; MAAS, E.V. Interactive effects of salinity and substrate phosphate on soybean. **Agron. J.**, v.76, p.668-676, 1984.
- GREENWAY H, MUNNS R. Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology, 31:149-190, 1980.

GUILHERME, E.A., LACERDA, C.F., BEZERRA, M.A., GUIMARAES, F.V.A., PRISCO, J.T., ENÉAS FILHO, J., GOMES FILHO, E. Efeitos do estresse salino no crescimento foliar e na taxa de assimilação de carbono em plantas de feijão-decorda In: IX Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2003, Atibaia. **Brazilian Journal of Plant Physiology (Suplemento)**. Londrina: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.15, p.391, 2003.

GUIMARÃES, F.V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão-decorda cv. Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄**. Fortaleza – UFC, 2005. 176p. Tese de Doutorado em Bioquímica Vegetal.

GURGEL, M. T. **Produção de mudas de aceroleira sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande-PB: UFPB, 2001, 117p (Dissertação de Mestrado).

HASANEEN, M.N.A.; EL-SAHT, H.M.; BASSYONI, F.M. Growth, carbohydrates and associated invertase and amylase activities in castor bean and maize as affected by metribuzin and NaCl. **Biologia Plantarum**, Prague, v.36, p.451, 1994.

HASEGAWA, P.M, BRESSAN, R.A.; HANDA, A. Cellular mechanisms of salinity tolerance. **HorScience**, v.21, p.1317-1324, 1986.

HEMERLY, F.X. **Mamona: comportamento e tendências no Brasil**. Brasília, Embrapa-DID, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC. Documentos, 2).

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

IGARTUA, E.; GRACIA, M. P.; LASA, J. M. Field responses of grain sorghum to a salinity gradient. **Field Crop Research**, v.42, p.15-25, 1995.

- IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in Maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v.14, p.687-699, 1991.
- IYER S, CAPLAN A. Products of proline catabolism can induce osmotically regulated genes in rice. **Plant Physiology**, 116: 203-211, 1998.
- JONES MM, OSMOND CB, TURNER NC. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. **Australian journal of Plant Physiology**, 7:193-205, 1980.
- KENT, L.M.; LÄUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinitycalcium interactions. **Plant Cell Environm.**, v.8, p.155-159, 1985.
- KETCHUM REB, WARREN RC, KLIMA IJ, LOPEZ-GUTIERREZ F, NABORS MW. The mechanism and regulation of proline accumulation in suspension cultures of the halophytic grass (*Distichlis spicata* L.) **Journal of Plant Physiology**. 137: 368-374, 1991.
- KRAMER, P. I. **Plant and soil water relationships: a modern synthesis**. New York: McGraw Hill, 1969. 482p.
- KRISHNA R, GNANAM A. Inhibition of nitrate and nitrite reductase activities by salinity stress in *Sorghum vulgare*. **Phytochemistry**, 29:1047-1049, 1990.
- LACERDA, C.F. **Efeitos da salinidade do desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca²⁺ como meio para minorar tais efeitos**. Fortaleza : UFC, 1995, 87p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LACERDA, C.F.; CABRAIA, J.; CANO, A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

- LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.M.C., ARAÚJO, E.L., WILLADINO, L.G., CAVALCANTE, U.M.T. (eds.) **“Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas”**. Recife, UFRPE, p.127-137, 2005.
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (ed). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE. 1990. Cap. 6. p.113-137.
- LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do nordeste semi-árido brasileiro**. Recife: SUDENE/DPG/PRN/Grupo de Trabalho de Hidrometeorologia, 1989. 95p. (SUDENE. Hidrologia, 26).
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A. & FRANCO. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.
- LEA – COX, J. D.; SYVERTSEN, J. P. Salinity reduces water use and nitrate – N – use efficiency of citrus. **Annals of Botany**, London, v. 72, p. 47 – 54, 1993.
- LEIGH RA, AHMAD N, WYN JONES RG. Assessment of glycinebetaine and proline compartmentation by analysis of isolated beet vacuoles. **Planta**, 153: 34-41, 1981.
- LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Recife: SUDENE- DRN, 1983. p.91-141. Relatório Final do Convênio Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses. Water, radiation, salt, and other stress**. Vol II. 2nd edition. Academic Press, New York, 1980.
- LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.113 – 136.

- LIU J, ZHU JK. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt-hypersensitive mutant of arabidopsis. **Plant Physiology**, 114: 591-596, 1997.
- LOW PS. Molecular basis of the biological compatibility of nature osmolytes. In: Transport Process, Iono and Osmoregulation (R GILLES, M GILLES-BAILLIEN Eds.). **Springer-Verlag, Berlin**, 1985. pp. 469-477.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G, C. OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas e aplicação**. 2 ed, Piracicaba: Potafos. 1997.
- MAAS, E. V. Crop tolerance. **California. Agriculture**. v.38, n.10, p.20-21, 1984.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance- current assssment., **Proc. J. Irrig. And Drainage**, v. 103, n. 2, 1977, p. 115-134.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 Ed. Academic Press, London, 1995.
- MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias 1983. 629 p.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos Estados de RN, PB e CE**, Campina Grande-PB: UFPB 1992,173p (Dissertação de Mestrado).
- MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação**. Mossoró: ENA/ESAM, 1994. 60p. (ESAM, Boletim Técnico Científico, 22).
- MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International. Potash Institute, 1987. 687p.
- MERCADO, A. **Structure and function of plan cells in saline habitats**. Halsted Press. Jerusalem, Israel. 284p. 1973.

- MOFATH AE, MICHAEL BE. The effect of sodium chloride on solute potential and proline accumulation in soybean leaves. **Plant Physiology**, 83: 238-240, 1987.
- MOR, R.P.; MANCHANDA, H.R. Influence of phosphorus on the tolerance of table pea to chloride and sulfate salinity in a sandy soil. **Arid Soil Research, Rehab**, v.6, p.41-52. 1992.
- MUNNS R, TERMAAT A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, 13: 143-160, 1986.
- MURASHIGE, T; SKOOG, F. **A medium for rappid growth and bid assayf with tapacco tissue cultures physiology plantarum**, 15; 1962, p. 473-497.
- NAVARRO, J.M., BOTELLA, M.A., CERDÁ, A., MARTINEZ, V. Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **Journal Plant Physiology**, v.158, p.375-381, 2001.
- NIEMAN, R.H.; CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on the mature photosynthesizing corn leaves. **Plant Physiol.**, v.57, p.157-161, 1976.
- NOBLE, C.L.; ROGERS, M.J.E. Response if temperate forage legumes to waterlogging and salinity. In: **Handbook of Plant and Crop Stress**. M. Pessarakli ed.. Marcel Dekker, Inc. New York. p. 473-496, 1994.
- O'LEARY, J.W. Physiological basis for plant growth inhibition due to salinity. In: **Food, fiber, and the arid lands**. McGINNIES, W.G.; GOLDMAN, B.J.; PAYCORE, P. (eds.), Arizona, AASS & Univ. of Arizona Press. p.331-336. 1971.
- OLIVEIRA, H.P.M. **Efeitos da concentrações iso-osmóticas de sais (NaCl + KCl) sobre o crescimento e o acúmulo de íons em plantas de sorgo forrageiro**, Fortaleza, CE/UFC, 2002, 32p. Monografia (Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará).

- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: SIMPÓSIO “MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA”, 1997, Campina Grande, PB. **Anais...**, Campina Grande: UFPB, 1997. p. 3-35
- PAPP JC, BALL MC, TERRY N. A comparative study of the effects of NaCl salinity on respiration, photosynthesis , and leaf extension growth in *Beta vulgaris* L. **Plant Cell and Environment**, 6: 675-677, 1984.
- PENG Z, LU Q, VERMA DPS. Reciprocal regulation of delta1- pyrroline-5-carboxylate synthetase and proline dehydrogenase genes control proline levels during and after osmotic stress in plants. **Mol. Gen. Genet**, 253: 334-341, 1996.
- PEOPLES MB, FAIZHA AW, REAKSEM B. Methods for evaluation of nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. **Australian Center for International Agricultural Research, Canberra**, 76 p. 1989.
- PEREIRA, J. R. Solos salinos sódicos. **Anais...** Reunião de fertilidade dos solos, 15. Campinas-SP: Campinas, 1983. p.127-143.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelo salinos**. 2 ed. Madrid: Editorial Española S. A. 1985. 542p.
- POPOVA, G.M.; MOSHKIN, V.A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V.A. (ed.). **Castor. New Delhi: Amerind**, 1986. p. 11-27.
- PRISCO, J. T. – Alguns aspectos da fisiologia do stress salino. **Rev. Bras. Bot.**, 3: 85-94. 1987.
- RAO KR, GNANAM A. Inhibition of nitrate reductase activity by salinity stress in *Sorghum vulgare*. **Phytochemistry**, 29: 1047-1049, 1990.

- REEVE, R. C.; FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINSTER, T. W. (eds). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967 cap.51 p.356-357.
- REID, R.J.; SMITH, A. The limits of sodium/calcium interactions in plant growth. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, p.709-715, 2000.
- RHODES AS, HANDA S. Amino acid metabolism in relation to osmotic adjustment in plant cell. In: **Environmental Stress in Plants: Biochemical and Physiological Mechanisms**, NATO ASI Series, Vol. G19 (JH Cherry ed) Springer, Berlin, pp. 41-62, 1989.
- RHODES AS, HANDA S, BRESSAN RA. Metabolic changes associated with adaptation of plant cells to water stress. **Plant Physiology**, 82: 890-903, 1986.
- RHOADES, J. D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWARD, B. A, NIELSEN, D. R. (eds.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. Cap. 9, p.31-67. (Agronomy, 30).
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Department of Agriculture, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- RICHARDSON, S.G.; McCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p.1015-1020, 1985.
- ROBERTS, J. K. M.; LINKER, C. S.; BENOIT, A. G.; JARDETZKY, O.; NIEMAN, R H. Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studies by ^{31}P nuclear magnetic resonance. **Plant Physiology**, v.75, p.947-950, 1984.
- ROMERO, R. E.; OLIVEIRA, T. S. Imobilização de nutrientes e produção de matéria seca em condições de salinidade e sodicidade crescentes no solo. **Revista Ceres**. vol.17. n.272, p.363-373, 2000.

- ROSA, E. A. dos S. A salinização em ambientes protegidos. In: Forum Internacional de Cultivo Protegido. Botucatu-SP.1997. **Anais...**, Botucatu: UNESP, p.226-262. 1997.
- RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil–water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. In: BANIN,A; KAFKAFI (eds). **Agrochemicals in soils**. Pergamon Press. 1980. p.287-296.
- SANTARIUS KA. Freezing of isolated thylakoid membranes in complex media. VIII. Differential cryoprotection by sucrose, proline and glycerol. **Physiology Plantarum**, 84: 87-93, 1992.
- SANTORO MM, LIU Y, KHAN SMA, HOU LX, BOLEN DW. Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes. **Biochemistry**, 31: 5278-5283, 1992.
- SANTOS, R. V. dos; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.319 – 362.
- SAVY FILHO, A. **Melhoramento de espécies cultivadas: melhoramento da mamona**. Viçosa – MG. 1996. UFV, p.385-407.
- SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interaction between potassium and sodium uptake in plants. **Trends Plant Science**, v.4, p.281- 287, 1999.
- SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, v.60, p.75-120, 1997.
- SHALHEVET, J.; HUCK, M.G.; SCHROEDER, B.P. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v.87, p.512-516, 1995.

- SIEGEL, S. M.; et al. Growth of corn in saline waters. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 50, p. 71 – 73, 1980.
- SILVA, J.V. **Efeitos do CaCl₂ no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com NaCl**. Fortaleza, UFC, 103p. 1998. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia)
- SILVA, J.V.; LACERDA, C.F. COSTA, P.H.A.; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J.T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Braz. Journal Plant Physiology**, v.15, n.2, p.99-105, 2003.
- SILVA, W.J. da. **Aptidões climáticas para as culturas do girassol, mamona e amendoim**. Informe Agropecuário, v. 7 n.82, p.24-33, aut. 1981.
- SILVA, D. da.; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/ SBH/ ABEAS.1997. 252p.
- SILVEIRA, J. .A .G.; MACHADO, E. C. **Mobilização de N e carboidratos durante o desenvolvimento de panículas de duas cultivares de arroz**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. V 2 (2). P 37-36. 1990.
- SLATYER, R.O. **Plant-water relationships**. Academic Press, Inc. London. 366p. 1967.
- SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande-PB: UFPB 1995, 94p. (Dissertação de Mestrado).
- STEWART CR, BOGGESS SF, ASPINALL D, PALEG G. Inhibition of proline oxidation by water stress. **Plant Physiology**, 59: 930-932, 1977.
- STROGONOV, B.P. **Physiological basis of salt tolerance of plants – as affected by various types of salinity**. Israel Program Scientific Translations Ltd.. Jerusalem. 279p. 1964.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings publishing Co., 565p, 2002.
- TAYLOR CB. Proline and water deficit: ups and downs. **The Plant Cell** 8: 1221-1224, 1996.
- TERRY N, WALDRON J. L. Salinity, photosynthesis, and leaf growth. **Cell and Environment**, 8: 207-211, 1985.
- THOMAS JC, DE ARMOND RL, BOHNERT HJ. Influence of NaCl on growth, proline, and phosphoenolpyruvate carboxylase levels in *Mesembryanthemum crystallinum* suspension cultures. **Plant Physiology**, 98: 626-631, 1992.
- TOTAWAT, K.L. MEHTA, A.K. Salt tolerance of maize and sorghum genotypes. *Annals of Arid Zone*, Jodhpur, v. 24, p.229-236, 1985.
- VAN ALPHEN, D. W. VERHOEVEN, B. **Salt-affected soils and their reclamation**. In: International Course on Land Drainage, 22, [S.l.], 1983.34p.
- VIANA, S. B. **A Estresse salino na germinação, fase muda e produção de alface (*Lactuca Sativa L*)** Campina Grande-PB: UFPB, 2000. 127p. (Dissertação de Mestrado).
- VIEGAS R. A. **Dinâmica de fontes de fósforo aplicadas a solos com diferentes valores de pH**. Tese de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária. Viçosa, MG. 1990, 60p.
- VIEGAS R A, MELO A R B, SILVEIRA J A G. Nitrate reductase activity and proline accumulation in cashew in response to NaCl salt shock. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 11(1): 21-28, 2004.
- VOETBERG, GS, SHARP RE. Growth of the maize primary root tip at low water potentials.III. Role of increased proline deposition in osmotic adjustment. **Plant Physiology**, 96: 1125-1130, 1991.

- WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.
- WILCOX, L.V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. In: **HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W.** (eds.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1967.
- WYN JONES RG, SHEARD RW. Light factors in nitrogen assimilation. In. **Nitrogen Assimilation of Plants**. (E. J. HEWITTE and C. V. CUTTING, eds), pp. 521-539, Acta Press, London. 1979.
- YANCEY PH. Compatible and counteracting solutes. In: Cellular and Molecular. **Physiology of Cell** Volume Regulation. (K STRANGE Ed.), CRC Press, Boca Raton, 1994, pp. 81-109.
- ZEKRI, M.; PARSONS, L.R. Calcium influences growth and leaf mineral concentration of citrus under saline conditions. **Hort. Sci.**, v.25, n.7, p.784-786, 1990.
- ZHONG, H. L.; LAUCHLI, A. Spatial distribution of solutes, K, Na, Ca and their deposition rates in the growth zone of primary cotton roots: Effects of NaCl and CaCl₂. **Planta**, v.194, p.34-41, 1994.

8. ANEXO

Apêndice 01. Fotos demonstrativas do estudo.



Foto 01. Germinação das sementes



Foto 02. Período de aclimação



Foto 03. Preparação do experimento

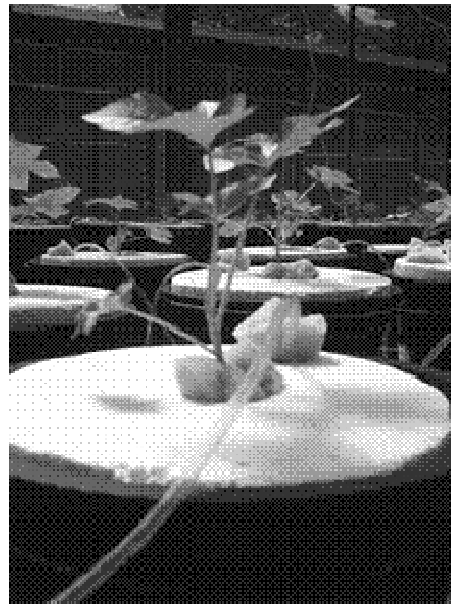


Foto 04. Planta em vaso de 8L, em solução nutritiva aos 20 dias após aclimação.



Foto 05. Vista do experimento

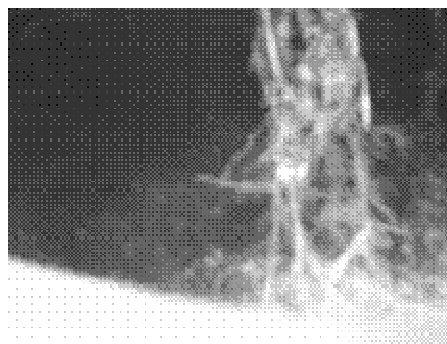


Foto 06. Zona radicular



Foto 07. Tratamento 1, submetida a CE 1,7 dS/m.

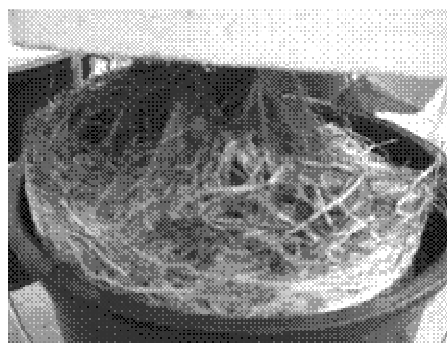


Foto 08. Zona radicular, submetida a CE 1,7 dS/m.



Foto 08. Tratamento 2, submetida a



Foto 09. Zona radicular, submetida

CE 2,5 dS/m.



Foto 10. Tratamento 3, submetida a CE 3,0 dS/m..

a CE 2,5 dS/m.

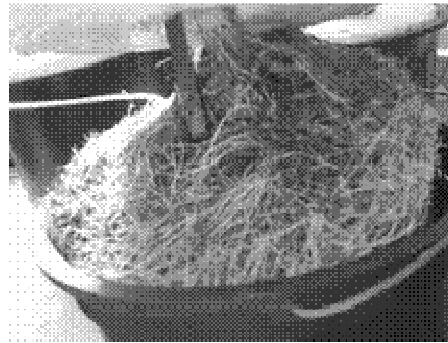


Foto 11. Zona radicular, submetida a CE 3,0 dS/m.



Foto 12. Tratamento 4, submetida a CE 4,0 dS/m..



Foto 13. Zona radicular, submetida a CE 4,0 dS/m.



Foto 14. Tratamento 5, submetida a CE 5,0 dS/m..

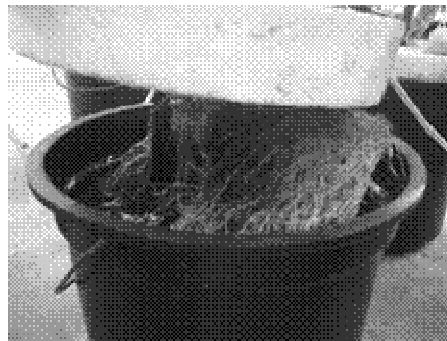


Foto 15. Zona radicular, submetida a CE 5,0 dS/m.



Foto 16. Tratamento 6, submetida a CE 6,0 dS/m..



Foto 17. Zona radicular, submetida a CE 6,0 dS/m.



Foto 18. Tratamento 7, submetida a CE 7,5 dS/m..



Foto 19. Zona radicular, submetida a CE 7,5 dS/m.

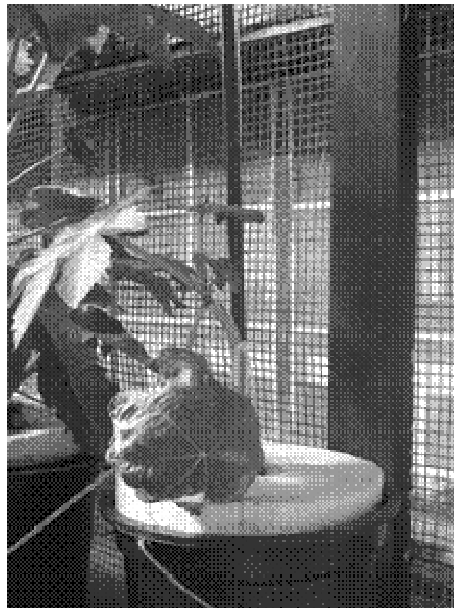


Foto 20. Tratamento 8, submetida a CE 9,0 dS/m..

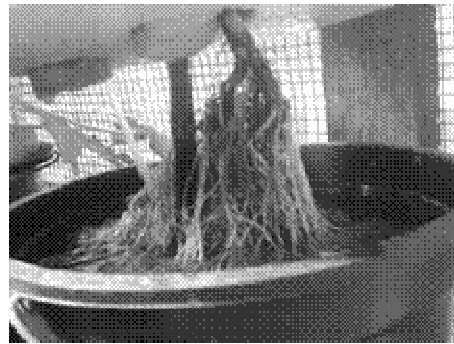


Foto 21. Zona radicular, submetida a CE 9,0 dS/m.

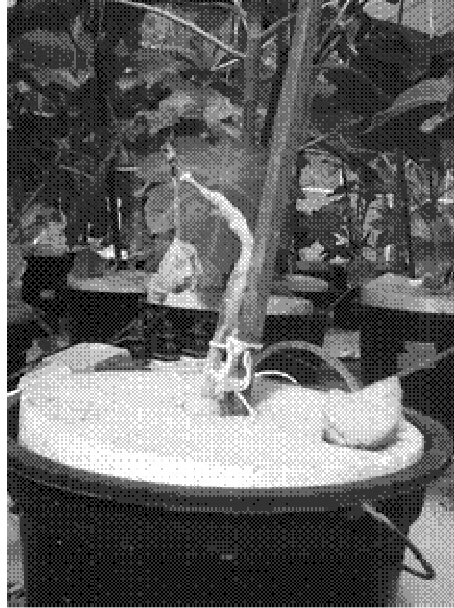


Foto 22. Tratamento 9, submetida a CE 12,5 dS/m..

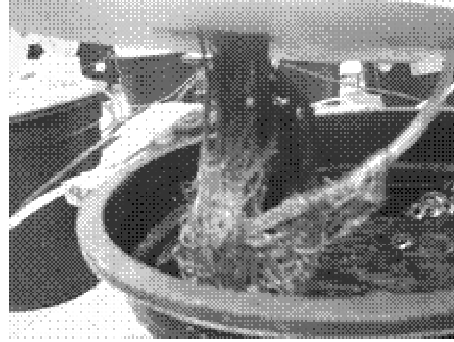


Foto 23. Zona radicular, submetida a CE 12,5 dS/m.



Foto 24. Tratamento 10, submetida a CE 15,0 dS/m..

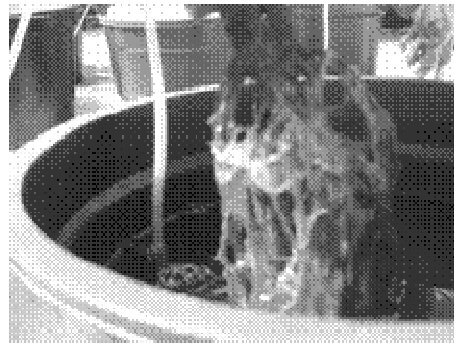


Foto 25. Zona radicular, submetida a CE 15,0 dS/m.