

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-RETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

MESTRADO

GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA
IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS

DISSERTAÇÃO

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
DEZEMBRO - 2003

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI
BIÓLOGO

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA IRRIGADA
COM ÁGUAS SALINAS**

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: PEDRO DANTAS FERNANDES – Doutor – UFCG/CCT/DEAg

CO-ORIENTADOR: HANS RAJ GHEYI – Doutor – UFCG/CCT/DEAg

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
DEZEMBRO – 2003



FICHA CATALOGRÁFICA

C376g Cavalcanti, Mário Luiz Farias

Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas / Campina Grande: UFCG, 2003.

46p. il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). UFCG / CCT.

Inclui bibliografia

1. Mamona
2. Salinidade
3. Germinação
4. Crescimento inicial

CDU: 631.7:582.757



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COPEAG – PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI

Título: “Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas”

BANCA EXAMINADORA

PARECER



Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

Aprovado



Prof. Dr. Hans Raj Gheyi – Co-orientador

Aprovado



Prof. Dr. José Dantas Neto – Examinador

Aprovado



Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão – Examinador

Aprovado

Campina Grande, 18 de dezembro de 2003

Em memória de minha avó materna, Luzia Alves Farias, que foi a pessoa mais pura que conheci em toda minha vida, e a quem tenho como exemplo de paz, carinho e bondade infinita.

MINHA HOMENAGEM

Aos meus pais José Mário e Anísia Maria, pelo exemplo de vida que são e também pela força, carinho, confiança e esforços dedicados a minha pessoa, que servem de estímulo para atravessar todas as barreiras que a vida nos coloca diariamente.

A meus irmãos Giovanni Ulisses, Paulo Germano e Silvia Patrícia; parentes e amigos.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela concretização deste trabalho.

Aos meus pais José Mário e Anísia Maria, que me apoiaram durante essa difícil jornada.

A meus irmãos Giovanni Ulisses, Paulo Germano e Silvia Patrícia, pela amizade e companheirismo de cada dia.

À Narayana, que sempre esteve ao meu lado, brigando e sonhando com um futuro promissor para nós dois.

À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

Aos Drs. Pedro Dantas Fernandes e Hans Raj Gheyi, meus orientadores, pela grande contribuição na minha formação acadêmica como também pela sua amizade.

Ao Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pela contribuição prestada no decorrer do trabalho, bem como fazendo parte do julgamento do mesmo.

Ao Prof. Dr. José Dantas Neto, pela participação na banca, bem como devido aos ensinamentos passados durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), em especial, a Francisco Alves da Silva (Chico), que ajudou a conduzir as análises de água e solo feitas no decorrer do experimento.

A Sra. Rivanilda pela atenção e ajuda dada sempre que necessitei durante todo o curso.

A Genival Barros Júnior, que dedicou uma parte do seu precioso tempo na condução deste trabalho.

A Frederico Antônio Loureiro Soares, que sempre esteve disposto a ajudar em qualquer situação.

A Robson Silva Cavalcanti, que ajudou na instalação e condução do experimento.

A Eliezer da Cunha Siqueira, Jorge Luiz da Cruz Figueredo, Severino Pereira de Sousa Júnior, Soahd Arruda Rached Farias, Ridelson Farias de Sousa e Vanda Maria de Lira, pela grande contribuição que prestaram para o meu crescimento intelectual no decorrer do mestrado.

A todos os colegas de turma que junto a mim passaram por várias dificuldades, mas a cada dia supera mais um obstáculo a caminho do sucesso.

Enfim, aos que influenciaram de alguma forma nesta conquista.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS DA CULTURA.....	3
2.2. REQUERIMENTOS CLIMÁTICOS DA CULTURA.....	4
2.3. ASPECTOS GERAIS DA SALINIDADE DO SOLO.....	5
2.4. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO.....	6
2.5. EFEITO DOS SAIS NAS PLANTAS.....	8
2.5.1. Efeito osmótico.....	9
2.5.2. Efeito direto do íon ou toxicidade.....	9
2.6. TOLERÂNCIA DAS PLANTAS À SALINIDADE.....	10
2.7. GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	12
3.2. CULTIVAR.....	12
3.3. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO.....	12
3.4. RECIPIENTES E SUBSTRATO.....	13
3.5. PREPARO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO.....	16
3.6. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO.....	16
3.7. VARIÁVEIS ANALISADAS.....	17
3.7.1. Germinação.....	17
3.7.2. Crescimento e desenvolvimento da planta.....	17
3.8. CONSUMO DE ÁGUA.....	20
3.9. ANÁLISE DO SOLO AO FINAL DO EXPERIMENTO.....	20
3.10. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. GERMINAÇÃO.....	22
4.2. ÍNDICES DE CRESCIMENTO.....	23
4.2.1. Número de Folhas (NF), Altura da Planta (AP), Área Foliar (AF) e Diâmetro do Caule (DC).....	23
4.2.2. Fitomassa.....	27
4.3. CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO.....	30
4.3.1. Relação Raiz/Parte Aérea (R/PA), Razão de Área Foliar (RAF), Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II) e Potencial Hídrico na Folha (PHF).....	30
4.4. CONSUMO DE ÁGUA.....	32
4.5. SALINIDADE DO SUBSTRATO.....	34
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Principais parâmetros usados na avaliação da qualidade da água de irrigação	8
2 Classificação de água de irrigação quanto ao risco de salinidade.....	9
3 Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água	9
4 Características químicas e físico-hídricas do material de solo utilizado no enchimento dos vasos.....	15
5 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para percentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamoneira (BRS 149 - Nordestina), aos 12 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação (CE _a) e a diferentes tipos de águas.....	25
6 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC) relativos aos dados obtidos aos 80 dias após a germinação da mamona.....	26
7 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para fitomassa da parte aérea (FPA) aos 15 e 80 DAG, fitomassa das raízes (FR) aos 80 DAG e fitomassa da parte aérea durante o ciclo (FPAC).....	31
8 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para relação raiz/parte aérea (R/PA), razão de área foliar (RAF), eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) e potencial hídrico na folha (PHF) relativos aos dados obtidos aos 80 dias após a germinação da mamona.....	32
9 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias de consumo de água.....	35
10 Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEEs).....	37
11 Características químicas obtidas nas amostras de solo, coletadas no final do experimento na profundidade de 5 a 15 cm do vaso.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Vista frontal do experimento com ênfase para o sistema de drenagem.....	15
2 Altura de planta (AP) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	27
3 Número de folhas (NF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	27
4 Área foliar (AF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	28
5 Diâmetro do caule (DC) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	29
6 Fitomassa da parte aérea (FPA) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	29
7 Fitomassa da parte aérea durante o ciclo (FPAC) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação.....	30
8 Relação raiz/parte aérea (R/PA) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	33
9 Potencial hídrico na folha (PHF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação.....	34
10 Média do consumo total de água com relação ao fator nível salino.....	35
11 Média do consumo total de água por tratamentos.....	36
12 Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) em função da salinidade da água de irrigação.....	38
13 Relação de adsorção de sódio (RAS) em função dos tipos de águas (proporções de Na) para cada nível salino.....	38

RESUMO

A mamoneira por ser uma planta com capacidade de produzir satisfatoriamente bem sob condições de baixa precipitação pluviométrica é uma alternativa de grande importância para o semi-árido brasileiro. Nesta região, a cultura mesmo tendo sua produtividade afetada, tem sido resistente ao clima adverso quando se verificam perdas totais em outras culturas, constituindo, dessa forma, numa das poucas alternativas de trabalho e de renda para o agricultor da região. Embora seja cultura tolerante à seca, atualmente tem sido estimulado o cultivo da mamoneira sob condições irrigadas, uma vez que, em muitas situações, a irrigação é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semi-árido do Nordeste brasileiro. Sem um manejo adequado da irrigação, a salinização do solo pode se tornar inevitável, pois a maior parte das águas disponíveis à irrigação contém teores elevados de sais, sendo frequentemente encontrados valores da ordem de 0,2 a 5,0 dS m⁻¹. Por se tratar de uma espécie naturalmente vigorosa e de fácil propagação, poucos são os cuidados dispensados no manejo da mamoneira. Todavia, a carência de informações a respeito dos efeitos da salinidade nas diferentes fases fenológicas e sobre o rendimento da cultura, justificou-se o presente trabalho que se propôs a estudar o uso de água salina no cultivo de mamoneira BRS 149 – Nordestina, nas fases de germinação e crescimento inicial. O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola no Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, no período de julho a setembro de 2003 e procurou estudar a viabilidade de utilização das águas de qualidade inferior no cultivo da mamona. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, consistindo da combinação de cinco níveis de salinidade da água de irrigação (N₁=0,7; N₂=1,7; N₃=2,7; N₄=3,7 e N₅=4,7 dS m⁻¹) e cinco proporções entre Na:Ca (PI₁=9,5:0,5; PI₂=7,5:2,5; PI₃=5,0:5,0; PI₄=2,5:7,5; e PI₅=0,5:9,5). Fatorialmente combinados resultam em 25 tratamentos, com três repetições, estendendo-se o experimento por 80 dias. A salinidade não influenciou as variáveis porcentagem de germinação, fitomassa das raízes, razão de área foliar e eficiência quântica do fotossistema II. O número de folhas, altura de planta, área foliar, diâmetro do caule, fitomassa da parte aérea, fitomassa da parte aérea durante o ciclo e consumo de água pela planta tiveram um decréscimo linear com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. A relação raiz/parte aérea e tensão da água retida em folhas aumentaram linearmente quando submetidos ao estresse salino. A altura de planta e fitomassa da parte aérea também foram influenciadas positivamente com a diminuição do Na e aumento do Ca na água de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: mamona, salinidade, germinação, crescimento inicial.

ABSTRACT

Being the castor bean a plant with satisfactory production capacity under low precipitation conditions it is an important alternative for the Brazilian semi-arid. In this region, with loss in the castor bean, crop yield, in comparison to other crops may be considered resistant to adverse climate, constituting thus one of the few alternatives of work and income for the farmers of the region. Although it is tolerant to drought, its cultivation is encouraged under irrigation, because usually the irrigation is the only way to guarantee the agricultural production in tropical areas of hot and dry climate, as is the case of the semi-arid Brazilian Northeast. An appropriate irrigation management is necessary to prevent salinity problems; most of the available irrigation waters contains high salt, being frequently found values of the order of 0.2 to 5.0 dS m⁻¹. Furthermore, being a plant of vigorous and easy propagation, little is known about its management. Considering the lack of information regarding the effects of the salinity on different phenologic phases and on the production, the present study aims to verify the use of saline water in the castor bean crop variety BRS 149-Nordestina, in its germination phase and initial growth. The study was conducted in the greenhouse of the Agricultural Engineering Department of the Center of Sciences and Technology of the Federal University of Campina Grande, during the period of July to September of 2003. The experimental design adopted was a randomized block, consisting of the combination of five levels of salinity of the irrigation water (N₁=0,7; N₂=1,7; N₃=2,7; N₄=3,7 and N₅=4,7 dS m⁻¹) and five proportions between Na:Ca (PI₁=9,5:0,5; PI₂=7,5:2,5; PI₃=5,0:5,0; PI₄=2,5:7,5; e PI₅=0,5:9,5), factorially-combined resulting in 25 treatments, with three replications. The experiment lasted 80 days. The salinity did not influence the variables such as, the percentage of germination, dry phytomass of root, leaf area ratio and photosynthesis efficiency II. The number of leaves, plant height, leaf area, stem diameter, dry aerial phytomass during the cycle and water consumption had a linear decrease with the increase of electrical conductivity of the irrigation water. The root/aerial part ratio and the tension of water retention in leaves increased linearly with the salinity stress. The plant height and aerial phytomass were influenced positively with the decrease of Na and the increase of Ca in the irrigation water.

KEY-WORDS: castor bean, salinity, germination, initial growth.

1. INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertence à família Euphorbiaceae, que engloba um vasto número de espécies nativas da região tropical. É uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo. Os frutos, em geral, possuem espinhos e, em alguns casos, são inermes. As sementes são de diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração. O óleo de mamona ou de rícino, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que confere ao óleo suas características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial, tornando a cultura da mamoneira de importante potencial econômico e estratégico para o País. Entre as espécies cultivadas economicamente no Brasil, a mamoneira é uma das menos exigentes em termos de clima, solo e manejo cultural. (Moreira *et al*, 1996; Azevedo *et al*, 1997a; Azevedo *et al*, 1997b; Amorim Neto *et al*, 2001).

A demanda energética mundial precisa ser atendida, entretanto, as fontes convencionais estão em vias de esgotamento, além de provocarem efeitos ambientais agressivos. Diante destes aspectos tem-se pesquisado fontes energéticas renováveis, destacando-se a mamoneira como excelente alternativa (Azevedo *et al*, 1997b).

Historicamente, os maiores produtores mundiais de mamona têm sido a Índia, a China, o Brasil e a antiga União Soviética, totalizando os três primeiros cerca de 90% de produção mundial na safra 1995/96. O Brasil se constituía, há algumas décadas, no maior produtor mundial de mamona e maior exportador de seu principal produto, o óleo. Na safra de 1974 foram produzidas aproximadamente 573.000t de mamona; já em 1996, a produção nacional foi de apenas 122.000t, o que representa uma redução de 79% (Azevedo *et al*, 1997b).

De acordo com Amorim Neto *et al* (2001) e Azevedo *et al* (1997a), a cultura se apresenta como uma alternativa de relevante importância econômica e social para o Brasil,

particularmente para a região Nordeste, que segundo levantamento feito pela Embrapa, dispõe de mais de 45 milhões de hectares de terras com aptidão para a sua exploração econômica. É exatamente nesta região, especialmente no Estado da Bahia, onde o cultivo desta oleaginosa tem se concentrado, com mais de 90% da área cultivada no Brasil, onde os sistemas de produção existentes e utilizados pelos produtores ainda são de certa forma bastantes precários e pouco têm evoluído.

Em todo o mundo, o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, ao mesmo tempo, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas. tem gerado a necessidade do uso de águas consideradas de qualidade inferior (Ayers & Westcot, 1999). No Nordeste, a maior parte das águas utilizadas na irrigação contém teores relativamente elevados de sais, sendo freqüentemente encontrados valores da ordem de 0,2 a 5,0 dS m⁻¹ (Audry & Suassuna, 1995).

De acordo com LaHaye & Epstein (1969) e Kent & Lauchli (1985), a suplementação de cálcio ao meio ameniza a redução do crescimento em condições de estresse salino; os autores sugerem haver um provável aumento da permeabilidade da membrana plasmática devido ao deslocamento do sódio pelo cálcio. Kinraide (1999) cita que a concentração de sódio nos tecidos das plantas é reduzida em presença de concentrações consideráveis de cálcio e potássio no meio externo, bem como, relata que apesar do efeito osmótico, altos níveis de sódio nos tecidos são tóxicos apenas quando existe deficiência de cálcio.

A tolerância relativa da maioria das culturas aos sais é suficientemente conhecida, o que permite a preparação de diretrizes técnicas para salinidade. O conceito de tolerância relativa é muito útil para se comparar e selecionar as culturas. A variabilidade genética entre as espécies permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância das plantas tradicionalmente cultivadas. A amplitude dessa tolerância relativa leva ao uso de águas de qualidade inferior e aumento da faixa aceitável das águas salinas para irrigação (Ayers & Westcot, 1999).

Diante da falta de estudos envolvendo salinidade na mamona, objetivou-se com esse trabalho estudar a germinação, desenvolvimento e crescimento inicial da mamoneira irrigada com água salina.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS DA CULTURA

A origem da mamoneira (*Ricinus communis* L.) é apontada pela maioria dos pesquisadores como asiática; algumas correntes afirmam que ela pode ser africana ou americana e, dentre tantas controvérsias, os pesquisadores soviéticos apontam como quatro os prováveis centros de origem para a cultura: a região iraniana-afegã-soviética, a palestina/oeste-asiática, a China/Índia e a península arábica. É uma planta de metabolismo e expressão do sexo complexos, esta última, muito variável, dependendo do ambiente e da carga genética de cada genótipo. Há tipos femininos estáveis, femininos instáveis, hermafroditas (que é o normal), com flores separadas, somente masculinas, monóicas comuns e outros. Tem metabolismo fotossintético C_3 ineficiente e normalmente tem taxa de fotossíntese variando de 18. a 20 mg $CO_2/dm^2/hora$ com atmosfera de 300ppm de CO_2 (Azevedo *et al*, 1997b).

A mamoneira, também conhecida como carrapateira ou rícino, é uma espécie de origem tropical que vegeta naturalmente desde longitude 40° Norte até 40° Sul, sendo cultivada comercialmente em mais de 15 países, os principais sendo a Índia, a China e o Brasil. Trata-se de uma planta cujo óleo extraído de suas sementes tem um elevado valor estratégico pelo fato de não existirem bons substitutos em muitas de suas aplicações e pela sua versatilidade industrial. O óleo da mamona é a base para a obtenção de uma diversificada linha de matérias-primas utilizadas na fabricação de plásticos e plastificantes, fibras sintéticas, tintas, esmaltes, coberturas protetoras, resinas e lubrificantes. A partir da ricinoquímica, que é a química do óleo de mamona, pode-se chegar à geração de outros produtos bem mais

sofisticados, como é o caso das próteses humanas e dos produtos utilizados nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e aeronáutica (Amorim Neto *et al*, 2001).

Os coprodutos 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 e é usado na aviação. Na medicina é utilizado suas qualidades purgativas. A torta proveniente da extração do óleo é empregada na adubação (Azevedo *et al*, 1997b).

Planta de clima tropical e subtropical (Graner & Godoy Júnior, 1967), tem nos elementos climáticos (precipitação pluvial, temperatura e umidade do ar, associados à altitude) os principais fatores a influenciarem o seu potencial genético em termos de produtividade.

2.2. REQUERIMENTOS CLIMÁTICOS DA CULTURA

De acordo com Amorim Neto *et al* (2001), a mamoneira necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos. Beltrão & Silva (1999) indicam que pluviosidades entre 600 e 700mm resultam em rendimentos superiores a 1500 kg/ha. O plantio deve ser ajustado de forma que a planta receba de 400 a 500mm até o início da floração (Távora, 1982). Em qualquer período do ciclo da cultura, o excesso de umidade é prejudicial, sendo mais crítico nos estádios de plântula, maturação e colheita (Azevedo *et al*, 1997b).

Amorim Neto *et al* (2001) ressaltam que o cultivo da mamona é recomendado entre 300 e 1500m de altitude. A ocorrência de ventos fortes causa dano aos ramos e compromete a produção de bagas. Em se tratando de temperatura, o recomendado é que a mesma possa variar entre 20°C e 30°C, para que haja produções com valor comercial, estando a temperatura ótima para a planta em torno de 28°C; entretanto seu cultivo é possível em temperaturas de até 33°C (Silva, 1981). Temperaturas superiores a 40°C provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução do teor de óleo nas sementes. As baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, favorecendo o ataque de microorganismos e insetos. Fornazieri Júnior (1986), citado por Amorim Neto *et al* (2001), relata que o teor de óleo das sementes é proporcional à soma do

calor recebido pela planta em todo o seu ciclo vegetativo. Segundo o autor, se não houver calor suficiente, a planta reduz a produtividade e qualidade do óleo nas sementes.

Mesmo se adaptando bem às regiões com fotoperíodos curtos, desde que não sejam inferiores a nove horas, ocorre melhor crescimento, desenvolvimento e produtividade em áreas de boa insolação, com pelo menos 12 horas de sol/dia (Beltrão & Silva, 1999; Azevedo *et al*, 1997b).

2.3. ASPECTOS GERAIS DA SALINIDADE DO SOLO

A salinização do solo tem origem na sua própria formação, por ser produto da intemperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos mediante a ação de vários fatores, tais como: clima, relevo, organismos vivos e o tempo. A fonte dos sais solúveis em água são os minerais primários que se encontram no solo e nas rochas da crosta terrestre (Santos, 2000).

De acordo com Cruciani (1987), no processo de intemperização química que implica em hidrólise, hidratação, dissolução, oxidação, redução e carbonatação, os constituintes são liberados gradualmente em estados mais solúveis. Varallyay & Szabolcs (1974) ressaltam a importância da água subterrânea no processo de salinização, devido ao acúmulo nas áreas baixas dos produtos intemperizados solúveis provenientes de área de maior altitude; com a elevação do lençol freático, os sais solúveis são transportados das camadas profundas para horizontes superficiais, dificultando a lixiviação dos sais oriundos da intemperização das rochas e/ou da água de irrigação (Santos, 2000).

Segundo Richards (1954), embora a principal fonte de todos os sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos onde esta fonte tenha provocado, diretamente, problemas de salinidade do solo. Frequentemente, 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, originado problemas de salinidade em várias partes do mundo (Van Alphen & Verhoeven, 1983). Portanto, os solos salinos se desenvolvem em consequência do acúmulo gradativo de sais e de sódio, sendo mais frequentes os formados por cátions de cálcio, magnésio, sódio, e dos ânions cloreto e sulfato; também, com menos frequência, podem ser encontrados outros íons como potássio, carbonato e bicarbonato.

As propriedades físicas do solo, tais como estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração são muito influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo (Shainberg & Oster, 1978).

A maioria dos solos afetados por sais ocorre em regiões áridas e semi-áridas, onde a evapotranspiração tende a ser sempre superior à precipitação. Conseqüentemente, não ocorre percolação de água natural através do perfil do solo, capaz de lavar os sais (Soares, 2001).

2.4. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A água é fator de fundamental importância para produção de alimentos, especialmente sob condições irrigadas. A prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder à de precipitação durante a maior parte do ano. Nessas condições, sem um adequado manejo da irrigação, a salinização do solo é inevitável (Holanda & Amorim, 1997).

De acordo com Ayers & Westcot (1999), a qualidade da água para irrigação está relacionada com os seus efeitos prejudiciais ao solo e às culturas, requerendo, muitas vezes, técnicas especiais de manejo para compensar eventuais problemas associados com o seu uso. A adequação de água para irrigação depende tanto da própria qualidade, quanto de fatores relacionados com as condições de uso. Uma mesma qualidade de água pode ser considerada adequada para uma certa cultura ou solo, mas ser imprópria para outros. Portanto, é imprescindível a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização gradativos, pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas. Além das características físico-químicas da água, outros fatores devem ser considerados e analisados em conjunto quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação.

A concentração dos principais íons presentes na água pode ser estimada com razoável precisão, a partir de sua condutividade elétrica, parâmetro indicador da concentração total de sais solúveis (Leprun, 1983; Costa & Gheyi, 1984; Medeiros, 1992).

As águas de irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agrônômica das mesmas. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo

afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio da água de irrigação tendendo a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), provocando danos nas suas propriedades físico-químicas, dificultando o processo de embebição de água. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos ions sobre as plantas, afetando o rendimento, independente do efeito osmótico. A excessiva salinidade reduz o desenvolvimento das plantas devido ao aumento de energia que estas precisam desprender para absorver água do solo e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse salino (Soares, 2001).

Os parâmetros básicos de avaliação da qualidade de água para irrigação estão na tabela 1: acidez (pH), condutividade elétrica (CEa), 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 (Soares, 2001).

Tabela 1. Principais parâmetros usados na avaliação da qualidade da água de irrigação.

Parâmetros	Símbolo	Unidade
Acidez	pH	
Condutividade elétrica	CEa	dS m ⁻¹ (25 °C)
Cálcio	Ca	mmol L ⁻¹
Magnésio	Mg	mmol L ⁻¹
Sódio	Na	mmol L ⁻¹
Potássio	K	mmol L ⁻¹
Cloreto	Cl	mmol L ⁻¹
Sulfato	SO ₄	mmol L ⁻¹
Carbonato	CO ₃	mmol L ⁻¹
Bicarbonato	HCO ₃	mmol L ⁻¹
Nitrogênio	(NH ₄ + NO ₃ + NO ₂)	mg L ⁻¹
Boro	B	mg L ⁻¹
Relação de adsorção de sódio	RAS	(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, 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 2 e 3.

Tabela 2. 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 California Committee of Consultants

Fonte: (Holanda & Amorim, 1997; Ayers & Westcot 1999).

Tabela 3. 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).

2.5. EFEITO DOS SAIS NAS PLANTAS

Em geral, as plantas têm comportamentos diferentes quando submetidas a ambientes com problemas de salinidade e sodicidade; enquanto, umas produzem razoavelmente em condições de salinidade elevada, outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. Tais comportamentos dependem do tipo de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável e presença de íons tóxicos, sendo que, esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica das plantas, resultando em absorção, mesmo em condições de salinidade e de maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1999).

A salinidade exerce uma variedade de efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, dependendo de fatores, tais como: natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento fenológico, condições atmosféricas em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (Igvalson *et al.*, 1976; Korkor & Hillal, 1976).

2.5.1. Efeito osmótico

As plantas extraem água do solo através da diferença entre a concentração de sais na solução do solo e nas células do vegetal, ou seja, quando as forças de embebição das raízes são superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo. Ao aumentar a concentração de sais no solo, aumenta também a tensão com que a água está sendo retida no mesmo, dificultando a sua absorção pela planta. Quando se reduz muito a extração de água pelas raízes, 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).

Além do efeito osmótico, ocorre efeito específico de íon, como reportado em Ryan *et al.* (1975), que ao estudarem o efeito de diferentes sais (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, CaSO₄.2H₂O e MgSO₄.7H₂O) em quatro concentrações (50, 100, 150 e 200 meq L⁻¹) na germinação de quatro espécies de gramíneas, verificaram ser a percentagem de germinação influenciada tanto pela concentração de sais como pela natureza dos íons da solução salina.

2.5.2. Efeito direto do íon ou toxicidade

Segundo Ayers & Westcot (1999), problemas de toxicidade surgem quando certos íons, constituintes do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir os rendimentos. Para Smedema & Rycroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados por alta concentração de sais na solução do solo, a causa dos problemas de toxicidade, ao que se supõe, deve-se a uma concentração elevada de um cátion ou ânion específico, ou a uma composição salina desfavorável na solução do solo, resultando em excessiva ou desbalanceada absorção pelas plantas.

Dentre os íons que podem apresentar toxidez específica, os mais evidentes nos solos salinos do Nordeste são o sódio e o cloreto (Lima, 1997). A toxicidade mais freqüente é a provocada pelo cloreto presente na água de irrigação. Como o cloreto não é retido nem adsorvido pelas partículas do solo, o mesmo se desloca facilmente com a água no solo, sendo absorvido pelas raízes e translocado até às folhas, acumulando-se pela transpiração; quando sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com sintomas característicos, como necroses e queimaduras no limbo foliar. Inicialmente, esses danos

2.7. GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL

Estudos realizados por Rodrigues (2000), Campos (2001), Carneiro (2001), Gurgel (2001) e Soares (2001), em condições de estufa, comprovam que os efeitos da salinidade da água e/ou do solo afetam negativamente a germinação e crescimento inicial das culturas. A bibliografia ainda é escassa quando se deseja obter resultados de pesquisa com salinidade em campo; em geral, a salinidade do solo, tanto causada pela irrigação com água salina, como pela combinação dos fatores água, solo e manejo das culturas, pode resultar em redução na fitomassa da planta, mudança de cor e aparência e mudanças na composição final do produto.

No caso do cajueiro anão-precoce, Carneiro (2001) estudando o efeito da condutividade elétrica da água (CEa) variando de 0,7 a 2,8 dS m⁻¹, relata que a fitomassa da parte aérea (FPA) aos 50 dias após a semeadura (DAS) decresceu 5,35% por aumento unitário da CEa. Gurgel (2001), estudando o efeito da salinidade na acerola, também constatou que a FPA foi afetada significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, percebendo um decréscimo linear de 13,15% por aumento unitário da CEa.

A salinidade pode, também, influenciar positivamente no crescimento de algumas plantas, bem como, em sua composição. Promove o crescimento de halófitas e pode aumentar o rendimento ou qualidade de alguns cultivos; a salinidade moderada pode aumentar os rendimentos de algodão (Pasternak *et al.*, 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates, uma característica de qualidade (Rush & Epstein, 1981), e aumentar a tolerância dos citros a geadas (Sylverstsen & Yelenosky, 1988).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I de Campina Grande-PB, durante o período de julho a outubro de 2003.

3.2. CULTIVAR

O trabalho foi desenvolvido com a variedade de mamona (*Ricinus communis* L.) BRS-149 – Nordeste, fornecida pela EMBRAPA – CNPA.

3.3. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial 5 x 5, onde foram estudados cinco níveis de salinidade de água combinados com cinco proporções diferentes de sódio (Na) e cálcio (Ca), conforme quadro 1.

Quadro 1. Distribuição dos níveis salinos e tipos de águas que compõem cada tratamento.

Níveis salinos		Proporções de íons	
	CEa		(Na:Ca)
N ₁	0,7 dS m ⁻¹	PI ₁	(9,5:0,5)
N ₂	1,7 dS m ⁻¹	PI ₂	(7,5:2,5)
N ₃	2,7 dS m ⁻¹	PI ₃	(5,0:5,0)
N ₄	3,7 dS m ⁻¹	PI ₄	(2,5:7,5)
N ₅	4,7 dS m ⁻¹	PI ₅	(0,5:9,5)

3.4. RECIPIENTES E SUBSTRATO

Nesse estudo, foram utilizados vasos plásticos com 30 cm de diâmetro e 33 cm de altura, com capacidade para 21 litros, os quais receberam no fundo uma tela em formato circular, cujo raio era de 20 cm, que foi coberta em seguida por 1 kg de brita e 2 kg de areia facilitando assim a drenagem e evitando a perda de solo. Os vasos foram envolvidos com sacos plásticos de 30 cm de diâmetro, nos quais realizou-se em uma das extremidades inferiores um corte e onde colocou-se uma mangueira com 20 cm de comprimento e 1,2 cm de diâmetro interno, fixada e lacrada ao plástico por fita adesiva; em seguidas foram direcionadas para garrafa plástica com capacidade para dois litros, de cor verde, de forma a dificultar a proliferação de algas no interior das mesmas (Figura 1). Nessas garrafas eram coletadas as águas de drenagem, para que, na irrigação seguinte fosse considerado o volume drenado, com o retorno da água para os respectivos tratamentos, mantendo-se assim o teor de sais aplicados ao longo das irrigações; nas lâminas seguintes eram consideradas os volumes medidos na drenagem anterior.

Foram utilizados 25 recipientes fechados, com capacidade para 50 litros, onde foram armazenadas águas de cada tratamento.

Utilizou-se como substrato para o enchimento dos vasos material de solo franco, não salino, cujas características químicas e físico-hídricas constam na Tabela 4, conforme análises realizadas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da UFCG, seguindo as metodologias propostas por Richards (1954) e pela Embrapa (1979).

Tabela 4. Características químicas e físico-hídricas do material de solo utilizado no enchimento dos vasos.

Características químicas		Valor
Complexo sorvido $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Cálcio	1,55
	Magnésio	2,06
	Sódio	0,35
	Potássio	0,19
	Hidrogênio	6,72
	Alumínio	0,70
	Soma de bases (S)	4,15
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	11,57
	Saturação de bases (V), %	30,66
	Matéria orgânica, g kg^{-1}	1,96
Fósforo, mg dm^{-3}	0,01	
pH em água (1:2,5)	5,39	
pH do extrato de saturação	4,86	
Condutividade elétrica do extrato de saturação, dS m^{-1}	0,52	
Classificação em relação à salinidade	Não salino	
Características físico-hídricas		Valor
Granulometria %	Areia	46,7
	Silte	29,4
	Argila	23,9
Classificação textural	Franco	
Densidade aparente, g cm^{-3}	1,27	
Densidade real, g cm^{-3}	2,77	
RAS	2,62	
Porosidade Total %	54,15	
Água disponível (%)	5,43	



Figura 1: Vista frontal do experimento com ênfase para o sistema de drenagem. Campina Grande-PB, 2003.

De acordo com a análise de solo, procedeu-se a correção da acidez existente adicionando-se 7,7 g de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ao material de solo já peneirado e posto em cada vaso (20 kg de substrato). A quantidade de hidróxido de cálcio foi calculada através do método de neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , proposto por Ribeiro *et al* (1999), com os valores expressos em t/ha de $\text{Ca}(\text{CO}_3)$, convertidos para g/kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, conforme a equação seguinte:

$$\text{NC (t/ha)} = Y [\text{Al}^{3+} - (m_t \cdot t/100)] + [X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})] \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

NC – Necessidade de calagem

Al^{3+} - acidez trocável, em cmol/dm^3

m_t - máxima saturação por Al^{3+} tolerada pela cultura, em % ($m_t = 0$)

t - CTC efetiva, em cmol/dm^3

$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - teores de Ca e Mg trocáveis, em cmol/dm^3

X - valor variável em função dos requerimentos de Ca e de Mg pela cultura (mamona = 2,5)

Y - valor variável em função da capacidade tampão da acidez do solo, definido de acordo com a sua estrutura, conforme o quadro a seguir ($Y = 1,5$).

Quadro 2. Valores de Y em função da capacidade tampão da acidez do solo, de acordo com a sua estrutura

Solo	Argila %	Y
Arenoso	0 a 15	0,0 a 1,0
Textura média	15 a 35	1,0 a 2,0
Argiloso	35 a 60	2,0 a 3,0
Muito argiloso	60 a 100	3,0 a 4,0

Fonte: Ribeiro *et al* (1999)

Com relação às adubações de fundação e cobertura, os cálculos foram baseados nas recomendações de Beltrão *et al* (2002), na adubação de fundação baseou-se na proporção de 90 kg/ha de P_2O_5 , para solos que contenham de 0 a 10 ppm de fósforo (resultado da análise), utilizando-se como fonte de P, o super fosfato simples na proporção de 3,5 g por vaso; a adubação de cobertura com sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – foi realizada em duas etapas, aos 43 e 66 DAG, na proporção de 60 kg/ha de N, também com base nas recomendações de Beltrão *et al* (2002), aplicando-se via água de irrigação 2,1g de sulfato de amônio por vaso.

Realizou-se a partir dos 46 DAG adubação foliar com o fertilizante Albatros (NPK 21-21-21 + 0,01% de B, 0,002% de Cu, 0,05% de Fe, 0,01% de Mn, 0,001% de Mo e 0,002% de Zn) na dose de 1,8 g/l, repetindo-se a aplicação a cada três dias até o final do experimento.

3.5. PREPARO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

As águas para irrigação foram preparadas a partir dos sais NaCl e CaCl₂.2H₂O, tomando-se como base a água fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba – CAGEPA, através do sistema de abastecimento de Campina Grande-PB, proveniente do açude público Epitácio Pessoa (açude de Boqueirão) e água de chuva, devidamente diluída com água destilada e acrescida dos sais de acordo com os tratamentos. A quantidade de cada componente utilizado no preparo das águas (NaCl, CaCl₂, água do sistema de abastecimento, água de chuva e água destilada) foi determinada de forma a se obter a CEa do respectivo nível salino. Para tanto, foram levadas em consideração as quantidades desses elementos existentes nas águas do sistema de abastecimento e de chuva.

3.6. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO

Após o enchimento dos vasos, o substrato foi submetido a três lavagens consecutivas com água de chuva (CE de 0,2 dS m⁻¹), proveniente de um tanque localizado no Laboratório de Irrigação e Drenagem (LEID), do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, Campus I.

No dia 16 de julho, após o solo ser previamente irrigado com a respectiva água de cada tratamento, realizou-se o plantio colocando-se seis sementes por vaso de forma equidistante, a uma profundidade de aproximadamente dois centímetros. Antes do semeio foram retiradas as carúnculas de cada semente, de forma a acelerar o processo de germinação (Azevedo *et al*, 1997b).

Dois dias após o plantio até a germinação das sementes, fez-se irrigação a cada dois dias, utilizando-se de 100 ml da solução correspondente a cada tratamento, mantendo-se assim a região superior do vaso o mais próximo possível da capacidade de campo, de forma a favorecer o processo de germinação. Oito dias após a germinação de 90% das sementes (DAG), aplicou-se uma lâmina necessária para que houvesse uma mínima drenagem nos

vasos. Durante cada irrigação a água da drenagem anterior foi medida com auxílio de uma proveta, e incorporada a irrigação subsequente em cada parcela, completando-se a lâmina exigida com as devidas águas de cada tratamento.

3.7. VARIÁVEIS ANALISADAS

3.7.1. Germinação

Diariamente, avaliou-se a germinação mediante contagem do número de sementes germinadas, tendo como critério a emergência do epicótilo na superfície do vaso. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) foram realizadas contagens diárias de emergência (até o 12º dia) e os cálculos foram feitos empregando a equação 2, onde os valores de Σ , correspondem ao número de plantas germinadas, na primeira, segunda, e nas contagens subsequentes até a última, enquanto os valores de N, correspondem ao número de dias da semeadura até a primeira, a segunda e última contagem, de acordo com a metodologia contida em Vieira & Carvalho (1994).

$$\text{IVE (plântulas dia}^{-1}\text{)} = \frac{\Sigma_1}{N_1} + \frac{\Sigma_2}{N_2} + \dots + \frac{\Sigma_n}{N_n} \quad (\text{eq. 2})$$

3.7.2. Crescimento e desenvolvimento da planta

Foram realizados desbastes em três datas, aos 10, 15 e 30 DAG, deixando-se três plantas na primeira, duas na segunda e apenas uma na terceira; as plantas retiradas aos 15 DAG foram utilizadas na obtenção de fitomassa da parte aérea (FPA).

3.7.2.1. Índices de crescimento

3.7.2.1.1. Altura de planta (AP) e número de folhas (NF)

Aos 80 DAG mensurou-se a altura da planta, considerando-se desde o colo a base da folha mais jovem; foram consideradas as folhas com comprimento mínimo de 3,0 cm.

3.7.2.1.2. Diâmetro do caule

Na medição do diâmetro do caule feitas aos 80 DAG, utilizou-se de um paquímetro, com as leituras sendo realizadas na região do colo da planta.

3.7.2.1.3. Fitomassa

Aos 15 e 80 DAG, foram coletadas plantas para determinação da fitomassa da parte aérea (FPA). A fitomassa das raízes (FR) foi feita apenas aos 80 DAG, enquanto a fitomassa da parte aérea durante o ciclo (FPAC) foi feita para todo o ciclo da cultura, calculando-se a partir da soma da FPA e da fitomassa das folhas coletadas diariamente que caíram de cada parcela durante o experimento. Na fitomassa das raízes (FR) foi feita lavagem do solo sobre uma peneira com uma malha de 2,0 mm. Posteriormente, tanto a parte aérea como as raízes foram colocadas em sacos devidamente identificados e foram levados a uma estufa com ventilação forçada de ar a 60 °C, por 48 horas, pesando-se posteriormente em balança de precisão.

3.7.2.1.4. Área foliar (AF)

Aos 80 DAG foram feitos estudos de área foliar, a partir de amostras de discos retirados de várias partes da folha, por meio de um perfurador com 25 mm de diâmetro. A área foliar foi calculada a partir do produto da área do disco pelo peso seco total das folhas, dividido pelo peso médio dos discos, como se observa na equação 3.

$$AF \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Área do disco (cm}^2\text{)} \times \text{Peso seco total das folhas (g)}}{\text{Peso médio dos discos (g)}} \quad (\text{eq. 3})$$

3.7.2.2. Índices fisiológicos

3.7.2.2.1. Razão de área foliar (RAF)

A partir dos dados de área foliar e fitomassa, determinou-se a RAF, através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, de acordo com a equação a seguir, contida em Ferri (1985):

$$RAF = \frac{AF}{FPA} \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (cm²);

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g).

3.7.2.2.2. Relação raiz/parte aérea (R/PA)

A relação raiz/parte aérea (R/PA) foi calculada aos 80 DAG pelo quociente entre os valores de fitomassa das raízes e da parte aérea da planta, segundo a equação seguinte:

$$R/PA = \frac{FR}{FPA} \quad (\text{eq. 7})$$

em que:

FR – fitomassa das raízes no tempo t (g);

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g).

3.7.2.2.3. Eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II)

Conforme Asrar *et al* (1984), citados por Righes *et al* (2003), a radiação eletromagnética ao interagir com os objetos da superfície terrestre, pode ser absorvida, refletida, transmitida e/ou emitida por eles, sendo que a proporção de cada componente depende de fatores inerentes a cada objeto e das condições ambientais.

A quantidade de energia refletida por uma planta é relacionada às características intrínsecas desta, mas pode ser alterada se a planta for submetida a estresses, tais como: déficit hídrico, desequilíbrio nutricional, doenças, entre outros. Portanto, o estudo da energia refletida e/ou emitida pelos objetos pode ser utilizado como um identificador de cada tipo de objeto e de suas condições (Moreira, 2003).

Pode-se medir a reflectância de uma folha verde nas faixas do espectro correspondente ao azul, ao verde, ao vermelho e ao infravermelho. A folha verde reflete mais fortemente os componentes de radiação verde e infravermelho, e de forma menos intensa o azul, que é absorvido pela clorofila (Faria, 1998).

A medição da eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) foi realizada através do instrumento PEA II (Hansatech Instruments Co., UK), com as medições dos parâmetros de fluorescência, escolhendo-se a terceira folha da parte superior de cada planta, as quais tiveram a região da leitura submetidas ao escuro por 30 minutos (Durães, 2000).

3.7.2.2.4. Potencial hídrico na folha (PHF)

A PHF foi obtida através da câmara de pressão de Schollander, baseada no princípio de que a água não pode ser extraída do tecido da planta até que a pressão do gás da câmara exceda ligeiramente a tensão da água no tecido da mesma (Righes *et al*, 2003).

Como na medição da EQF-II, utilizou-se também a terceira folha da parte superior principal de cada planta, coletada e colocada no orifício existente na tampa da câmara de alumínio, com a extremidade do pecíolo voltada para cima. Em seguida, lacrou-se a câmara de pressão e dentro da mesma colocou-se uma folha com o limbo voltado para baixo, com o final do pecíolo cortado e voltada para o exterior.

Com a câmara ligada a um cilindro contendo gás nitrogênio, que aos poucos foi sendo liberado para o interior da mesma através de uma válvula, pressionando as estruturas celulares da folha até que a seiva emergisse na extremidade do pecíolo. Constatando-se a saída da seiva pela extremidade do pecíolo, cortou-se a passagem do nitrogênio e realizou-se a leitura da pressão através de um manômetro ligado a câmara. Essa pressão é equivalente à tensão de retenção de água no sistema da planta.

3.8. CONSUMO DE ÁGUA

Calculou-se o volume total consumido por cada tratamento, através da diferença entre o volume irrigado e o volume drenado durante o período em estudo.

3.9. ANÁLISE DO SOLO AO FINAL DO EXPERIMENTO

Ao final do experimento foi retirada amostra do material de solo de cada vaso para as seguintes análises: pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25° C, cátions solúveis (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+) e ânions solúveis (Cl^- , CO_3^- e HCO_3^-), seguindo metodologias propostas pela Embrapa (1979) e por Richards (1954).

3.10. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Os efeitos dos fatores “nível de salinidade” e “proporções de ions” sobre a germinação e crescimento inicial da mamona (BRS 149), foram avaliados em um esquema fatorial por meio de análise de variância com teste “F”. Para o fator “níveis salinos” realizou-se análise de regressão polinomial, por ser um fator quantitativo, visando-se explicar através de modelos matemáticos, o efeito da salinidade em cada variável estudada. Para o fator “proporções de ions”, por ser qualitativo, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade (Ferreira, 2000).

Os dados de porcentagem de germinação (PG), fitomassa da raiz (FR) e potencial hídrico na folha (PHF) foram transformados em \sqrt{X} , antecedendo a análise de variância (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. GERMINAÇÃO

A porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) em função dos cinco níveis de CEa de irrigação e dos cinco tipos de águas estudadas, são apresentados na Tabela 5; observa-se não ter havido influência dos tratamentos estudados sobre a germinação e o índice de velocidade de emergência. Mesmo aumentando a salinidade e variando as proporções de íons, resultando em tratamentos com alta concentração de Na e baixo potencial osmótico, a embebição das sementes não foi afetada. Campos (2001), e Gurgel (2001) estudando tomateiro industrial e aceroleira, respectivamente, sob condições salinas que variavam entre 0,5 a 5,5 dS m⁻¹, constataram que com o aumento da CEa houve decréscimos na PG e no IVE das respectivas culturas. No tocante a mamona, percebe-se que durante a fase de germinação essa cultura não foi afetada, sendo visível que a mesma é mais tolerante a salinidade que as culturas citadas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para percentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamoneira (BRS 149 - Nordeste), aos 12 dias após a semeadura (DAS) submetidas a diferentes níveis de salinidade de água de irrigação (CE_a) e a diferentes tipos de águas. Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio	
	PG ^a	IVE
Nível Salino (N)	0,85911 ^{ns}	0,03750 ^{ns}
Proporções de íons (PI)	0,73281 ^{ns}	0,04533 ^{ns}
Interação (N x PI)	1,06894 ^{ns}	0,04783 ^{ns}
Resíduo	0,61815	0,03577
CV (%)	8,45	19,49

	Médias	
	%	plântulas dia ⁻¹
Nível Salino (N)		
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	9,4643 (89,9913)	1,0193
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	9,0157 (82,2133)	0,9046
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	9,5288 (91,1060)	1,0160
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	9,4062 (88,8799)	0,9753
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	9,0592 (83,3286)	0,9360
dms	0,81404	0,1958
Proporções de íons (PI) (Na:Ca)		
PI ₁ (9,5:0,5)	9,0592 (83,3286)	0,8820
PI ₂ (7,5:2,5)	9,5869 (92,2173)	1,0080
PI ₃ (5,0:5,0)	9,3916 (88,8840)	1,0013
PI ₄ (2,5:7,5)	9,3481 (87,7686)	1,0093
PI ₅ (0,5:9,5)	9,0884 (83,3206)	0,9506
dms	0,81404	0,1958

^aDados transformados em \sqrt{X} ; entre parênteses estão os dados originais.

^{ns} não significativo.

4.2. ÍNDICES DE CRESCIMENTO

4.2.1. Número de Folhas (NF), Altura da Planta (AP), Área Foliar (AF) e Diâmetro do Caule (DC)

A análise de crescimento é um meio acessível e preciso para se avaliar o crescimento e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o desempenho do vegetal. Essa análise se baseia no fato de que, cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas durante o seu crescimento resulta da atividade fotossintética (Benincasa, 1988).

Dados da análise de variância e valores médios observados para as variáveis de altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC), aos 80 dias após a germinação, estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC) relativos aos dados obtidos aos 80 dias após a germinação da mamona. Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio			
	AP	NF	AF	DC
Nível salino (N)	401,34686 **	3,91330 **	1470024,00 **	1,57845 **
Reg. Pol. Linear	319,48049 **	2,02800 *	982612,59 **	1,20000 **
Reg. Pol. Quadr.	0,05357 ^{ns}	0,50381 ^{ns}	5761,57 ^{ns}	0,06095 ^{ns}
Desvio Reg.	0,42080 ^{ns}	0,13890 ^{ns}	31923,10 ^{ns}	0,01700 ^{ns}
Resíduo	1,84694	0,19398	14892,59	0,04058
CV (%)	2,76	5,14	5,08	1,49
Proporções de íons (PI)	59,39687 **	0,94663 ^{ns}	127969,60 ^{ns}	0,59512 ^{ns}
Interação (N x PI)	16,02370 ^{ns}	1,00501 ^{ns}	153594,26 ^{ns}	0,23664 ^{ns}
Resíduo	9,66637	0,90167	124465,61	0,34499
CV (%)	6,31	11,05	14,86	4,37
	Médias			
	cm	n ^o	cm ²	mm
Nível salino (N)				
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	55,60	8,93	2711,63	13,77
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	53,03	9,00	2620,25	13,67
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	48,90	9,93	2430,20	13,53
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	45,73	8,13	2103,47	13,27
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	42,93	7,93	1998,45	12,97
Proporções de íons (PI)				
(Na:Ca)				
PI ₁ (9,5:0,5)	49,16 b	8,33	2299,12	13,30
PI ₂ (7,5:2,5)	48,26 b	8,33	2254,53	13,27
PI ₃ (5,0:5,0)	48,06 b	8,80	2415,25	13,47
PI ₄ (2,5:7,5)	48,00 b	8,86	2418,15	13,40
PI ₅ (0,5:9,5)	52,70 a	8,60	2476,96	13,77
dms	3,21	0,98	365,27	0,61

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

Sobre a altura da planta, os fatores níveis salinos e proporções de íons foram significativos a 1% de probabilidade, sem haver efeito da interação entre os dois fatores (N x T). Analisando-se o fator quantitativo níveis de salinidade (N), observa-se através da Figura 2, que o comportamento foi linear decrescente, com uma redução de 3,26 cm (5,85%) na altura da planta por aumento unitário dos níveis de salinidade. Carneiro (2001), ao estudar o efeito da salinidade de água em clones de cajueiro anão-precocce, constatou que aumentando a CEa a altura da planta decresce linearmente.

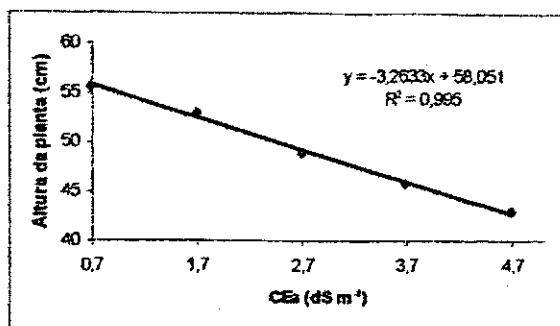


Figura 2. Altura de planta (AP) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

Considerando o fator proporções de íons, observa-se através do teste de Tukey, que apenas a PI₅ teve um rendimento melhor que os demais com relação a altura, obtendo a maior média entre os tratamentos estudados (52,70 cm), ou seja, uma diferença de 6,71% em relação ao PI₁, que apresentava uma maior proporção de sódio. Frequentemente, a toxicidade do sódio aumenta com a diminuição da disponibilidade de cálcio no solo (Ayers & Westcot, 1999), no presente trabalho a planta respondeu melhor quando foi irrigada com o PI₅ (0,5:9,5 – Na:Ca).

O número de folhas foi significativamente ($p < 0,01$) afetado pela salinidade, sem entretanto haver influência das proporções de íons, nem da interação entre os dois fatores. Baseando-se nos estudos de regressão (Figura 3), observa-se que a partir de uma salinidade limiar de $1,78 \text{ dS m}^{-1}$, o número de folhas (NF) foi reduzido linearmente, 2,95 % para cada incremento unitário da CEa. Maas & Nieman (1978), Shannon (1979) e Fageria (1984; 1989) ressaltam que em condições de seca fisiológica, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, reduzindo a taxa de transpiração como alternativa para manter a absorção de água; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas.

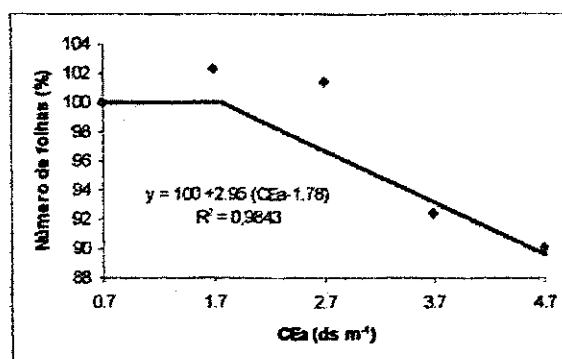


Figura 3. Número de folhas (NF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

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

A variável área foliar também não foi influenciada pelos tipos de águas (Tabela 6). O efeito do fator nível salino foi significativo ao nível de 1% de probabilidade; pela análise de regressão, constata-se que a área foliar também seguiu um comportamento linear decrescente (Figura 4). O decréscimo por aumento unitário da condutividade elétrica foi de 180,98 cm² (6,55%), chegando a 723,92 cm² (26,20%), quando comparados os níveis N₁ e N₅. Esse fato da área foliar diminuir de acordo com o aumento da salinidade na água de irrigação e, conseqüentemente na solução do solo, também relaciona-se com um possível mecanismo que a planta desenvolve para diminuir a transpiração. A redução da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume das células e, segundo Läuchi & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), a redução da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à salinidade. Essa redução na área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração total de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem a níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha.

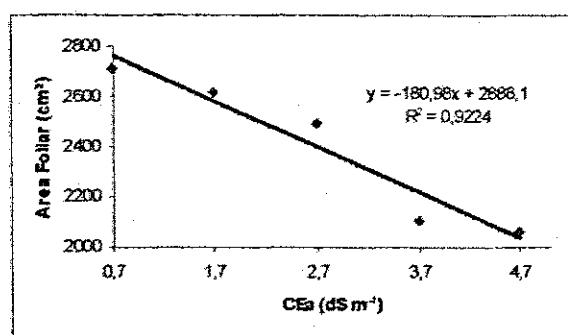


Figura 4. Área foliar (AF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

Com relação ao diâmetro de caule (DC), constata-se efeito significativo da salinidade da água de irrigação ao nível de 1% de probabilidade, apresentando declínio linear com um decréscimo de 0,2 mm (1,45%) por aumento unitário da condutividade (Figura 5). Gurgel (2001) constatou efeitos semelhantes da salinidade na produção de mudas de aceroleira aos 90 DAG, ocorrendo decréscimo de 7,64% no diâmetro de caule (DC) por aumento unitário da condutividade elétrica.

O diâmetro do caule (DC) não foi afetado significativamente pelas proporções de íons, como se observa na Tabela 6. Portanto, não houve influência sobre o engrossamento das

Quanto às proporções de íons, a produção de matéria seca da parte aérea caiu com aumento de sódio e diminuição de cálcio na água de irrigação. Azevedo Neto (2000) ao estudar estresse salino em milho, constatou que as cultivares testadas (BR-5011 e P-3051) apresentaram um decréscimo na produção de FPA com o aumento do cloreto de sódio na solução nutritiva.

O tratamento PI_5 (0,5:9,5 – Na:Ca) foi o que produziu maior quantidade de fitomassa da parte aérea; comparando-se esse tratamento com PI_1 e PI_2 , constata-se uma diferença de 2,40 g (10,22%) e 3,17 g (13,52%) respectivamente em relação a essa variável. Mais uma vez não foi observado efeito interativo da salinidade com os tipos de águas, ficando evidenciado que o estresse salino sobre a FPA não depende da proporção entre Na:Ca.

Quando se avaliam os dados de fitomassa da parte aérea durante o ciclo da cultura (FPAC), os resultados foram semelhantes aos de FPA, tanto em termos de níveis salinos como entre tipos de águas. A partir do modelo matemático, constata-se que ao longo do ciclo, a fitomassa decresceu 10,76 g (35,64%) quando compara-se o N_5 ao N_1 . O decréscimo da FPAC por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação foi de 2,69 g (8,91%), (Figura 7). Analisando-se o fator proporções de íons pelo teste de Tukey, constata-se que este fator foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, diferenciando-se apenas o tratamento PI_5 dos demais (Tabela 7).

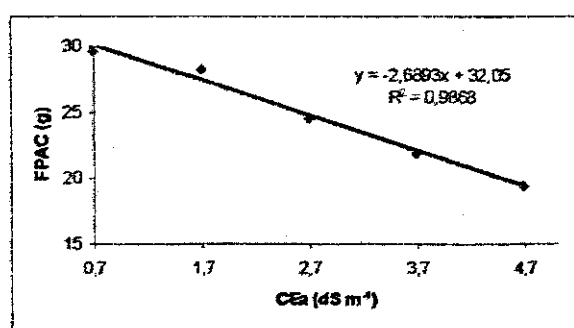


Figura 7. Fitomassa da parte aérea durante o ciclo (FPAC) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

Tabela 7. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para fitomassa da parte aérea (FPA) aos 15 e 80 DAG, fitomassa das raízes (FR) aos 80 DAG e fitomassa da parte aérea durante o ciclo (FPAC). Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio			
	FPA		FR ^a	FPAC
	15 DAG	80 DAG		
Nível salino (N)	0,02633 ^{ns}	180,43256 ^{**}	0,04786 ^{ns}	274,83112 ^{**}
Reg. Pol. Linear	-	142,19474 ^{**}	-	216,97164 ^{**}
Reg. Pol. Quadr.	-	0,43509 ^{ns}	-	0,30387 ^{ns}
Desvio Reg.	-	0,00320 ^{ns}	-	0,84500 ^{ns}
Resíduo	-	0,4421	-	0,81972
CV (%)	-	3,07	-	3,65
Proporções de íons (PI)	0,00360 ^{ns}	20,54505 ^{**}	0,14902 ^{ns}	32,11445 ^{**}
Interação (N x PI)	0,01366 ^{ns}	2,31370 ^{ns}	0,04643 ^{ns}	3,44834 ^{ns}
Resíduo	0,01276	4,74691	0,08731	4,98311
CV (%)	11,21	10,07	11,25	9,00
Médias (g)				
Nível salino (N)				
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	1,0798 (1,1836)	25,5227	2,7023 (7,4640)	29,6920
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	1,0069 (1,0216)	24,3871	2,6185 (6,9193)	28,2997
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	0,9834 (1,9791)	21,7948	2,6537 (7,1246)	24,5782
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	0,9811 (1,9697)	19,0774	2,5524 (6,5753)	21,9551
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	0,9848 (1,9912)	17,2919	2,5995 (6,8473)	19,4180
Proporções de íons (PI)				
(Na:Ca)				
PI ₁ (9,5:0,5)	1,0229 (1,0607)	21,0634 b	2,6875 (7,4380)	24,8354 b
PI ₂ (7,5:2,5)	1,0209 (1,0566)	20,2888 b	2,4778 (6,1886)	23,2607 b
PI ₃ (5,0:5,0)	1,0051 (1,0240)	21,5806 ab	2,5721 (6,6400)	24,0605 b
PI ₄ (2,5:7,5)	0,9849 (1,9798)	21,6794 ab	2,7236 (7,4713)	24,6171 b
PI ₅ (0,5:9,5)	1,0023 (1,0242)	23,4616 a	2,6554 (7,1926)	27,1691 a
dms	0,1169	2,2558	0,3059	2,3112

^aDados transformados em \sqrt{X} ; entre parênteses estão os dados originais.

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

Rodrigues (2000), Gurgel (2001) e Carneiro (2001) estudando arroz, acerola e caju anão-precoce, respectivamente, sob condições salinas, também obtiveram respostas na forma linear para a regressão feita em relação a fitomassa da parte aérea em seus estudos. Esses autores constataram ainda que a fitomassa da raiz também se reduziu linearmente, contrariando os resultados encontrados para a mamona, que não apresentou significância com relação a essa variável (Tabela 7). Deduz-se ser a mamoneira menos sensível a salinidade que as culturas citadas.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), as plantas respondem melhor com o aumento da proporção de Ca e decréscimo do Na na água de irrigação; essa afirmação justifica os resultados obtidos através da fitomassa da parte aérea e também da fitomassa da parte aérea durante todo o ciclo.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

4.3.1. Relação Raiz/Parte Aérea (R/PA), Razão de Área Foliar (RAF), Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II) e Potencial Hídrico na Folha (PHF)

Verifica-se, através de dados da análise de variância contidos na Tabela 8, que a salinidade da água de irrigação afetou a relação raiz/parte aérea (R/PA), ao nível de 1% de probabilidade; o efeito foi linear e crescente, também ao nível de 1% de probabilidade, apresentando um incremento de $0,03 \text{ g g}^{-1}$ (9,85%) da R/PA por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias para relação raiz/parte aérea (R/PA), razão de área foliar (RAF), eficiência quântica do fotossistema II (EQF-II) e potencial hídrico na folha (PHF) relativos aos dados obtidos aos 80 dias após a germinação da mamona. Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio			
	R/PA	RAF	EQF-II	PHF ^a
Nível salino (N)	0,03069 **	60,53333 ^{ns}	1,31042 ^{ns}	3,70645 **
Reg. Pol. Linear	0,02178 **	-	-	93,63333 **
Reg. Pol. Quadr.	0,00199 ^{ns}	-	-	0,16095 ^{ns}
Desvio Reg.	0,00070 ^{ns}	-	-	0,00800 ^{ns}
Resíduo	0,00056	-	-	0,86015
CV (%)	7,21	-	-	11,42
Proporções de íons (PI)	0,00693 ^{ns}	61,60000 ^{ns}	1,01042 ^{ns}	0,18691 ^{ns}
Interação (N x PI)	0,00331 ^{ns}	113,09427 ^{ns}	0,53958 ^{ns}	0,14393 ^{ns}
Resíduo	0,00396	70,83194	1,37153	0,09037
CV (%)	19,18	9,90	1,38	10,75
	Médias			
	g g^{-1}	$\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$	%	Bar
Nível salino (N)				
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	0,2912	82,6680	83,9933	2,1831 (4,8400)
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	0,2835	84,2200	84,4800	2,4418 (6,0466)
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	0,3250	86,8886	84,2199	2,8111 (8,0400)
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	0,3440	82,4840	84,4066	3,1436 (10,0400)
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	0,3957	86,2093	84,7866	3,4011 (11,6400)
Proporções de íons (PI)				
(Na:Ca)				
PI ₁ (9,5:0,5)	0,3488	82,6826	84,3200	2,9698 (9,0666)
PI ₂ (7,5:2,5)	0,3127	85,3840	84,1533	2,8282 (8,2333)
PI ₃ (5,0:5,0)	0,3162	87,6280	84,2466	2,7445 (7,7866)
PI ₄ (2,5:7,5)	0,3535	83,2026	84,3400	2,7644 (8,0800)
PI ₅ (0,5:9,5)	0,3082	83,5726	84,8266	2,6738 (7,4400)
dms	0,0651	8,6645	1,2125	0,3112

^aDados transformados em \sqrt{X} ; entre parênteses estão os dados originais.

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

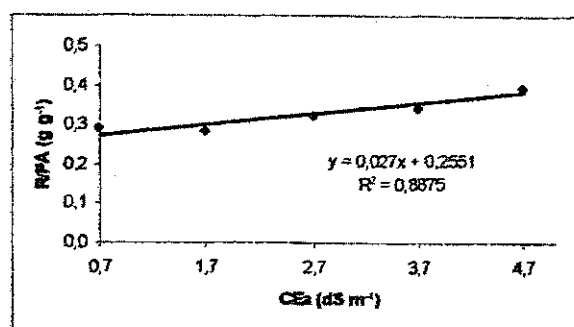


Figura 8. Relação raiz/parte aérea (R/PA) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

Esse incremento da relação raiz/parte aérea com o aumento da salinidade, deu-se em função da maior taxa de redução ocorrida na fitomassa da parte aérea, em relação à de raiz que não foi afetada significativamente pelos níveis de CEa. Carneiro (2001), estudando diferentes níveis de salinidade em cinco clones de cajueiro anão-precoce, constatou acréscimo na relação raiz/parte aérea, com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo o crescimento da parte aérea mais afetado pela salinidade da água de irrigação que o do sistema radicular. De acordo com Maas & Nieman (1978), Shannon (1979), Fageria (1984 e 1989), esse resultado pode ser um indicativo de adaptação morfo-fisiológica da cultura à elevada concentração de sais devido à redução do potencial osmótico do solo, fazendo com que a planta tenha a sua capacidade de absorção de água aumentada ao mesmo tempo que diminui a taxa de transpiração.

O fator proporções de íons não afetou a R/PA, nem foi significativa a interação entre os dois fatores estudados, isto é, houve efeito isolado dos níveis salinos da água de irrigação, independente da natureza do cátion. Fica novamente evidenciada a tolerância da mamoneira ao Na.

As variáveis razão de área foliar (RAF) e Eficiência Quântica do Fotossistema II (EQF-II) não foram afetadas significativamente pela salinidade nem pelos tipos de águas (Tabela 8).

É importante ressaltar que existe uma relação significativa entre o potencial hídrico na planta e o rendimento das culturas. Potenciais muito negativos de água no vegetal indicam condições de estresse (planta sob tensão), sendo requerida irrigação imediata para se evitar que o crescimento e o rendimento sejam prejudicados. Esta análise do potencial de água na

planta pode ser usada para permitir o uso mais eficiente da água de irrigação visando otimizar os rendimentos e prevenir perdas excessivas de água (Righes *et al.*, 2003).

De acordo com o modelo matemático obtido para potencial hídrico na folha (PHF), o efeito da salinidade foi linear e crescente. Analisando-se o modelo matemático (Figura 9), constata-se acréscimo de 1,76 bar (38,22%) na tensão com que a água está retida na folha por aumento unitário da condutividade elétrica.

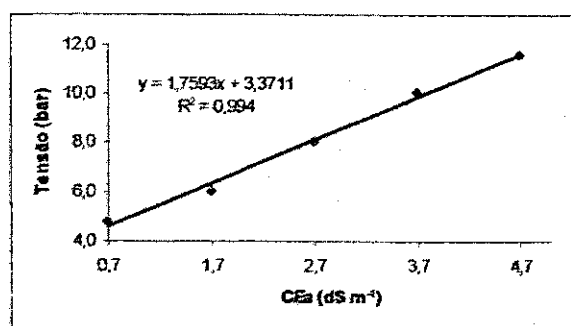


Figura 9. Potencial hídrico na folha (PHF) da mamoneira, aos 80 dias após a germinação (DAG), em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

4.4. CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água pela planta diminuiu com o aumento da salinidade da água (Tabela 9). A cada incremento unitário da condutividade elétrica na água de irrigação, a planta consumiu 1,9 litros (6,29%) a menos de água (Figuras 10 e 11). Aumentando a condutividade elétrica da água (CEa), aumenta também a tensão necessária para que a planta retire do solo, uma vez que o potencial do solo torna-se cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá uma maior dificuldade para utilizar essa água, que apesar de sua presença no solo, não está totalmente disponível para as plantas. Rhoades & Loveday (1990) enfatizam que a ação do efeito osmótico provocado pela elevação da salinidade na solução do solo reduz o potencial hídrico e, conseqüentemente a disponibilidade de água às plantas.

Tabela 9. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias de consumo de água. Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio
	Consumo
Nível salino (N)	133,04811 **
Reg. Pol. Linear	108,8708 **
Reg. Pol. Quadr.	0,4101 ^{ns}
Reg. Pol. Cub.	1,0268 *
Desvio Reg.	0,2247 ^{ns}
Resíduo	0,1825
CV (%)	1,61
Proporções de íons (PI)	2,42520 ^{ns}
Interação (N x PI)	0,94963 ^{ns}
Resíduo	0,95587
CV (%)	3,68
	Médias
	litros
Nível salino (N)	
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	29,89
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	29,00
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	26,50
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	25,45
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	22,64
Proporções de íons (PI)	
(Na:Ca)	
PI ₁ (9,5:0,5)	26,80
PI ₂ (7,5:2,5)	26,30
PI ₃ (5,0:5,0)	26,06
PI ₄ (2,5:7,5)	26,33
PI ₅ (0,5:9,5)	27,04
dms	1,01

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo.

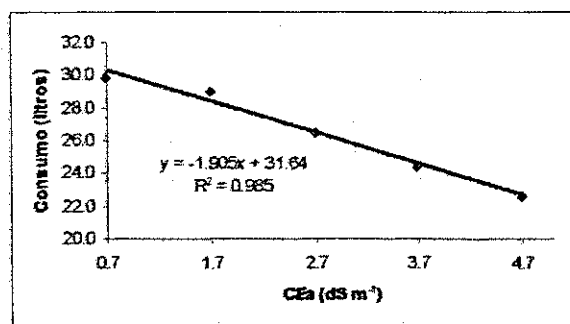


Figura 10. Média do consumo total de água com relação ao fator nível salino. Campina Grande-PB, 2003.

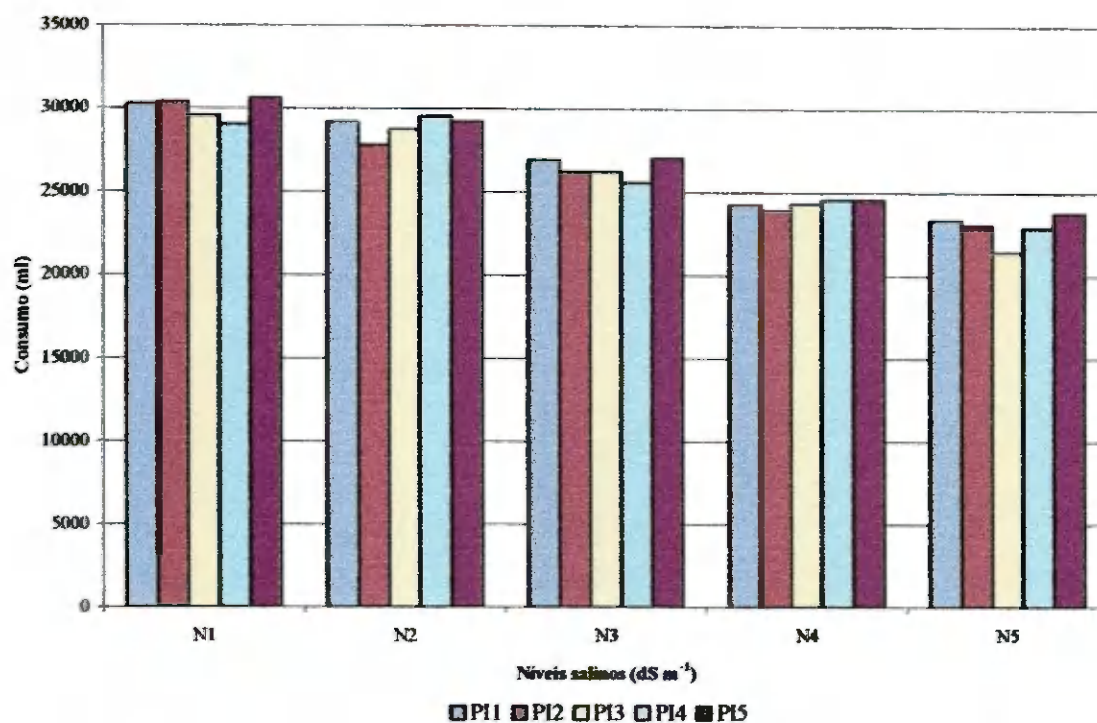


Figura 11. Média do consumo total de água por tratamentos. Campina Grande-PB, 2003.

4.5. SALINIDADE DO SUBSTRATO

Os dados da análise do material de solo no final do experimento estão resumidos na Tabela 11. Como era o esperado, a salinidade da água de irrigação originou um aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), com valores variando de 6,95 a 42,25 dS m^{-1} , para águas de condutividade elétrica de 0,7 a 4,7 dS m^{-1} , respectivamente. Constata-se que o efeito do nível salino foi significativo ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 10), com um acréscimo linear da CEes de 7,81 dS m^{-1} (96,66%) por aumento unitário da CEa (Figura 12). Esse acréscimo deve-se ao fato do acúmulo de sais na solução do solo, uma vez que toda a água drenada foi repostada. Carneiro (2001) também obteve uma equação linear ao analisar o solo no final do experimento com cajueiro anão-precoce. Nota-se que os tipos de águas que continham uma proporção elevada de Na geraram uma maior CEes quando comparadas aos níveis com maior proporção de Ca, apresentando uma diferença de 3,73 dS m^{-1} (14,57%) quando comparado o PI₅ (0,5:9,5 – Na:Ca) ao PI₁ (9,5:0,5 – Na:Ca). Essa diminuição na CEes, deve-se provavelmente à precipitação de Ca, devido à baixa solubilidade do sulfato de

cálcio (2 g L^{-1}), uma vez que foi feita adubação nitrogenada com sulfato de amônio (Richards, 1954).

Tabela 10. Resumo da análise de variância (ANAVA) e médias da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes). Campina Grande-PB, 2003.

Causa de variância	Valores de Quadrado Médio
	CEes
Nível salino (N)	2292,15161 **
Reg. Pol. Linear	1830,82057 **
Reg. Pol. Quadr.	0,80649 ns
Desvio Reg.	0,20370 ns
Resíduo	3,20660
CV (%)	7,55
Proporções de íons (PI)	37,27969 **
Interação (N x PI)	6,17863 ns
Resíduo	7,27659
CV (%)	11,37
	Médias
	dS m⁻¹
Nível salino (N)	
N ₁ (0,7 dS m ⁻¹)	8,08
N ₂ (1,7 dS m ⁻¹)	15,41
N ₃ (2,7 dS m ⁻¹)	24,17
N ₄ (3,7 dS m ⁻¹)	32,03
N ₅ (4,7 dS m ⁻¹)	38,84
Proporções de íons (PI)	
(Na:Ca)	
PI ₁ (9,5:0,5)	25,59 a
PI ₂ (7,5:2,5)	24,15 ab
PI ₃ (5,0:5,0)	24,62 ab
PI ₄ (2,5:7,5)	22,30 b
PI ₅ (0,5:9,5)	21,86 b
dms	2,79

Significativo a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo.

Aumentando a proporção de Na na água de irrigação, houve aumento linear crescente da relação de adsorção de sódio (RAS) para cada nível (Figura 13). Richards (1954) enfatiza que RAS maior que $15 \text{ (mmol L}^{-1}\text{)}^{1/2}$ já acarreta risco de sodificação para o solo. Para o período de 80 dias constatou-se que o N₁ não apresentou esse risco; para o N₂ apenas a proporção PI₁ (9,5:0,5 – Na:Ca) teve indícios de sodicidade, uma vez que a RAS para essa água chegou a $16,64 \text{ (mmol L}^{-1}\text{)}^{1/2}$. Já para o N₃ o risco de sodicidade inicia quando são utilizadas águas com Na igual ou superior a 75%, enquanto N₄ e N₅ apresentam restrições quando utilizados proporções superior a 50%. Estes dois últimos níveis apresentaram uma alta RAS devido à composição da água, chegando a 44,69 e 64,61 $\text{(mmol L}^{-1}\text{)}^{1/2}$ respectivamente. Para 80 dias sem que haja a lavagem do solo, percebe-se que as águas PI₁ e PI₂ podem ser usadas em qualquer nível estudado; aumentando a CEa faz-se necessário que seja levado em consideração a composição das mesmas.

O fato de não terem sido observados sintomas visuais de toxicidade e queimaduras nas plantas de mamona, mesmo tendo altos valores de CE e RAS no extrato de saturação do solo, permite afirmar que o cultivo de mamona pode ser realizado em áreas afetadas por sais pelo menos em solos de textura média. Constatou-se que a cultivar BRS 149 – Nordestina não é sensível ao Na até $549,31 \text{ mmol}_c\text{L}^{-1}$ no extrato de saturação (Tabela 11).

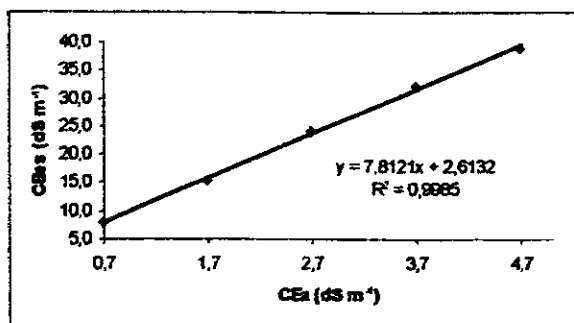


Figura 12. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) em função da salinidade da água de irrigação. Campina Grande-PB, 2003.

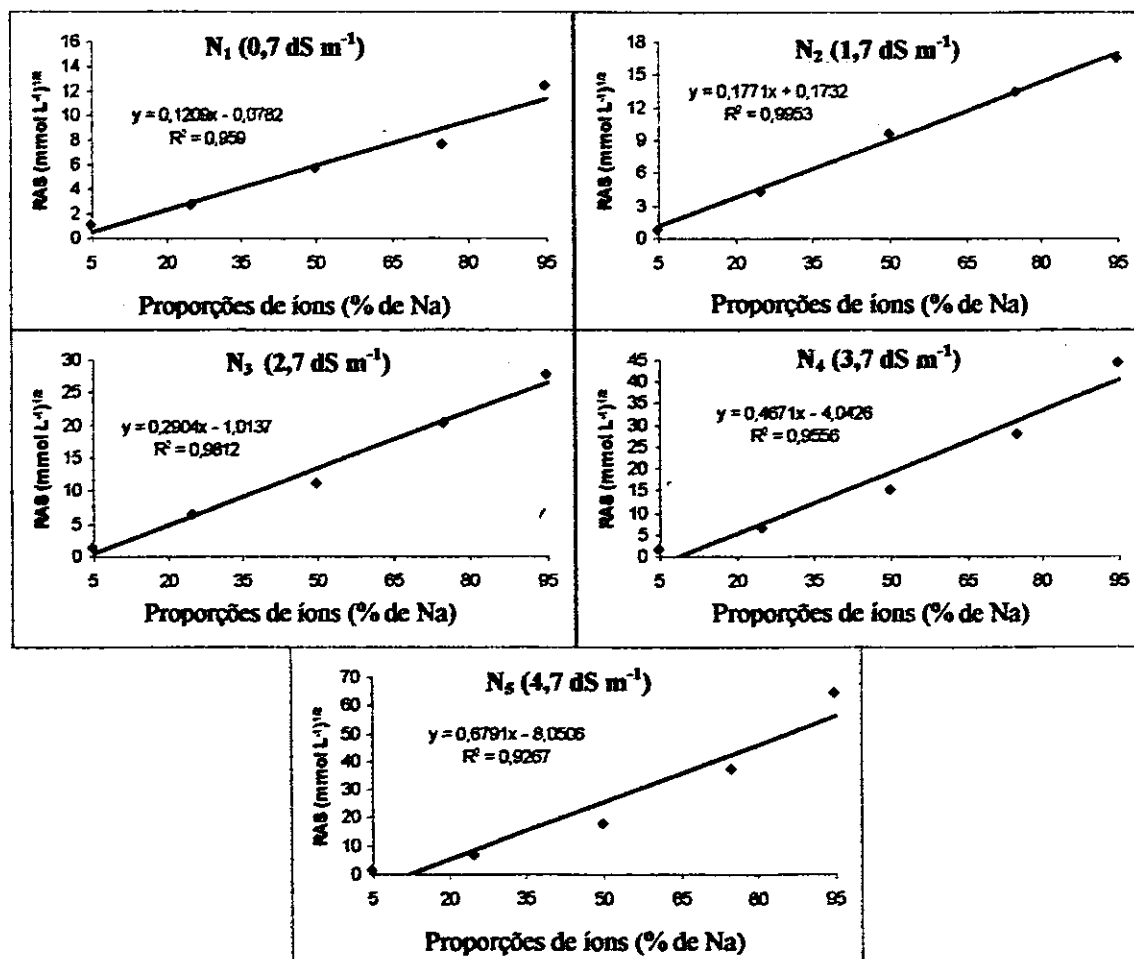


Figura 13. Relação de adsorção de sódio (RAS) em função dos tipos de águas (proporções de Na) para cada nível salino. Campina Grande-PB, 2003.

Tabela 11. Características químicas obtidas nas amostras de solo, coletadas no final do experimento na profundidade de 5 a 15 cm do vaso. Campina Grande-PB, 2003.

Parcela	pH	Extrato de saturação								
	Pasta	CE	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	RAS
		dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹						(mmol L ⁻¹) ^{1,2}	
N ₁ PI ₁	4,44	9,84	30,56	31,77	70,02	1,46	101,15	a	5,29	12,56
N ₂ PI ₁	4,44	18,37	43,10	49,93	113,28	2,48	227,25	a	3,42	16,64
N ₃ PI ₁	4,64	24,56	51,08	57,79	205,98	3,50	336,07	a	3,50	27,91
N ₄ PI ₁	4,68	32,95	64,03	64,69	360,48	4,45	499,77	a	2,72	44,69
N ₅ PI ₁	5,81	42,25	81,91	65,43	549,31	4,71	668,53	a	3,41	64,61
N ₁ PI ₂	4,59	7,48	24,60	26,59	39,46	1,02	64,27	a	2,81	7,74
N ₂ PI ₂	4,54	15,47	44,28	51,51	92,68	1,46	180,63	a	3,15	13,50
N ₃ PI ₂	4,73	26,83	81,78	83,83	188,81	2,48	385,38	a	3,57	20,48
N ₄ PI ₂	4,70	32,42	101,62	86,84	274,65	3,24	494,77	a	3,46	28,11
N ₅ PI ₂	4,81	38,55	122,00	89,81	391,38	3,37	615,03	a	2,75	37,84
N ₁ PI ₃	4,60	7,57	29,97	47,90	34,48	1,40	71,67	a	2,67	5,70
N ₂ PI ₃	4,63	14,90	62,86	60,02	76,54	2,03	182,25	a	2,85	9,77
N ₃ PI ₃	4,52	25,29	131,33	81,48	116,71	3,12	373,18	a	2,43	11,14
N ₄ PI ₃	4,73	33,43	222,35	71,95	188,81	3,31	526,82	a	2,33	15,57
N ₅ PI ₃	4,85	41,89	296,73	91,00	254,05	4,14	695,33	a	2,56	18,23
N ₁ PI ₄	4,60	8,58	43,85	36,81	17,49	1,27	75,85	a	1,90	2,75
N ₂ PI ₄	4,53	14,03	101,86	52,83	38,43	1,65	176,00	a	2,13	4,35
N ₃ PI ₄	4,51	22,45	191,38	69,79	75,17	2,48	329,28	a	2,79	6,59
N ₄ PI ₄	4,63	30,21	284,50	90,01	88,90	3,37	482,10	a	2,33	6,55
N ₅ PI ₄	4,73	36,26	373,94	90,97	109,16	3,24	610,88	a	1,94	7,21
N ₁ PI ₅	4,39	6,95	46,21	30,69	6,81	1,53	63,40	a	1,70	1,09
N ₂ PI ₅	4,27	14,30	138,27	51,16	8,56	2,23	185,48	a	1,61	0,87
N ₃ PI ₅	4,28	21,72	239,63	63,82	17,49	3,37	320,33	a	1,70	1,42
N ₄ PI ₅	4,49	31,13	396,14	88,45	25,73	3,69	512,20	a	1,88	1,65
N ₅ PI ₅	4,43	35,23	460,90	93,23	27,45	4,07	615,38	a	2,06	1,64

N₁=0,7 dS m⁻¹N₂=1,7 dS m⁻¹N₃=2,7 dS m⁻¹N₄=3,7 dS m⁻¹N₅=4,7 dS m⁻¹PI₁=(9,5:0,5 - Na:Ca)PI₂=(7,5:2,5 - Na:Ca)PI₃=(5,0:5,0 - Na:Ca)PI₄=(2,5:7,5 - Na:Ca)PI₅=(0,5:9,5 - Na:Ca)

a = ausência

5. CONCLUSÕES

1. O estresse salino não influencia na porcentagem de germinação nem no índice de velocidade de emergência da mamoneira.
2. A partir de uma salinidade limiar de $1,78 \text{ dS m}^{-1}$, houve redução de 2,95% do número de folhas para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.
3. A altura de planta também diminuiu linearmente 5,85% com o aumento da salinidade; quando predomina Ca na água de irrigação foi maior o crescimento das plantas em altura.
4. O diâmetro do caule diminui com o aumento da salinidade, sendo o decréscimo de 1,45% por aumento unitário da CEa.
5. A área foliar é afetada com o aumento da CEa, com decréscimo de 6,55% por aumento unitário.
6. A fitomassa da parte aérea decresce linearmente com o aumento da CEa. Mais matéria seca é formada na parte aérea quando aumenta a proporção de Ca e diminui Na na água de irrigação.
7. A relação raiz/parte aérea aumentou 9,85% por aumento unitário da CEa.
8. Para cada aumento unitário da condutividade elétrica, constata-se acréscimo de 38,22% na tensão com que a água está retida na folha.
9. O consumo de água pela planta diminui 6,29% com o aumento unitário da CEa.

10. As variáveis fitomassa da parte aérea aos 15 DAG, fitomassa das raízes, razão de área foliar e eficiência quântica do fotossistema II não são influenciadas pela salinidade nem pelas proporções de íons na água de irrigação.
11. As águas PI₄ (2,5:7,5 – Na:Ca) e PI₅ (0,5:9,5 – Na:Ca) podem ser utilizadas em qualquer nível salino sem que haja perigo de sodificação do solo.
12. A mamoneira BRS-149 – Nordestina não é sensível ao Na no extrato de saturação até 549,31 mmol_c L⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIN, P. R. de T. **Los factores de la productividad agrícola.** Lima: ILCA, 1962. 20p.

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.

ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva.** 1994. 87p. Tese mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação do uso.** Recife: CNPq, 1995.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (trad.) **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M.; BATISTA, F.A.S.; LIMA, E. F. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 21p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 34).

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).

AZEVEDO NETO, A. D. de; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.159-164, 2000.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, Campina Grande, n. 31, 1999.

BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C.; MELO, F.de M. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) walp] para o semi-árido nordestino em especial no Piauí.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 44p. (Embrapa Algodão. Documentos, 97).

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

CAMPOS, C. A. B. **Germinação, desenvolvimento e produção do tomateiro industrial, sob estresse salino.** 2001. 144p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

CARNEIRO, P. T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade.** 2001. 84p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

COSTA, R. G.; GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação na microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 8, p. 1021-1025, ago.1984.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p

DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C.; MARTINEZ, C. A. Efecção de condições de estresse em plantas e potencial para "screening" em milho através da fluorescência da clorofila. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45 ; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 70).

EMBRAPA SOLOS (Rio de Janeiro, RJ). **Manual e métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz.** Rio de Janeiro: Goiânia: Campus, 1984.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).

FARIA, M. A. de. Manejo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia.** 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

GRANER, E. A.; GODOY JÚNIOR, C. **Culturas da fazenda brasileira.** 4. ed. São Paulo: Melhoramento, 1967. 461p.

GURGEL, M. T. **Produção de mudas de aceroleira sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação.** 2001. 117p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

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**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997.

IGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfalfayield with various index of salinity. **Soil Science**, v.122, n.3,1976.

KENT, L. M.; LAUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. **Plant, Cell and Environment**, v.8, 1985.

KINRAIDE, T. B. Interrelations among Ca, Na, e K in salinity toxicity: Quantitative resolution of multiple. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.338, 1999.

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

LAHAYE, P. A.; EPSTEIN, E. Salt toleration by plants: enhancement with calcium. **Science**, v.166, 1969.

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.

LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. In: SUDENE. Relatório do convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife, 1983. p.91-141.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (Eds). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.113 – 136.

MAAS, E. V., HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assasment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, n.2, p.115-134, 1977.

MAAS, E. V., NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: JUNG, G. A. (Ed.). **Crop tolerance to suboptimal Land conditions.**, Madison: ASA, 1978. p.227-299 (ASA. Special Publication, 32.).

MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos Estados de RN, PB e CE.** 1992. p 173. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

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

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

MOREIRA, J. de A.; LIMA, E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVEDO, D.M.P. de; **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1996. 29p. (Embrapa Algodão.Boletim de Pesquisa, 34).

MOREIRA, M. A. **Sistemas sensores.** Disponível em: <<http://tid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores.pdf>> Acesso em: 03 de setembro de 2003.

PASTERNAK, D.; TWERSKY, M.; MALACH, Y. Salt resistance in agricultural crops. In: MUSSED, H.; STAPLES, R.C. (Ed.). **Stress physiology in crop plants.** New York: John Wiley, 1979.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** Madrid: Agrícola Española, 1985. 542p.

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

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (ed). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

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

RIGHES, A. A.; AMARAL, L. G. H. do; COSTA, R. D.; ROSA, G. M. da; WILLES, J. A.; GOMES, A. C. dos S. **Determinação da água no solo e na planta para irrigação**. Santa Maria: UFSM, 2003. 97p.

RODRIGUES, L. N. **Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado**. 2000. 145p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

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

RYAN, J.; MIYAMOTO, S. STROEHLEIN, J. L. Salt and specific ion effects on germination of four grasses. **Journal of Range Management**, v.28, 1975.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: Teoria e prática**. Campina Grande: [s.n.], 2000. 171p.

SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water**. Bet. Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65p.

SHANNON, M. C. Quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Horticulture Science**, v.14, p.587-589. 1979.

SILVA, W. J. da. Aptidões climáticas para as culturas do girassol, da mamona e do amendoim. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.82. p. 24-28, 1981.

SMEDEMA, L. K.; RYCROFT, D. W. **Land drainage: Planning and design of agricultural drainage systems**. London: Batsford, 1988. 376p.

SOARES, F. A. L. **Comportamento do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.f. flavicarpa Deg.) sob condições de estresse salino**. 2001. 153p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. 1995. 94p. Tese mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

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

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Metodologia de análise foliar**. Viçosa, 1997.

VARALLYAY, G.; SZABOLCS, I. Special water problems in salt affected soils. **Agrochimica**, v.13. p.275-285, 1974.

VAN ALPHEN, D. W. VERHOEVEN, B. **Salt-affected soils and their reclamation**. In: INTERNATIONAL COURSE ON LAND DRAINAGE, 22., [S.l.], 1983.34p.

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