



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO**

MARIA EUGÊNIA DA COSTA

**IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS DE NÍVEIS DE SALINIDADE DIFERENTES
APLICADAS DE ACORDO COM A FASE DE DESENVOLVIMENTO DA
MAMONEIRA**

**MOSSORÓ-RN
FEVEREIRO DE 2012**

MARIA EUGÊNIA DA COSTA

**IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS DE NÍVEIS DE SALINIDADE DIFERENTES
APLICADAS DE ACORDO COM A FASE DE DESENVOLVIMENTO DA
MAMONEIRA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semiárido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciências do Solo”.

Orientador: Prof. Marcelo Tavares Gurgel (UFERSA)

Coorientador: Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)

**MOSSORÓ – RN
FEVEREIRO DE 2012**

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERS**

C837i Costa, Maria Eugênia da .

Irrigação com águas de níveis de salinidade diferentes
aplicadas de acordo com a fase de desenvolvimento da
mamoeira. / Maria Eugênia da Costa. -- Mossoró, 2012.
49f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Área de
concentração: Manejo e conservação do solo –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: D. Sc. Marcelo Tavares Gurgel.

Co-orientador: D. Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

1. Salinidade do solo. 2. *Ricinus communis*. 3. Irrigação. 4.
Produção de mamona. I.Título.

CDD: 631.416

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB15/453

MARIA EUGÊNIA DA COSTA

**IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS DE NÍVEIS DE SALINIDADE DIFERENTES
APLICADAS DE ACORDO COM A FASE DE DESENVOLVIMENTO DA
MAMONEIRA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semiárido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciências do Solo”.

Aprovada em:/...../.....

Banca Examinadora

.....
Profº. D.Sc. Marcelo Tavares Gurgel
UFERSA
Orientador

.....
Profº. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
UFERSA
Coorientador

.....
Eng. Agr., D.Sc. Francisco Valfisio da Silva
Bolsista recém-doutor/CNPq/UFCG
Examinador

A meu irmão Enésio(in memória).
Ao meu maior tesouro, **minha família**,
responsáveis pelo que sou hoje. A meu
esposo, **Wallace Carlos Moura de
Souza**, pelo companheirismo e
incentivo nesta batalha.

DEDICO

Aos meus pais, **Gaudêncio Ferreira da Costa
e Maria da Conceição Costa**, pelo amor,
dedicação e por tudo que fizeram para que eu
pudesse concluir meus estudos.

Aos meus irmãos, **Edesio,Elmar, Erinaldo,
Elza e Elinilda**, eternos companheiros, pelo
amor, amizade e incentivo.

A meu esposo, **Wallace**, que com amor e
carinho está do meu lado, apoiando-me e
torcendo pelo nosso sucesso.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por está sempre presente em minha vida e por todas as oportunidades colocadas em meu caminho;

Aos meus pais, Gaudêncio Ferreira da costa e Maria da conceição costa. Obrigada pela confiança, apoio e incentivo, em todos os momentos da minha vida.

À meus irmãos, por toda confiança e apoio.

À meu esposo, Wallace Carlos, pelo amor, compreensão, dedicação e paciência, além da relevante ajuda na realização deste trabalho .

À meu orientador professor Marcelo Tavares Gurgel. Obrigada pelos ensinamentos, dedicação e credibilidade na realização deste trabalho; pela confiança depositada, pelo incentivo e apoio.

Ao meu coorientador, o Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da UFERSA, obrigada pelos ensinamentos que foram de grande valia para meu crescimento profissional.

À todos os funcionários do prédio de solos, pelo carinho.

Ao Programa de Pós-Graduação em ciências do solo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Engenheiro agrônomo Francisco Valfisio da Silva da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, pela ajuda, apoio,atenção e por participar da minha banca examinadora.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Aos colegas estudantes que me ajudaram durante a realização deste trabalho, Alexandre, Andgley, Lucas e Azevedo.

A todos os meus colegas de Pós-Graduação, em especial minha colega e amiga Isabel Giovanna.

Os meus sinceros agradecimentos a todos que de algum modo contribuíram para minha formação e conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARIA EUGÊNIA DA COSTA, filha de Gaudêncio Ferreira da Costa e Maria da Conceição Costa, nasceu em Pau-dos-ferros - RN, em 10 de Agosto de 1979.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Janeiro de 2010. Em Março de 2010 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	VIII
Lista de Figuras.....	IX
Resumo.....	X
Abstract.....	XI
1.Introdução.....	12.
OBJETIVO.....	3
3- Revisão de Literatura.....	3
3.1 Características agronômicas da cultura da mamona.....	3
3.2 Cultivar BRS Energia.....	4
3.3 Qualidade da água para irrigação.....	5
3.4 Efeitos da salinidade nas plantas.....	7
3.4.1Osmótico.....	7
3.4.2 Toxico.....	7
3.4.3Nutricional.....	8
3.5 Tolerância da mamoneira a salinidade.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1 - Localização e caracterização da área Experimental.....	9
4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	10
4.3 Preparo do solo e adubações.....	11
4.4 Sistema de Irrigação.....	12
4.5 Variedade utilizada	14
4..Variáveis Analisadas.....	14
4.7- Análises Estatísticas.....	16
5. RESULTADOS E DISCURSÃO.....	16
5.1 Características de crescimento	16
5.2 componentes de produção.....	19
5.3 Atributos químicos do solo.....	27
6. CONCLUSÕES.....	31
7. REFERÊNCIAS.....	32

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1: Principais características da cultivar BRS Energia.....	5
Tabela 2 : Caracterização química do solo antes do experimento.....	10
Tabela 3- Tratamentos resultantes da combinação entre fases de desenvolvimento da mamona e águas de diferentes salinidades.....	11
Tabela 4: Caracterização química das águas utilizadas nas irrigações.....	13
Tabela 5: Resumo da ANOVA das variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), aos 100 DAS e em função dos tratamentos.....	16
Tabela 6: Médias das variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), aos 100 DAS e em função dos tratamentos.....	17
Tabela7: Resumo da ANOVA para sódio trocável, percentagem de sódio trocável, CE e pH aos 100 DAS nas camadas 0-10; 10-30; 30-50 cm, em função dos tratamentos.....	25
Tabela 8: Médias de sódio trocável, percentagem de sódio trocável, CE e pH aos 100 DAS nas camadas 0-10; 10-30; 30-50cm em função dos tratamentos.....	26
Tabela 9: Resumo da ANOVA para comprimento de racemo (CR1 = primário; CR2 = secundário; CR3 = terciário), peso de 100 sementes (P1001 = racemo primário; P1002 = racemo secundário; P1003 = racemo terciário), percentagem de casca (PC1 = racemo primário; PC2 = racemo secundário; PC3 = racemo terciário) e número de frutos (NTF) e racemos (NTR) por área útil e produtividade de frutos (PF) em função dos tratamentos.....	28
Tabela10: Médias de comprimento de racemo (cm) (CR1 = primário; CR2 = secundário; CR3 = terciário), Massa de 100 sementes (g) (MS1 = racemo primário; MS2 = racemo secundário; MS3 = racemo terciário), percentagem de casca (%) (PC1 = racemo primário; PC2 = racemo secundário; PC3 = racemo terciário) e número de frutos (NTF) e racemos (NTR) por área útil, e produtividade de frutos (PF) kg ha ⁻¹ em função dos.....	29

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura1: Dada de temperatura e precipitação pluvial registrados durante a condução do experimento em campo.....	10
Figura 2 - 2.1 = caixas d'água utilizada para compor os sistemas de irrigação independentes; 2.2 a 2.4 = conjuntos de moto-bomba com cabeçal composto de filtro de disco de 120 mesh e sistema de controle de pressão; 2.5 a 2.8 = tubulação principal de PVC de 32 mm, linhas de acesso a cada parcela, de polietileno flexível de 16 mm.....	13
Figura 3. Crescimento da mamoneira ao longo do ciclo em função dos tratamentos.....	18
Figura 4 - Evolução do sódio trocável em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 1A= 0-10 cm; 1B =10-30 cm; 1C =30-50 cm.....	20
Figura5. Evolução da percentagem de sódio trocável em um Argissolo ao longo do ciclo do mamoneiro em função dos tratamentos em cada camada (A = 0-10 cm; B = 10-30 cm; C = 30-50 cm).....	21
Figura 6 - Evolução da condutividade elétrica em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 2A =0-10 cm; 2B= 10-30 cm; 2C=30-50 cm.....	22
Figura7 - Evolução do pH em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 3A =0-10 cm; 3B=10-30 cm; 3C = 30-50 cm.....	23

RESUMO

MARIA EUGÊNIA DA COSTA. **Irrigação com águas de níveis de salinidade diferentes aplicadas de acordo com a fase de desenvolvimento da mamoneira.** Mossoró- RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Fevereiro de 2012. 49 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Orientador: Professor Marcelo Tavares Gurgel.

A mamoneira (*Ricinus communis* L), por apresentar capacidade de produzir satisfatoriamente sob condições de baixa precipitação é uma alternativa de grande importância para o semiárido 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. Esse experimento foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da irrigação com água salina no crescimento e na produção da mamona (cultivar BRS Energia), além de monitorar a evolução de alguns atributos químicos do solo ao longo do ciclo da cultura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos resultaram da combinação entre fases de desenvolvimento da mamona (vegetativa e reprodutiva) e águas de diferentes salinidades (0,55; 2,16; 3,53 dS m⁻¹). As avaliações de crescimento (altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas) foram realizadas aos 20; 40; 60; 80; 100 dias após a semeadura. As coletas de solo foram realizadas concomitantemente às avaliações de crescimento, nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30; 0,30-0,50m. Os atributos químicos do solo avaliados foram sódio trocável, percentagem de sódio trocável, condutividade elétrica e pH. Também foram avaliados alguns componentes de produção, como número e comprimento dos racemos, número e peso dos frutos, produtividade dos racemos e produtividade total. Os resultados indicaram que a irrigação com água salina durante todo o ciclo da mamoneira diminuiu a produtividade em aproximadamente 26%, quando comparado com a água de baixa salinidade. A adoção do manejo das águas de diferentes salinidades aumentou acentuadamente os atributos Na⁺, PST e CE, porém nas condições estudadas não houve impactos negativos quanto a salinidade/sodicidade do solo.

Palavras-chave - *Ricinus communis* L.. Salinidade do solo. Sodicidade do solo. Manejo da irrigação.

ABSTRACT

MARIA DA COSTA EUGÊNIA. **With irrigation water salinity níveis different applied in accordance with the development of the castor bean.** Mossoró-RN, Universidade Federal Rural do Semi-Arid, February 2012. 49P.il. Dissertation. Graduate Program in Soil Science. Advisor: teacher: Marcelo Tavares Gurgel.

The castor bean (*Ricinus communis* L.), due to its ability to produce satisfactorily under conditions of low rainfall is an alternative of great importance for the Brazilian semiarid region. Currently, however, has been stimulated their irrigated, since, in many cases, irrigation is the only way to ensure the production, mainly in tropical regions of hot, dry climate, which predominates in northeast Brazil. This experiment was conducted to evaluate the influence of irrigation with saline water on growth and yield of castor (BRS Energy), and monitor the evolution of some soil chemical properties along the crop cycle. The experimental design was randomized blocks with six treatments and five repetitions. The treatments consisted of combinations of phases of development of castor bean (vegetative and reproductive), and water salinities (0.55, 2.16, 3.53 dS m⁻¹). Evaluations of growth (plant height, stem diameter and leaf number) were evaluated at 20, 40, 60, 80, 100 days after sowing. The soil samples were carried out concomitantly with the assessments of growth, the layers 0-0.10; 0.10 to 0.30, 0.30-0.50 m. The soil chemical properties were evaluated exchangeable sodium, exchangeable sodium percentage, electrical conductivity and pH. We also evaluated yield components, number and length of the racemes, number and weight of fruit, productivity and total productivity of the racemes. The results indicated that irrigation with saline water throughout the cycle of the castor bean productivity decreased approximately 26% compared with the water of low salinity. The adoption of management of water salinities increased sharply attributes Na⁺, PST and CE, but the conditions studied there was no negative impacts on the salinity / sodicity.

Keywords - *Ricinus communis* L.. Soil salinity. Sodicity. Irrigation management

1. INTRODUÇÃO

O mundo tem sofrido com a exploração de seus recursos naturais, com a poluição da atmosfera e com a degradação do solo. A necessidade de preservação do meio ambiente e a preocupação no desenvolvimento das fontes de energias geram a importância de se estudar novas fontes de matriz energética. No que concerne às fontes tradicionais, sabe-se que começam a se esgotar em função da sua efetiva utilização. No entanto, as fontes alternativas de energia além de não prejudicar a natureza, são renováveis, e por isso podem ser consideradas perenes.

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), espécie da família *Euphorbiaceae*, tem potencial de exploração econômica no Nordeste brasileiro, devido às suas características de xerofilismo e heliofilismo. Sua importância para a região se baseia, também, no fato de ser fixadora de mão-de-obra e geradora de emprego, uma alternativa para a agricultura de áreas semi-áridas (AZEVEDO & LIMA, 2001). É uma planta que produz quantidade considerável de biomassa (20 t ha⁻¹) as folhas podem servir de alimento para o bicho da seda; as hastes contêm celulose para fabricação de papel e, das sementes, são obtidos óleo e torta, rica em proteína. Entretanto, é nas sementes de mamona que está o maior interesse econômico, pois o óleo contém cerca de 90% de ácido graxo ricinoléico, o que lhe confere características singulares e valor energético, possibilitando ampla gama de utilização industrial (AZEVEDO et al., 1997; AMORIM NETO et al., 2001).

A mamoneira adquiriu prestígio ao interesse da indústria pela qualidade de seu óleo e, recentemente, pela busca de novas fontes de energia (CHECHETTO et al., 2010). A sua exploração econômica não é viável em condições de sequeiro no Nordeste brasileiro, devido à grande instabilidade climática e ocorrência de longos períodos secos. Por isso, em tais condições, é necessário o uso de irrigação (CAVALCANTI et al., 2005).

A maior demanda por água para irrigação vem forçando a utilização de águas salinas ou de qualidade inferior, por estarem comprometidas as de boa qualidade – cujo uso é priorizado para o consumo humano. Apesar de grande parte das fontes de água do Rio Grande do Norte apresentar boa qualidade (baixa salinidade), existem águas de qualidade inferior (alta salinidade) no estado que podem ser aproveitadas na irrigação. Na região da Chapada do Apodi as principais águas utilizadas na irrigação são águas

subterrâneas provenientes de dois tipos de aquíferos. O primeiro localiza-se no “Arenito-Açu”, a uma profundidade média de 1.000 m e o segundo no “Calcário Jandaíra”, a uma profundidade média de 100 m, com a condutividade elétrica média entre 0,6 e 3,2 dS m⁻¹, respectivamente (OLIVEIRA & MAIA, 1998). A escolha e utilização dessas águas para irrigação dependem da condição financeira do agricultor, do tipo de solo, da tolerância das culturas à salinidade e ao manejo diferenciado das práticas culturais, especialmente a irrigação (GURGEL et al., 2005).

A salinização causa efeitos negativos nas plantas pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo e/ou pelos efeitos de íons específicos. Sabe-se que as espécies e cultivares se comportam diferentemente da salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar tolera até certo valor de salinidade, sem reduzir o seu rendimento potencial, denominado salinidade limiar (SL). A tolerância das plantas aos sais é afetada por vários fatores, dentre eles estágio de desenvolvimento, duração da exposição, as condições ambientais, propriedades do solo, tipo e intensidade do manejo (MAAS, 1990).

No agropólo Mossoró-Assu – a principal fonte de água para irrigação é subterrânea e sua captação é feita nos aquíferos Açu e Jandaíra. Atualmente, são mais utilizados os poços que exploram esse último aquífero, em decorrência do menor custo de captação (GURGEL et al., 2010). Como as suas águas têm concentração de sais relativamente elevada, restringindo o seu aproveitamento para irrigação, algumas estratégias podem ser usadas para minimizar os impactos negativos da utilização de água salina na irrigação, entre elas: escolha de espécies ou cultivares mais tolerantes, utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas, mistura de águas de diferentes qualidades, uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, além de diversas outras práticas (LACERDA et al., 2009; GHEYI et al., 2010).

Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente, a mamoneira necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fonológicas e requer manejo compatível com sua capacidade de retirada de água na zona padrão de ocupação das raízes, evitando desperdício de água e saturação do perfil do solo na área de cultivo; esses fatores evidenciam a necessidade de estudos sobre manejo da cultura, método de

irrigação e qualidade de água da irrigação, o que pode implicar em redução ou aumento da produtividade para a cultura (Barreto, 2004).

Para viabilizar o uso de águas salinas na agricultura, é necessário que se conheçam os seus efeitos sobre as plantas e os solos, visando à seleção de cultivares mais tolerantes à salinidade e ao melhor manejo da irrigação e adubação para obtenção da máxima produtividade econômica e sustentável sem prejuízos para o meio ambiente.

2. OBJETIVO

Desenvolver estratégias de manejo de água para aumentar a produtividade da cultura da mamoneira (BRS Energia) nas diferentes fases de desenvolvimento, e monitorar as características químicas do solo ao longo do ciclo da cultura.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características agronômicas da cultura da mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta rústica, heliófila, resistente à seca, pertencente à família das Euforbiáceas, disseminada por diversas regiões do globo terrestre e cultivada comercialmente entre os paralelos 52° N e 40° S. A expansão de seu cultivo se deu principalmente devido sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e às diversas possibilidades de uso de seu principal produto, o óleo extraído das sementes (BELTRÃO ET al, 2004).

Planta de origem tropical, a mamoneira ocorre espontaneamente em todo o mundo e é cultivada comercialmente em mais de 15 países (EMBRAPA Algodão, 2007). Com teor de óleo de aproximadamente 48%, é a espécie vegetal com melhores perspectivas para utilização na obtenção do biodiesel. (PARENTE 2004).

Como a mamoneira é uma planta rústica, em lugares de baixa precipitação pluvial (BARROS JUNIOR et al., 2008) a mesma consegue alcançar elevada produção de biomassa (COSCIONE; BERTON, 2009), o que favoreceu a sua disseminação pelo mundo todo. Introduzida no Brasil pelos portugueses com a finalidade de utilizar seu óleo para iluminação e lubrificação dos eixos das carroças, é conhecida desde a era colonial quando dela se extraía o óleo para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana. É encontrada em todo território nacional, (BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

É uma oleaginosa com grande tolerância à seca, exigente em calor e luminosidade, adaptando-se perfeitamente ao semi-árido brasileiro (CARTAXO et al., 2004). Seu melhor desenvolvimento ocorre em áreas com boa insolação, com pelo menos 12 horas de sol/dia (BELTRÃO; SILVA, 1999).

A temperatura interfere diretamente nas taxas absoluta e relativa do crescimento, sendo que os valores ideais de temperatura, umidade relativa do ar e altitude são de 23 °C, 60 % e 650 m, respectivamente (Beltrão, 2003). A faixa ideal de precipitação pluvial para a produção de mamona varia entre 750 e 1.500 mm, com um mínimo de 600 a 750 mm durante todo o ciclo da cultura, ajustando-se o plantio de forma que a planta receba de 400 a 500 mm até o início da floração (Távora, 1982). Em regiões que apresentam totais de precipitação inferiores a 500 mm no período chuvoso, a mamoneira perde grande parte da sua produção econômica, acentuando-se os riscos de perda total de safras ou de obtenção de rendimento muito baixo.

Por suas características, encontra-se disseminada por todo o Nordeste, constituindo-se em grande potencial para a economia do semiárido nordestino (TÁVORA, 1982; AMORIM NETO ET AL., 2001).

O desenvolvimento da planta de mamona depende das condições locais e da variedade utilizada. Em geral o sistema radicular é vigoroso, do tipo pivotante, profundo, com desenvolvimento de poucas raízes laterais, porém de aspecto robusto, assumindo a forma do sistema radicular dos pequenos arbustos. O desenvolvimento das ramificações é importante fator de produção, uma vez que cada ramo vai formar um racemo da mamona. O número de racemos, de frutos por racemo, o peso da semente, peso de cem sementes e teor de óleo da semente são os componentes de produção da planta. O florescimento da mamoneira é chamado botanicamente de simpodial, com determinado intervalo entre a emissão das inflorescências primárias e secundárias.

A cultivar recomendada para uma região deve apresentar a maior estabilidade possível às variações do ambiente, devendo apresentar menor variabilidade de suas características quando cultivadas em diferentes ambientes. Além disso, é necessário que esta cultivar seja avaliada quanto às suas características agronômicas e tecnológicas, para ser recomendada em uma região (Beltrão et al., 2003).

3.2 Cultivar BRS Energia

Com o aumento da busca de melhores resultados em produtividade e adaptabilidade às mais diferentes condições edafoclimáticas, a Embrapa Algodão lançou a cultivar BRS Energia, sendo a primeira cultivar a apresentar porte baixo adaptada às condições de solo e clima da região nordeste do Brasil. Esta cultivar é indeiscente e de ciclo curto, quando comparada às cultivares tradicional como a BRS Nordestina e a BRS Paraguaçu (Vale 2009).

A BRS Energia é uma cultivar precoce com ciclo médio de 120 dias que tem mostrado adaptação a diferentes ecossistemas em que ocorre precipitação pluvial de pelo menos 500 mm/ano. A planta possui altura média de 140 cm com caule e folhas de coloração verde (MILANI, 2007). É uma oleaginosa de relevante importância econômica e social para a região Nordeste, cuja industrialização se obtém óleo, que possui inúmeras aplicações na área industrial e grande perspectiva de utilização como fonte energética na produção de bicomcombustível (SAVY FILHO, 2005). Segundo Freire (2001), o óleo extraído de suas sementes tem um elevado valor estratégico. Embora impróprio para o consumo humano, o óleo de mamona é a base para obtenção de uma diversificada linha de matérias-primas, além de seu uso na produção de biodiesel. Na tabela 1 apresentam-se as principais características.

Tabela 1: Principais características da cultivar BRS Energia

Ciclo	Média de 120 dias
Produtividade	1.800 kg / ha
Florescimento do 1º Cacho	30 DAG
Altura da Planta	1,40 cm
Folhas	Verdes com nervuras esverdeadas
Sementes	Rajadas c/ cores bege e marrom
Cachos	Formato cônico, densidade de frutos média, e frutos indeiscentes
Tamanho dos cachos	Média 80 cm
Número de cachos por planta	2-3 até 8
Número de frutos por cachos	Média 100 frutos com irrigação

Fonte: Embrapa-CNPA,(2007)

3.3 Qualidade da água para irrigação

Toda e qualquer água utilizada na irrigação contém sais, embora sua qualidade possa variar de acordo com o tipo e a quantidade de sais presentes. (DIAS, et al., 2003), Os aspectos fundamentais a considerar no uso da irrigação são aqueles que afetam principalmente a conservação do solo e o rendimento e qualidade das colheitas. Quanto ao aspecto da qualidade da água pode-se definir por suas características físicas, químicas ou biológicas, sendo que na sua avaliação para irrigação os parâmetros a serem analisados devem ser os físico-químicos.

De acordo com Shalhevet e Kamburov (1976), a composição e qualidade das águas destinadas à irrigação dependem da zona climática, da fonte da água, do trajeto percorrido, da época do ano e da geologia da região. A qualidade da água de irrigação pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, que são encontrados em quantidades pequenas, porém muitas vezes significativas, tendo sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo, acumulando à medida que a água evapora ou é consumida pelas culturas (RHOADES et al. 1992).

Segundo Santos (2000), embora a fonte principal e mais direta de todos os sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos em que a mesma tenha provocado, de forma direta, problemas de salinidade no solo. Normalmente tais problemas são associados à água de irrigação e à presença de lençol freático elevado. Os sais da água de irrigação podem ser provenientes, além das fontes primárias como a rocha e o solo, mas também de água de drenagem e intrusão salina.

As águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos, considerados importantes na determinação da qualidade agrônômica das mesmas, sendo eles: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade, determinada pela razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação, se refere ao efeito do sódio contido na água de irrigação, que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), afetando a sua capacidade de infiltração (PIZARRO, 1985). A toxicidade refere-se ao efeito de alguns íons sobre as plantas, sendo eles o cloreto, o sódio e o boro, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (HOLANDA & AMORIM, 1997). Já Bernardo (1995) cita, além destes parâmetros básicos de avaliação, a concentração de bicarbonatos e o aspecto sanitário da água devem ser considerados.

A concentração total de sais na água para irrigação normalmente é expressa em relação à sua condutividade elétrica (CE), podendo ser determinada com rapidez e muita precisão (DONEEN, 1975). É uma propriedade iônica que indica a capacidade de condução de corrente elétrica na água, têm proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos, crescendo com a temperatura e variando com o tipo de sal dissolvido para uma mesma concentração (SANTOS, 2000). De acordo com Rhoades et al. (1992), poucas águas de uso generalizado em irrigação excedem cerca de 2 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Para Pizarro (1985) uma água de irrigação de boa qualidade deve apresentar uma CE de, aproximadamente, 0,75 dS m⁻¹.

Para BERNARDO et al. (2006) a principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas esta associada as irrigações mal conduzidas e ao manejo incorreto da adubação. As opções que se destacam para evitar a salinização dos solos irrigados ou cultivar solos já salinizados são: realizar drenagem adequada, lixiviar o excesso de sais, introduzir culturas mais tolerantes, adotar métodos de irrigação adequados as condições de salinidade do solo e da água de irrigação.

3.4 Efeitos da salinidade nas plantas

3.4.1 Osmótico

De acordo com Ayers & Westcot (1991) as plantas extraem a água do solo quando as forças de absorção dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo. À medida que a água é extraída do solo as forças que retêm a água restante tornam-se maiores e quando a água do solo é retida com força superior às forças de extração, inicia-se o estado de escassez de água na planta. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito de osmose e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta.

Os sais contribuem para a elevação do potencial osmótico na solução do solo, o que influi diretamente no movimento da água e no desenvolvimento das plantas (RICHARDS, 1954). Em geral, as culturas são mais sensíveis à salinidade durante a emergência e no estágio inicial do crescimento, mas se tornam relativamente tolerantes na fase reprodutiva (RHOADES et al. 1992). Já para Doneen (1975) as altas concentrações salinas afetam o metabolismo da planta em vários aspectos e provocam mudanças na sua morfologia, prejudicando a germinação, o tamanho das plantas, dos ramos, das folhas e de outras partes da planta.

3.4.2 Tóxico

Os problemas de toxicidade e de salinidade se processam de forma distinta. A toxicidade ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água, normalmente, ela se origina quando certos cátions, absorvidos pela planta com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. (Ayers & Westcot.,1999) Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de águas pelas culturas. Os íons tóxicos contidos comumente nas águas de irrigação são o cloreto, o sódio e o boro e os danos podem ser provocados individualmente ou em combinação. A toxicidade mais freqüente é a provocada pelo cloreto, que não é retido nem absorvido pelas partículas do solo, com isso se deslocam facilmente com água do solo, no entanto é absorvido pelas raízes e translocados as folhas, onde se acumula pela transpiração. Se sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas.

3.4.3 Nutricional

A salinidade produz variações na relação entre potássio, cálcio e magnésio na planta, sendo maiores em plantas pouco tolerantes aos sais. Nas plantas desenvolvidas em condições salinas pode-se observar mudanças marcantes no metabolismo de nitrogênio, o que altera os processos de síntese e hidrólise dos compostos protéicos (FAO/UNESCO, 1973). Na opinião de Strogonov (1964) os maiores efeitos nutricionais da salinidade são aqueles associados à nutrição catiônica.

Em condições de solo sódico podem ocorrer deficiências de cálcio e de outros nutrientes, devido ao pH elevado e aos altos teores de bicarbonatos, que limitam a solubilidade de muitos minerais do solo, alterando, portanto, a concentração de nutrientes na solução e, deste modo, sua disponibilidade para as plantas (RHOADES et al., 1992)

O manejo adequado da salinidade é de fundamental importância para o sucesso da agricultura irrigada. São necessárias práticas indispensáveis, tais como aplicação de lâminas de água excedentes para a lixiviação de sais no solo, a utilização de culturas tolerantes à salinidade e a construção de sistemas de drenagem. É necessário também o

monitoramento de sais no solo, visando à verificação do seu acúmulo temporal, facilitando as medidas a serem tomadas para diminuir a salinidade na zona radicular das plantas (WINKEL & TSCHIEDEL, 1999; SANTOS, 2000).

3.5 Tolerância da mamoneira a salinidade

A tolerância de uma cultura aos sais é a capacidade de suportar os efeitos do excesso dos sais na zona radicular. A tolerância aos efeitos salinos durante as etapas de germinação e desenvolvimento inicial das plantas, que são as fases mais sensíveis a salinidade pode ser diferente.

O estresse salino provocado pelas águas de irrigação representa um dos mais sérios fatores a limitar a germinação de sementes, o crescimento e a produção das culturas, induzindo assim à modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores (Oliveira et al., 2006; Li et al., 2010).

De acordo com a classificação de tolerância relativa à salinidade de determinadas culturas Maas (1984) a mamoneira é uma cultivar moderadamente sensível. Porém apresenta diferentes respostas à salinidade, diferindo inclusive entre genótipos de uma mesma espécie (Raghavaiah et al., 2002; Raghavaiah et al., 2006). Essa variabilidade genética permite a seleção de cultivares mais tolerantes, capazes de atingir rendimentos economicamente viáveis, em condições de salinidade elevada (Ayers e Westcot, 1991). Ainda segundo os autores, a tolerância à salinidade pode variar também de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas, sendo mais sensíveis na fase inicial de desenvolvimento.

Na região semiárida do nordeste brasileiro, em virtude das fontes de água se encontrar em solos salinos, a maior parte da água utilizada para irrigação nas pequenas propriedades, possui elevados teores de sais (Suassuna e Audry, 2005), o que compromete a qualidade de mudas da grande maioria das oleaginosas. No caso da mamoneira, por apresentar sensibilidade a sais na água de irrigação (Barbosa et al., 2008), essa adversidade revela-se ainda de forma mais agressiva. De acordo com Ayers e Westcot (1999), toda e qualquer planta sensível aos efeitos salinos apresenta perda potencial do seu rendimento quando a concentração de sais do substrato evidenciar condutividade elétrica superior a 1,3 dS m⁻¹.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área Experimental

O experimento foi conduzido sob condições de campo, no período de 10/09/2010 a 14/01/2011, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, Com localização geográfica definida pelas coordenadas 5°11' de Latitude Sul e 37°21' de Longitude Oeste, com altitude de 18 m. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 1999). Na Tabela 2 encontra-se a caracterização química do solo antes do experimento.

Tabela 2 - Características químicas do solo antes do experimento

Profundidades	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	P(mgkg ⁻¹)	t	CTC	pH	CE(1:5)	MO	m	V	PST
	mmol _c dm ⁻³							(água)	dS m ⁻¹		%		
0-10 cm	3,0	1,0	0,152	0,381	0,065	4,5	11,1	6,20	0,039	0,71	0	40,7	1,37
10- 30 cm	1,0	2,0	0,070	0,494	0,055	5,1	10,2	5,20	0,047	0,58	29,6	35,1	0,68
30- 50 cm	1,0	1,0	0,017	0,522	0,023	4,5	9,1	5,02	0,047	0,54	44,1	27,8	0,19

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, é semi-árido, com pouco ou nenhum excesso de água; e de acordo com a classificação de Köppen, é BSwb', semi-árido muito quente, com uma estação seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO et al., 1991). Durante a condução do experimento praticamente não choveu na área experimental e a temperatura média foi de aproximadamente 27 ° (Figura1).

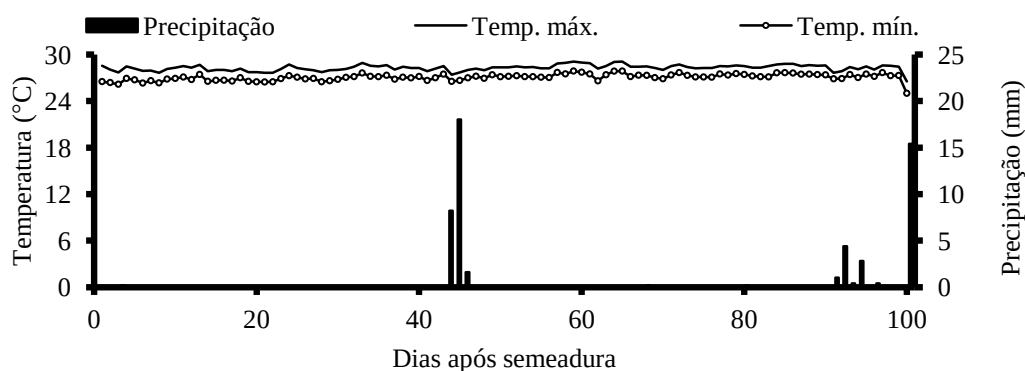


Figura 1 - Dados de temperatura e precipitação pluvial registrados durante a condução do experimento em campo

4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram da irrigação com águas de diferentes níveis de salinidade de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, totalizando cinco estratégias de irrigação com água salina e uma testemunha (T1). O tratamento T1 foi irrigado durante todo o período com água de baixa salinidade ($0,53 \text{ dS m}^{-1}$), de modo semelhante os tratamentos T2 e T3 foram irrigados durante todas as fases de desenvolvimento com água de média ($2,09 \text{ dS m}^{-1}$) e alta ($3,66 \text{ dS m}^{-1}$) salinidade respectivamente. Já nos demais tratamentos T4, T5 e T6 foi feito um manejo na irrigação de acordo com a fase da cultura, onde aplicou-se água de baixa salinidade nos três tratamentos de 0 a 45 DAS, e após esse período o T4 recebeu água de salinidade média, o T5 água de salinidade média e alta, e o T6 água de alta salinidade, conforme a Tabela 3.

Tabela 3- Tratamentos resultantes da combinação entre fases de desenvolvimento da mamona e águas de diferentes salinidades*

TRATAMENTO	PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DA MAMONA		
	0 a 45 DAS ⁽¹⁾	45 a 90 DAS	90 DAS ATÉ A COLHEITA
	----- Tipo de água utilizada na irrigação ⁽²⁾ -----		
1	S1	S1	S1
2	S2	S2	S2
3	S3	S3	S3
4	S1	S2	S2
5	S1	S2	S3
6	S1	S3	S3

⁽¹⁾DAS = Dias após a semeadura. ⁽²⁾S1 = água de baixa salinidade proveniente de poço do aquífero “Arenito-Açu”, S2 = água de salinidade intermediária, proveniente da mistura (50% + 50 %) da água S1 com água de alta salinidade (S3) e S3 = água de alta salinidade proveniente de poço do aquífero “Calcário Jandaíra”.

Cada parcela constou de seis linhas de 7 m de comprimento e as avaliações foram realizadas nas linhas 2 a 5. Para as avaliações de crescimento foram escolhidas e identificadas 4 plantas por parcela no início do ciclo. As linhas 3 e 4 constituíram a área útil ($12,6 \text{ m}^2$) para a avaliação da produção da mamona e as linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras.

4.3 Preparo da área e adubações

Realizou-se a limpeza da área eliminando os restos de cultura e plantas espontaneas, após foi feito a aração com um arado acoplado a um trator, fazendo cortes superficiais no solo a uma profundidade máxima de 20 cm e em seguida uma gradagem com objetivo de uniformizar a área experimental. Foi realizada uma adubação de fundação e duas de cobertura via fertirrigação. A fertilização de semeadura foi realizada manualmente no dia 1º de setembro de 2010, aplicando-se, em sulco, uréia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, ácido bórico, sulfato de zinco e sulfato de cobre nas quantidades 1,33 de N; 8,87 de P_2O_5 ; 1,54 de K_2O ; 0,0566 de B; 0,0759 de Zn; 0,0375 de Cu Kg/ha, respectivamente. A primeira cobertura foi realizada aos 30 DAS, aplicando-se uréia, cloreto de potássio e ácido bórico nas quantidades 2,66 de N; 1,8 de K_2O ; 0,0566 de B Kg/ha, respectivamente. A segunda cobertura foi realizada aos 50 DAS, aplicando-se uréia e cloreto de potássio nas quantidades 2,66 de N e 1,54 de K_2O Kg/ha, respectivamente.

4.4 Irrigação

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se de dois sistemas independentes, compostos de três caixas de fibra de vidro com capacidade de 5.000 L e dois conjuntos motor-bomba, para aplicar as águas de irrigação, de acordo com os tratamentos. Cada sistema de irrigação se constituiu de um conjunto de motor-bomba com cabeçal de controle composto de filtro de disco de 120 mesh e sistema de controle de pressão; tubulação principal de PVC de 32 mm; linha de acesso a cada parcela, de polietileno flexível de 16 mm. As linhas laterais de gotejadores foram de polietileno de 16 mm, interligadas por mangueiras de polietileno de 16 mm. (Figura 2).

A irrigação foi realizada para repor a evapotranspiração da cultura estimada para cada fase de desenvolvimento da planta, a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith e coeficiente de cultura (K_c) ((BERNARDO et al., 2006). A água de salinidade baixa (S1= 0,55 dS m⁻¹) utilizada nas irrigações foi retirada de um poço do aquífero Arenito Açú. A água de salinidade alta (S3 = 3,53 dS m⁻¹) foi preparada mediante a adição, na água S1, dos sais NaCl, NaHCO₃, CaCl₂.2H₂O, MgSO₄.7H₂O e KCl nas quantidades 1,169; 0,504; 0,441; 0,346; 0,030 g L⁻¹, respectivamente. A proporcionalidade utilizada para Na:Ca:Mg (7:2:1) está de acordo com Medeiros (1992). Esses valores são uma aproximação representativa da maioria das fontes de água salina disponível no aquífero Calcário Jandaíra. A água de salinidade

média ($S2 = 2,16 \text{ dS m}^{-1}$) foi proveniente da mistura de volumes iguais das águas S1 e S3. Foram feitas análises químicas semanalmente das águas utilizadas e os valores médios obtidos ao longo do experimento encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Características químicas das águas utilizadas nas irrigações⁽¹⁾

Água	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cátions	Ânions	RAS	pH	CE
	mmol _c L ⁻¹									(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}		dS m ⁻¹
S1	1,77	2,33	2,09	1,73	2,38	0,90	4,26	11,53	7,54	1,80	8,18	0,53
S2	0,54	16,55	3,17	3,45	12,96	1,24	4,91	23,72	19,11	8,99	8,17	2,09
S3	0,53	33,33	4,14	4,65	25,28	0,96	6,08	39,07	32,32	18,29	7,96	3,66

(1) Valores médios das águas analisadas a cada sete dias.





Figura 2: 2.1= caixas d'água utilizada para compor os sistemas de irrigação independentes;

2.2 a 2.4 = conjuntos de moto-bomba com cabeçal composto de filtro de disco de 120 mesh e sistema de controle de pressão; 2.5 a 2.8 = tubulação principal de PVC de 32 mm, linhas de acesso a cada parcela, de polietileno flexível de 16 mm.

4.5 Cultivar utilizada

Utilizou-se a cultivar BRS Energia desenvolvida pela Embrapa Algodão- (Embrapa 2007). A Semeadura foi realizada manualmente no dia 10 de setembro de 2010, em linhas espaçadas de 0,90 m, com duas sementes a cada 0,30 m, fazendo-se o desbaste quinze dias depois, quando se deixou apenas uma planta por cova e aproximadamente 37037 plantas por hectare.

4.6 Variáveis Analisadas

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 20; 40; 60; 80; 100 dias após a sementeira (DAS). As variáveis de crescimento avaliadas foram altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas. Acompanhando sempre as mesmas plantas que foram marcadas.

Para a variável altura da planta as medições foram feitas a partir do colo até a extremidade final da planta, utilizando-se uma trena milimetrada, na variável diâmetro do caule as medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro, em média a 4 cm acima do colo da planta e o número de folhas foi obtido pela contagem individual.

Os componentes de produção avaliados foram comprimento de racemo (primário, secundário e terciário), massa de 100 sementes (de frutos dos racemos primários, secundários e terciários), percentagem de casca (de frutos dos racemos primários,

secundários e terciários), número de frutos e racemos (Kg/ ha) e produtividade de frutos (Kg/ ha) .

Os cachos de todas as plantas da área útil da parcela foram cortados, sendo separados em racemos primários, secundários e terciários, que foram levados para laboratório, onde foram colocados para secar a sombra. Nessa ocasião, também foi determinado o comprimento dos racemos. Quanto ao número dos racemos foi efetuada a contagem manual e seus valores foram quantificados através de unidade por ha. Para o comprimento dos racemos foi considerado a distância entre a base do cacho até sua extremidade superior. As medidas foram realizadas utilizando-se trena milimetrada, sendo as avaliações realizadas quando da estabilização de cada racemo.

Para determinação do número de frutos por racemo e por parcela, foram contados individualmente os frutos dos racemos e realizada a média por racemo, dentro da ordem. Posteriormente, de cada ordem, foram tomados, ao acaso, 100 frutos que foram descascados manualmente e os grãos contados. Tanto os grãos quanto as cascas de 100 frutos foram pesados, com auxílio de uma balança de precisão de 0,01g. Para o cálculo do peso de 100 grãos, foram utilizados os dados do número de grãos de 100 frutos, contabilizando aproximadamente 300 grãos. A percentagem de casca foi obtida pela diferença entre o peso dos frutos e o peso das sementes.

A partir da percentagem de grãos e do peso dos frutos por ordem dos racemos,, calculou-se a produtividade de grãos (kg ha^{-1}), acrescida da produção dos racemos restantes.

As coletas de solo foram realizadas simultaneamente as avaliações de crescimento, ou seja, aos 20; 40; 60; 80; 100 dias após a semeadura (DAS). As análises químicas foram realizadas em amostras compostas de três amostras simples coletadas em pontos equidistantes 15cm do gotejador, em forma de triângulo, nas camadas 0-10; 10-30; 30-50cm. as coletas de solo foram realizadas nas linhas 2 e 5. Nas proximidades de plantas que eram escolhidas aleatoriamente.

Os atributos químicos do solo avaliados foram sódio trocável (Na^+), percentagem de sódio trocável (PST), CE e pH. As análises de sódio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis, da acidez potencial (H^+/Al) e do pH foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva (2009). A condutividade elétrica foi obtida através da leitura no condutivímetro digital da suspensão solo/água destilada na proporção de 1:2,5 (RICHARDS, 1954). A PST foi calculada pela equação:

$$PST = \frac{Na^+}{CTC} \times 100$$

4.7 - Análises Estatísticas

Os dados de todas as variáveis analisadas, foram tabulados e submetidos à análise de variância e teste de média (Tukey, $p < 0,05$), utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008). Entretanto, antes da condução da análise estatística, foi realizado o teste de Hartley para averiguar a homogeneidade das variâncias (BANZATTO; KRONKA, 1995), com conseqüente necessidade de transformação de alguns dados. Os valores de CE e PST foram transformados em $\sqrt{x}$ e os de Na^+ em $\sqrt{x+1}$. Não houve necessidade de transformação para as demais variáveis.

5. RESULTADOS E DISCURSÃO

5.1 Características de crescimento

A irrigação com água salina influenciou significativamente apenas a variável altura de planta aos 100 DAS (Tabela 5). O tratamento T1 (CE = 0,55 dS m⁻¹) foi estatisticamente superior aos tratamentos T2 e T3 (irrigação contínua com águas de salinidade média e alta, respectivamente), porém não diferiu dos tratamentos que foram irrigados com água salina a partir dos 45 DAS (T4, T5 e T6). Vale salientar que o tratamento T1 apresentou a maior média aos 100 DAS (137,82 cm) enquanto as menores foram apresentadas pelos tratamentos T2 e T3 (117,58 e 115,95 cm respectivamente), (Tabela 6). Nas demais variáveis verificou-se evolução semelhante ao longo do ciclo para todos os tratamentos (Figura 3), além de não diferirem significativamente aos 100 DAS (Tabela 6 e 7).

Tabela 5:Resumo da ANOVA das variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), aos 100 DAS e em função dos tratamentos

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		AP	DC	NF
Tratamentos	5	347,42 [*]	4,08 ^{ns}	47,36 ^{ns}
Bloco	4	230,79	4,01	99,02
Resíduo	20	91,54	2,11	64,39
CV (%)	-	7	7	20

^{*} Significativo ($p < 0,05$) pelo teste F; ^{ns} Não significativo

Tabela 6: Médias das variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), aos 100 DAS e em função dos tratamentos

Tratamentos	Variáveis		
	AP (cm)	DC (mm)	NF
T1	138 a	20,5 a	35 a
T2	117 b	21,4 a	43 a
T3	116 b	19,0 a	42 a
T4	128ab	19,5 a	35 a
T5	131 ab	20,2 a	38 a
T6	128 ab	21,0 a	39 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0,05$)

Na tabela acima verifica-se que para a característica diâmetro do caule a maior média foi observada no tratamento T2 (21,45cm) e a menor no tratamento T3(19,05 cm). Resultado semelhante foi observado para o número de folhas, onde o tratamento T2 obteve maior valor (43 folhas) e os menores foram observados nos tratamentos T1 e T4 ambos com 35 folhas. (Tabela 6).

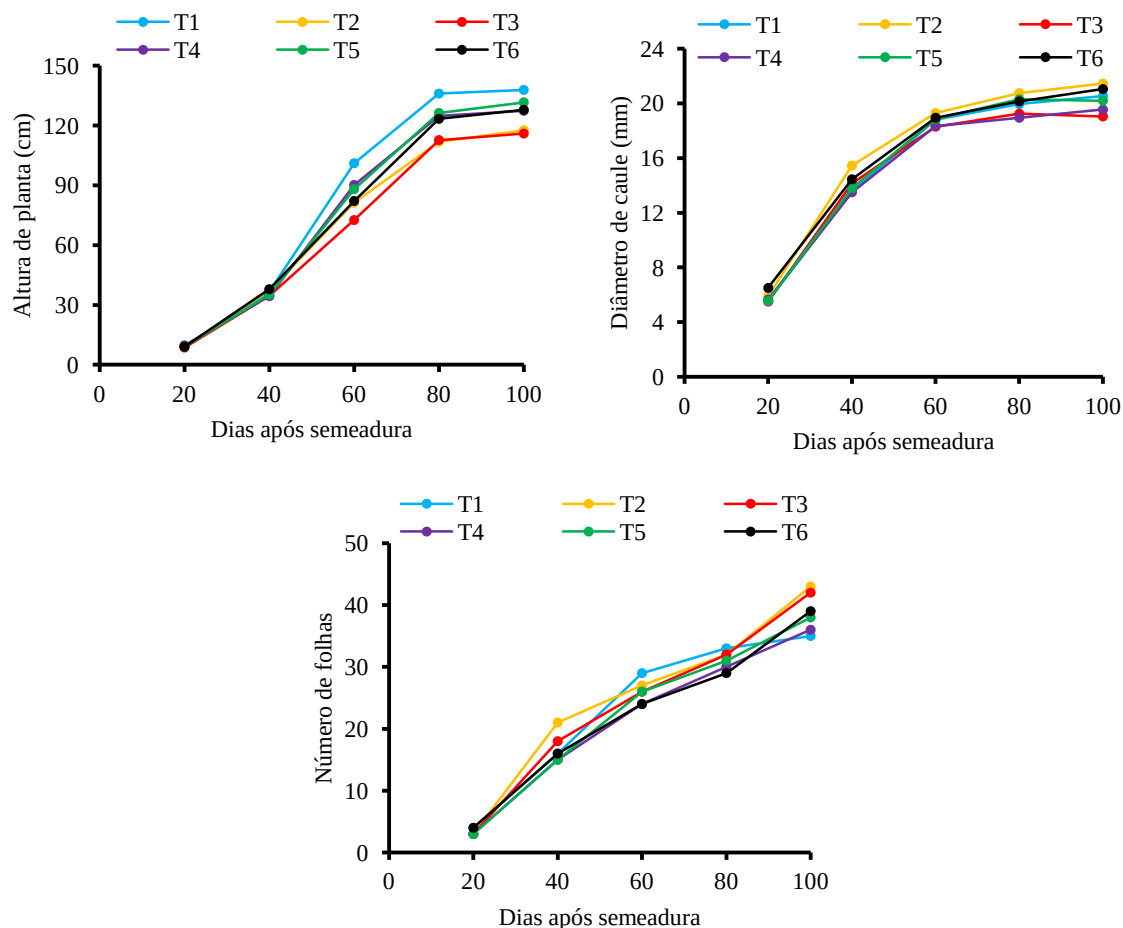


Figura 3. Crescimento da mamoneira ao longo do ciclo em função dos tratamentos.

Os resultados obtidos sugerem que a mamoneira é sensível a salinidade da água de irrigação na fase inicial de crescimento e pode-se afirmar que o cultivo de mamona BRS energia pode ser irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. Essa informação é importante para definir a melhor estratégia de irrigação com água salina, visto que o seu aproveitamento apenas nos estádios de maior tolerância proporciona economia da água de melhor qualidade, além de limitar os impactos negativos do seu uso.

Resultados semelhantes foram observados por Santos et.al.(2010) quando avaliou o desenvolvimento vegetativo da mamoneira BRS energia em função da salinidade da água de irrigação utilizando sete níveis de salinidade que foram 0,12; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 e 4,8 dS m⁻¹ (25°C), de acordo com os autores a altura das plantas foram

significativamente reduzida quando irrigada com níveis de salinidade na água de irrigação a partir de 3,2 dS m⁻¹.

Os estudos de Cavalcanti et al. (2005) e Silva et al. (2005 e 2008) têm indicado suscetibilidade da mamona à salinidade da água de irrigação, discordando dos resultados do presente estudo. Entretanto, vale salientar que nessas pesquisas não houve aplicação de água salina de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura. Além disso, nesses casos, alguns fatores podem ter influenciado essa suscetibilidade da mamona ao estresse salino, como por exemplo: cultivo em ambiente protegido com as plantas em vasos, intervalos de tempo inferiores, diferentes tipos de solo, métodos e frequências de irrigação, cultivares e níveis de salinidade.

Segundo Maas e Hoffmann (1977), a tolerância das culturas à salinidade apresenta grande variabilidade. Por exemplo, para uma mesma espécie, é possível a ocorrência de variações entre genótipos e, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre fases de desenvolvimento. Isso explicaria a suscetibilidade da mamoneira à salinidade alta da água de irrigação somente no início do desenvolvimento. Quanto à tolerância nos demais estádios, é provável que esteja relacionada com o acúmulo de prolina, conforme foi observado por Li et al. (2010) ao estudar alguns índices fisiológicos da mamona em resposta ao estresse salino. Neste sentido Raghavaiah et al., (2002), constataram resposta diferenciada de genótipos de mamoneira submetidos à irrigação com água salina, na germinação e altura de plantas.

5.2 Atributos químicos do solo

Em geral, os atributos do solo Na⁺, PST e CE aumentaram continuamente ao longo do ciclo nos tratamentos irrigados com água salina, nas três camadas. No caso dos tratamentos T4, T5 e T6, esse aumento foi mais acentuado a partir dos 40 DAS, coincidindo com o início das irrigações com água salina (Figuras 4; 5; 6; Tabela 10). Já o pH aumentou e estabilizou a partir da metade do ciclo em todos os tratamentos, também nas três camadas (Figura 7). Provavelmente, a permeabilidade do solo proporcionou boa lixiviação dos sais e consequentemente o comportamento uniforme dos quatro atributos químicos do solo nas três camadas avaliadas.

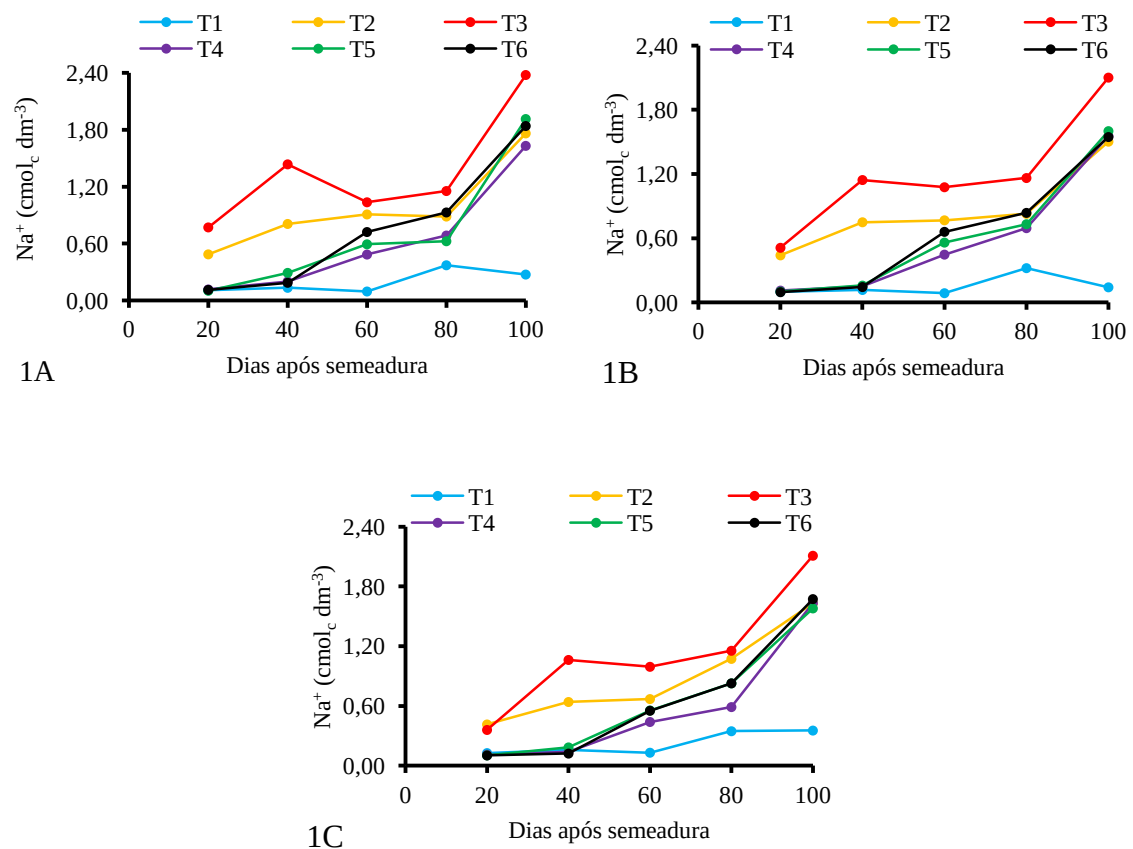


Figura 4 - Evolução do sódio trocável em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 1A = 0-10 cm; 1B = 10-30 cm; 1C = 30-50 cm

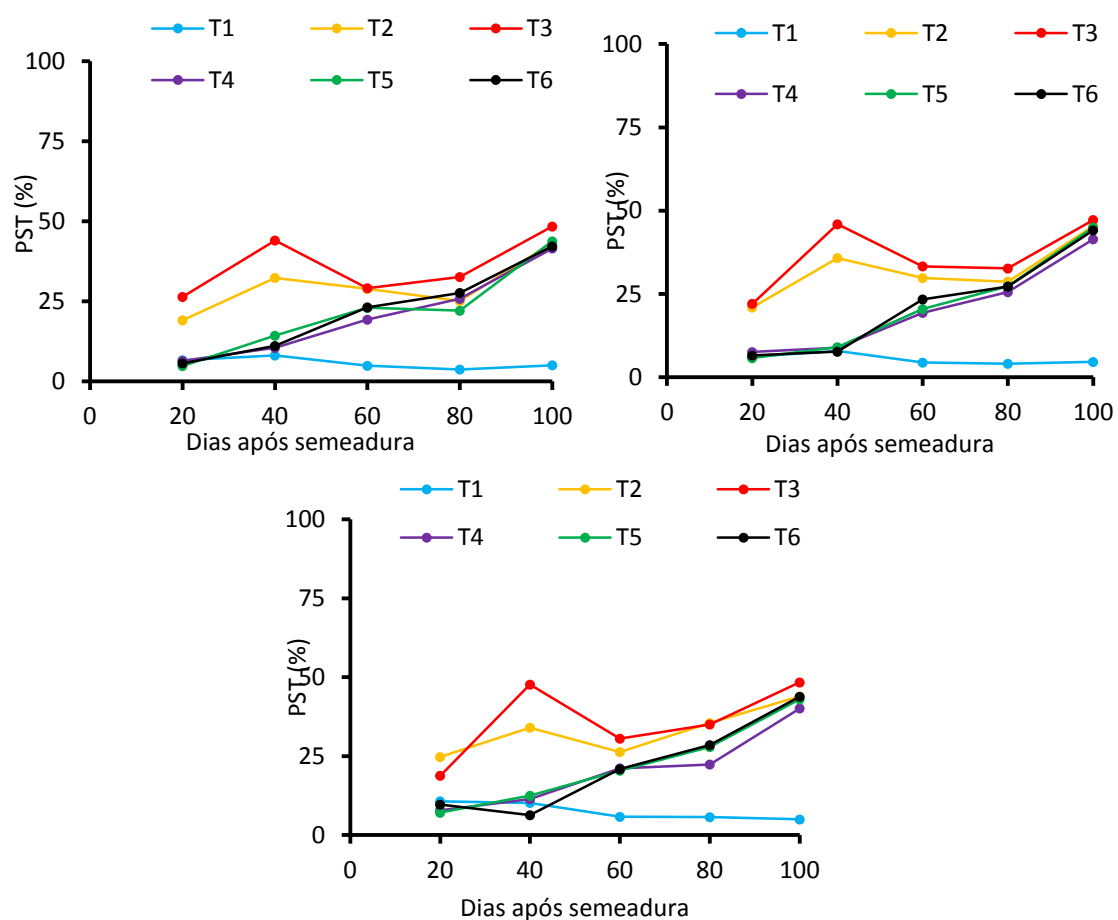


Figura 5. Evolução da percentagem de sódio trocável em um Argissolo ao longo do ciclo do mamoneiro em função dos tratamentos em cada camada (A 0-10 cm; B = 10-30 cm; C = 30-50 cm)

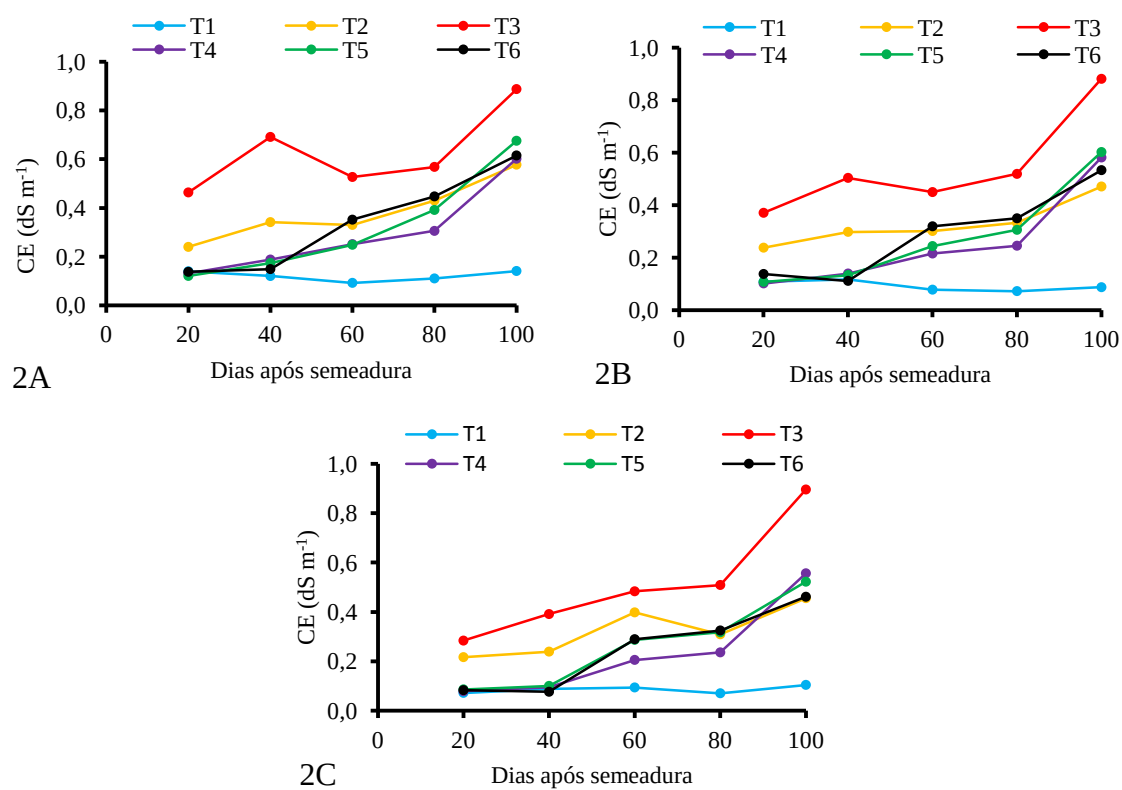


Figura 6 - Evolução da condutividade elétrica em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 2A = 0-10 cm; 2B = 10-30 cm; 2C = 30-50 cm

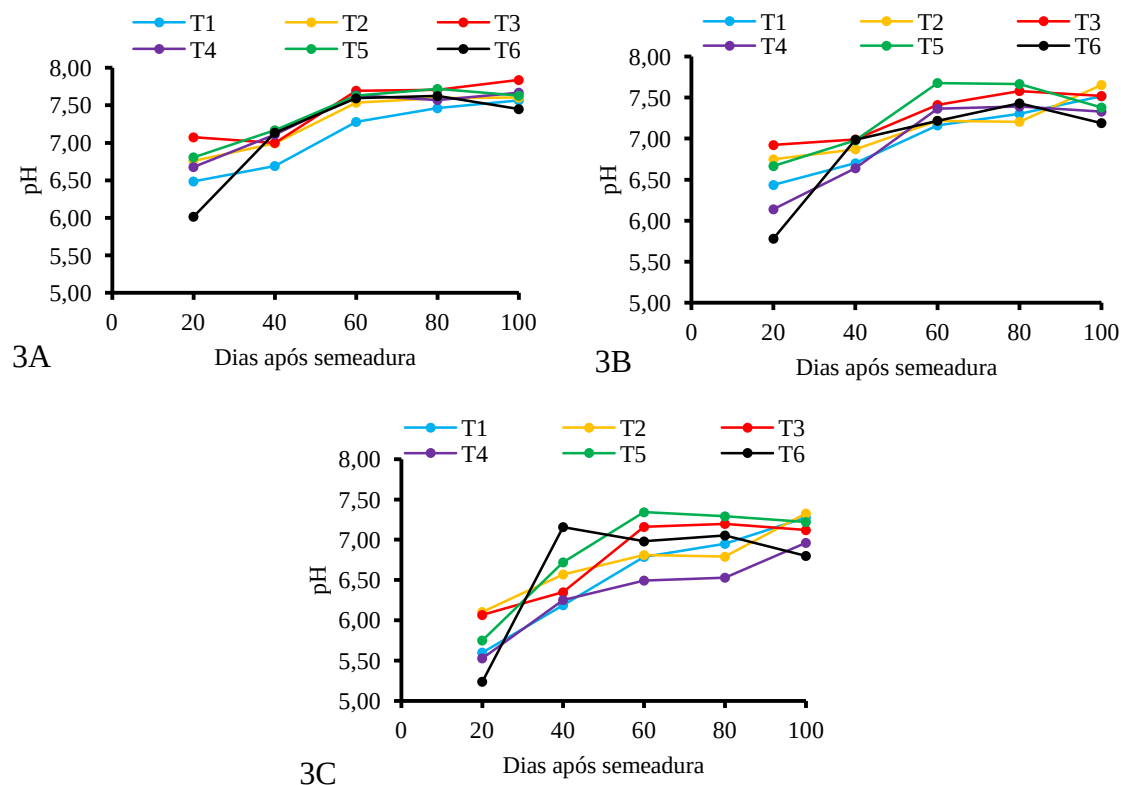


Figura 7 - Evolução do pH em um Argissolo ao longo do ciclo da mamoneira em função dos tratamentos; 3A = 0- 10 cm; 3B= 10-30 cm; 3C =,30- 50 cm

No final do ciclo, verificou-se valores médios de Na^+ para os tratamentos T4, T5 e T6 estatisticamente inferiores em relação ao tratamento T3 ($2,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), porém superiores em relação ao tratamento T1 ($0,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Estes valores foram decrescendo de acordo com o aumento da profundidade do solo, exceto para o tratamento T1, e T4 que após reduzirem, retomaram o valor da camada superior. O tratamento T2 mostrou desempenho parecido.

O aumento acentuado do Na^+ no tratamento T3 que recebeu água S3 pode ser atribuído a característica dessa água, pois a mesma possui elevados teores do íon Na^+ na sua composição (TAB. 4). Os sais NaCl e NaHCO_3 representavam 67,19% do total adicionado na água S1. Neste contexto é relevante lembrar que o aumento gradual desse íon na solução do solo pode causar toxidez para as plantas assim como mudanças na capacidade destas em absorver, transportar e utilizar os íons essenciais ao seu crescimento (LACERDA et al., 2004). Haja vista, o aumento do Na^+ também ser responsável pela degradação da estrutura do solo, promovendo a dispersão das argilas reduzindo assim permeabilidade do solo.

Estudando os efeitos dos sais nas plantas, Hebron (1967) verificou que, em determinadas condições de salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicarem a absorção de água pelas plantas, no entanto, constatou que concentrações de diversos íons podem provocar interferências indiretas capazes de se constituírem num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico.

Para a CE os resultados foram semelhantes. Porém no que concerne o aumento nos tratamentos que receberam as águas S2 e S3 a quantidade de sais não foi suficiente para classificar o solo como salino segundo Richards (1954). No entanto, nessas condições, já seria importante aplicar-se lamina de água para lixiviar o excesso de sais, ou ainda torna-se insolúvel mediante a precipitação, considerando-se que as precipitações pluviais na região semiárida podem não ser suficientes para proporcionar a percolação dos sais no perfil do solo.

Com relação a PST, não houve diferença significativa entre as plantas irrigadas com água salina. Entretanto, os tratamentos (T2, T3, T4, T5 e T6) foram superiores em relação ao tratamento T1 (Tabela 8).

Com relação ao pH os tratamentos também não diferiram entre si, verificou-se uma condição neutra com leve decréscimo à medida que aumentou a profundidade do solo, manteve-se em média na faixa de 7,6; 7,4 e 7,1 nas profundidades de 0-10m; 10-30m e 30-50m respectivamente (Tabela 8). Considerando que o pH serve para indicar a possibilidade de ocorrência de íons tóxicos de alumínio, ferro e manganês no solo, como também o aumento ou diminuição da disponibilidade de nutrientes para as plantas, infere-se que nas condições do presente estudo não houve déficit de nutrientes disponíveis para as plantas como também não ocorreu possibilidade de toxidez por Al^{3+} , Fe^{2+} e Mn.

Tabela 7: Resumo da ANOVA para sódio trocável, percentagem de sódio trocável, CE e pH aos 100 DAS nas camadas 0-0,10; 0,10-0,30; 0,30-0,50 m, em função dos tratamentos

Camada 0 - 10 cm					
Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Na ⁺	PST	CE	pH
Tratamentos	5	0,388068 ^{**}	16,136910 ^{**}	0,218507 ^{**}	0,083358 ^{ns}
Bloco	4	0,006957	0,303916	0,010613	0,065792
Resíduo	20	0,017233	0,182218	0,011852	0,112770
C. V. (%)	-	8,07	7,26	14,70	4,40
Camada 10-30 cm					
Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Na ⁺	PST	CE	pH
Tratamentos	5	0,292669 ^{**}	17,654041 ^{**}	0,231712 ^{**}	0,137149 ^{ns}
Bloco	4	0,002531	0,634900	0,004523	0,094588
Resíduo	20	0,006160	0,237189	0,005488	0,142634
C. V. (%)	-	5,11	8,26	10,66	5,08
Camada 30-50 cm					
Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Na ⁺	PST	CE	pH
Tratamentos	5	0,209824 ^{**}	16,585260 ^{**}	0,213986 ^{**}	0,204325 ^{ns}
Bloco	4	0,006366	0,170082	0,003309	0,056255
Resíduo	20	0,027136	0,517836	0,009910	0,391487
C. V. (%)	-	10,67	12,29	14,73	8,79

^{**} Significativo ($p < 0,01$) pelo teste F; ^{ns} Não significativo

Tabela 8: Médias de sódio trocável, percentagem de sódio trocável, CE e pH aos 100 DAS nas camadas 0- 10; 0,10-30; 30-50 cm, em função dos tratamentos

Tratamentos	Atributos químicos do solo		
	Sódio trocável (cmol _c dm ⁻³)		
	0-10 cm	10-30 cm	30-50 cm
T1	0,27c	0,14c	0,35b
T2	1,76b	1,50b	1,63a
T3	2,92a	2,19a	2,08a
T4	1,63b	1,55b	1,63a
T5	1,91b	1,53b	1,49a
T6	1,84b	1,55b	1,43a
Tratamentos	PST (%)		
	0-10 cm	10-30 cm	30-50 cm
T1	4,94b	4,59b	4,94b
T2	44,08a	45,50a	44,08a
T3	48,34a	47,22a	48,34a
T4	41,45a	41,43a	41,45a
T5	45,84a	44,95a	45,84a
T6	39,70a	44,10a	39,70a
Tratamentos	CE (dS m ⁻¹)		
	0-10 cm	10-30 cm	30-50 cm
T1	0,14c	0,09c	0,10c
T2	0,58b	0,47b	0,45b
T3	1,03a	0,88a	0,90a
T4	0,60b	0,58b	0,56b
T5	0,68b	0,60b	0,52b
T6	0,53b	0,53b	0,46b
Tratamentos	pH (H ₂ O)		
	0-10 cm	10-30 cm	30-50 cm
T1	7,57a	7,52a	7,28a
T2	7,60a	7,65a	7,33a
T3	7,84a	7,52a	7,12a
T4	7,67a	7,33a	6,96a
T5	7,63a	7,38a	7,22a
T6	7,45a	7,19a	6,80a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0,05$)

Os resultados obtidos sugerem que essas estratégias (T2, T4, T5 e T6) apenas minimizam os impactos negativos sobre a salinidade/sodicidade do solo. Isso fica evidenciado pelos altos valores de PST dos tratamentos T2, T4, T5 e T6 no final do ciclo, bem maiores que o limite de 15% indicado por Richards (1954) para solos sódicos.

Como é possível perceber, é indispensável à adoção conjunta de outras práticas quando se utilizar alguma das estratégias avaliadas no presente estudo. Entre elas, é

recomendável o cultivo em solos permeáveis, de drenagem adequada e com aplicação de um excesso de água para lixiviação dos sais (ALMEIDA, 2010). Em determinadas situações, a precipitação pluvial pode ser suficiente para proporcionar essa lixiviação (ASSIS JÚNIOR et al., 2007), todavia, no Semiárido nordestino isso pode não ocorrer (CHAVES et al., 2006). Por isso, é importante a adoção conjunta de outras práticas.

Essa constatação confirma o estudo de Murtaza et al. (2006), por alertar sobre os riscos da irrigação com água salina/sódica sem planejamento. Nesses casos, o manejo adequado pode minimizar os efeitos negativos sobre a qualidade do solo e/ou o rendimento das culturas.

Nesse sentido, Moraes et al. (2011) em estudo semelhante na cultura do girassol observaram que a aplicação de água salina é propensa a salinizar/sodificar o solo, apesar disso não houve influência negativa na produção do girassol. Entretanto os autores sugerem cautela, pois é um indicativo de que algumas estratégias de irrigação com água salina, como a sua utilização apenas em alguns estádios das culturas e a mistura de águas de diferentes qualidades, sejam insuficientes para reduzir a salinização/sodificação do solo. Apesar disso, essas estratégias podem ser usadas com sucesso em alguns casos (CHAUHAN et al., 2008; LACERDA et al., 2009; MALASH et al., 2005; MURTAZA et al., 2006; NEVES et al., 2008), desde que sejam adotadas práticas para evitar o aumento gradual da salinidade/sodicidade do solo.

5.3 componentes de produção e produtividade

Com relação aos componentes de produção houve diferença entre os tratamentos para o comprimento de racemo terciário, o número de frutos por área útil e a produtividade de frutos (Tabela 9).

Tabela 9: Resumo da ANOVA para comprimento de racemo (CR1 = primário; CR2 = secundário; CR3 = terciário), Massa de 100 sementes (MS1 = racemo primário; MS2 = racemo secundário; MS3 = racemo terciário), percentagem de casca (PC1 = racemo primário; PC2 = racemo secundário; PC3 = racemo terciário); número de frutos (NTF) e racemos (NTR) e produtividade de frutos (PF) Kg/ha, em função dos tratamentos

FV	GL	Quadrado médio											
		CR1	CR2	CR3	MS1	MS2	MS3	PC1	PC2	PC3	NF	NR	PF
Trat.	5	12,81 ^{ns}	13,60 ^{ns}	6,44 [*]	47,66 ^{ns}	61,34 ^{ns}	68,14 ^{ns}	2,36 ^{ns}	1,12 ^{ns}	7,50 ^{ns}	299460 ^{**}	8,06 ^{ns}	313765 [*]
Bloc.	4	5,77	11,47	7,53	41,21	84,39	29,42	3,13	2,63	0,73	20429	4,88	227365
Res.	20	4,93	5,84	2,16	30,80	25,10	54,48	1,58	1,31	3,20	53413	8,34	80170
CV (%)	-	7,73	13,24	9,62	5,92	5,74	8,78	3,97	3,59	5,95	17,27	9,99	12,08

^{**} Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; ^{*} Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Nos três casos, o tratamento T3 apresentou as menores médias (Tabela 10). Para a variável comprimento do racemo terciário (CR3) foi observado no tratamento T3 à menor média com valor de 13,82 cm, e a maior foi obtida no tratamento T1 com valor de 16,96 cm. Os demais tratamentos não diferiram entre si, e foi observado os valores 14,60; 15,69; 15,97 e 14,67 cm nos tratamentos T2; T4; T5 e T6 respectivamente.

Com relação a variável número de frutos por área útil o resultado foi semelhante, verificou-se a menor média também no tratamento T3 com 866 frutos, e a maior média no tratamento T1 com valor de 1495 frutos não diferindo dos demais tratamentos que obtiveram 1343; 1453; 1339; 1535 frutos por área útil nos tratamentos T2, T4, T5 e T6 respectivamente. Para a produtividade dos frutos foi observado resultado idêntico as variáveis supracitadas, onde a menor produtividade por hectare foi verificada no tratamento T3 com 2026 kg de frutos por hectare, e a maior produtividade foi obtida no Tratamento T1 com 2750 kg ha⁻¹, os demais tratamentos não diferiram entre si e verificou-se os valores médios de 2217; 2501; 2290 e 2279 kg por hectares no tratamento T2, T4, T5 e T6 respectivamente.

Tabela 10: Médias de comprimento de racemo (cm) (CR1 = primário; CR2 = secundário; CR3 = terciário), peso de 100 sementes (g) (P1001 = racemo primário; P1002 = racemo secundário; P1003 = racemo terciário), percentagem de casca (%) (PC1 = racemo primário; PC2 = racemo secundário; PC3 = racemo terciário) e número de frutos (NTF) e racemos (NTR) por área útil, e produtividade de frutos (PF) kg ha⁻¹ em função dos tratamentos.

Trat.	Variáveis											
	CR1	CR2	CR3	P1001	P1002	P1003	PC1	PC2	PC3	NTF	NTR	PF
T1	30,6a	21,4a	16,9a	95,1a	90,1a	89,4a	31,1a	31,1a	28,0a	1495a	31a	2750a
T2	27,5a	17,3a	14,6ab	94,8a	83,8a	84,2a	31,5a	32,0a	29,9a	1343a	29a	2217ab
T3	27,2a	16,9a	13,8b	91,1a	83,9a	78,4a	32,6a	32,3a	31,8a	866b	27a	2026b
T4	27,4a	18,0a	15,6ab	98,7a	91,1a	83,2a	31,2a	31,7a	29,6a	1453a	30a	2501ab
T5	28,6a	18,4a	15,9ab	92,1a	90,0a	86,2a	30,8a	32,3a	30,2a	1339a	28a	2290ab
T6	30,6a	17,2a	14,6ab	90,4a	84,4a	82,7a	32,2a	31,8a	30,5a	1535a	29a	2279b

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0,05$)

No presente trabalho observou-se que a salinidade reduziu alguns componentes de produção no decorrer do ciclo em relação à testemunha, dentre eles a produtividade, porém essa redução não afetou negativamente a produtividade da cultura. Os resultados obtidos foram favoráveis, obtendo-se uma produtividade média de 2343 kg ha⁻¹ (Tabela 10). Esse valor está acima da média brasileira que, segundo a Conab (2011), na safra 2010/11 foi de 824 kg ha⁻¹.

Segundo Beltrão (2004), a irrigação na ricinocultura se justifica se o nível tecnológico empregado for elevado, para que se possa tirar o máximo possível de produtividade. Afirmativa similar também fizeram Ferreira et al. (2004) e Santos et al. (2004).

Essa afirmação vai de encontro com a produtividade alcançada por esse estudo. Atribui-se a esse resultado a utilização de tecnologias como: manejo da irrigação, aplicação correta dos adubos através da fertirrigação, qualidade das sementes e monitoramento do cultivo durante todo o ciclo.

De acordo com (Rhoades et al., 2000) em geral, a salinidade do solo, causada pela irrigação com água salina como pela combinação de fatores água, solo e manejo das culturas, pode resultar em aumento nos dias para colheita, redução no número de

frutos, no peso dos frutos e sementes, influenciando, diretamente a produção. Ainda conforme o autor a concentração salina próxima à zona radicular reduz o fluxo de água nas plantas em razão do efeito osmótico.

Conforme o comentado anteriormente os resultados sugerem que a mamoneira é sensível à salinidade alta da água de irrigação, porém somente no início do desenvolvimento. Corroborando essa hipótese, Pinheiro et al. (2008) afirmam exatamente isso. Na pesquisa realizada por esses autores, todas as variáveis fisiológicas da mamoneira foram drasticamente afetadas pela exposição aos sais, haja vista que aumentando a condutividade elétrica da água (CEa) aumenta também, a tensão necessária para que a planta retire água do solo, uma vez que o potencial do solo se torna cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá maior dificuldade para utilizar esta água que, apesar de sua presença no solo, não está totalmente disponível para as plantas (Rhoades & Loveday, 1990).

Essa tolerância à salinidade por limitados períodos de tempo pode estar envolvida com alguns mecanismos da mamoneira já reportados na literatura, como por exemplo: aumento acentuado no conteúdo de prolina (LI et al., 2008); controle eficiente no transporte de Na^+ para os órgãos aéreos transpirantes, com acúmulo no sistema radicular; e alta mobilidade de K^+ no floema, com grande deposição nas folhas e raízes (JESCHKE; PATE, 1991).

Vale ressaltar a importância dessa informação para o manejo da irrigação com água salina nessa cultura para as condições do experimento.

De modo geral os resultados obtidos nesse estudo foram positivos, considerando que o aumento gradual da salinidade da água de irrigação não afetou negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, haja vista a produtividade alcançada. Contribuiu para esses resultados fatores como: o suprimento adequado de água que possibilita à planta manter um contínuo fluxo d'água e de nutrientes do solo para as folhas; aplicação correta dos adubos através da fertirrigação, constituindo-se no meio mais eficiente de nutrição, pois combina dois fatores essenciais para o crescimento, desenvolvimento e produção: a água e os nutrientes (PAPADOPOULOS, 2001; BORGES, 2004). Além disso, permite flexibilizar a aplicação dos nutrientes, que pode ser fracionada de acordo com a necessidade da cultura.

Os resultados obtidos legitimam a posição de Bernardo (1992), Lima et al. (1999), Sanches & Dantas (1999) e Coelho et al. (2003), ao afirmarem que a irrigação acarreta

um aumento na produtividade das culturas, favorecendo os processos de crescimento, floração, frutificação e produção da planta.

6. CONCLUSÕES

- 1- A irrigação com água salina durante todo o ciclo da mamoneira diminui a produtividade em aproximadamente 26% quando comparada com água de baixa salinidade. Porém essa redução não afetou a produtividade, os resultados foram favoráveis, obtendo-se 2343 kg/ha.
- 2- A adoção do manejo das águas de diferentes salinidades nos três períodos (0-45; 45-90; 90-100 DAS) aumentou acentuadamente os atributos Na^+ , PST e CE, porém nas condições estudadas não houve impactos negativos quanto a salinidade/sodicidade do solo.

7. REFERÊNCIAS

- 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. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228 p.
- ASSIS JÚNIOR, J. O. et al. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 03, p. 702-713, 2007.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informacao Tecnologica, 2001. 350 p.
- 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).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. p. 1-53. (FAO: Irrigation Drainage Daper, 29).
- BARBOSA, C. L.; SANTOS FILHO, S. V dos.; SANTOS, M. A dos.; OLIVEIRA, M. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 50-56, 2008.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.
- BARROS JUNIOR, G. *et al.* Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.12, n. 04, p. 350-355, 2008.
- BARRETO, A. N. **Quantificação de água necessária para a mamoneira irrigada com base nas constantes hídricas do solo**. In: Congresso Nacional da Mamona, 1, 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: EMBRAPA, 2004. CD-Rom
- BERNARDO, S. Desenvolvimento e perspectiva da irrigação no Brasil. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 1, n. 14, p. 1-14, 1992.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viosa, 2006, 625p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância de seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleo**, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N.E.M.; MELO, F.B.; CARDOSO, G.D.; SEVERINO, L.S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistema de produção para o semi-árido brasileiro**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2003. 19p. (Circular Técnica, 70).

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região Nordeste, em especial o Semi-Árido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Embrapa. Campina Grande PB, julho de 2004. (Comunicado Técnico.)

BORGES, A. L. **Recomendação de adubação para o maracujazeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 107).

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, suplemento, p. 66-70, 2005.

CARMO FILHO, F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 1991. 121 p. (Coleção Mossoroense, série C, 30)

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O. R. R. F. da; SEVERINO, L. S.; SUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. **O cultivo da mamoneira no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. (Circular Técnica, 77).

CHAVES, L. H. G. *et al.* Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 01, p. 13-19, 2006.

CHAUHAN, C. P. S.; SINGH, R. B.; GUPTA, S. K. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, n. 3, p. 253-258, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 2010/2011**. Brasília: Conab, 2011. 42 p. (quarto Levantamento).

COSCIONE, A. R.; BERTON, R. S. Barium extraction potential by mustard, sunflower and castor bean. **Scientia agricola**, v. 66, n. 01, p. 59-63, 2009.

COELHO, E. F.; SILVA, J. G. F. da; ALVES, A. A. C.; CRUZ, J. L. **Irrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, jul. 2003. 8p. (Embrapa-CNPMF. Série Circular Técnica, 54).

Dias, N.S.; Gheyi, H.R.; Duarte, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. Série Didática, 13

DONEEN, L. D. **Water quality for irrigated agriculture**. In: SYMPOSIUM ON QUALITY STANDARDS FOR NATIONAL WATER. Univ. Mich. 1975, p. 213-218.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual e métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**, Campina Grande: Embrapa CNPA. 1997a. 52p. Circular Técnica, 25

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA-ALGODÃO. Mamona. Campina Grande, PB, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/>>. Acesso em 03 setembro 2011.

FAO/ UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Irrigation, drainage and salinity: an international source book**. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FREIRE, E.C.; LIMA, E.F.; ANDRADE, F.P. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.229- 256.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. D.; LACERDA, C. F. (Eds) **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. 472.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; UYEDA, C. A. FERNANDES, P. D.; ALMEIDA FILHO, F. D. Análise econômica do uso de água salina no cultivo de meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, suplemento, p. 258-262, 2005.

HEBRON, D. **Os problemas de salinização na região nordeste**. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1967. 17p.

HOLANDA, J.S. de; AMORIM, J.R.A. de. Qualidade da água de irrigação. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. de (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997, p.137-169.

JESCHKE, W. D.; PATE, J. S. Cation and chloride partitioning through xylem and phloem within the whole plant of *Ricinus communis* L. under conditions of salt stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 09, p. 1105-1116, 1991.

LACERDA, C. F. *et al.* Influencia do calcio sobre o crescimento e solutos em plantulas de sorgo estressadas com cloreto de sodio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 02, p. 289-295, 2004.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009.

LI, G. *et al.* Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 01, p. 13-19, 2008.

LI, G.; WAN, S.; ZHOU, J.; YANG, Z.; QIN, P. Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. **Industrial Crops and Products**, v.31, p.13-19, 2010.

LIMA, G. P. B.; AGUIAR, J. V. de; COSTA, R. N. T.; PAZ, V. P. S. Rendimento de cultivares do caupi (*Vigna unguiculata* L Walp) submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.4, n.3, p.205-212, 1999.

MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. (ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. p.262-304.

MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B.R. **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1984.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 02, p. 115-134, 1977.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 01/02, p. 25-38, 2005.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MORAIS, F. A. *et al.* Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 02, p. 327-336, 2011.

MILANI, M. **Descritores de mamona utilizados pela Embrapa Algodão**. Campina Grande, Embrapa Algodão, 2007. 39p. (Embrapa Algodão. Documentos, 192).

MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 01/02, p. 98-114, 2006.

NEVES, A. L. R. *et al.* Tamanho e composicao mineral de sementes de feijao-de-corda irrigado com agua salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 04, p. 569-574, 2008.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.42-46, 1998.

OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F. de A. de.; MEDEIROS, J. F. de.; LIMA, C. J. G. de S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, n. 1, p. 47-53, 2006.

PAPADOPOULOS, I. **Processo de transição da fertilização tradicional para a fertirrigação**. In: FOLEGATTI, M. V.(Coord.). Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. V. 2, cap. 1, p. 9-69.

PARENTE, E. Pai do Biodiesel afirma que o Brasil acerta em priorizar investimento no setor. Sapiência: FAPEPI. Teresina. n.2, Ano I. 2004. Disponível em:<<http://www.fapepi.pi.gov.br/sapiencia2/entrevista-completa.php>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola, Española, 1985. 521p.

PINHEIRO, H. A.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; FERREIRA, V. M.; CAMARA, C. A.; CABRAL, F. F.; OLIVEIRA, J. F.; CARVALHO, L. W. T.; SANTOS, J. M.; SANTOS FILHO, B. G. Leaf gas exchange, chloroplast pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings subjected to salt stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v.27, n.3, p.385-392, 2008.

RAGHAVIAH, C. V.; MURALIDHARUDU, Y.; ROYAL, T. J. J.; AMMAJI, P.; LAVANYA, C.; LAKSHMAMMA, P. Influence of salinity stress on germination and early growth of castor (*Ricinus communis*) genotypes. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.72, n.10, p.601-603, 2002.

RAGHAVIAH, C. V.; LAVANYA, C.; KUMARAN, S.; JEEVAN ROYAL, T. J. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination, growth and plant ion composition. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.76, n.3, p.196-199, 2006.

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

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. **Salinity in irrigated agriculture**. In: Steward, B.; Nielsen, D. R. (ed.). Irrigation of agricultural crops. Madison: American Society Agronomy, 1990. cap. 9, p.31-67. Agronomy, 30

RICHARDS, L. A. (Ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB, 1992. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48)

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

SAVY FILHO, A. **Mamona Tecnologia Agrícola**. Campinas:EMOPI, 105 p. 2005.

SILVA, S. M. S. et al. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, suplemento, p. 347-352, 2005.

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

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey**. New Delhi, International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamão**. Circular Técnica, 34. EMBRAPA, 105 p., 1999.

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

SUASSUNA, J; AUDRY, P. **Qualidade da água na irrigação do trópico semiárido: um estudo de caso**. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/estcaso.html> Acesso em: 15/10/2011.

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

VALE, L. S. do. **Crescimento e produtividade da mamoneira BRS energia submetida a diversos espaçamentos**. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2009. 31p. (Dissertação de mestrado)

WINKEL, H. L.; TSCHIEDEL, M. **Salinização em solos cultivados com arroz**. 1999. Disponível em: <<http://members.tripod.com/agropage/saliniza.htm>>. Acesso: 14 Dez. 2011.

