



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



TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA**

ALLAN NUNES ALVES

**Campina Grande
Estado da Paraíba - Brasil
Fevereiro de 2014**

ALLAN NUNES ALVES

Engenheiro Agrícola

**SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES: Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI - UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES – IFGoiano



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**



**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

ALLAN NUNES ALVES

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi – UFCG - Orientador

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares – IFGoiano - Orientador

Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante – UFPB – Examinador

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre – UFCG - Examinador

Prof. Dr. Claudio Augusto Uyeda - IFPE - Examinador

Dr. João Batista dos Santos - UFCG - Examinador

Campina Grande, PB

Fevereiro de 2014

Av. Aprígio Veloso 882 – Bodocongó
58109-970 – CAMPINA GRANDE – PB
Fone: (83) 3310-1055. Fax: (83) 3310-1185

A DEUS, protetor de todas as horas; a meus adorados pais, ANTONIO PORFÍRIO ALVES e MARLENE NUNES ALVES, pelo amor incondicional e empenho para minha formação moral e intelectual, sem nunca deixar se abater pelos percalços impostos pela vida, trazendo sempre o sorriso e o abraço cativo para me confortar.

Em memória da minha querida avó, “JOSEFA BARROS”, pelos ensinamentos e conselhos de grande valia em minha vida.

Em memória do Prof. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACEDO BELTRÃO, pelo apoio incondicional à nossa pesquisa.

Homenagem

A meus irmãos, Antonio Sávio, Armando, Arnon e Arthur e a todos os familiares, pelo carinho e incentivo em todos os momentos.

Ofereço e dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por Sua infinita bondade, presente em todos os momentos da minha vida, concedendo-me a graça de Sua imensa misericórdia.

Aos Orientadores Dr. Hans Raj Gheyi, Professor da UAEAg/UFCG, e ao Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares, deixo um agradecimento especial pela grande amizade, compreensão, orientação, colaboração e por estarem sempre disponíveis ajudando-me em qualquer dificuldade.

Ao Dr. Lourival Ferreira Cavalcante, Professor do DSER/CCA/UFPB, pelas valiosas sugestões em prol da melhoria deste trabalho.

Aos examinadores Dr. Reginaldo Gomes Nobre, Claudio Augusto Uyeda e João Batista dos Santos, pela amizade e valiosas sugestões em prol da melhoria deste trabalho.

À Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de fazer o curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na área de concentração de Irrigação e Drenagem.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Aos professores do departamento de Engenharia Agrícola, pela qualidade, conteúdo e atualidade de suas disciplinas, pelo apoio e incentivo.

Aos funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, em especial a Aldaniza, Aparecida e Gilson, pela dedicação e simpatia.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da UFCG, em especial a Francisco Alves (Chico) e Francisco de Assis (Doutor), pela amizade, dedicação e empenho nas análises químicas deste trabalho.

Aos amigos Valfísio, Helder, Diego, Kaline, Susane e José Maria, pela amizade e convivência harmoniosa durante a minha Pós-Graduação.

Aos bolsistas Alberto e Diego, pela ajuda indispensável na condução do experimento.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para o sucesso deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo Geral	7
2.2 Objetivos Específicos	7
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	8
3.1 Aspectos Gerais da Cultura	8
3.2 Importância Econômica da Mamoneira.....	10
3.3 Qualidade da Água para Irrigação	11
3.4 Salinidade no Solo e nas Plantas	13
3.5 A Mamoneira e a Salinidade	17
3.6 Salinidade e Nitrogênio	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Localização do Experimento	23
4.2 Cultivar Utilizada	23
4.3 Procedimentos de Instalação do Experimento.....	24
4.4 Material de Solo Utilizado.....	24
4.5 Delineamento Experimental e Tratamentos	25
4.6 Adubação	26
4.7 Água de Irrigação	26
4.8 Semeadura	27
4.9 Irrigação.....	27
4.10 Tratos Culturais	28
5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	29

5.1 Análise biométrica da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada	30
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES.....	46
5.2 Produção e partição de fitomassa da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio.....	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
CONCLUSÕES.....	58
5.3 Índices fisiológicos da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
CONCLUSÕES.....	73
5.4 Produção e teor de óleo da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio	74
INTRODUÇÃO.....	75
MATERIAL E MÉTODOS.....	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
CONCLUSÕES.....	86
5.5 Conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio	87
INTRODUÇÃO.....	88
MATERIAL E MÉTODOS.....	90
RESULTADOS E DISCUSSÃO	92

CONCLUSÕES	104
LITERATURA CITADA	105

LISTA DE TABELAS

MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1. Principais características da cultivar BRS Energia.....233

Tabela 2. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....25

5.1 Análise biométrica da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, taxa de crescimento absoluto da altura de plantas e diâmetro caulinar da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS, em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio 40

5.2 Produção e partição de fitomassa da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a fitomassa seca da raiz (FSRaiz), folhas (FSFolha), caule (FSCaule), racemo (FSRacemo) e parte aérea (FSPA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio 51

Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes a partição de fotoassimilados na raiz (PRZ), folha (PFH), caule (PCA), racemo (PRAC), parte aérea (PPA) e razão raiz/parte aérea (R/PA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio..55

5.3 Índices fisiológicos da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Tabela 1. Resumo da análise de variância da área foliar específica (AFE), razão de massa foliar (RMF) e razão de área foliar (RAF) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....644

Tabela 2. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) no período de 20 aos 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....655

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha), caule (PFTCaule), raiz (PFTRaiz) e parte aérea (PFTPA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio 67

Tabela 4. Resumo da análise de variância da massa do racemo principal (MRP), dos racemos secundários (MRS), índice de colheita do racemo principal (ICRP) e índice dos racemos secundários (ICRS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	67
--	----

5.4 Produção e teor de óleo da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o número de racemos por planta (NRPL), número de frutos do racemo primário (NFTRP) e por planta (NFTPL), peso dos frutos do racemo primário (PFTRP) e da planta (PFTPL) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	79
--	----

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o número de sementes do racemo primário (NSRP) e por planta (NSPL), peso das sementes do racemo primário (PSRP) e por planta (PSPL) da mamoneira irrigada com águas de diferentes salinidades e adubada com doses de nitrogênio..	83
---	----

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o teor de óleo (TO) das sementes de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	83
---	----

5.5 Conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio..	92
--	----

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio	94
--	----

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN), fósforo (IEP) e potássio (IEK) nas folhas das plantas de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	95
--	----

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN), fósforo (IEP) e potássio (IEK) no caule das plantas de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	98
--	----

Tabela 5. Resumo da ANAVA para o conteúdo de nitrogênio (CN), fósforo (CP) e potássio (CK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	100
Tabela 6. Resumo da ANAVA para o conteúdo de nitrogênio (CN), fósforo (CP) e potássio (CK) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio	101
Tabela 7. Resumo da ANAVA para fitomassa seca total (FSTotal) da mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	102

LISTA DE FIGURAS

MATERIAL E MÉTODOS

- Figura 1. Localização da área experimental (A) e vista interna da área experimental (B)23
- Figura 2. Vista da disposição dos lisímetros e coletores de drenagem.....244
- Figura 3. Recipientes plásticos para armazenar as águas de irrigação277

5.1 Análise biométrica da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada

- Figura 1. Evolução da altura de planta (AP) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS)..... 355
- Figura 2. Evolução do diâmetro de caule (DC) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS). 36
- Figura 3. Evolução do número de folhas (NF) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS), irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS)..... 37
- Figura 4. Evolução da área foliar (AF) da mamoneira aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS), irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS)..... 38
- Figura 5. Altura de plantas (AP) (A) e diâmetro de caule (DC) (B) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa)..... 41
- Figura 6. Número de folhas (NF) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa) (A) e aos 80 e 100 dias após semeadura (DAS) adubada com doses de nitrogênio (B)..... 43
- Figura 7. Área foliar (AF) aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa) (A) e aos 100 dias após semeadura (DAS) adubada com doses de nitrogênio (B)..... 44
- Figura 8. Taxa de crescimento absoluto em altura de planta (TCAap) (A) nos períodos 20-40 e 41-60 dias após a semeadura (DAS) e taxa de crescimento absoluto em diâmetro de

caule (TCAdc) (B) nos períodos 20-40, 41-60 e 61-80 DAS, da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa)	45
--	----

5.2 Produção e partição de fitomassa da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Figura 1. Fitomassa seca da raiz (FSRaiz) (A) e do caule (FSCaule) (B) da mamoneira em função da salinidade da água de irrigação (CEa).....	52
Figura 2. Desdobramento da interação para fitomassa seca de folhas (FSFolha) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	53
Figura 3. Desdobramento da interação para fitomassa seca do racemo (FSRacemo) (A) e (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	54
Figura 4. Desdobramento da interação para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) (A) e (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	55
Figura 5. Partição de fotoassimilados na raiz (PRZ), folha (PFH), racemo (PRAC) e parte aérea (PPA) (A) e razão raiz parte aérea (R/PA) (B) das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	56

5.3 Índices fisiológicos da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Figura 1. Razão de massa foliar (RMF) (A) e razão de área foliar (RAF) (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.	65
Figura 2. Taxa de crescimento absoluto (TCA) (A) e relativo (TCR) (B) da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) (C) no período de 20 aos 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio	66
Figura 3. Produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha) (A), raiz (PFTRaiz) (B) e parte aérea (PFTPA) (C) da mamoneira irrigada com águas salinas.....	68
Figura 4. Massa do racemo principal (MRP) (A), do racemo secundário (MRS) (B), índice de colheita dos racemos secundários (ICRS) (C) da mamoneira irrigada com águas salinas	70
Figura 5. Contribuição relativa da ordem do racemo na produtividade total da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio	71

5.4 Produção e teor de óleo da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

- Figura 1. Número de racemos por planta (NRPL – A), número de frutos (NFT – B) do racemo primário (RP) e por planta (PL), e peso de frutos do racemo primário (PFTRP – C) da mamoneira irrigada com águas salinas 80
- Figura 2. Desdobramento da interação para peso dos frutos por planta da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio..... 82
- Figura 3. Número de sementes (NS – A) do racemo primário (NSRP) e por planta (NSPL) e peso das sementes (PS – B) do racemo primário (RP) e por planta (PL) da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio..... 84
- Figura 4. Desdobramento da interação para o teor de óleo (TO) das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio 86

5.5 Conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

- Figura 1. Teor de Nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio 93
- Figura 2. Teor de Nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio 95
- Figura 3. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do Nitrogênio (IEN) nas folhas das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio 95
- Figura 4. Índice de eficiência de utilização do fósforo (IEP) e potássio (IEK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio..... 97
- Figura 5. Índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio. 96
- Figura 6. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do fósforo (IEPCaule) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio 97

Figura 7. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do potássio (IEK) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio	98
Figura 8. Conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas das plantas de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio	101
Figura 9. Conteúdo de Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	102
Figura 10. Desdobramento da interação para fitomassa seca total (FSTotal) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.....	103

ALVES, A. N. **Salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada no crescimento e produção da mamoneira BRS Energia**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina grande, PB.

RESUMO

O cultivo da mamoneira vem ganhando importância e destaque no cenário político e econômico brasileiro buscando, além de novas fontes de energia, geração de renda e oportunidade de trabalho para os pequenos agricultores, sobretudo na região semiárida cuja evapotranspiração muitas vezes supera a pluviosidade fazendo com que a acumulação em quantidades elevadas de sais no solo ocorra naturalmente no solo via água de irrigação que se constitui grande obstáculo ao sistema de produção. Neste contexto objetivou-se, com este trabalho, avaliar o comportamento vegetativo, fisiológico e produtivo da mamoneira cv. BRS Energia irrigada com águas de salinidade crescente e doses de nitrogênio, em pesquisa realizada de outubro de 2010 a fevereiro de 2011 sob condições de ambiente protegido, na Universidade Federal de Campina Grande, PB; usou-se o delineamento estatístico de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ combinados com doses de adubação nitrogenada de 50; 75; 100; 125 e 150 mg de N por kg de solo. A salinidade da água de irrigação promoveu redução no crescimento em altura de 11,2% na fase inicial (20 DAS) e na fase de desenvolvimento (80 DAS) em diâmetro caulinar de 8,9%; no número de folhas e a área foliar 17,2 e 16,8%, respectivamente, por incremento unitário da CEa e sobre a produção de fitomassa de raiz (16,0%) e de caule (18,2%). A adubação nitrogenada favoreceu o aumento do número de folhas aos 80 e 100 DAS em aproximadamente 8,2% por acréscimo de 25 mg de N por kg de solo. A interação entre salinidade da água de irrigação e dose de nitrogênio influenciou significativamente a fitomassa da mamoneira com decréscimos por aumento unitário da CEa variando de 12,3 e 18,1% para a fitomassa seca das folhas, 18,1 e 19,8% para a fitomassa seca do racemo e de 16,6 e 19,4% para a fitomassa seca da parte aérea quando adubadas com as doses de 50 e 150 mg de N por kg de solo, respectivamente; e quando irrigada com água de CE de 0,6 dS m⁻¹ a cv. BRS Energia teve aumentada a fitomassa de folha e da parte aérea em 16,9 e 5,5% para cada acréscimo na adubação de 25 mg de N por kg de solo. As variáveis fisiológicas razão de massa foliar e taxa de crescimento absoluto, tiveram resposta significativa ao aumento da salinidade da água de irrigação. As variáveis de produção número de sementes, número de

frutos e peso de sementes por planta tiveram seus valores reduzidos respectivamente em 81,7, 79,4 e 88,6% quando comparadas as CEa de 0,6 com 4,6 dS m⁻¹ além de uma variação no peso total dos frutos por planta de 18,1, 20,0, 19,4, 20,6 e 19,8% com o aumento unitário da salinidade da água de irrigação quando as plantas foram adubadas com as doses de 50, 75, 100, 125 e 150 mg kg⁻¹, respectivamente. Os teores de nitrogênio e de fósforo nas folhas da mamoneira cv. BRS Energia apresentaram aumentos lineares respectivos por aumento unitário da CEa de 14,18 e 11,0%. Verificou-se, ao se adubar com a menor dose (50 mg N kg⁻¹) aumento no teor de óleo até a salinidade de 1,22 dS m⁻¹, obtendo o teor de óleo máximo (55,35%).

Palavras-chaves: *Ricinus communis* L., condutividade elétrica, nitrogênio

ALVES, A. N. **Salinity of irrigation water and nitrogen fertilization on growth and yield of castor bean BRS Energy**. 2014. Thesis (Ph.D. in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center of Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The cultivation of the castor bean has been gaining importance and prominence in the Brazilian political and economic scenario seeking besides new sources of energy, income generation and job opportunity for small farmers, especially in semiarid region where evapotranspiration often exceeds rainfall causing the accumulation of high amounts of salts in the soil naturally through irrigation water which constitutes major obstacle to the production system. In this context, the objective of this study was to evaluate the vegetative, physiological and productive behavior of irrigated castor bean cv. BRS Energia with increasing water salinity and nitrogen, in a study conducted from October 2010 to February 2011 under protected cultivation at the Federal University of Campina Grande, PB using the statistical design randomized block in 5 x 5 factorial, with three replications. The treatments consisted of five levels of electrical conductivity (ECw) of irrigation water of 0.6; 1.6; 2.6; 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ combined with nitrogen fertilization of 50; 75; 100; 125 and 150 mg N per kg of soil. The salinity of irrigation water promoted reduction in height 11.2% in the initial stage (20 DAS) and in the development stage (80 DAS), in stem diameter of 8.9%; the number of leaves and leaf area 7.2 and 16.8%, respectively, with per unit increase in ECw, and on root biomass production (16.0%) and the stem (18.2%). Nitrogen fertilization favored the increase in the number of leaves at 80 and 100 DAS in approximately 8.2 % for addition of 25 mg of N per kg of soil. The interaction between salinity of irrigation water and nitrogen rate significantly influenced the biomass of castor bean, per unit decreases with increasing ECw ranged from 12.3 to 18.1% for the dry mass of leaves, from 18.1 to 19.8% for dry mass of cluster and 16.6 to 19.4% for dry mass of shoots when fertilized with doses of 50 and 150 mg of N per kg of soil, respectively; and when irrigated with water of 0.6 dS m⁻¹ EC the biomass in leaf and shoot cv. BRS Energia had increased by 16.9 and 5.5% for each increment of 25 mg of N per kg of soil. Physiological variables leaf mass ratio and absolute growth rate, showed significant response to the salinity of the water. Production variables seed number, fruit number and weight of seeds per plant reduced respectively by 81.7, 79.4 and 88.6% when ECw of 0.6 and 4.6 dS m⁻¹ were compared besides a variation in fruit weight per plant

of 18.1, 20.0, 19.4, 20.6 and 19.8% with unit increase in salinity of irrigation water when the plants were fertilized with doses of 50, 75, 100, 125 and 150 mg N kg⁻¹, respectively. The nitrogen and phosphorus in leaves of castor bean BRS Energia presented linear increases with per unit increase in EC_w of 14.18 and 11,0 %. The oil content in seeds increased with water salinity until EC_w of 1,22 dS m⁻¹ in the lowest dose of N (50 mg N kg⁻¹ soil), the maximum oil content observed being 55,35%.

as been found, the compost is at the lowest dose (50 mg kg⁻¹) increase in the oil content until the salinity of 1.22 dS m⁻¹ obtaining the maximum oil content (55.35%).

Keywords: *Ricinus communis* L, electrical conductivity, nitrogen

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da mamoneira, antes considerado atividade de pequenos produtores no semiárido nordestino, sobretudo no estado da Bahia devido à elevação dos preços internacionais do óleo da mamona, a evolução da ricinoquímica e a possibilidade de uso do óleo contido nas sementes na produção de biodiesel, passou a despertar interesse dos produtores, exportadores e industriais por sua cadeia produtiva (AZEVEDO e LIMA, 2001; SEVERINO et al., 2006).

Em geral, as oleaginosas ganharam espaço importante não apenas como componente da dieta alimentar da população, mas também como matéria-prima para compor uma matriz energética deste século e proteção do meio ambiente, em que se prevê a escassez das reservas de petróleo e o agravamento do efeito estufa pela emissão de gases, principalmente o gás carbônico. Neste contexto se insere a mamoneira com destacada importância no Brasil e no mundo; como fornecedora de matéria-prima industrial de inúmeros produtos exerce papel fundamental não só como alternativa para a produção de biocombustíveis mas como relevante importância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais (SEVERINO et al., 2006).

A produção nacional de mamona ainda é baixa quando comparada com as produções da Índia e China. Na safra 2010/2011 a área cultivada com essa oleaginosa foi de 219.300 ha e a produção nacional foi de 120.000 toneladas (CONAB, 2013). Entretanto, com a inclusão do óleo da mamona como fonte energética na produção de biocombustível, as áreas cultivadas com essa oleaginosa vêm aumentando nas últimas safras (CHAVES et al., 2009) inclusive na região Centro-Sul do País (CONAB, 2013) em que a mamoneira é cultivada em grandes áreas.

A utilização da irrigação para atender às necessidades hídricas das plantas se torna cada vez mais meritosa e vem contribuindo, de forma significativa, para o aumento da produção agrícola em áreas onde o período chuvoso é irregular e/ou deficiente, como em regiões áridas e semiáridas. Apesar da relevância da irrigação para a produção agrícola nas regiões semiáridas onde a evapotranspiração supera a pluviosidade fazendo com que a presença em quantidades elevadas de sais no solo ocorre naturalmente e o lançamento de sais via água de irrigação, constitui grande obstáculo ao sistema de produção (CAVALCANTE et al., 2005; FREIRE et al., 2010).

Altas concentrações de sais no solo podem acarretar problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas em virtude da redução da pressão osmótica da solução do solo, que reduz a absorção de água pelas plantas; da acumulação em teores tóxicos de vários íons como cloro e sódio, além de distúrbios no balanço de íons (RIBEIRO, 2010), em que determinado íon em excesso pode provocar deficiência de outro em virtude da competição afetando o crescimento da planta pela disponibilidade reduzida do elemento precipitado e não pelo excesso do íon considerado (USSL STAFF, 1954; GHEYI et al., 1991; OLIVEIRA, 2001).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos quantitativamente pela maioria das plantas, e está relacionado ao metabolismo vegetal das plantas influenciando na fotossíntese, respiração, crescimento, produção de folhas, flores e frutos; sua disponibilidade é um dos fatores mais influentes no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas (MILLER e CRAMER, 2004; MALAVOLTA, 2006).

Nas folhas o nitrogênio é responsável pela constituição dos cloroplastos (clorofila) e hormônios vegetais, além de participar na síntese de vitaminas. As plantas absorvem o N em suas formas iônicas de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (TAIZ e ZEIGER, 2009). De acordo com Kafkafi (1984) existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir a absorção de cloreto pela planta; por outro lado, o nitrogênio amoniacal reduz os teores de cálcio e magnésio na planta diminuindo também a permeabilidade seletiva da membrana radicular, proporcionando aumento na absorção de cloreto quando o mesmo se encontra em concentração elevada no meio.

Neste contexto, a definição do nível de salinidade da água tolerável pela cultura da mamoneira, bem como a interação entre a salinidade da água de irrigação e a adubação nitrogenada, são fundamentais visando ao uso de águas salinas na agricultura e a adoção de melhores técnicas de manejo da irrigação e adubação para aumento da produtividade. Além disto, um estudo cuidadoso do ciclo vegetativo e da adubação da mamoneira, como acúmulos e concentrações pela planta, é de extrema relevância para se estimar a demanda de nutrientes, conseqüentemente, a dose de fertilizante mais adequada a ser aplicada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o comportamento vegetativo, fisiológico e produtivo da mamoneira irrigada com águas de salinidade crescente e doses de nitrogênio.

2.2 Objetivos Específicos

Definir o nível de salinidade da água e a dose de nitrogênio que promova melhor crescimento, desenvolvimento, produção de fitomassa seca, componentes da produção, teor e conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio, ao longo do ciclo vegetativo da mamoneira cv. BRS Energia;

Definir qual influência da salinidade da água de irrigação e a adubação nitrogenada sobre o teor de óleo da mamoneira cv. BRS Energia;

Definir, com base na interação entre a salinidade da água de irrigação e a adubação nitrogenada, o tratamento mais eficiente para o crescimento e o desenvolvimento da planta;

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

3.1 Aspectos Gerais da Cultura

Há variadas opiniões sobre o local de origem da mamoneira; acredita-se serem quatro grandes centros de origem, na Etiópia, região leste do continente Africano, Noroeste Sudoeste da Ásia e Península Arábica, na Índia e China. A região leste do continente Africano é considerada o local mais provável de origem em virtude da presença de uma grande diversidade na Etiópia (MOSHKIN, 1986; CARTER e SMITH, 1988; BELTRÃO et al., 2006). Estes centros também são considerados os primeiros lugares da introdução do cultivo da mamona (ANJANI, 2012). Sua distribuição geográfica é extensa sendo encontrada em estado espontâneo ou cultivada, em quase todas as zonas tropicais e subtropicais. No Brasil sua introdução se deu durante a colonização portuguesa por ocasião da vinda dos escravos africanos, sendo conhecida sob as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira, baga e palma-cristo; sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas do país foi imediata (FORNANZIERY JUNIOR, 1986; CHIERICE e CLARO NETO, 2007). No Brasil é cultivada desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul embora seja cultivada desde o paralelo 40° norte ao paralelo 40° sul, com intervalos de altitude de 300-1500m acima do nível do mar. Com características de cultura resistente à seca, apresenta bom rendimento com precipitação de 600-700 mm distribuídas principalmente em seu estágio vegetativo. Há, no entanto, informações de boas produções obtidas na África do Sul com precipitações pluviais de 370–500 mm (WEISS, 1983).

A mamoneira é uma planta de elevada complexidade morfofisiológico, classificada atualmente da seguinte maneira: Fanerogamae ou espermatophita, filo: Angiospermae, classe: Dicotyledonae, subclasse: Archilamydeae, ordem: Geraniales, família: Euforbiácea gênero *Ricinus*, espécie: *R. communis* L e subespécie: *R. Ricinus communis communis* (WEBSTER, 1994; TÁVORA, 1982; BELTRÃO e AZEVEDO, 2007).

A planta de mamoneira apresenta crescimento indeterminado além de fortemente alométrico e heterogônico, com grandes variações na morfologia, biologia floral, fisiologia, de fotoperiodismo de dia longo porém se adapta bem a outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos com duração de 09 a 12 horas embora que, dentro deste limite, o crescimento seja reduzido. Apresenta ramificação caulinar tipo simpodial, raízes fistulosas,

elevadas taxas de respiração, tendo desenvolvimento do tipo heteroblástico, com forma juvenil diferente da forma adulta e outros aspectos (BELTRÃO et al., 2001; 2006).

Outro aspecto relevante para o crescimento da cultura é a altitude; em áreas abaixo de 300 m induzem a planta a emitir folhas em excesso e ao abortamento de flores; por outro lado, altitudes superiores a 1500 m com predominância de temperaturas abaixo de 10° C, inviabilizam a produção de pólen e, conseqüentemente, de frutos e sementes (CARVALHO, 2005).

A inflorescência é constituída pela raquis, em que crescem as flores femininas na parte superior e masculinas na parte inferior. Os tipos de reprodução são: autofecundação e fecundação cruzada, sendo sua polinização geralmente anemófila. Embora seja considerada planta autógama por alguns pesquisadores, o nível de alogamia pode atingir até 25% nas mamoneiras de porte anão e 40% nas de alto porte, o que favorece a heterogeneidade e a mistura varietal (FREIRE et al., 2001; SAVY FILHO, 2005). A quantidade de flores masculinas e femininas, tal como a produção da planta, está diretamente ligada às condições ambientais, aos tipos de solo e idade da planta. Em solos férteis, por exemplo, com nutrição adequada, condições hídricas e temperaturas satisfatórias, geralmente, a relação de flores femininas é de 50 a 70% e flores masculinas de 50 a 30%; entretanto e dependendo do material, podem ocorrer outras relações em favor das flores femininas, o que é mais interessante do ponto de vista de produtividade. Fatores não genéticos, com deficiência hídrica, temperatura e manejo empregado, dentre outros, podem influenciar na expressão floral, ou seja, na proporção de flores masculinas e femininas (SAVY FILHO, 2005).

No que se refere às cultivares de mamona existem várias disponíveis para o plantio em nosso país, variando em porte, tipo dos cachos, deiscência dos frutos, tamanho das sementes e outras características (BELTRÃO et al., 2001; 2004). No entanto, os novos genótipos são, em geral, mais sensíveis aos estresses. Entre os fatores de competição presentes numa comunidade vegetal (água, luz e nutrientes) a maior demanda da cultura da mamona é por água (AZEVEDO et al., 2001), especialmente quando se trata de região semiárida.

A polinização, embora anemófila, pode ser realizada por insetos conforme trabalhos de Moshkin (1986), onde relata a presença de algumas espécies silvestres que visitam a mamoneira acabando por produzir um mel especial.

O fruto da mamona é uma cápsula (ovário fecundado e desenvolvido) lisa ou com estruturas semelhantes a espinhos podendo ser deiscente ou indeiscente (BELTRÃO e

AZEVEDO, 2007). A deiscência é a abertura da cápsula seca com a liberação, na mamona, de três sementes. A colheita dos frutos de cultivares deiscentes deve ser feita antes da ocorrência desse fenômeno, com a complementação da secagem do fruto sob controle (PEIXOTO, 1973). No melhoramento genético de cultivares deiscentes se buscam as semideiscentes, ou seja, sementes, que permanecem por um período maior na planta sem se desprender do fruto, o que permite a coleta dos racemos com maior percentagem de frutos secos reduzindo, conseqüentemente, o tempo de secagem natural no terreno (SAVY FILHO, 2005).

As cultivares de frutos deiscentes são mais indicadas para pequenos e médios produtores visto que todas as operações, manuais e mecanizadas, podem ser feitas durante o desenvolvimento da cultura, que exige colheita parcelada dos racemos à medida que vão secando, na média de quatro repasses de colheita, variando com o ciclo da cultivar. A secagem é natural, no terreno, cujas sementes são liberadas do fruto após o período de 3 a 5 dias. Algumas cultivares que possuem essas características são: IAC-80, BRS-149 Nordestina, BRS-188 e Paraguaçu (SAVY FILHO et al., 1999; INSTITUTO CULTURAL PADRE JOSINO, 2008).

3.2 Importância Econômica da Mamoneira

A mamona se destaca entre as oleaginosas fornecedoras de matéria-prima para a fabricação de biodiesel, pelas características químicas do principal componente do seu óleo, o ácido ricinoléico cujas moléculas têm propriedade e estrutura incomuns entre os ácidos graxos existentes nos óleos vegetais. deferidas características permitem seu uso em mais de 400 processos industriais, como: lubrificantes, tintas, resinas, cosméticos, na produção de anticongelantes de combustível de aviões e espaçonaves. Outras aplicações de grande valor econômico do óleo de mamona se verificam na fabricação do nylon e da matéria plástica onde seu emprego é considerado indispensável (VIEIRA e LIMA, 1999; DRUMMOND et al., 2006; CHIERICE e CLARO NETO, 2007).

No mercado internacional a comercialização da mamona pode ser feita tanto na forma bruta com baixo valor agregado (mamona em baga), quanto em formas intermediárias (óleo bruto ou refinado) ou através da exploração de seus derivados de alto valor agregado (ácido graxo destilado de óleo de mamona desidratado, óleo de mamona hidrogenado, óleo de mamona sulfuricinado, ácido 12-hidróxido esteárico e outros, com usos diferenciados como poliuretanos, resinas plásticas etc.). No mercado internacional o óleo é o principal produto comercializado. O panorama atual demonstra que a demanda por óleo não é muito grande,

pois o principal consumidor tem sido a indústria química fina (ricinoquímica) (KOURI et al., 2013).

Diferentemente do mercado mundial de mamona em baga, o mercado mundial de óleo de mamona atinge cifras significantes, conforme dados (CONAB, 2013), a cotação da semente de mamona em Gurajat, Índia, no mês de junho de 2013 foi de US\$ 583,82, enquanto os preços nominais de óleo de mamona em Rotterdam foram de 1574, 75 US\$ por toneladas. O maior produtor mundial de mamona é a Índia com mais de 2,3 milhões de toneladas, bem superior à China, 180 mil toneladas e ao Brasil 120 mil toneladas (CONAB, 2013; FAO, 2013).

No contexto nacional a Região Nordeste comanda a produção de mamona sendo responsável por de 92% da produção Nacional no ano de 2011 (IBGE, 2013) justificando sua relevante importância socioeconômica para o semiárido nordestino, seja como cultura alternativa de reconhecida resistência à seca ou como fator fixador de mão-de-obra, gerador de emprego e de matéria-prima indispensável ao desenvolvimento da região e do País. Entretanto, esta cultura pode ser cultivada em várias regiões do País, encontrando-se plantios comerciais nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Ambientes com altas precipitações e muito úmidos, como a Amazônia e o Pantanal, não são adequados para o plantio da mamona (SEVERINO et al., 2006).

A torta de mamona se destaca como principal subproduto sendo empregada como fertilizante. A torta de mamona se mineraliza rapidamente, cerca de seis vezes mais rápido que o esterco bovino e quatorzes vezes mais rápido que o bagaço de cana disponibilizando, através da nitrificação, de 75 a 100% do nitrogênio presente na constituição em período médio de três meses (SEVERINO et al., 2004). No entanto, por ser um produto tóxico não é utilizada na alimentação animal; contudo, estudos que visam à inativação da toxicidade da torta para que ela possa ser acrescentada às rações animais estão em desenvolvimento porém por ser um processo demasiadamente caro, as usinas de óleo preferem comercializar a torta apenas como fertilizante orgânico (SANTOS et al., 2007).

3.3 Qualidade da Água para Irrigação

A água é um bem imprescindível aos seres vivos; ocupa 3/4 da superfície terrestre, sendo 96,5% correspondentes à água do mar, que é inadequada para o consumo direto. Por se

tratar do principal constituinte das células vegetais, a água é um fator vital para a produção de plantas participando de todos os fenômenos químicos, físicos e biológicos essenciais ao seu desenvolvimento (HOLANDA et al., 2010).

Partindo do princípio de que todas as águas contêm sais, mesmo utilizando águas para irrigação que apresentam concentrações reduzidas, existe certo potencial de salinização em condições de chuvas e/ou drenagem insuficientes. Normalmente, em regiões áridas e semiáridas as águas superficiais e subterrâneas apresentam maior concentração salina do que em regiões úmidas e subsumidas, o que vai se somar ao problema de salinização e sodificação do solo, que já podem ocorrer naturalmente (MEDEIROS et al., 2012). No semiárido do Nordeste do Brasil, os reservatórios de água de maior capacidade de armazenamento contêm em geral, água de boa qualidade para a irrigação com pequena variação na composição, ao longo do ano (HOLANDA et al., 2010). Levantamentos realizados sobre a qualidade de água para irrigação em Estados do Nordeste e considerando como de boa qualidade, níveis de salinidade entre baixo e médio, observaram-se os seguintes percentuais para as fontes incluídas nesta categoria: 74,3 % na microrregião homogênea de Catolé do Rocha na Paraíba (COSTA e GHEYI, 1984); 64 % no sertão de Pernambuco (NUNES FILHO et al., 1991); 71,9 % a 75 % no Seridó e Zona Oeste do Rio Grande do Norte (PEREIRA et al., 1992; MARTINS, 1993) e 75 % nas pequenas propriedades irrigadas do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (MEDEIROS, 1992).

O conceito de qualidade da água refere-se às características que podem afetar as necessidades do usuário, definidas por uma ou mais propriedades físicas, químicas e/ou biológicas. Assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade se produzir melhores resultados (HOORN, 1971, FIGUEIRÊDO, 2008).

As características principais que determinam a qualidade da água de irrigação são a concentração total de sais solúveis, indicando o potencial da água em causar salinização, a proporção relativa de sódio e de outros cátions que podem provocar redução na capacidade de infiltração da água no solo, a concentração de elementos tóxicos, como o boro, o cloreto e o sódio, que causam toxicidade nas plantas, concentração de bicarbonatos relacionados com cálcio e magnésio e os efeitos indiretos como aqueles que provocam problemas nutricionais nas plantas (CRUCIANI, 1989; DIAS e BLANCO, 2010; HOLANDA et al., 2010). Além dessas características; para que se possa fazer a interpretação correta da qualidade da água para irrigação os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo,

nas culturas e no manejo da irrigação, parâmetros esses necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados à qualidade da água (BERNARDO et al., 2006). Na irrigação por gotejamento, o principal problema de qualidade de água está relacionado com a obstrução de emissores pelas impurezas em suspensão, a formação de precipitados e a atividade microbiológica (MAROUELLI et al., 2003).

A qualidade da água de irrigação pode ser considerada fator importante, mas nunca se deve esquecer de que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias (LOGAN, 1965; HOORN, 1971; YARON, 1973). A água, por si mesma, não tem qualidade inerente, exceto no contexto para o qual é usada pois sua adequabilidade depende do que pode ser feito com ela sob condições específicas de uso (FRENKEL, 1984). Assim sendo, outros fatores devem ser levados em consideração e analisados em conjunto quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação. Entre esses fatores podem ser apontados: as características do solo; a tolerância das culturas a serem exploradas; as condições climáticas locais e o manejo da irrigação e drenagem (LOGAN, 1965; PALACIOS e ACEVES, 1970; HOORN, 1971; RHOADES, 1972; KOVDA et al., 1973; CHRISTIANSEN et al., 1977; FRENKEL, 1984).

3.4 Salinidade no Solo e nas Plantas

Todas as águas utilizadas na irrigação, independente da fonte em que foi obtida, apresentam determinadas concentrações de sais; assim, o uso contínuo de áreas sob irrigação acarreta acúmulo desses sais no solo. Nem todos os sais introduzidos na área irrigada ficam acumulados no perfil do solo, onde parte desses sais é absorvida pelas plantas, outra parcela é lixiviada e o restante se acumula na camada de solo agricultável (MEDEIROS et al., 2012).

A quantidade de sais acumulados no solo vai depender diretamente da concentração de íons na água de irrigação, ocorrendo aumento da salinidade do extrato de saturação em decorrência do aumento da salinidade da água utilizada na irrigação (SILVA et al., 2008a; PEREIRA, 2010). Por outro lado, o uso de água salina na irrigação em algumas regiões, principalmente semiáridas, é uma alternativa importante para incrementar a área irrigada e a produção das culturas (FERREIRA NETO et al., 2002). Apesar disto, estas águas representam risco à produção agrícola haja vista que essas águas têm potencial para provocar alterações

nas condições físico-químicas do solo (VIANA et al., 2001; AMORIM et al. 2002; ALENCAR et al., 2003).

Além das características físico-químicas do solo, outro fator de fundamental importância está relacionado com as características climáticas da região. Solos de regiões áridas e semiáridas podem apresentar acúmulo de sais e sódio trocável em níveis prejudiciais ao desenvolvimento das plantas devido a processos naturais e antrópicos de salinização e sodificação, em consequência do manejo inadequado da irrigação (SILVA FILHO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002; D'ALMEIDA et al., 2005). Em virtude de elevadas taxas de evaporação e de transpiração há, nessas regiões, tendência de ocorrer balanço positivo no teor de sais nesses solos visto que devido às reduzidas precipitações, não ocorre lixiviação dos sais e, desta forma, essas regiões apresentam maior risco de salinização em comparação com outras áreas de características climáticas que apresentam menor taxa de evapotranspiração (MEDEIROS et al., 2010; MEDEIROS et al., 2012).

Diversas regiões do mundo apresentam problemas com solos halomórficos, sobretudo nas regiões de clima árido e semiárido, em que o acúmulo de sais se dá pela elevada evaporação e precipitação anual insuficiente para que ocorra a lixiviação dos sais da zona radicular (BARROS et al., 2004). Este impasse é antigo mas sua magnitude e intensidade vêm aumentando em razão da adoção de práticas de manejo e procedimentos de correção inadequados. Estima-se que pelo menos três hectares potencialmente aráveis são perdidos a cada minuto em todo o mundo em virtude dos processos de salinização e sodificação (KEIFFER e UNGAR, 2002).

Os solos resultam do processo de intemperização química que implica em reações de hidrólise, hidratação, dissolução, oxidação e carbonatação, em que os constituintes são liberados gradualmente e se tornam solúveis. A água subterrânea transporta e acumula os produtos solúveis das reações de intemperização transferindo sais solúveis de uma área para outra, desempenhando importante papel na salinização e sodificação dos solos, condicionado por condições climáticas cuja precipitação pluviométrica é sempre inferior à evapotranspiração (RICHARDS, 1954; FERREIRA, 2002). No Brasil os solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, no Pantanal Mato-Grossense e, predominantemente, na região semiárida do Nordeste ou, mais especificamente, nos perímetros irrigados encontrados nos polígonos das secas que perfazem 57% da área total da região semiárida (GUPTA e ABROL, 1990; RIBEIRO et al., 2003).

O acúmulo de sais solúveis, especificamente de sódio no solo, além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo produz alteração no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação de seus agregados. Pizarro (1985) cita, com principal efeito da salinidade da água sobre os solos, sua ação sobre a estrutura, com efeito mais pronunciado quanto mais argiloso for o solo.

O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre, basicamente pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila e devido ao processo de contração e expansão da argila, esta começa a se dispersar apresentando problemas de permeabilidade pois obstruem os poros do solo e qualquer excesso de água ocasionará encharcamento na superfície do solo impedindo a germinação de sementes, crescimento radicular das plantas e a falta de aeração. Tais problemas podem ser ainda mais severos ao se considerar que solos cultivados em ambiente protegido têm elevada tendência a serem altamente compactados (DIAS e BLANCO, 2010).

O excesso de sódio pode provocar elevação da densidade aparente do solo, gerada por uma retração maior do solo diminuindo o volume ocupado pela mesma massa de solo. Já com relação à retenção de água no solo que teve sua estrutura modificada, tende a armazenar mais água sendo que as maiores variações da umidade ocorrem na umidade próxima à saturação do solo (DIAS e BLANCO, 2010).

Os efeitos negativos da salinidade podem ser observados no “stand” da cultura, no crescimento das plantas e em rendimentos sendo que, em casos extremos, pode haver até perda total da cultura. Portanto, o manejo de água nas áreas irrigadas associado ao manejo do solo e das culturas, é fundamental para manter a atividade da agricultura irrigada, por várias gerações (MEDEIROS et al., 2012).

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico. O aumento da pressão osmótica (PO) causado pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse PO e, em consequência, a planta não absorverá a água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica). Dependendo do grau de salinidade a planta, ao invés de absorver, poderá perder a água que se encontra no seu interior, por plasmólise. Este fenômeno é devido ao movimento da água, que

passa das células para a solução mais concentrada (AYERS e WESTCOT, 1999; ALENCAR et al., 2003; FARIAS et al., 2003; DIAS e BLANCO, 2010).

Além do efeito osmótico reduzindo a disponibilidade de água para a planta, as plantas também estão sujeitas aos efeitos tóxicos que ocorrem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos causando desbalanceamento e danos ao citoplasma, principalmente na bordadura e no ápice das folhas. Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos em função do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade frequentemente acompanham ou complicam os de salinidade ou permeabilidade podendo surgir mesmo quando a salinidade for baixa. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura se as concentrações de sais no interior são suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância da cultura. Normalmente, a toxicidade é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro; entretanto, muitos outros oligoelementos são tóxicos às plantas mesmo em pequenas concentrações. A absorção foliar acelera a velocidade de acumulação de sais dos íons tóxicos na planta sendo, muitas vezes, a fonte principal da toxicidade (MUNNS e TERMAAT, 1986; MUNNS e TESTER, 2008; DIAS e BLANCO, 2010).

Efeitos indiretos poderão ocorrer já que altas concentrações de Na ou outros cátions na solução do solo poderão afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, indiretamente, isto é, através de seu efeito sobre as condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos (LAUCHI e EPSTEIN, 1984; PENNINGNS e CALLAWAY, 1992; TESTER e DAVENPORT, 2003; DIAS e BLANCO, 2010).

A resposta das plantas à salinidade é complexa e envolve alterações na sua morfologia, fisiologia, metabolismo e anatomia (MUNNS, 2002). Além de alterações na composição de aminoácidos a salinidade afeta a morfologia e a abertura dos estômatos das plântulas, reduzindo severamente a quantidade de água transpirada pelas plantas durante seu ciclo, sendo que este efeito é maior quando a demanda evaporativa do ar é alta podendo ter relação com o tempo de exposição ao estresse e com as alterações dos parâmetros morfofisiológicos como a área foliar, a densidade dos estômatos, a condutância estomática e a transpiração (GARCÍA LEGAZ et al., 1993; ROMERO ARANDA et al., 2001).

A salinidade do solo reduz a disponibilidade da água no solo; entretanto, nem todas as culturas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade pois algumas são mais

tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade. Com base na resposta aos sais as plantas são classificadas em glicófitas e halófitas. As glicófitas representam o grupo das plantas cultivadas e, na sua maioria, são as menos tolerantes à ação dos sais enquanto as halófitas compõem o grupo de plantas que adquirem condições fisiológicas; portanto se ajustam osmoticamente e sobrevivem em meio altamente salino (LAUCHI e EPSTEIN, 1984; DIAS e BLANCO, 2010).

3.5 A Mamoneira e a Salinidade

As plantas podem ser classificadas desde sensíveis a tolerantes em relação à salinidade; uma das formas de se estabelecer níveis de tolerância está na capacidade das plantas em realizar o ajustamento osmótico nos tecidos meristemáticos de raízes e folhas possibilitando o crescimento continuado (LAUCHI e EPSTEIN, 1984). As halófitas são os melhores modelos de ajustamento osmótico sob condições de salinidade haja vista serem capazes de exibir intenso e eficiente ajustamento, mesmo sob condições extremas de excesso de sais, como em ambientes com concentrações próximas da água do mar. Infelizmente, a capacidade de ajustamento osmótico na maioria das espécies cultivadas (glicófitas) é, em geral, muito limitada em condições de salinidade elevada. Como essas espécies não dispõem de estruturas especiais para acumular concentrações elevadas dos sais em suas folhas como fazem as halófitas, a utilização dos próprios íons salinos para fins osmóticos se torna limitada devido à possibilidade de atingirem níveis tóxicos (SILVEIRA et al., 2010).

As glicófitas lidam com situação delicada entre absorver mais íons para permitir absorver mais água, crescendo sem sofrer os efeitos tóxicos dos íons salinos. Esta situação é mais crítica ainda em tecidos meristemáticos, os que mais requerem crescimento porque as células jovens possuem menor quantidade de vacúolos para armazenar os sais tóxicos. A situação ideal seria regular as taxas de absorção dos íons salinos com a armazenagem em tecidos mais velhos, síntese de solutos orgânicos osmoticamente compatíveis e incremento na absorção de K^+ e outros nutrientes. Os mecanismos de ajustamento osmótico e a acumulação de solutos compatíveis em plantas têm chamado a atenção durante muitos anos (SILVEIRA et al., 2010).

Diversos trabalhos visando estudar a tolerância das culturas a salinidade da água e/ou solo, tem sido desenvolvidos; em relação à mamoneira cita-se: Almeida et al. (2010) avaliando a mamoneira quanto à tolerância ao estresse salino por meio da viabilidade do pólen concluíram que o aumento da concentração de NaCl nos meios de cultura testado

influenciou na taxa de germinação do pólen da mamoneira causando diminuição da formação de tubos polínicos. Em relação à germinação e crescimento inicial, Silva et al. (2011) estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação e dos volumes de substrato sobre a germinação de sementes e o crescimento inicial das cultivares de mamona BRS Paraguaçu e BRS Nordestina; Nobre et al. (2013) avaliaram a emergência, o crescimento e a produção da mamoneira irrigada com águas de diferentes salinidades e concluíram que a salinidade da água de irrigação reduziu o percentual de germinação das sementes.

Outros trabalhos sobre o crescimento e a produção de cultivares de mamoneira sob estresse salino (CAVALCANTI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; SANTOS et al., 2013), constataram influência negativa do aumento da salinidade na altura de planta, número de folhas e fitomassa seca de raiz e parte aérea; avaliando a cultivar BRS Energia sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (LIMA et al., 2012; NOBRE et al., 2012), constataram para diferentes variáveis de produção, como relação número de sementes/comprimento do racemo primário, massa seca do racemo primário, número de racemos por planta, número de frutos totais por planta e a fragilidade da cultura aos sais, principalmente com o aumento do tempo de exposição. Esses resultados demonstram o potencial deletério da salinidade sobre planta em suas várias partes e também em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento. No entanto informações relativas à tolerância da mamoneira à salinidade quando submetida a adubação nitrogenada e os possíveis efeitos mitigatórios desse nutriente, são muito escassos.

3.6 Salinidade e Nitrogênio

Na Ciência do Solo a fertilidade é sinônimo de disponibilidade de nutrientes assimiláveis às plantas em quantidades suficientes e balanceadas, de modo que a produção agrícola seja satisfatória. Além disto, devem estar livres de substâncias ou elementos tóxicos e possuir atributos físicos, químicos e biológicos satisfatórios. Deve-se deixar claro que um solo fértil apenas produz satisfatoriamente caso se localize em zonas climáticas favoráveis (SANTOS et al., 2010).

Nas regiões áridas e semiáridas, devido ao baixo conteúdo de água nos solos, os minerais primários e secundários sofrem processo incipiente de degradação química, em que as reações de hidrólise, hidratação, carbonatação e oxirredução se restringem a um curto período de tempo liberando poucos eletrólitos para a solução do solo; no entanto, ao longo do tempo há acumulações periódicas de cátions e ânions que, por estarem localizados em

ambiente com grande índice de evapotranspiração, tendem a se precipitar sob a forma de sais. Esses compostos apresentam solubilidade variável, representados por sulfatos, carbonatos, cloretos e bicarbonatos. A influência desses sais confere, aos solos, características específicas e tem impacto direto e indireto em sua fertilidade (SANTOS et al., 2010).

Nos solos salino-sódicos comuns em perímetros irrigados do semiárido paraibano o acúmulo de sais solúveis e, especificamente, de sódio no solo, além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo produz alteração no pH, desbalanceamento nutricional com implicação na fertilidade pela alta concentração de sais solúveis, concentração excessiva de sódio solúvel e trocável dificultando o manejo desses solos, relacionada com o pH variando de 8,5 a 11, influenciando na disponibilidade de nutrientes e na desestruturação de seus agregados. O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre basicamente pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. A característica principal deste efeito é a expansão da argila quando úmida e sua contração quando seca, devido ao excesso de sódio trocável. Se a expansão for exagerada poderá ocorrer fragmentação das partículas causando a dispersão da argila e modificando a estrutura do solo (RHOADES et al., 2000; MEDEIROS et al., 2008; MEDEIROS et al., 2010). Nos solos sódicos, em função da ausência do oxigênio alguns nutrientes, ao substituí-lo como receptor primário de elétrons no solo sofrem redução, convertendo-se em formas indesejáveis à agricultura tornando-se voláteis ou atingindo concentrações tóxicas, provocando implicações negativas na disponibilidade de nutrientes (SANTOS et al., 2010).

Com a acumulação de altos teores de Na e Cl a absorção de cátions e ânions diminui ocasionando desequilíbrio nutricional na planta, diminuindo seu rendimento agrônômico (ROMERO et al., 1994; MAATHUIS, 2006; KUMAR et al., 2008). O efeito da salinidade sobre o crescimento vegetal difere entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie, bem como entre estádios de desenvolvimento e, também, entre órgãos e células de uma mesma planta, quanto aos níveis de concentração interna de sais capazes de causar toxidez (HANS-WERNER et al., 2008; HENDRICKS e BUSHNELL, 2009).

A presença de um íon em excesso poderá provocar deficiência ou inibir a absorção de outro, devido à precipitação, afetando o crescimento da planta pela falta, não pelo excesso de um íon e sim pelo elemento precipitado (DIAS e BLANCO, 2010) alterando, desta forma, os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta (GHEYI et al., 1991). A presença de sais de sódio também tende a restringir a taxa de mineralização do

nitrogênio (N) já que, com o aumento de sua concentração no solo, em geral a mineralização do N orgânico é reduzida afetando o crescimento da planta pela redução do N disponível e não pelo excesso de sódio. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em razão das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, tal como das diferentes respostas das plantas tanto em relação à salinidade como no tocante à eficiência na aquisição de nutrientes do solo (GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ e CUARTERO, 1993; LACERDA, 2005).

A compreensão entre a interação salinidade-correção-fertilidade se constitui em desafio para reintegrar áreas degradadas à exploração agrícola e minimizar o impacto socioeconômico ambiental resultante do processo de salinização nas regiões áridas e semiáridas (SANTOS et al., 2010).

A adubação correta é uma das principais tecnologias usadas para aumento da produtividade e da rentabilidade de uma cultura. Na mamoneira é possível se aumentar a produção utilizando-se esta técnica; todavia, o conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes nesta cultura ainda carece de aperfeiçoamento e adaptação para as diferentes regiões onde a cultura é plantada (SEVERINO et al., 2005) haja vista que a mamona requer solos férteis (GONÇALVES et al., 2007).

Nitrogênio é o elemento mineral que as plantas, em geral, exigem em maiores quantidades. Ele é constituinte de muitos componentes da célula vegetal, como os aminoácidos e os ácidos nucleicos (TAIZ e ZEIGER, 2009). O N é o nutriente que mais afeta o crescimento da área foliar e a taxa de fotossíntese das culturas. Relações lineares têm sido demonstradas entre o teor de nitrogênio na cobertura vegetal e o índice de área foliar nos estádios iniciais de desenvolvimento de várias espécies (PONS e WESTBEEK, 2004). A exigência das culturas em nitrogênio está relacionada com a velocidade de crescimento, com a produtividade e é dependente de fatores como solo, luz, temperatura e precipitação pluviométrica (MALAVOLTA et al., 1997). Em geral, o teor de nitrogênio varia de 20 a 50 g kg⁻¹ nos tecidos vegetais (FAQUIN, 1994) e pode alterar a composição da planta mais do que qualquer outro nutriente mineral (MARSCHNER, 2012).

A essencialidade do N para as plantas está em exercer funções fisiológicas importantes na formação de compostos orgânicos destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, vitaminas e clorofila, dentre outros (MARSCHNER, 2012). Como constituinte desses compostos, o nitrogênio está envolvido nos processos que ocorrem no

protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese (REDINBAUGH e CAMPBELL, 1991; FAQUIN, 1994; SHANGGUAN et al., 2000).

O fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. As culturas absorvem N ao longo do ciclo cultural porém é pequena a absorção na etapa inicial do desenvolvimento. Portanto, é prejudicial aplicar a quantidade total de N necessária por ocasião do plantio uma vez que a eficiência na utilização pela planta aumenta parcelando-se a aplicação (FILGUEIRA, 2003).

O nitrogênio é encontrado no solo nas formas orgânica, amoniacal e nítrica. Contudo, a maior quantidade do elemento existente no solo se encontra na forma orgânica; é necessário sua transformação em formas inorgânicas através do processo de mineralização para seu maior aproveitamento pelas plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Quando comparado com os demais nutrientes, o nitrogênio é muito mais difícil de ser mantido no solo ao alcance das raízes devido à sua mobilidade. Por isso, devido ao seu baixo efeito residual e à sua grande exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma mais frequente que no caso dos demais nutrientes, principalmente em solos arenosos (PINTO et al., 1993; GUILHERME et al., 1994; BORGES e COSTA, 2002).

Para que o nitrogênio seja absorvido e haja passagem dos íons nitrato ou amônio da solução do solo para o interior das células das raízes, é necessário que os íons cheguem até a superfície das raízes. Portanto, o mecanismo de fluxo de massa contribui, de maneira fundamental, sendo controlado pelo gradiente de potencial hídrico entre a parte aérea do vegetal e o solo gerado pela transpiração (FAQUIN, 1994; BRUNINI e ANGELOCCI, 1998).

O elemento nitrogênio absorvido pelas plantas é translocado via xilema das raízes para a parte aérea sendo que a forma de translocação do elemento depende da sua forma absorvida e do metabolismo radicular (FAQUIN, 1994). De acordo com Redinbaugh e Campbell (1991), o N absorvido como amônio é assimilado nos tecidos radiculares e redistribuído na forma de aminoácidos; no entanto, o N absorvido como íon nitrato pode ser translocado, desta forma, para a parte aérea porém depende do potencial de redução do nitrato das raízes; assim, o nitrato e os aminoácidos são as principais formas de translocação de nitrogênio no sistema vascular das plantas superiores.

A mamoneira tem forte demanda por N para seu crescimento e produção foliar e, quando cultivada sob deficiência, apresenta redução no crescimento com sintomas visuais nas

folhas com forte perda de cor das folhas inferiores para o ápice, seguido de queda prematura da folhagem (SANTOS et al., 2004). A frutificação, quando ocorre, é fraca com poucos cachos e frutos com peso (FERREIRA et al., 2004).

Em seu trabalho Lavres Junior et al. (2005) observaram, avaliando o efeito da deficiência dos macronutrientes no crescimento e estado nutricional da mamoneira cultivar Iris, que o N e o K são os primeiros elementos a apresentar sintomas visuais de deficiência seguidos de Ca, Mg, S e P.

O excesso de nitrogênio também pode ser prejudicial às plantas provocando crescimento exagerado da parte aérea em relação ao sistema radicular deixando a planta mais suscetível à deficiência hídrica e de nutrientes, principalmente fósforo e potássio, além de reduzir a fotossíntese por aumento no autossombreamento e aumentar a suscetibilidade a doenças (ENGELS e MARSCHNER, 1995).

Severino et al. (2006) constataram, objetivando avaliar os efeitos da adubação mineral na cultivar de mamona BRS Nordestina, que a alta disponibilidade de nutrientes provoca crescimento vegetativo excessivo dificultando a colheita, diminuindo a produtividade em função do gasto de energia para formação de folhas e caules, competindo com a produção das sementes. Esta realidade é comum para a maioria das plantas de mamoneira de portes médio e alto (AZEVEDO et al., 2001) e impõe desafio adicional ao melhoramento de plantas: sintetizar variedades com maior índice de colheita que ao mesmo tempo tenham, como características distintivas, menor crescimento arbustivo, maior produtividade de baga e de óleo e uso eficiente de adubos e corretivo. Pelo elevado dinamismo no sistema solo-planta o manejo adequado do nitrogênio é conhecido como um dos mais difíceis (SANTOS et al., 2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do Experimento

O experimento foi desenvolvido de outubro de 2010 a fevereiro de 2011 em lisímetros de drenagem em casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Campus I, com as seguintes coordenadas geográficas: 7°15'18'' S, e 35°52'28'' W e altitude média de 550 m. Na Figura 1 se apresentam maiores detalhes do local do experimento.



Figura 1. Vista frontal da área experimental (A) e vista interna da área experimental (B)

4.2 Cultivar Utilizada

A cultivar utilizada no experimento foi a BRS Energia, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN e lançada em 2007 e cujas principais características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características da cultivar BRS Energia

Característica	BRS Energia
Altura média	1,40 m
Coloração do caule	Verde com cera
Formato do racemo	Cônicos, com frutos indeiscentes
Peso médio de 100 sementes	Pode variar entre 40 - 55 g
Coloração das sementes	Sementes rajadas de cores bege e marrom
Ciclo médio	Entre 120 e 150 dias
Teor de óleo das sementes	48%
Produtividade média	1800 kg
Número de racemos por planta	2 a 8
Tamanho médio do racemo	60 cm
Número médio de frutos (bagas) por racemo	100

Fonte: Milani (2010)

4.3 Procedimentos de Instalação do Experimento

O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem (recipientes plásticos) de 100 L de capacidade, de formato cônico com diâmetro superior de 50 cm, inferior 35 cm e altura de 70 cm, preenchidos com 120 kg de material de solo tipo franco arenoso, sendo 90 kg nos 2/3 inferiores do lisímetro e 30 kg de solo misturado com húmus (2% do peso total de solo) na parte superior deixando-se 5 cm livres na superfície do vaso para facilitar a irrigação. O sistema de drenagem foi composto de tela e camada de brita, aproximadamente 1 kg de brita (nº zero), a qual cobria a base do vaso e o acompanhamento da drenagem foi realizado através de dois furos feitos na base conectados a recipientes plásticos para coleta do volume drenado e estimativa de consumo de água pela cultura (Figura 2).



Figura 2. Vista da disposição dos lisímetros e coletores de drenagem

4.4 Material de Solo Utilizado

O material de solo utilizado foi coletado na profundidade de 0-30 cm de um Neosolo Regolítico Eutrófico, de textura franco-arenosa, não salino e não sódico, devidamente destorroado e peneirado, proveniente do distrito de São José da Mata, município de Campina Grande, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 2), foram obtidas conforme metodologias recomendadas por Claessem (1997).

Tabela 2. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Características Físicas	
Granulometria	Valor
Areia (g kg^{-1})	734
Silte (g kg^{-1})	168
Argila (g kg^{-1})	98
Classificação Textural	Franco arenoso
Densidade do solo (g cm^{-3})	1,42
Densidade das partículas (g cm^{-3})	2,81
Porosidade (%)	49,47
Capacidade Campo (%)	14,38
Ponto de Murchamento (%)	2,5
Água disponível (%)	11,88
Características Químicas	
Complexo Sortivo	Valor
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	1,19
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,56
Sódio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,06
Potássio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,24
Hidrogênio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	2,15
Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,6
Carbono orgânico (%)	0,39
Matéria orgânica (%)	0,67
Nitrogênio (%)	0,03
Fósforo Assimilável mg/100g	0,67
pH em água (1:2,5)	5,23
CE em suspensão Solo-Água (1:2,5) (dS m^{-1})	0,12
Extrato de Saturação	
pHes	5,22
CEes (dS m^{-1})	0,52
Cálcio ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	2,75
Magnésio ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	2,13
Sódio ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	1,54
Potássio ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	0,53
Cloreto ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	5,0
Carbonato ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	0,0
Bicarbonato ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	1,60
Porcentagem de saturação (%)	20,0

Análise realizada no laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG)

4.5 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições cujos tratamentos foram constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa, de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m^{-1} e cinco doses de

nitrogênio: 50; 75; 100; 125 e 150 mg de N kg de solo⁻¹, assumindo, como referência a dosagem de 100 mg de N por quilo de material de solo, seguindo recomendação de Novais et al. (1991) para experimento em ambiente protegido.

4.6 Adubação

As dosagens de fósforo e potássio também foram aplicadas conforme recomendações de Novais et al. (1991), isto é, 300 e 150 mg de P₂O₅ e K₂O por quilo de material de solo. Por ocasião do enchimento dos lisímetros foi realizado-se a adubação aplicando-se 300 mg de P₂O₅, 50 mg de K₂O e 1/3 da recomendação para cada tratamento de nitrogênio (N). O restante (2/3) de N e K₂O (100mg kg⁻¹) foi dividido em cinco aplicações iguais aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

Foram empregados, como fonte de nutrientes utilizados no experimento, o fosfato monoamônio e superfosfato simples para o P₂O₅, o sulfato de potássio para o K₂O e ureia para o nitrogênio.

4.7 Água de Irrigação

Para obtenção dos níveis de salinidade da água de irrigação utilizou-se o cloreto de sódio (NaCl) diluído em água, proveniente do sistema de abastecimento local com base na equação 1. As respectivas águas eram acondicionadas em recipientes plásticos de 200 L de capacidade (Figura 3).

$$Q_{apl} = [(CE_d - CE_a) \times Vol_a \times 640] / 1000 \quad (1)$$

Onde:

Q_{apl} = Quantidade de sal a ser aplicada em g

CE_d = Condutividade elétrica desejada

CE_a = Condutividade elétrica da água

Vol_a = Volume de água no reservatório



Figura 3. Recipientes plásticos para armazenar as águas de irrigação

4.8 Semeadura

As sementes cedidas pela Embrapa Algodão foram selecionadas eliminando-se as defeituosas e semeadas em solo com umidade no nível de capacidade de campo com água dos respectivos tratamentos; para garantir plantas vigorosas em cada vaso foram semeadas seis sementes por vaso, na profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante; aos 20 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, as mais vigorosas e aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes deixando-se a planta mais vigorosa.

4.9 Irrigação

As irrigações foram realizadas diariamente, ao final da tarde, e tinham como base a necessidade hídrica das plantas balizadas no balanço hídrico: volume aplicado, menos o volume drenado acrescido de uma fração de lixiviação em média de 10% para lixiviar o acúmulo de sais no solo. Para certificação da quantidade de água necessária nas irrigações fez-se uso da Equação 2.

$$IRR = \frac{Va - Vd}{1 - FL} \quad (2)$$

Em que:

IRR = Volume de água a ser aplicado na irrigação posterior (L);

Va = Volume de água aplicado na irrigação (L);

Vd = Volume de água drenado após a irrigação (L);

FL = Fração de lixiviação.

4.10 Tratos Culturais

Durante a condução do experimento foram realizados tratamentos culturais como eliminação manual de ervas daninhas, escarificação superficial do solo, pulverizações periodicamente, para o controle preventivo de pragas dentre elas o ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni*), a mosca minadora (*Liriomyza sativae* Blanchard) e a mosca-branca (*Bemisia* spp.). Todas as medidas culturais indicadas para o controle e rotação dos agroquímicos (inseticida/acaricidas) foram assumidas com o intuito de evitar o surgimento de resistência (CARVALHO, 2005).

5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados e discussões da pesquisa serão apresentados na forma de artigos científicos que serão encaminhados para publicação em revistas

5.1 Análise biométrica da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada

Resumo - A mamoneira vem-se destacando devido à possibilidade de uso do óleo contido em suas sementes como combustível sendo uma das oleaginosas mais promissoras entre os pequenos produtores, especialmente no semiárido nordestino. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a interação salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada no crescimento e desenvolvimento da mamoneira cv. BRS Energia, cultivada em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do CTRN/UFCG, Campina Grande, PB, no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011. Usou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados adotando esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ e cinco doses de nitrogênio, 50; 75; 100; 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo. Constatou-se maior decréscimo por incremento unitário da CEa em altura de planta 11,2% na fase inicial (20 DAS); na fase de desenvolvimento (80 DAS) em diâmetro caulinar de 8,9% e no número de folhas e a área foliar 17,2 e 16,8%, respectivamente. A maior sensibilidade da taxa de crescimento absoluto em altura em relação à salinidade da água de irrigação ocorreu no período de 41 – 60 DAS e para a taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar no período de 61 – 80 DAS, com diminuição de 42,4 e 49,3%, respectivamente, para as plantas irrigadas com água de CEa de 4,6 dS m⁻¹, quando comparados ao nível salino de 0,6 dS m⁻¹. A interação entre salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio não promoveu efeito significativo sobre nenhuma das variáveis estudadas.

Palavras-chave: BRS Energia, salinidade, nutrição mineral.

Biometric analysis of castor bean irrigated with saline water and doses of nitrogen

Abstract - The castor bean besides its economic importance has emerged as a promising crop among small farmers, especially in the semiarid northeast. The objective of this study was to evaluate the interaction between salinity of irrigation water and nitrogen fertilization on growth and development of castor bean cv. BRS Energia, cultivated in protected environment, belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering of the CTRN / UFCG , Campina Grande, PB, during October 2010 to February 2011. A randomized blocks design was used

adopting 5 x 5 factorial with three replications. The treatments consisted of different levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6; 1.6; 2.6; 3.6 and 4.6 dS m⁻¹) associated with different rates of nitrogen (50; 75; 100; 125 and 150 mg N kg⁻¹ of soil). The decrease in plant height with per unit increase in EC_w was 11.2% at the initial stage (20 DAS); in the development stage (80 DAS) in stem diameter of 8.9% and the number of leaves and leaf area 17.2 and 16.8%, respectively. The greater sensitivity of the rate of absolute height growth in relation to salinity of irrigation water occurred in the period 41-60 DAS and for the absolute growth rate in stem diameter during the period of 61-80 DAS, with a decrease of 42.4 and 49.3%, respectively, for plants irrigated with water EC_w of 4.6 dS m⁻¹ compared to 0.6 dS m⁻¹. The interaction between salinity of irrigation water and nitrogen was not significant on any of the variables studied.

Key words: BRS Energy, salinity, mineral fertilizer

INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma planta da família euforbiácea que se desenvolve em regiões tropicais e semiáridas (BELTRÃO et al., 2008) e apresenta significativo valor socioeconômico com produtos e subprodutos utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, possibilitando ainda seu uso como biocombustível, devido ao óleo presente em suas sementes (ALMEIDA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009).

Por ser muito exigente em fertilidade do solo a mamoneira tem alta produtividade quando cultivada em solos com alta fertilidade natural ou que receberam adubação em quantidade adequada; mesmo sob déficit hídrico a mamoneira é capaz de aproveitar a adubação, o que diminui o risco desta prática, principalmente em regiões semiáridas (SEVERINO et al., 2005).

A cultivar BRS Energia, desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e EMPARN e lançada em 2007, se caracteriza pela precocidade, com porte médio, em torno de 1,40 m, ciclo entre 120 e 150 dias, caule verde com cera, cachos cônicos com tamanho médio de 60 cm, frutos verdes com cera e indeiscentes. As sementes pesam entre 0,40 e 0,53 g, são rajadas com as cores marrom e bege, contendo 48% de óleo. A produtividade média experimental em condições de sequeiro é de 1.800 kg ha⁻¹ (MILANI, 2010).

A irrigação é uma das tecnologias de maior influência no desenvolvimento e produção das culturas, minimizando os efeitos nocivos das secas periódicas e da irregularidade das

chuvas, condições edafoclimáticas típicas de regiões áridas e semiáridas (OLIVEIRA et al., 2012). Apesar da relevância da irrigação para a produção agrícola, em geral, nas regiões semiáridas onde a evapotranspiração supera a pluviosidade, a salinidade do solo e da água de irrigação se constitui grande obstáculo ao sistema de produção (CAVALCANTE et al., 2005; FREIRE et al., 2010).

De acordo com Taiz e Zeiger (2009) o desenvolvimento das plantas apresenta alta dependência do suprimento de nitrogênio, principalmente porque este nutriente participa diretamente no metabolismo das plantas, atuando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas. Flores et al. (2001) reforçam que a fertilização nitrogenada não só promove o crescimento de planta mas também pode reduzir o efeito da salinidade nas plantas.

Ante o exposto objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada sobre o crescimento e desenvolvimento da mamoneira cv. BRS Energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011, em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: situada 07° 15' 18'' S e 35° 52' 28'' W e altitude média de 550 m.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ associados a cinco doses de adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo, conforme Novais et al. (1991) e as subparcelas constituídas pelo tempo.

Obtiveram-se os diferentes níveis de salinidade da água a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Richards (1954), sendo $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, cuja a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas foram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

Utilizou-se a cultivar de mamoneira BRS Energia cujas sementes foram cedidas pela Embrapa Algodão e cultivadas em recipientes plásticos de 100 L de capacidade, preenchidos com 1 kg de brita (nº zero) para cobrir a base do vaso seguida de 90 kg de um material de solo identificado como Neosolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, não salino e não sódico proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB, coletado na profundidade de 0-30 cm. O solo foi destorroado e analisado conforme metodologias recomendadas por Claessem (1997) que apresentou as seguintes características físicas: areia (734 g kg^{-1}), silte (168 g kg^{-1}), argila (98 g kg^{-1}), densidade ($1,42 \text{ kg dm}^{-3}$), porosidade (49,47%) e respectivamente químicas: Ca, Mg, Na e K trocáveis 11,9, 5,6, 0,6 e 2,4 $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e no extrato de saturação obteve pH_{es} (5,22), CE_{es} ($0,52 \text{ dS m}^{-1}$), Ca^{2+} ($2,75 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Mg^{2+} ($2,13 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Na^+ ($1,54 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), K^+ ($0,53 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Cl^- ($5,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), CO_3^{2-} ($0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), HCO_3^- ($1,60 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) e percentagem de saturação (20,0%); os 30 kg de solo na parte superior do recipiente foram misturados com húmus (2% do peso total de solo); foram deixados 5 cm livres na superfície do vaso para facilitar a irrigação; a drenagem foi acompanhada através de dois furos feitos na base dos vasos, sendo conectados a um recipiente plástico.

Durante o enchimento dos vasos foi aplicada a adubação de fundação colocando-se 300 e 50 mg de P_2O_5 e K_2O por kg de material de solo, respectivamente (NOVAIS et al., 1991); para as doses de N foram aplicadas as respectivas proporções conforme tratamento aplicando-se, para cada 120 kg de solo (conteúdo de um vaso) 1/3 da recomendação para o nitrogênio (N) e o potássio (K_2O); o restante (2/3) de N e K (100 mg) foi parcelado em cinco aplicações iguais aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

A semeadura foi realizada em 2 de outubro de 2010 com o solo em capacidade de campo com água dos respectivos tratamentos; com o intuito de garantir plantas vigorosas em cada vaso, foram semeadas seis sementes a na profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante; aos 20 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se, em cada um, uma planta por vaso.

As lâminas aplicadas nas irrigações que eram realizadas diariamente ao final da tarde tinham, como base, a necessidade hídrica das plantas analisadas em função do balanço

hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação em média de 10% para evitar acúmulo de sais no solo.

Para análise dos efeitos dos tratamentos sobre a cultura foi realizada avaliação da altura de planta (AP), do diâmetro de caule (DC) e do número de folhas (NF), aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS e área foliar (AF) aos 40, 60, 80 e 100 DAS subdivididas no tempo; também foram avaliados as taxas de crescimento absoluto (TCA) para altura de planta (TCAap) e diâmetro de caule (TCA_{dc}) nos intervalos de 20-40, 41-60, 61-80 e 81-100 (DAS) seguindo-se metodologia de Benincasa (2003).

A altura de planta foi medida a partir do colo até o ápice da planta; o diâmetro de caule foi determinado a 5 cm do colo das plantas utilizando-se paquímetro digital; na quantificação do número de folhas foram consideradas apenas as folhas com no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa e comprimento mínimo de 4 cm.

A área foliar foi estimada a partir da metodologia proposta por Severino et al. (2004) constando em medir o comprimento da nervura principal de cada folha (P) e depois aplicou-se na equação $AF = \Sigma(0,2622^2 \times (P)^{2,4248})$.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste 'F' e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial através do software SISVAR (FERREIRA, 2003). Nos casos de evolução em função do tempo utilizou-se o software TABLE CURV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as curvas de evolução em altura de planta (Figura 1A) observou-se que, quanto maior eram as condutividades elétricas da água de irrigação menores eram as AP do início ao final do período experimental, com crescimento mais pronunciado até os 60 DAS quando as plantas já tinham emitido suas inflorescências e iniciado o processo de frutificação; aos 20 DAS, conforme equações de regressão, constatou-se a maior diferença percentual em favor das plantas sob CEa $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (49,3%), quando comparadas com as plantas sob CEa de $4,6 \text{ dS m}^{-1}$, possivelmente relacionado ao fato de que a germinação de sementes se inicia com a absorção de água caracterizando a embebição através da hidrólise de macromoléculas para a nutrição do embrião (SAMPAIO, 1998) e sementes sob estresse salino têm o processo germinativo comprometido refletindo-se no retardamento da emergência de plântulas normais (NOBRE et al., 2012) interferindo conseqüentemente, no crescimento inicial em altura das

plantas; contudo, ao longo do ciclo da cultura esta diferença foi reduzindo entre todas as CEa, chegando à última avaliação (100 DAS), com diferença de 38,2%, quando comparadas as plantas sob CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹.

Naturalmente se espera que os efeitos da salinidade ao longo do tempo se agravem aumentando as diferenças entre plantas cultivadas sob baixa e alta salinidade, contudo a maior variação percentual verificada na primeira avaliação (20 DAS) pode ter relação com o fato de que a salinidade retarda o crescimento da planta fazendo com que seu ciclo aumente.

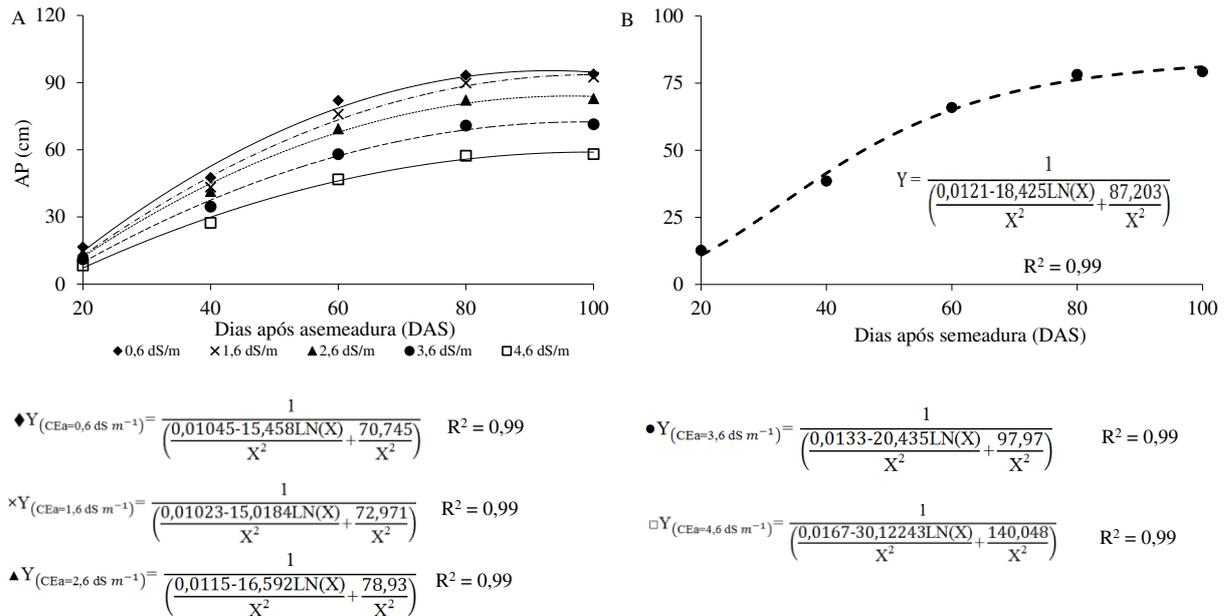


Figura 1. Evolução da altura de planta (AP) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS)

Quanto às doses de nitrogênio e de acordo com a equação de regressão, as plantas tiveram crescimento contínuo até os 100 DAS (Figura 1B) em termos de altura; no entanto, no período correspondente aos 28 – 36 DAS, a AP aumentou segundo a equação, em média 1,62 cm por dia e a partir desta data a taxa de crescimento foi diminuindo até o crescimento na AP ficar uniforme com 0,15 cm por dia aos 100 DAS.

Quanto ao diâmetro de caule observou-se similaridade ao crescimento em altura para os níveis de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹, onde aos 20 DAS as plantas sob CEa de 1,6 dS m⁻¹ tiveram decréscimo de 9,1% em relação às plantas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ e na época da última avaliação (100DAS) a diferença caiu para 4,0% (Figura 2A). apesar disto verificou-se, para os níveis mais salinos efeito mais severo haja vista que os decréscimos das plantas irrigadas com águas de CE de 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ em relação às plantas sob CEa 0,6 dS m⁻¹, aumentarem

ao longo do tempo denotando que o crescimento em diâmetro caulinar da mamoneira seja mais susceptível aos efeitos da salinidade que o crescimento em altura.

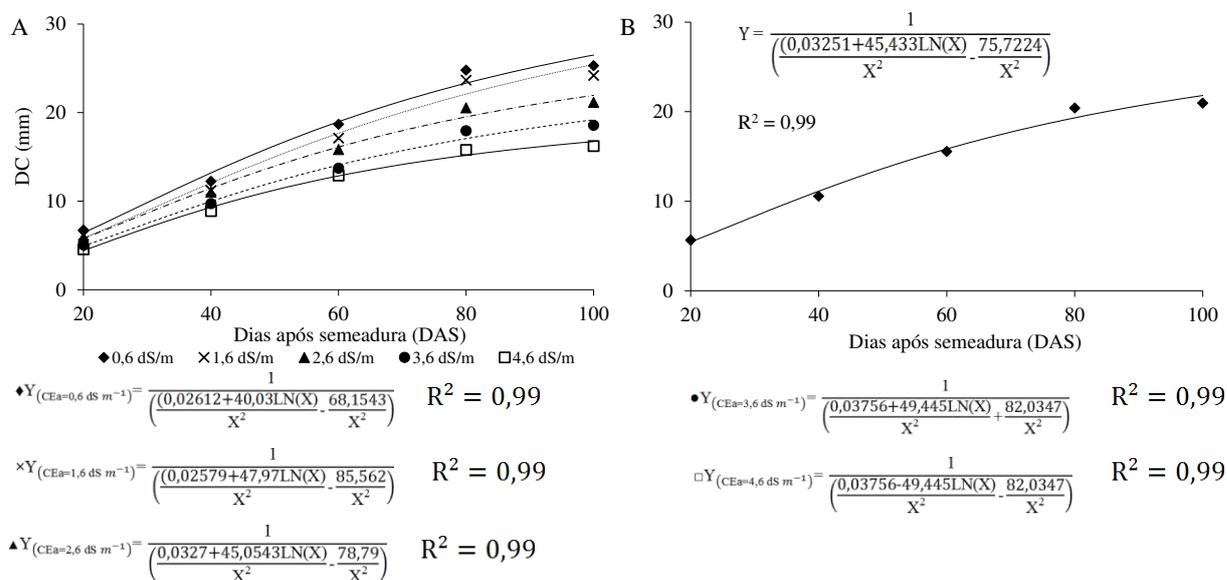


Figura 2. Evolução do diâmetro de caule (DC) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS).

A respeito da aplicação de N no diâmetro do caule (DC) (Figura 2B) a equação de regressão estimou crescimento diário mais acelerado até a primeira metade do período experimental (50 DAS) com DC de 13,6 mm, valor correspondente a 62,6% do valor máximo do DC que foi verificado aos 100 DAS de 20,8mm. Diniz Neto et al. (2012) ao constatarem aumento no diâmetro de caule por aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo, afirmam que a mamoneira possui elevada eficiência para transformar nutrientes em fitomassa. Severino et al. (2006) verificaram que as plantas de mamoneira que receberam adubação com nitrogênio tiveram diâmetros de caule maiores que as do solo sem adubação.

No tocante ao número de folhas, verificou-se que houve pouca variação entre os níveis salinos até os 40 DAS (Figura 3A); a partir deste ponto notou-se que as plantas emitiram folhas de forma expressiva, principalmente as sob CEa de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹, até os 80 DAS, com aumentos respectivos de 5,3 e 4,7 vezes o número registrado aos 40 DAS enquanto as plantas sob as CEa mais altas (3,6 e 4,6 dS m⁻¹) para a mesma data tiveram ganhos de 2,7 e 2,5 vezes; contudo, observando os decréscimos existentes, respectivamente, 60,9 e 60,1%, aos 80 e 100 DAS entre as plantas irrigadas com água de CE de 3,6 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com CE de 0,6 dS m⁻¹ e de 69,9 e 69,8% quando relacionadas às sob CEa de 4,6 dS m⁻¹. Esta estabilidade pode ser explicada pela redução ou paralização do crescimento vegetativo da

planta que ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados produzidos, para os órgãos produtivos (TAIZ e ZEIGER, 2009). Em seus trabalhos, Soares et al. (2012); Nobre et al. (2013) constataram decréscimos no NF da mamoneira com aumento da CEa, pois em condições de estresse salino é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas que refletem na redução da transpiração como alternativa para manter a baixa absorção de água salina; dentre essas adaptações está a redução do número de folhas (OLIVEIRA et al., 2010).

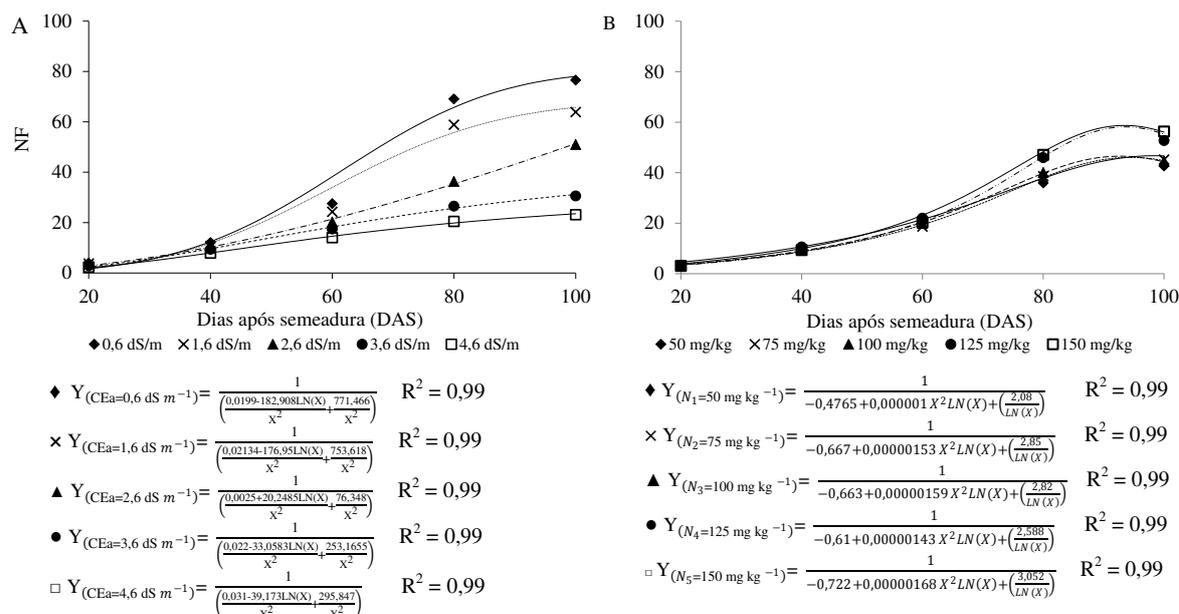


Figura 3. Evolução do número de folhas (NF) da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após sementeira (DAS), irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após sementeira (DAS)

Segundo os modelos (Figura 3B), a dose de 50 mg de N kg⁻¹ de solo apresentou maiores valores no número de folhas até aproximadamente 50 DAS; a partir deste ponto a dose de 125 mg de N kg⁻¹ de solo obteve maiores NF. Também se constatou que a dose de 125 mg kg⁻¹, alcançou maior ganho de NF que as doses de 75, 100 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo, em todo o período experimental. Quando comparadas as doses 75 e 125 mg kg⁻¹, constataram-se percentuais crescentes em favor da dose de 125 mg kg⁻¹, com 12,0; 14,6%; 19,6; 27,0 e 25,2%, respectivamente aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS (Figura 3B). O aumento do número de folhas pode estar relacionado ao fato de que a mamoneira, quando cultivada com boa disponibilidade de nutrientes, produz grande massa vegetativa (SEVERINO et al., 2006) sobretudo o nitrogênio, que é um nutriente que influencia os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, além de ser exigido em grandes quantidades (TAIZ e ZEIGER, 2009).

De acordo com as equações de regressão (Figura 4A), para a CEa de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ para as curvas de evolução da AF em função dos dias após semeadura, estimaram-se, no intervalo de 40 a 60 DAS, os maiores incrementos em AF com aumentos de 190,7; 232,0; 133,9; 114,4 e 101,7%, respectivamente para CEa de 0,6, 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹. Conforme o exposto na Figura 4A, as curvas da CEa de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹ foram crescentes até os 76 e 77 DAS, respectivamente, onde para a CEa de 0,6 dS m⁻¹ foi verificada a maior AF de 0,7 m² e para a CEa de 1,6 dS m⁻¹ AF máxima de 0,6 m²; para as demais salinidades da água de irrigação as maiores AF foram observadas entre os 82 e 85 DAS CEa de 2,6 (0,45 m²), 3,6 (0,29 m²) e 4,6 dS m⁻¹ (0,22 m²).

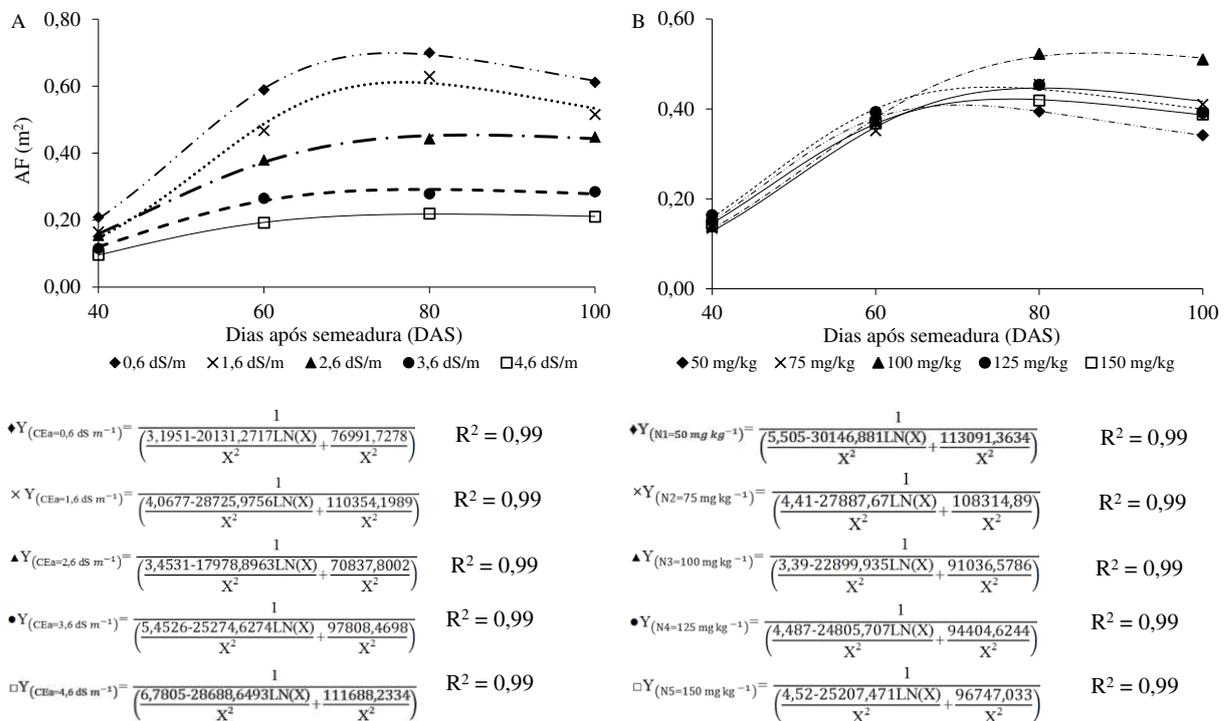


Figura 4. Evolução da área foliar (AF) da mamoneira aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS), irrigada com águas salinas (A) e adubada com doses de nitrogênio (B) em função dos dias após semeadura (DAS).

Quando comparadas as maiores AF da CEa de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹ (Figura 4A), constatou-se que houve um decréscimo da AF das plantas irrigadas com CEa de 4,6 dS m⁻¹ em relação à CEa de 0,6 dS m⁻¹ de 68,8%, ratificando o efeito deletério da salinidade também constatado quando comparadas as CEa de 3,6, 2,6 e 1,6 dS m⁻¹ com a CEa de 1,6 dS m⁻¹, apresentando respectivos decréscimos de 58,4; 35,0 e 12,5%. Plantas quando submetidas ao estresse salino sofrem mudanças que comprometem a expansão e divisão celular, com reflexos negativos no crescimento vegetativo, nas funções reprodutivas e na aceleração da senescência das folhas

(PRISCO e GOMES FILHO, 2010). Já para Tester e Davenport (2003) esses decréscimos na área foliar estão relacionados, provavelmente, com os mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino diminuindo a superfície transpirante, como forma de proteção e sobrevivência.

Analisando a evolução da área foliar (Figura 4B) para as doses de nitrogênio, os efeitos das doses foram se intensificando ao longo do tempo, com crescimento acelerado até os 60 DAS; posteriormente estimou-se, pela equação de regressão, que a dose de 50 mg de N kg⁻¹ de solo teve a área foliar diminuída a partir dos 70 DAS quando se verificou AF de 0,4 m²; mediante as equações de regressão para as doses de 75, 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo, as maiores AF foram observadas entre os 74 e 80 DAS, com 0,45; 0,45 e 0,42 m², respectivamente. A dose de nitrogênio correspondente a 100 mg de N kg⁻¹ de solo foi a que obteve maior área foliar, visto a equação estimar a AF em 0,52 m², aos 88 DAS. O decréscimo da área foliar verificado para todas as doses a partir dos 65 DAS, pode estar relacionado à senescência das folhas, como também ao fato da translocação dos assimilados para atender às necessidades da frutificação. Para Ribeiro et al. (2009) a área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas, visto que retrata o tamanho do seu aparelho assimilatório, o qual está diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas e os resultados encontrados em seu estudo corroboram com os encontrados nesta pesquisa ao se verificar independente da dose de nitrogênio, crescimento contínuo da área foliar até 60 DAS e a partir deste ponto, apresentando decréscimos.

A salinidade crescente da água de irrigação promoveu efeito significativo ($p < 0,01$ e $0,05$) sobre todas as variáveis estudadas (NF, AP, DC, AF, TCAap e TCAdc) e em todas as épocas de estudo, exceto para TCAap (20-40 DAS e 41-60 DAS) e TCAdc (20-40, 41-60 e 61-80 DAS) (Tabela 1). Em relação ao fator dose de nitrogênio constata-se efeito significativo apenas para número de folhas aos 80 e 100 DAS e na área foliar aos 100 DAS; a interação salinidade das águas x adubação nitrogenada não teve efeito significativo em nenhuma das épocas avaliadas sobre todas as variáveis analisadas indicando que doses de N se comportam de maneira semelhante, mesmo em diferentes níveis de salinidade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, taxa de crescimento absoluto da altura de plantas e diâmetro caulinar da mamoneira aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS, em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio

Época	Fonte de variação					
	Nível Salino (NS)	Dose Nitrogênio (DN)	Interação NS x DN	Bloco	Resíduo	CV (%)
Altura de planta						
20 DAS	155,89**	8,01ns	9,82ns	20,83*	6,28	19,71
40 DAS	980,32**	65,77ns	49,43ns	90,49ns	45,56	17,52
60 DAS	3103,22**	124,43ns	63,83ns	92,43ns	72,93	12,96
80 DAS	3375,56**	91,01ns	76,92ns	115,0ns	65,81	10,37
100 DAS	3536,95**	59,31ns	67,96ns	120,00ns	65,29	10,2
Diâmetro do Caule						
20 DAS	11,20**	0,33ns	0,64ns	4,11*	1,07	18,28
40 DAS	26,95**	2,04ns	1,05ns	3,01ns	2,23	14,15
60 DAS	86,25**	4,45ns	1,78ns	0,93ns	2,05	9,2
80 DAS	217,99**	6,00ns	3,93ns	2,93ns	3,26	8,85
100 DAS	220,23**	5,94ns	4,19ns	2,80ns	3,2	8,54
Número de folhas						
20 DAS	6,61**	0,31ns	0,46ns	0,28ns	0,41	19,4
40 DAS	35,52**	5,09ns	4,87ns	5,33ns	8,49	13,33
60 DAS	439,09**	27,12ns	30,16ns	0,65ns	34,92	13,90
80 DAS	6651,88**	345,35**	126,74ns	86,52ns	81,47	10,84
100 DAS	7641,85**	523,95**	153,10ns	132,49ns	118,91	15,01
Área Foliar						
40 DAS	0,030**	0,002ns	0,003ns	0,00005ns	0,003	19,78
60 DAS	0,380**	0,004ns	0,003ns	0,006ns	0,005	19,72
80 DAS	0,69**	0,04ns	0,02ns	0,07ns	0,02	15,02
100 DAS	0,41**	0,06*	0,02ns	0,01ns	0,02	18,38
Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de planta						
20 – 40 ¹	0,89**	0,09ns	0,08ns	0,09ns	0,08	11,25
41 – 60	1,53**	0,05ns	0,08ns	0,03ns	0,06	18,55
61 – 80 ²	0,07ns	0,08ns	0,14ns	0,02ns	0,18	13,21
81 – 100 ²	0,03ns	0,01ns	0,02ns	0,002ns	0,02	5,49
Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro do caule						
20 – 40 ¹	0,009*	0,005ns	0,002ns	0,009ns	0,003	11,31
41 – 60	0,046**	0,002ns	0,004ns	0,004ns	0,004ns	14,62
61 – 80 ²	0,085**	0,008ns	0,008ns	0,002ns	0,006	17,04
81 – 100 ²	0,0003ns	0,0001ns	0,0004ns	0,0007ns	0,0003	0,88

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F. ¹dados transformados em \sqrt{x} , ²dados transformados em $\sqrt{x+1}$. DAS – Dias após semeadura.

Conforme equações de regressão (Figura 5A) ocorreu efeito significativo a 0,01 de probabilidade dos níveis salinos sobre a altura de planta em todas as épocas de avaliação constatando-se, com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, redução linear na AP em todas as épocas de estudo promovendo, respectivamente, decréscimos na ordem de

11,2; 9,7; 10,1; 9,1 e 9,1% por aumento unitário da CEa respectivamente aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS. Comparando as plantas sob CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹, constatou-se uma diferença percentual de 46,9; 38,8; 40,3; 36,3 e 37,4%, respectivamente aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS havendo, no período inicial (20 DAS) maior contraste e, conseqüentemente, maior afeito da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento em altura que, pode estar relacionado possivelmente à menor capacidade de absorção de água pelas sementes nos níveis mais salinos, o que geralmente influencia a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (REBOUÇAS et al., 1989) e também em função do efeito osmótico, que diminui a disponibilidade de água para as plantas provocando decréscimos não só no estágio inicial de crescimento mas também ao longo de todas as épocas. Estudos realizados por Lima et al. (2011a), com essa mesma cultivar e níveis de CEa de 0,4 a 4,4 dS m⁻¹, corroboram com os resultados encontrados ao verificarem uma redução na altura de plantas de 26,9% entre os níveis 0,4 e 4,4 dS m⁻¹ aos 21 DAS. Outros trabalhos também comprovaram os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação sobre a AP da mamoneira, como o realizado por Silva et al. (2008b); Lima et al. (2008), quando submeteram a cultivar de mamoneira BRS Energia e 149 Nordestina a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação verificaram que a altura diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

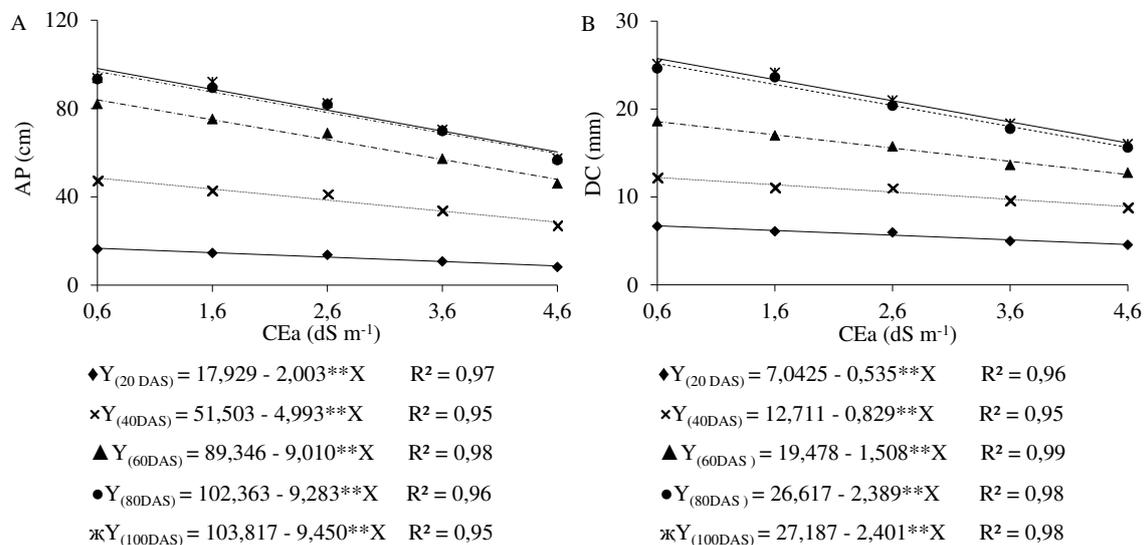


Figura 5. Altura de plantas (AP) (A) e diâmetro de caule (DC) (B) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após sementeira (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa).

Analisando o diâmetro do caule, notou-se efeito da salinidade desde a fase inicial de crescimento (20 DAS) ao se constatar, segundo a equação de regressão, decréscimo no DC de 7,6% a medida que se aumentou, unitariamente, o nível da salinidade da água de irrigação; aos

40 DAS, a diferença percentual menor, onde no nível mais salino da água de irrigação ($4,6 \text{ dS m}^{-1}$) as plantas alcançaram DC em 8,9 mm enquanto que para CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ o diâmetro de caule estimado foi de 12,21 mm, ou seja, decréscimo de 6,5% por aumento unitário da água de irrigação (Figura 5B). Santos et al. (2013) constataram, com o incremento salino das águas, reduções no DC da mamoneira BRS Energia variando entre 21 e 32% entre as plantas irrigadas com águas de maior e de menor condutividade elétrica. Lima et al. (2011a) em estudo do crescimento inicial da cv. BRS Energia utilizando níveis de CE da água de irrigação de 0,4 a $4,4 \text{ dS m}^{-1}$, observaram aos 14 DAS, redução no DC de 4,8% por incremento unitário da CEa, ou seja, decréscimos de 12,4% das plantas irrigadas com CEa de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ em relação às sob CEa de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$.

De acordo com as equações de regressão para 60, 80 e 100 DAS constataram-se decréscimos no DC por incremento unitário da salinidade da água de irrigação, de 7,7; 8,9 e 8,8% respectivamente, valores inferiores ao apresentado por Silva et al. (2008b) para o crescimento das cultivares BRS Paraguaçu e Energia, aos 80 DAS (9,1%) que contribuem para ressaltar o efeito deletério da salinidade sobre o crescimento das plantas, assim como os obtidos por Nery et al. (2009) com o pinhão-manso 5,4%. Segundo Morales et al. (2001) nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos.

A salinidade da água de irrigação inibiu linearmente a emissão de folhas aos 20, 40, 60, 80 e 100 DAS (Figura 6A) e segundo as equações de regressão aos 20 DAS a redução no NF foi de 9,4% em resposta ao incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação; aos 40 DAS foi o período de avaliação onde se registrou a menor redução (7,69%) no número de folhas por aumento unitário da CEa; para as demais idades das plantas 60, 80 e 100 DAS, em função das respectivas equações de regressão, foram verificados decréscimos por incremento unitário da salinidade da água de irrigação, de 11,6; 17,2 e 16,7% correspondendo, a uma redução de 3,4; 12,9 e 14,2 folhas por planta, respectivamente. A redução do número de folhas em condições de estresse salino é um dos mecanismos das plantas para manter a absorção de água sendo consequência de adaptações morfológicas e anatômicas nas plantas refletindo-se na perda de transpiração, como alternativa para manter a absorção de água (SILVA et al., 2008b) assim como poder ter relação com a senescência da planta. Trabalhos realizados por outros autores corroboram com a assertiva, como o observado por Lima et al. (2011a) em estudo com a BRS Energia sob diferentes salinidades da

água de irrigação (de 0,4 a 4,4 dS m⁻¹) e doses de nitrogênio, ao constatarem decréscimo por aumento unitário da CEa de 2,1% aos 21 DAS, obtendo uma redução de 8,3% no NF das plantas irrigadas com água com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação às irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹. Silva et al. (2008b) verificaram que a salinidade da água de irrigação promoveu redução no NF com decréscimos por aumento unitário da CEa de 7,5% para a cultivar BRS Energia aos 80 DAS.

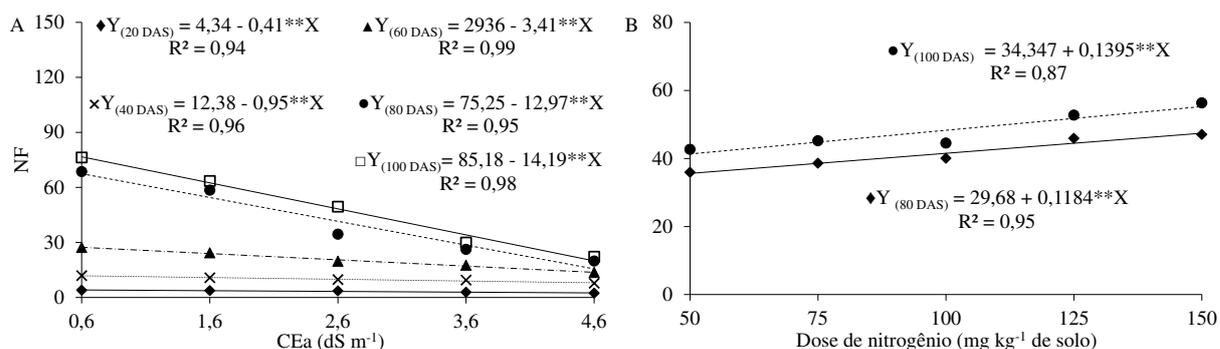


Figura 6. Número de folhas (NF) aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa) (A) e aos 80 e 100 dias após semeadura (DAS) adubada com doses de nitrogênio (B).

Com relação ao nitrogênio observou-se (Figura 6B) que o número de folhas aos 80 DAS, cresceu linearmente com o aumento da dose de nitrogênio, com valores estimados, segundo a equação de regressão, para as doses de 50 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo, de 35,6 e 47,4 folhas planta⁻¹ respectivamente, correspondendo a um acréscimo de 33,3% (Figura 6B). Aos 100 DAS o acréscimo estimado foi próximo ao verificado na época anterior, ao se constatar aumento no NF de 8,44% para cada aumento de 25 mg de N kg⁻¹ de solo, gerando acréscimo de 33,75% entre a dose de 50 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo. Por ser o elemento mineral que as plantas, em geral, exigem em maiores quantidades (TAIZ e ZEIGER, 2009), e por isso respondem bem à adubação nitrogenada, fato constatado por Silva et al.(2012) ao comprovarem que quanto maior a dose de nitrogênio maior foi o número de folhas emitidas pois quando cultivadas em solos muito férteis a mamoneira tende a produzir grande massa vegetativa (SEVERINO et al., 2006).

Pelas equações de regressão (Figura 7A), a área foliar decresceu com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde os dados se ajustaram melhor à equação linear, com decréscimos por aumento unitário da CEa aos 40 DAS de 12,8%, aos 60 DAS de 15,8%, aos 80 DAS de 16,8%; aos 100 DAS, assim como verificado para o número de folhas, o percentual de decréscimo por aumento unitário da CEa diminuiu conferindo-se 15,3%.

Embora se tenha registrado aos 80 DAS, o maior decréscimo por nível salino, verifica-se que nesta avaliação as maiores áreas foliares, de acordo com a equação de regressão no nível 0,6 dS m⁻¹ AF de 0,72 m², seguido do 1,6 dS m⁻¹ (0,58 m²), 2,6 dS m⁻¹ (0,45 m²), 3,6 dS m⁻¹ (0,32 m²) e 4,6 dS m⁻¹ (0,18 m²). Silva et al. (2008b) evidenciaram com as cultivares BRS Energia e Paraguaçu sob estresse salino, os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação constatando diminuição na área foliar aos 80 DAS em 14,6% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação.

Observa-se efeito quadrático das doses de nitrogênio na área foliar aos 100 DAS e de acordo com a equação de regressão (Figura 7B), a AF máxima estimada foi de 0,455 m² na dose de nitrogênio de 103 mg kg⁻¹ de solo. A partir da dose de 103 mg kg⁻¹ de solo estimou-se um decréscimo de 4,8 e 21,1% para as doses de 125 e 150% de mg de N kg⁻¹ de solo. Sofiatti et al. (2010) verificaram que a AF da mamoneira cv. Nordestina aumentou com incremento da dose de nitrogênio; Guimarães et al. (2010) também constataram, utilizando diferentes fontes de nitrogênio aumento da área foliar da mamoneira BRS Nordestina, ao longo do tempo.

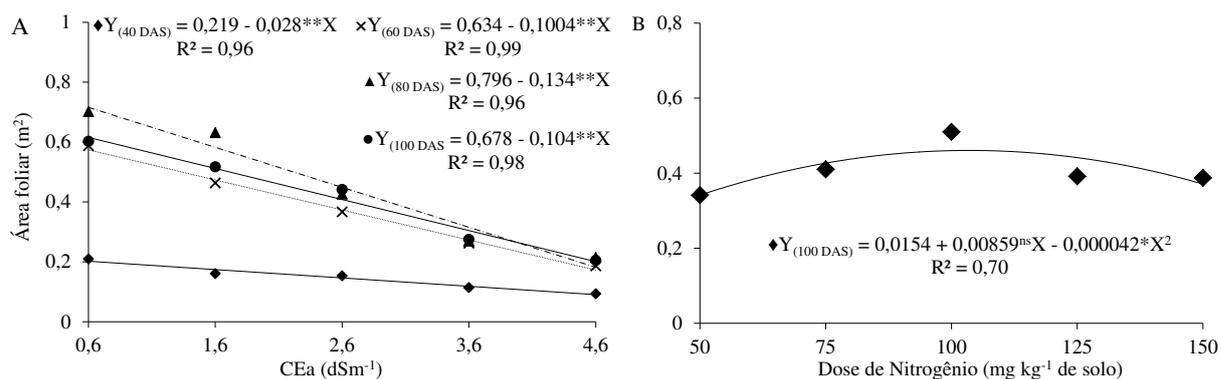


Figura 7. Área foliar (AF) aos 40, 60, 80 e 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa) (A) e aos 100 dias após semeadura (DAS) adubada com doses de nitrogênio (B).

Com base nas equações de regressão no primeiro período 20 – 40 DAS, constatou-se interferência direta da salinidade da água de irrigação na taxa de crescimento absoluto da mamoneira em altura (TCAap) com decréscimos de 26,9 e 35,891% nas plantas que foram irrigadas com água de CE de 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparadas com as plantas sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ (Figura 8A). Pôde-se notar que o potencial de expansão da planta em altura foi diminuído com o aumento unitário da CEa, ao se verificar decréscimos na TCAap de 8,9%, correspondendo a uma redução de aproximadamente 0,15 cm dia⁻¹. Lima et al. (2011b), em estudo com essa mesma cultivar e níveis de CE da água de irrigação de 0,4 a

4,4 dS m⁻¹, expressam redução de 3,1% da TCAap no período de 14 – 35 DAS, por incremento unitário da CEa, ou seja, decréscimos de 12,4% das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação às sob CEa de 0,4 dS m⁻¹.

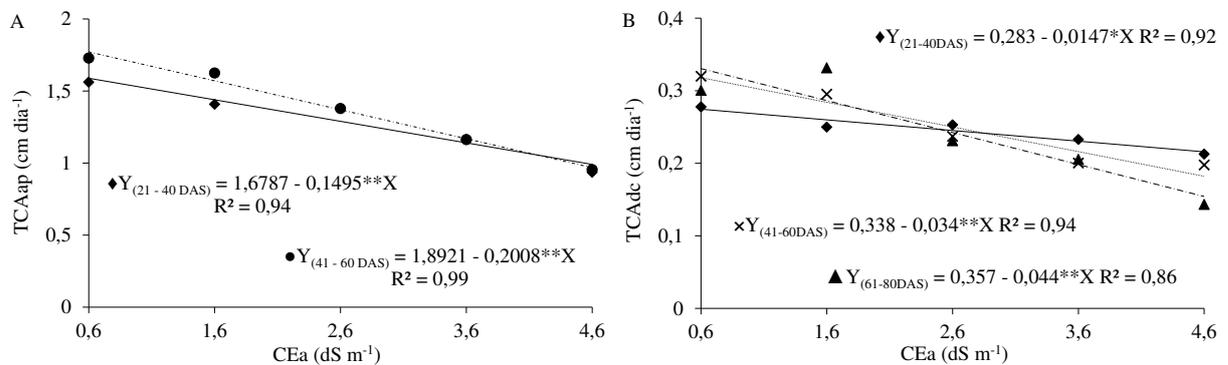


Figura 8. Taxa de crescimento absoluto em altura de planta (TCAap) (A) nos períodos 20-40 e 41-60 dias após a semeadura (DAS) e taxa de crescimento absoluto em diâmetro de caule (TCAdc) (B) nos períodos 20-40, 41-60 e 61-80 DAS, da mamoneira irrigada com águas salinas (CEa).

A maior sensibilidade das plantas em relação à salinidade da água de irrigação ocorreu no período de 41 – 60 DAS (Figura 8A) evidenciada pela diminuição da TCAap, com base na equação de regressão em 10,6; 21,2; 31,8 e 42,4%, para as plantas irrigadas com água de CEa de 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparados ao nível salino de 0,6 dS m⁻¹, mostrando uma diminuição na TCAap de 0,8 cm dia⁻¹ no nível mais alto da salinidade da água de irrigação comparada com a CEa de menor valor. A taxa de crescimento de plantas, segundo Carvalho e Nakagawa (2000) é geneticamente controlada, de maneira que fatores que determinem diferentes taxas iniciais de crescimento terão efeito apenas durante a fase de crescimento exponencial das plantas.

A taxa de crescimento absoluto em diâmetro de caule no período de 20 – 40 DAS, foi inibida pelo aumento da CEa (Figura 8B) verificando-se que a TCAdc decresceu linearmente com valores estimados segundo a equação de regressão para a CEa de 0,6 dS m⁻¹ de 0,27 mm dia⁻¹ e para o nível salino de 4,6 dS m⁻¹, de 0,21 mm dia⁻¹ gerando decréscimo de 22,2%; no período de 41 – 60 DAS, a discrepância foi mais acentuada que o período anterior visto ocorrer diminuição na TCAdc de 10,1% por aumento unitário da CEa; Soares et al. (2012) estudando o crescimento da cv. BRS Energia cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio, constaram decréscimos na TCAdc por incremento unitário da CEa de 14,4% no período de 35 – 67 DAS, ou seja, redução de 57,8% na TCAdc quando se comparam as plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹, em relação à testemunha (0,4 dS m⁻¹). E no período

de 61 – 80, foi registrada a maior interferência da CEa sobre a TCAdc, denotada ao se constatar decréscimos entre a CEa de 0,6 dS m⁻¹ e a de 4,6 dS m⁻¹ de 49,3%, segundo a equação de regressão.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água a partir de 0,6 dS m⁻¹ prejudica mais cedo o crescimento em altura da mamoneira que nas demais variáveis; já o diâmetro caulinar, emissão das folhas e área foliar foram mais suscetíveis aos efeitos da salinidade com declínios expressivos a partir dos 80 DAS.

O período de 41 a 60 dias após a semeadura (DAS) indica maior sensibilidade das plantas aos efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a taxa de crescimento absoluto em altura e no período de 61 a 80 DAS sobre a taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar.

Aos 80 e 100 dias após a semeadura ocorreu efeito da adubação nitrogenada sobre o número de folhas e aos 100 DAS para a área foliar com o maior valor sob adubação de 103 mg de N por kg de solo.

A interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada sobre o número de folhas aos 80 e 100 DAS, sobre a área foliar aos 100 DAS e no crescimento absoluto do diâmetro das plantas aos 80 dias após a semeadura, não exerceu efeitos significativos sobre o crescimento biométrico da mamoneira BRS Energia.

5.2 Produção e partição de fitomassa da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Resumo: Estudos referentes à partição de assimilados pela mamoneira, ainda são pouco frequentes na literatura, principalmente quando submetida a estresse salino. Por isso a pesquisa teve, como objetivo, avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio na produção e partição de fitomassa da mamoneira cv. BRS Energia. O experimento foi realizado em casa de vegetação sob delineamento estatístico em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ combinados com cinco doses de adubação nitrogenada 50, 75, 100, 125 a 150 mg de N por kg de solo. Ao final do experimento foram avaliadas a fitomassa seca da raiz, de folhas, de caule, de racemo e parte aérea, além da partição de fotoassimilados para raiz, folha, caule, racemo e razão entre os valores de biomassa da raiz e parte aérea. O aumento do teor salino das águas provocou redução de 16,0 e 18,2% na produção de fitomassa seca de raiz e caule, respectivamente, com o incremento unitário da salinidade da água de irrigação. Analisando a interação entre os fatores constataram-se decréscimos por aumento unitário da CEa de 12,3 a 18,1% na fitomassa seca de folhas, de 18,1 a 20,6% na fitomassa do racemo e de 16,6 a 19,4% na fitomassa seca da parte aérea das plantas sob as doses de 50 a 150 mg de N por kg de solo. As plantas submetidas a CEa de 0,6 dS m⁻¹, apresentaram ganhos respectivos de fitomassa da folha, racemo e da parte aérea de 11,5, 14,3 e 36,8 g por incremento de 25 mg na dose de nitrogênio. Ocorreram acréscimos na partição de fotoassimilados da raiz e folha e decréscimos para os fotoassimilados do racemo e parte aérea, com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Palavras-chave: Matéria seca, salinidade, nutrição mineral

Production and repartition of biomass of castor bean irrigated with saline water and doses of nitrogen

Abstract: Studies on the partition of assimilates in the castor bean are still uncommon in the literature, especially when subjected to saline stress. So the objective of this study was to evaluate the effect of salinity of irrigation water and nitrogen in biomass production and partition of castor bean cv. BRS Energia. The experiment was conducted in a greenhouse in

randomized blocks design 5 x 5 factorial, with three replications. The treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the irrigation water of 0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ combined with five levels of nitrogen fertilization 50, 75, 100, 125 and 150 mg of N per kg of soil. At the end of the experiment, the dry weight of root, leaf, stem, racemes and aerial parts besides, the partition of assimilates to root, leaf, stem, raceme and ratio between the values of root biomass and aerial parts were evaluated. The increase of the salt content of the water caused a reduction of 16.0 and 18.2% in dry biomass production of root and stem respectively with unit increase in salinity of irrigation water. Analyzing the interaction between the factors, decreases were observed with per unit EC_w increase from 12.3 to 18.1% in the dry mass of leaves, 18.1 to 20.6% in biomass of cluster and 16.6 to 19.4% in dry mass of the aerial part of the plants under the doses of 50 to 150 mg of N per kg of soil. The plants subjected to EC_w of 0.6 dS m⁻¹, showed respective gains in biomass of leaf, raceme and shoots of 11.5, 14.3 and 36.8 g per increment of 25 mg dose of nitrogen. There was an increase in the partition of assimilates in root and leaf and decreases for assimilates of cluster and shoot, with unit increase in electrical conductivity of the irrigation water.

Key words: Dry matter, salinity, mineral nutrition

INTRODUÇÃO

O crescimento, desenvolvimento e a partição de fotossintetizados entre partes de plantas variam com a espécie e idade, conduzidos por sinais de fatores ambientais, tais como a disponibilidade de água, luz e nutrientes, dentre outros. Esses fatores podem afetar o equilíbrio hormonal, em especial alterando a direção do fornecimento de fotossintetizados a determinados órgãos durante épocas de grande demanda (TANAKA e FUGITA, 1979; LALONDE et al., 2004; SANDRIN et al., 2006; DANTAS et al., 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A avaliação do comportamento da mamoneira desde o plantio até a frutificação é imprescindível para a tomada de decisões sobre a forma de manejo da irrigação e da adubação da cultura (RIOS et al., 2011; MESQUITA et al., 2012).

A partição de carboidratos entre os vários órgãos de uma planta se tornam mais complexa ao longo dos estágios sucessivos de crescimento, como mudas, adultos e senescentes (PORTES e ARAÚJO, 2012). A salinidade tem influência direta na partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas resultando em alterações e/ou reduções

na produção de fitomassa seca da planta (GREENWAY e MUNNS, 1980; SILVA et al., 2003a) significando respostas decorrentes dos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais provocados pelo excesso de sais. O grau de tolerância e os danos causados às cultivares dependem da eficiência dos mecanismos morfológicos e fisiológicos, que aumentam a capacidade das plantas de enfrentar o aumento da concentração de sais no solo (STOREY, 1995; MOYA et al., 1999; LACERDA et al., 2003).

A mamoneira é uma das oleaginosas mais cultivadas no Brasil com potencial de exploração econômica na região Nordeste, por conta de sua boa adaptação às condições de clima e solo, crescimento rápido, além do óleo extraído das sementes ser utilizado em vários setores da indústria, na fabricação de diversos produtos, apresentando diferentes respostas à salinidade diferindo, inclusive, entre genótipos de uma mesma espécie (RAGHAVAIAH et al., 2006). Todavia, quando submetidas a condições adversas, a exemplo da salinidade da água de irrigação e/ou solo, as oleaginosas tem seu crescimento reduzido; uma das formas apontadas para combater esses problemas é através da nutrição mineral (MILLER e CRAMER, 2004).

Entretanto, as informações disponíveis referentes à aplicação de águas salinas e adubação nitrogenada sobre o comportamento morfofisiológico, a produção e partição de fotoassimilados da mamoneira, são ainda pouco frequentes motivando esta pesquisa que tem como objetivo, avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação e diferentes doses de nitrogênio na produção e partição de fitomassa da mamoneira BRS Energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2010 a fevereiro de 2011, em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ combinados com cinco doses de adubação nitrogenada de 50; 75; 100; 125 e 150 mg de N por kg de solo, com base nas recomendações de Novais et al. (1991).

Os níveis de salinidade da água foram obtidos a partir da adição do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Richards (1954), sendo $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$,

em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas foram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

Utilizou-se a cultivar de mamoneira BRS Energia cujas sementes foram cedidas pela Embrapa Algodão onde foram cultivadas em recipientes plásticos de 100 L de capacidade, preenchidos com 1 kg de brita (nº zero) para cobrir a base do vaso seguida de 90 kg de um solo Neosolo Regolítico Eutrófico de textura franco-arenosa, não salino e não sódico proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB, coletado na profundidade de 0-30 cm. O solo foi destorroado e analisado conforme metodologias recomendadas por Claessem (1997) e apresenta as seguintes características físicas: areia (734 g kg^{-1}), silte (168 g kg^{-1}), argila (98 g kg^{-1}), densidade ($1,42 \text{ kg dm}^{-3}$), porosidade (49,47%) e respectivamente químicas: Ca, Mg, Na e K trocáveis $11,9$, $5,6$, $0,6$ e $2,4 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e no extrato de saturação obteve pH_{es} (5,22), CE_{es} ($0,52 \text{ dS m}^{-1}$), Ca^{2+} ($2,75 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Mg^{2+} ($2,13 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Na^+ ($1,54 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), K^+ ($0,54 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Cl^- ($5,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), CO_3^{2-} ($0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), HCO_3^- ($1,60 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) e percentagem de saturação (20,0%), os 30 kg de solo na parte superior do recipiente foram misturados com humos (2% do peso total de solo). Deixou-se 5 cm livres na superfície do vaso para facilitar a irrigação. A drenagem foi acompanhada através de dois furos feitos na base dos vasos, conectados a um recipiente plástico.

Durante o enchimento dos vasos a adubação de fundação foi aplicada colocando-se 300 mg de P_2O_5 por kg de solo e 1/3 da recomendação para o nitrogênio (N) e o potássio (K_2O); o restante (2/3) de N e K foi parcelado em cinco aplicações iguais aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

Foram semeadas 6 sementes na profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante nos vasos em condições de capacidade de campo; aos 20 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se, em cada um, uma planta por vaso.

As lâminas de água aplicadas nas irrigações realizadas diariamente ao final da tarde tinham, como base, a necessidade hídrica das plantas analisadas em função do balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação em média de 10% para evitar acúmulo de sais no solo.

Para análise dos efeitos dos tratamentos sobre a cultura avaliou-se na colheita (120 DAS) a fitomassa seca da planta. As plantas eram cortadas rente ao solo e suas partes separadas (raiz, caule, folha e racemos); em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel

devidamente identificados para serem secadas em estufa de ventilação forçada em temperatura de 65 °C, até peso constante, para obtenção da fitomassa seca.

Para obtenção da partição determinou-se a percentagem da fitomassa em cada parte através da equação ($PBO = FSO/FST \times 100$, em que PBO é a percentagem de fitomassa seca da parte da planta, FSO é a fitomassa seca da parte considerada da planta e FST é a fitomassa seca total da planta).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste ‘F’ e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial para a salinidade da água de irrigação e para as doses de nitrogênio utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e dose de nitrogênio apresentou significância ao nível de 0,05 para fitomassa seca das folhas e de 0,01 para fitomassa seca do racemo e da parte aérea. A salinidade da água de irrigação foi significativa ao nível de 0,01 de probabilidade para a fitomassa seca de da mamoneira (Tabela 1). Para o fator dose de nitrogênio observou-se efeito ao nível de 0,05 de probabilidade na fitomassa seca de racemo e parte aérea.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a fitomassa seca da raiz (FSRaiz), folhas (FSFolha), caule (FSCaule), racemo (FSRacemo) e parte aérea (FSPA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio				
		FSRaiz	FSCaule	FSFolha	FSRacemo	FSPA
Nível salino (NS)	4	1591,89**	10083,49**	14171,55**	136234,55**	346050,38**
Reg. Linear		6237,79**	39846,98**	56252,4**	535915,75**	1366223,6**
Reg. Quadrática		19,08ns	176,64ns	160,87ns	7023,85**	12052,20**
Nitrogênio (DN)	4	138,40ns	136,07ns	325,00ns	1989,44**	4827,23**
Reg. Linear		24937ns	230,39ns	950,04ns	5741,23**	14828,49**
Reg. Quadrática		145,17ns	188,01ns	300,72ns	215,64ns	2091,92ns
Interação NS x DN	16	73,83ns	190,94ns	296,03*	1382,22**	2929,79**
Bloco	2	151,81ns	322,57ns	189,44ns	568,92ns	36,36ns
Resíduo	48	49,73	113,09	141,39	540,24	812,92
CV (%)		30,09	22,48	15,91	15,65	10,54

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Constatou-se, com base nas equações de regressão (Figura 1A e B) diminuição na produção de fitomassa seca com o incremento unitário do nível de salinidade da água de

irrigação, de 16,0% para FSRaiz e de 18,2% para FSCaule, ocasionando perda de, respectivamente, 25,8 e 65,2 g nas plantas irrigadas com água com CEa de 4,6 dS m⁻¹ quando comparadas com as sob CEa de 0,6 dS m⁻¹. Resultados encontrados por outros pesquisadores comprovam que a salinidade da água de irrigação inibe o acúmulo de fitomassa da mamoneira, como os de Soares et al. (2012); Nobre et al. (2013) que constataram decréscimos na fitomassa seca de raiz da cv. BRS Energia com aumento unitário da CEa; Oliveira et al. (2006) também verificaram, com a cv. BRS 149 Nordestina, decréscimos na fitomassa seca da raiz. Silva et al. (2011) encontraram reduções significativas na fitomassa seca da raiz com o aumento da salinidade da água de irrigação variando de 0,5 a 5,5 dS m⁻¹.

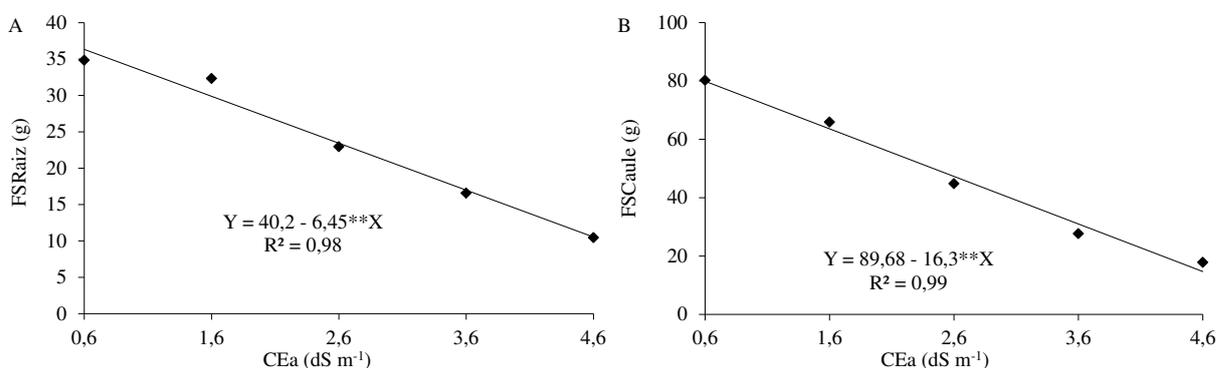


Figura 1. Fitomassa seca da raiz (FSRaiz) (A) e do caule (FSCaule) (B) da mamoneira em função da salinidade da água de irrigação (CEa).

Realizando o desdobramento da interação NS x DN para a fitomassa seca das folhas, observou-se diferença significativa entre a salinidade da água de irrigação em todas as doses de nitrogênio avaliadas (Figura 2A); por outro lado, entre as doses de nitrogênio só foi verificada diferença significativa entre elas ao irrigar com água de CE de 0,6 dS m⁻¹ (Figura 2B).

Segundo a equação de regressão, na FSFolha (Figura 2A) constatou-se, quando adubadas com a dose de 50 mg de N kg⁻¹ de solo, uma fitomassa de 91,4g ao usar água com CE de 0,6 dS m⁻¹ na irrigação e com uma água com CE de 4,6 dS m⁻¹ uma fitomassa de 42,9 g, estimando um decréscimo de 12,3% por aumento unitário da CEa. As plantas irrigadas com água de CE de 0,6 dS m⁻¹ e adubadas com dose de 75 mg de nitrogênio, estimou-se uma FSFolha de 111,9 g e aumentando uma unidade de salinidade na água de irrigação verifica-se decréscimo de 15,6% na FSFolha; adubando as plantas com uma dose de 100 mg de nitrogênio constatou-se uma FSFolha de 116,1 g nas plantas irrigadas com a água de menor salinidade e a partir desta salinidade houve diminuição na FSFolha de 14,9% por aumento

unitário da CE; para a dose de 125 mg de nitrogênio estimou-se pela equação de regressão, decréscimo de 15,4% na FSFolha por aumento unitário na CEa e ao se utilizar a dose de 150 mg de nitrogênio por planta, notou-se que a FSFolhas das plantas irrigadas com CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹ foi de 131,3 e 24,4 g, respectivamente, resultando em decréscimo por aumento unitário na CEa de 18,14%. Esses resultados mostraram que o aumento de N não foi capaz de mitigar os efeitos da salinidade da água na FSFolha. Na Figura 2B observa-se que a FSFolha da mamoneira BRS Energia, quando irrigada com água de condutividade elétrica de 0,6 dS m⁻¹, aumentou 11,5g para cada incremento da dose de nitrogênio avaliada (25 mg de N) apresentando fitomassa estimada na maior dose estudada igual a 137,1 g. Os maiores decréscimos observados ao se aplicar maiores doses de nitrogênio e, conseqüentemente, mais sais, podem estar relacionados ao fato de que plantas submetidas a estresse mais severo tendem à inibição da divisão celular, à inibição da síntese de proteínas e de parede, ao acúmulo de solutos, ao fechamento estomático e inibição da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2009).

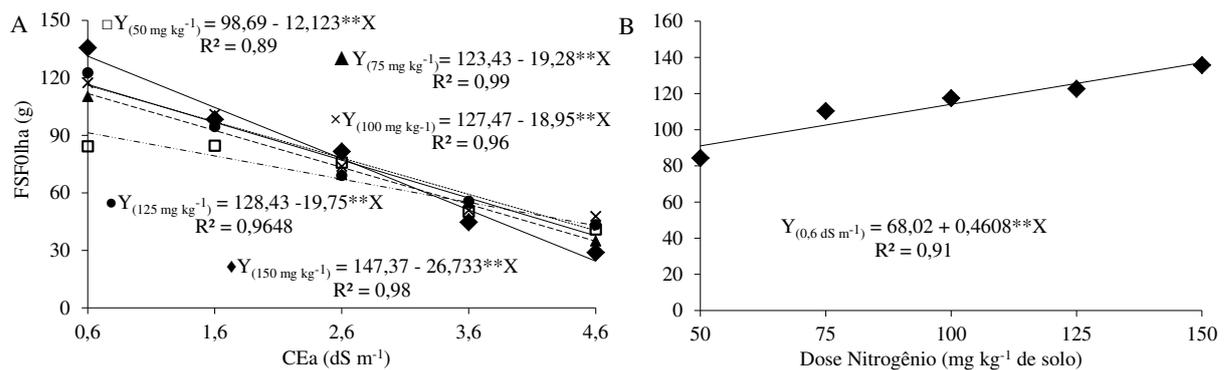


Figura 2. Desdobramento da interação para fitomassa seca de folhas (FSFolha) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Analisando o desdobramento da interação entre os níveis salinos e doses de nitrogênio sobre a FSRacemo, verificou-se, semelhante à fitomassa seca da folha, que a FSRacemo foi intensamente afetada pela salinidade da água de irrigação com decréscimos lineares por aumento unitário da CE, na ordem de 18,1, 20,0, 19,4, 20,6 e 19,8%, respectivamente, ao serem adubadas com 50, 75, 100, 125 e 150 mg de nitrogênio por kg de solo (Figura 3A). Com relação às doses de nitrogênio em cada nível salino, constataram-se diferenças significativas para os níveis salinos 0,6 e 1,6 dS m⁻¹, onde no nível de salinidade mais baixo (0,6 dS m⁻¹), o modelo que melhor se ajustaram aos dados foi o quadrático, com acúmulo crescente de fitomassa do racemo até a adubação com 125 mg de N e valor máximo de

FSRacemo de 301,8 g (Figura 3B). No nível salino de 1,6 dS m⁻¹ e acordo com o modelo, constatou-se acúmulo de FSRacemo constante e linear de 14,3 g para cada aumento de 25 mg de nitrogênio resultando em acréscimo de fitomassa seca do racemo entre a primeira e última doses de nitrogênio (50 e 150 mg de N) de 31,5%. Os sais provenientes da água de irrigação dissolvidos na zona das raízes geram potencial osmótico baixo (mais negativo), que diminui o potencial hídrico do solo; assim, o balanço hídrico geral das plantas é afetado (TAIZ e ZEIGER, 2009). Para Souza et al. (2007) a deficiência hídrica provocada pela elevada salinidade do solo pode afetar o surgimento de novos racemos e causar queda na produção já que a mamoneira é uma planta de crescimento indeterminado.

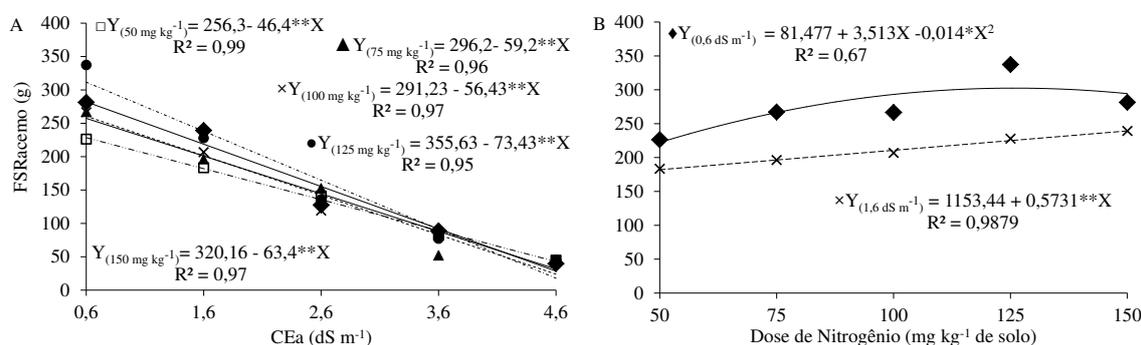


Figura 3. Desdobramento da interação para fitomassa seca do racemo (FSRacemo) (A) e (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Conforme equações obtidas no desdobramento (Figura 4A) a FSPA das plantas, quando adubada com a menor dose nitrogênio (50 mg), decresceu 71,73g planta⁻¹ (16,6%) por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação sendo este o menor decréscimo verificado entre as doses de nitrogênio utilizadas no estudo; para as demais doses os decréscimos foram de 18,6; 17,8; 19,1 e 19,4%, por aumento unitário da CEA quando adubadas respectivamente com 75, 100, 125 e 150 mg de N. Ao se irrigar a mamoneira BRS Energia com a água de 0,6 dS m⁻¹, verificou-se que o maior valor de fitomassa da parte aérea, de acordo com as equações (Figura 4B), foi alcançado com a dose de 150 mg de N, com maior acúmulo 506,9 g; comparando esta dose com a de 50 mg de N (396,4 g planta⁻¹), constatou-se diferença percentual de 21,8%. Oliveira et al. (2006) avaliando o efeito da irrigação com água de diferentes salinidade e teores de esterco bovino na mamoneira, verificaram que os menores valores da fitomassa seca da parte aérea foram obtidos com salinidades a partir 4 dS m⁻¹.

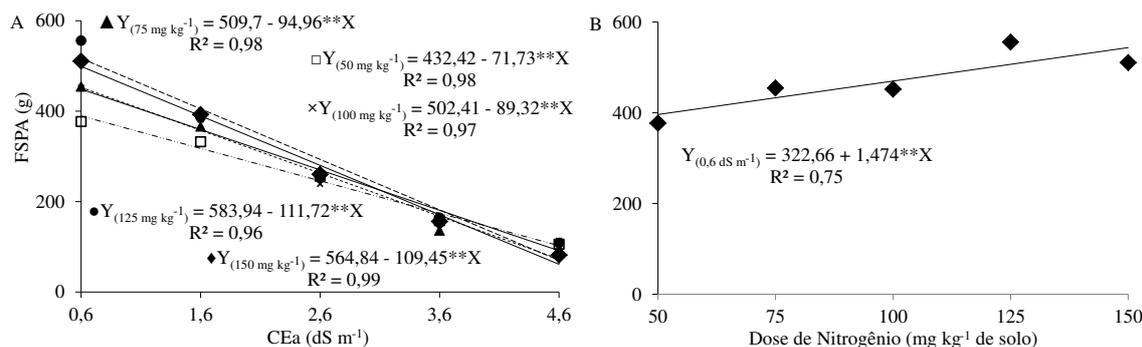


Figura 4. Desdobramento da interação para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) (A) e (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Conforme análises de variância para as variáveis da partição de fotoassimilados na raiz (PRZ), folha (PFH), caule (PCA), racemo (PRAC), parte aérea (PPA) e a razão raiz/parte aérea (R/PA) seguem na Tabela 2, onde a partir dos resultados obtidos verificou-se que houve efeito significativo do fator nível salino para todas as variáveis, exceto PCA. Não foram observados efeitos significativos para o fator dose de nitrogênio (DN) e da interação (NS x DN).

Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes a partição de fotoassimilados na raiz (PRZ), folha (PFH), caule (PCA), racemo (PRAC), parte aérea (PPA) e razão raiz/parte aérea (R/PA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio					
		PRZ	PFH	PCA	PRAC	PPA	R/PA
Nível salino (NS)	4	18,99*	390,40**	0,73ns	568,51**	18,99*	0,0028**
Reg. Linear		67,99**	1478,81**	0,38ns	2239,26**	67,99**	0,01**
Reg. Quadrática		3,61ns	78,97*	1,19ns	34,73ns	3,61ns	0,0006ns
Nitrogênio (DN)	4	4,88ns	8,72ns	5,55ns	27,02ns	4,88ns	0,0006ns
Interação NS x DN	16	10,22ns	15,83ns	9,33ns	69,47ns	10,22ns	0,0016ns
Bloco	2	17,19ns	26,11ns	18,63ns	92,56ns	17,19ns	0,0026ns
Resíduo	48	5,59	17,64	9,29	52,39	5,59	0,0008
CV (%)		28,09	15,22	18,93	15,12	2,58	31,12

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Utilizando a equação de ajuste apresentada na Figura 5A, verificou-se acréscimo na partição de fotoassimilados da raiz de 10,1% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, relacionado, possivelmente com a maior massa de folhas, caules e racemos das plantas irrigadas com água de menor CE, fazendo com que, numericamente, a

partição aumentasse a medida que se aumentou a CEa, como também pelo motivo das raízes como fonte de reserva, acumular mais fitomassa sob maior estresse salino.

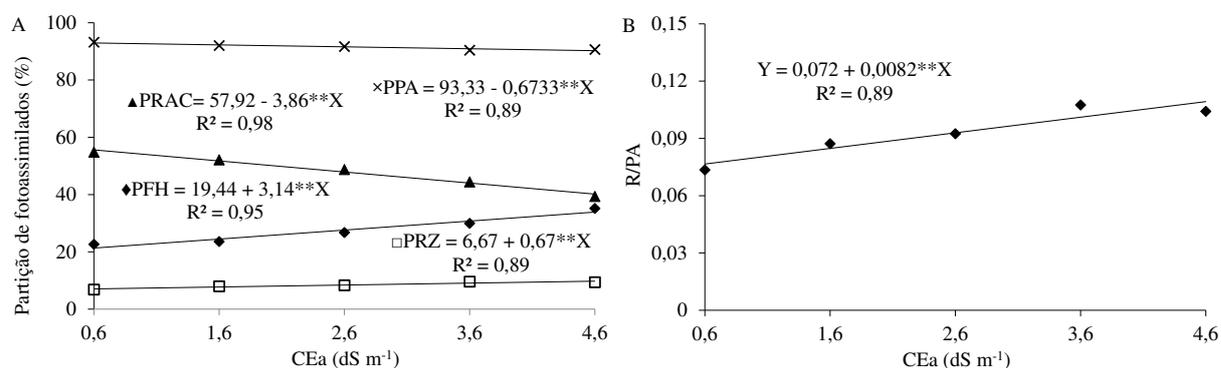


Figura 5. Partição de fotoassimilados na raiz (PRZ), folha (PFH), racemo (PRAC) e parte aérea (PPA) (A) e razão raiz parte aérea (R/PA) (B) das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Com base na equação de regressão apresentada na Figura 5A, observou-se um acréscimo de 16,2% na partição de fotoassimilados da folha por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa); fato compreensível esta maior acumulação de fotoassimilados nas folhas das plantas submetidas a maiores salinidade, em virtude da planta necessitar formar todo o aparato assimilatório, base para maior produção de fotoassimilados e desenvolvimento de novos órgãos (TAIZ e ZEIGER, 2009), sendo esses novos órgãos os racemos.

Observou-se (Figura 5A), redução do fluxo de fitomassa para o racemo, nas plantas irrigadas com água de CEa de 4,6 dS m⁻¹, enquanto que foi sempre crescente a alocação de assimilados para o racemo quando as plantas foram irrigadas com água de CE de 0,6 dS m⁻¹; visto que para PRAC, se constatou decréscimo na ordem de 6,67% por aumento unitário da CEa. É interessante observar, com o aparelho fotossintético da planta, formado, que os fotoassimilados passam a ser alocados no racemo porém a raiz continuou a receber grande proporção da fitomassa, imprescindível para garantir a propagação das plantas. Verificou-se que o PRZ aumentou, enquanto o PRAC diminuiu à medida que a salinidade da água de irrigação aumenta, indicando a rápida e acentuada translocação de assimilados da raiz e outros órgãos para o racemo nas águas de baixa salinidade, sinalizando serem os racemos, daí por diante, o dreno metabólico preferencial.

Na partição de fotoassimilados da parte aérea foi observado que o efeito da salinidade da água de irrigação não foi tão intenso como o observado para o racemo, ao se constatar

decréscimo quando comparados o primeiro e o último níveis salinos (0,6 e 4,6 dS m⁻¹) de 2,9%. Por outro lado, ao utilizar água com CE de 1,6 dS m⁻¹ o PRAC representava 56,1% da PPA; a parcela de fotoassimilados nos racemos das plantas irrigadas com CEa de 2,6 dS m⁻¹ equivalia a 52,3% dos fotoassimilados da parte aérea; plantas irrigadas com água de CEa 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, da produção total de fotoassimilados da parte aérea, 48,4 e 44,5%, correspondiam a PRAC (Figura 5A).

Este acréscimo de fotoassimilados nos frutos tem sido observado em diversas culturas, como Aumonde et al. (2011) que estudando mini melancia, verificaram que a partição de fitomassa nos órgãos foi sequencial e mesmo com o estabelecimento do dreno preferencial e definitivo para o fruto, os demais órgãos continuaram acumulando fitomassa. Compreende-se por partição de assimilados a alocação e a distribuição ou transporte de fotoassimilados para locais de consumo, fato verificado neste estudo, observando-se que a quantidade de assimilados recebida em cada órgão e tecidos foi essencial para um desenvolvimento regular da planta.

Ao observar a Figura 5B e através da equação de regressão para relação raiz/parte aérea, verificou-se comportamento ascendente com o aumento da CEa com incrementos na ordem de 11,4% por incremento unitário da CEa, indicando que o efeito da salinidade da água de irrigação foi mais pronunciado na parte aérea das plantas visto que, ao aumentar a CEa, a fitomassa da parte aérea decresce relativamente mais que a fitomassa da raiz. Denota-se que as variações da produção de fitomassa supracitada estão coerentes, uma vez que os produtos assimilados nos tecidos fotossinteticamente ativos (sítios de produção) são transportados continuamente para outros locais, onde são utilizados como substâncias de reserva ou estocados. Resultados semelhantes foram obtidos por Cavalcanti et al. (2005) avaliando a tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade através da germinação de sementes e variáveis de crescimento constataram incremento de 9,8% da relação R/PA por aumento unitário da CEa afirmando que este fato se deu 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.

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação comprometeu a produção de fitomassa e a partição de fotoassimilados (exceto raízes e folhas) da mamoneira.

Benefícios da interação entre doses de nitrogênio em função do aumento da salinidade de água de irrigação foram constatados para a CEa de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ com aumento da produção de fitomassa das folhas, racemo e parte aérea e CEa de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ para fitomassa do racemo; nas demais variáveis estudadas não se constatou influência significativa da interação.

5.3 Índices fisiológicos da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Resumo: A mamoneira é uma das oleaginosas de destaque no programa do biodiesel brasileiro, apontada como alternativa de inclusão social, como complemento da renda de pequenos agricultores em regiões carentes, como a semiárida brasileira. Esta região apresenta geralmente volume de chuvas insuficiente para suprir a demanda hídrica das culturas além da baixa qualidade das águas armazenadas e/ou usadas na irrigação com concentrações salinas com potenciais de salinizar os solos em função do manejo inadequado. Isto posto objetivou-se, com este trabalho, avaliar o comportamento da mamoneira cv. BRS Energia irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio mediante análise dos seus índices fisiológicos em experimento realizado em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do CTRN/UFCG, Campina Grande, PB, entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5 testando cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹) e cinco doses de adubação nitrogenada (50, 75, 100, 125 e 150 mg N kg⁻¹ de solo), com três repetições. A razão de massa foliar aumentou 17,7% por incremento unitário da salinidade da água de irrigação; as taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro de caule diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação. O incremento da salinidade da água de irrigação proporcionou maior translocação dos produtos fotossintetizados para folha e raiz. A influência negativa da salinidade ficou clara ao se constatar diminuição na massa do racemo principal e secundários, com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., desenvolvimento, condutividade elétrica

Physiological indices of castor bean irrigated with saline water and doses of nitrogen

Abstract: Castor bean is one of the oil seed crop of prominence in the Brazilian biodiesel program being suggested as an alternative of social inclusion, to supplement the income of small farmers in poor regions such as the Brazilian semiarid. This region usually has insufficient rain fall to meet the water demand of crops besides the low quality of the stored water used in irrigation with saline concentration and potential to salinise soils because of inadequate water management. Theirs, the aim of this study was to evaluate the behavior of castor bean cv. BRS Energia irrigated with saline water and nitrogen through examination of their physiological indices in an experiment conducted in a greenhouse belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering of CTRN/UFCG, Campina Grande, PB , between

October 2010 and February 2011. The experimental design was in randomized blocks, 5 x 5 factorial layout, testing five levels of salinity of irrigation water (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹) and five levels of nitrogen fertilization (50, 75, 100, 125 and 150 mg N kg⁻¹ soil) with three replications. The leaf mass ratio increased 17.7% per unit increase in salinity of irrigation water. The absolute growth rate in height and stem diameter decreased with increase in salinity of irrigation water. The increase in salinity of irrigation water resulted in greater translocation of photoassimilates to leaf and root. The negative influence of salinity became evident with decrease in the mass of the primary and secondary racemes, with increase in electrical conductivity of the irrigation water. It was found fertilizing with the lowest dose (50 mg N kg⁻¹) increase in the oil content until the salinity of 1.22 dS m⁻¹ obtaining the maximum oil content (55.35%).

Key words: *Ricinus communis* L., development, electrical conductivity

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa pertencente à família Euphorbiaceae, exigente em solos férteis cujos produtos e subprodutos são utilizados na indústria ricinoquímica e na agricultura, além da possibilidade do óleo extraído de suas sementes ser usado como biocombustível (MESQUITA et al., 2012). Seu cultivo é apontado como alternativa de sustentabilidade e de inclusão social através da agricultura familiar criando melhores condições de vida em regiões carentes (BELTRÃO et al., 2006).

A salinidade é um problema frequente em várias partes do mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas. No Brasil a região do semiárido nordestino apresenta volume de chuvas insuficiente para suprir a demanda hídrica das culturas interferindo no desenvolvimento das plantas em função da baixa precipitação ou irregularidade na distribuição das chuvas, tornando-se imprescindível o uso da irrigação para garantir uma boa produção agrícola (HOLANDA et al., 2010; RIBEIRO, 2010).

O grau com que o estresse salino afeta as plantas está associado com a tolerância da cultura à salinidade, do manejo da irrigação, adubação e dos fatores climáticos locais (SILVA et al., 2003b; MUNNS, 2005).

O nitrogênio é o nutriente mais limitante para muitas culturas no mundo; seu uso eficiente é de extrema importância econômica para os sistemas de produção (FAGERIA e

BALIGAR, 2006). Além do mais, a fertilização nitrogenada não só promove o crescimento de planta mas também pode reduzir o efeito da salinidade nas plantas (FLORES et al., 2001).

A análise de crescimento tem sido usada por pesquisadores na tentativa de explicar diferenças no crescimento de ordem genética ou resultante de modificações do ambiente (BRANDELERO et al., 2002) e constitui uma ferramenta eficiente para a identificação de materiais promissores (BENINCASA, 2003). Também pode ser usada para a avaliação da produtividade das culturas e permite que se investigue a adaptação ecológica a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (ALVAREZ et al., 2005).

O acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares. Normalmente, são: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF), índice de área foliar (IAF) e índice de colheita (IC), dentre outras variáveis (LESSA, 2007; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento da mamoneira BRS Energia, pelos índices fisiológicos da cultura, irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, situada a 7°15'18" S, e 35°52'28" W e altitude média de 550 m, entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 5 x 5, com primeiro fator constituído de diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação CEa (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹), associados a diferentes doses de adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e 150mg kg⁻¹ de solo) sendo a dose de 100 mg kg⁻¹, indicada para ensaio em vaso, conforme Novais et al. (1991).

Para o cultivo das plantas foram utilizados vasos plásticos de 100 L de capacidade, deixou-se 5 cm livres na superfície do vaso para facilitar a irrigação. A drenagem foi acompanhada através de dois furos feitos na base dos vasos sendo conectado um recipiente plástico para acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumido pela cultura.

Por ocasião do enchimento dos vasos, foi realizada a adubação mineral de plantio, onde para cada kg de material de solo, foram aplicados 300 mg de P_2O_5 (correspondendo a 100% da recomendação), 50 mg de K_2O que correspondeu a 1/3 do total da recomendação para o potássio; e para as doses de N foram aplicadas as respectivas proporções conforme tratamento aplicando-se, para cada 120 kg de solo (conteúdo de um vaso) 1/3 da recomendação para o nitrogênio (N). O restante (2/3) de N e K foi dividido em cinco aplicações iguais aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

O material de solo utilizado no experimento foi coletado na profundidade de 0-30 cm de um Neosolo Regolítico Eutrófico, de textura franco-arenosa, não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB, cujas características físicas foram: areia (734 g kg^{-1}), silte (168 g kg^{-1}), argila (98 g kg^{-1}), densidade ($1,42 \text{ kg dm}^{-3}$), porosidade (49,47%) e químicas: Ca, Mg, Na e K foram 11,9, 5,6, 0,6 e $2,4 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e no extrato de saturação obteve-se pH_{es} (5,22), CE_{es} ($0,52 \text{ dS m}^{-1}$), Ca^{2+} ($2,75 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Mg^{2+} ($2,13 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Na^+ ($1,54 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), K^+ ($0,53 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), Cl^- ($5,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), CO_3^{2-} ($0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$), HCO_3^- ($1,60 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) e percentagem de saturação (20,0%); todos os resultados foram obtidos conforme metodologias recomendadas pela Claessem (1997).

Os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação foram obtidos a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local, cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Richards (1954), sendo $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times CEa \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$, onde a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas foram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

A cultivar estudada foi BRS Energia, recomendada para a região Nordeste. Esta cultivar desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e EMPARN e lançada em 2007 possui produtividade média experimental em condições de sequeiro de 1.800 kg ha^{-1} (MILANI, 2010).

O semeio foi realizado em 2 de outubro de 2010 com o solo em capacidade de campo alcançada com os respectivos tratamentos; com o intuito de garantir plantas vigorosas, foram semeadas em cada vaso 6 sementes na profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante. Aos 20 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas três plantas

por vaso, as de melhor vigor. Aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se em cada um, uma planta por vaso.

As irrigações eram realizadas diariamente, ao final da tarde e tinham, como base, a necessidade hídrica das plantas calculadas em função do balanço hídrico: volume de água aplicado na irrigação anterior menos o volume drenado, além de uma fração de lixiviação em média de 10% para evitar acúmulo de sais no solo.

Os índices fisiológicos avaliados foram: área foliar específica (AFE), razão de massa foliar (RMF) e razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) no período dos 20 aos 100 dias após semeadura (DAS), produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha), caule (PFTCaule), raiz (PFTRaiz) e parte aérea (PFTPA), massa do racemo principal (MRP), dos racemos secundários (MRS), índice de colheita do racemo principal (ICRP), índice dos racemos secundários (ICRS) e a contribuição relativa do racemo primário (CRRP) e secundário (CRRS).

As respectivas variáveis foram obtidas de acordo com as seguintes equações:

$$AFE = \frac{\text{Área Foliar}}{\text{Fitomassa seca das folhas}}$$

$$RMF = \frac{\text{Fitomassa seca das folhas}}{\text{Fitomassa seca parte aérea}}$$

$$RAF = AFE \times RMF$$

$$TCA AP = \frac{AP_2 - AP_1}{T_2 - T_1} \text{ e } TCA DC = \frac{DC_2 - DC_1}{T_2 - T_1}$$

$$TCR AP = \frac{\ln AP_2 - \ln AP_1}{T_2 - T_1} \text{ e } TCR DC = \frac{\ln DC_2 - \ln DC_1}{T_2 - T_1}$$

$$PFTFolha = \frac{\text{Fitomassa seca das folhas}}{\text{Fitomassa seca total}}$$

$$PFTCaule = \frac{\text{Fitomassa seca do caule}}{\text{Fitomassa seca total}}$$

$$PFTRaiz = \frac{\text{Fitomassa seca da raiz}}{\text{Fitomassa seca total}}$$

$$PFTPA = \frac{\text{Fitomassa seca da parte aérea}}{\text{Fitomassa seca total}}$$

$$ICRP = \frac{\text{Fitomassa dos frutos do racemo principal}}{\text{Fitomassa total}}$$

$$ICRS = \frac{\text{Fitomassa dos frutos secundário}}{\text{Fitomassa total}}$$

$$CRRP = \frac{\text{massa do racemo principal}}{\text{massa total dos racemos}}$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’ ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância realizou-se regressão polinomial utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se que o nível salino da água de irrigação ocasionou efeito significativo para a razão de massa foliar (RMF) e para a razão de área foliar (RAF); a dose de nitrogênio e a interação NS x DN não apresentaram efeito significativo em nenhuma das variáveis avaliadas (AFE, RMF e RAF).

Tabela 1. Resumo da análise de variância da área foliar específica (AFE), razão de massa foliar (RMF) e razão de área foliar (RAF) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio		
		AFE ¹	RMF	RAF ¹
Nível salino (NS)	4	0,000001ns	0,053**	0,000001**
Reg. Linear		0,000000ns	0,201**	0,000005**
Reg. Quadrática		0,000002ns	0,009ns	0,000000ns
Dose de nitrogênio (DN)	4	0,000002ns	0,001ns	0,000000311ns
Interação NS x DN	16	0,000003ns	0,003ns	0,000000243ns
Bloco	2	0,000006ns	0,003ns	0,000002ns
Resíduo	48	0,00016	0,002	0,000063
CV (%)		17,55	16,17	19,88

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ dados transformados em \sqrt{x} .

De acordo com a equação de regressão (Figura 1A), a RMF aumentou 17,7% para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação denotando que a fração da fitomassa não exportada das folhas para o restante da parte aérea é maior a medida que aumenta a salinidade da água de irrigação visto que a RMF estimada pela equação de regressão foi de 0,23, 0,27, 0,30, 0,34 e 0,38 g g⁻¹ para as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente. Este aumento da RMF quanto maior foi a salinidade da água de irrigação, tem relação direta com a produtividade das plantas, haja vista que as massas dos frutos, tanto do racemo primário quanto dos racemos secundários,

decreceram vertiginosamente e, conseqüentemente, a diferença entre a fitomassa seca das folhas e a da parte aérea foi menor refletindo na razão de massa foliar.

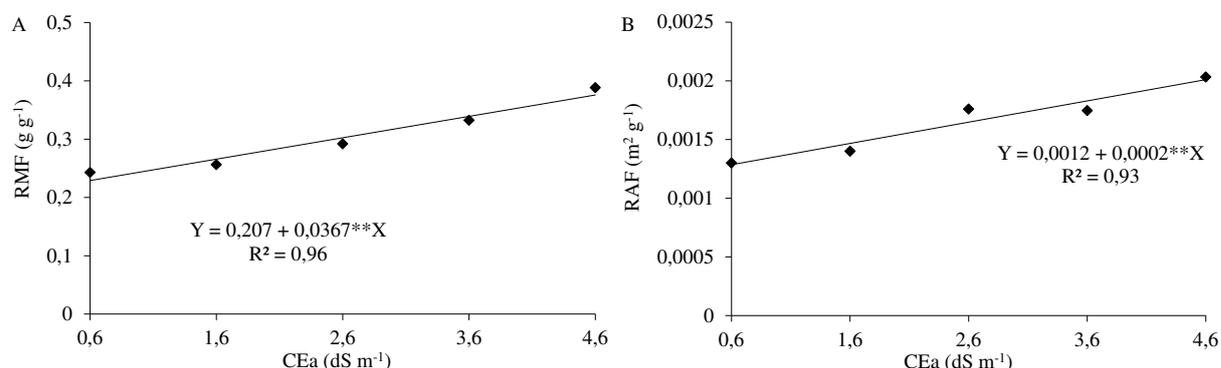


Figura 1. Razão de massa foliar (RMF) (A) e razão de área foliar (RAF) (B) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

A razão de área foliar (RAF), (Figura 1B), que é uma medida da dimensão do aparelho assimilatório, foi ascendente em função dos níveis de salinidade da água de irrigação. Os valores estimados pela equação de regressão da RAF, foram de 0,0013, 0,0015, 0,0017, 0,0019 e 0,0021 m² g⁻¹, para os níveis salinos de 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente proporcionando um incremento de 16,7% por aumento unitário da CEa; comprovando que, quanto mais baixa a salinidade da água de irrigação maiores as taxas fotossintéticas das plantas visto que plantas que oferecem baixo RAF têm dreno mais ativo para seus produtos de assimilação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) no período de 20 aos 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio			
		TCA AP	TCR AP	TCA DC	TCR DC
Nível salino (NS)	4	0,348**	0,000014*	0,0211**	0,000006ns
Reg. Linear		1,30**	0,00005**	0,082**	0,00001ns
Reg. Quadrática		0,077**	0,000001ns	0,0004ns	0,00000ns
Dose de nitrogênio (DN)	4	0,004ns	0,000003ns	0,0008ns	0,000002ns
Interação NS x DN	16	0,009ns	0,000009ns	0,0009ns	0,000004ns
Bloco	2	0,007ns	0,000007ns	0,0003ns	0,000014ns
Resíduo	48	0,008	0,000005	0,0004ns	0,000005ns
CV (%)		11,10	9,65	11,11	12,93

**e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Pela equação de regressão, a taxa de crescimento absoluto em altura de planta (TCA AP) (Figura 2A) e diâmetro do caule (TCA DC) (Figura 2C) diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação, verificando-se decréscimos na TCA AP de 3,6, 11,2, 22,7 e

38,1% para a CEa de 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparada com água de CEa de 0,6 dS m⁻¹; na TCA DC houve um decréscimo de 9,2% por aumento unitário da CEa; os maiores decréscimos nos níveis mais altos de salinidade da água de irrigação ocorreram devido as reduções das taxas de transpiração e ao aumento da resistência estomática provocando redução na altura de planta e no diâmetro do caule, em função do estresse salino.

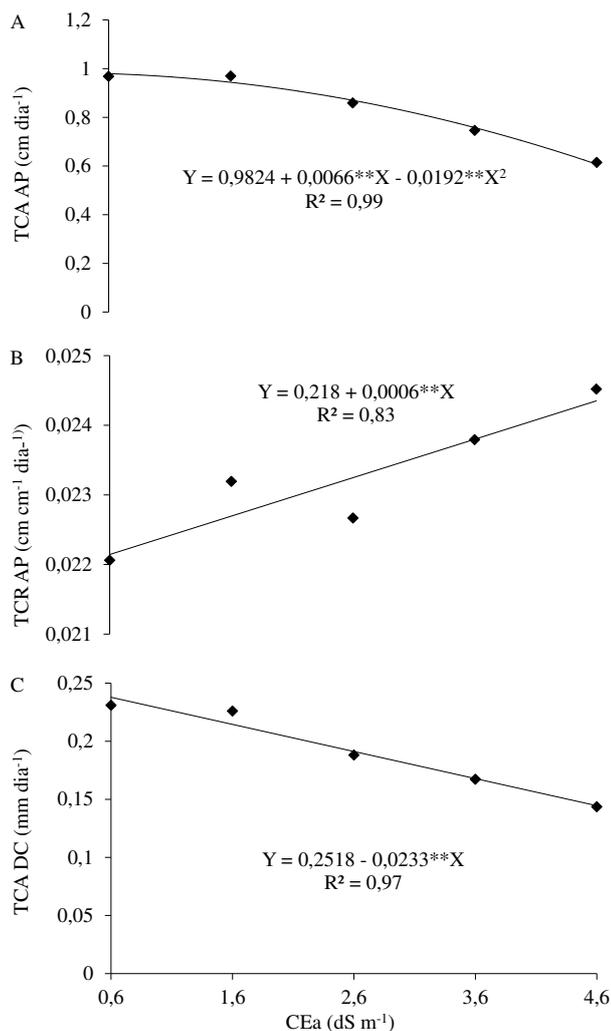


Figura 2. Taxa de crescimento absoluto (TCA) (A) e relativo (TCR) (B) da altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) (C) no período de 20 aos 100 dias após semeadura (DAS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Na taxa de crescimento relativo da altura de planta verifica-se, segundo a equação de regressão (Figura 2B), um incremento de 0,3% por aumento unitário da CEa de irrigação; essas variações da TCR são normais, pois Lima et al. (2007) relatam, que qualquer

incremento na TCR ao longo de determinado período está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior.

Observando os produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha), caule (PFTCaule), raiz (PFTRaiz) e parte aérea (PFTPA) notou-se para o fator dose de nitrogênio e interação NS x DN que não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis nem efeito significativo do fator salinidade para PFTCaule (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha), caule (PFTCaule), raiz (PFTRaiz) e parte aérea (PFTPA) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio			
		PFTFolha	PFTCaule	PFTRaiz ¹	PFTPA
Nível salino (NS)	4	0,039**	0,00007ns	0,006**	0,0019**
Reg. Linear		0,15**	0,00004ns	0,007**	0,007**
Reg. Quadrática		0,008*	0,00012ns	0,0004ns	0,004ns
Dose de nitrogênio (DN)	4	0,0009ns	0,000555ns	0,002ns	0,0005ns
Interação NS x DN	16	0,0016ns	0,00093ns	0,003ns	0,0010ns
Bloco	2	0,0026ns	0,00186ns	0,005ns	0,0017ns
Resíduo	48	0,0018	0,00093	0,002	0,0006
CV (%)		15,22	18,93	14,21	2,58

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹dados transformados em \sqrt{x}

Analisando os resultados do PFTFolha, observou-se que o aumento da salinidade da água de irrigação provocou acréscimo de 16,2% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação indicando que quanto maior a salinidade da água de irrigação maior é a translocação dos produtos fotossintetizados visto que as folhas das plantas irrigadas com CEa de 4,6 dS m⁻¹ obtiveram uma proporção estimada pela equação de regressão (Figura 3A), de 0,34 dos produtos fotossintetizados em relação ao total produzido de fitomassa enquanto nas plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ esta proporção foi de aproximadamente 0,21.

Já no PFTRaiz (Figura 3B) o incremento foi de 10,4% por acréscimo unitário da CEa, com proporções dos produtos fotossintetizados que são translocados para a raiz, em relação ao total produzido de fitomassa na planta variando de 0,01 até 0,04 da CEa de 0,6 a 4,6 dS m⁻¹, respectivamente. Esses resultados ocorreram, pois nos tecidos fotossinteticamente ativos, como folhas maduras em que a produção de carboidrato é maior que a necessidade para manutenção do seu metabolismo e crescimento; desta forma, exportam excedentes na forma de sacarose

para tecidos que são fotossinteticamente menos ativos, como folhas jovens, raízes, frutos ou ramos (DANTAS et al., 2007).

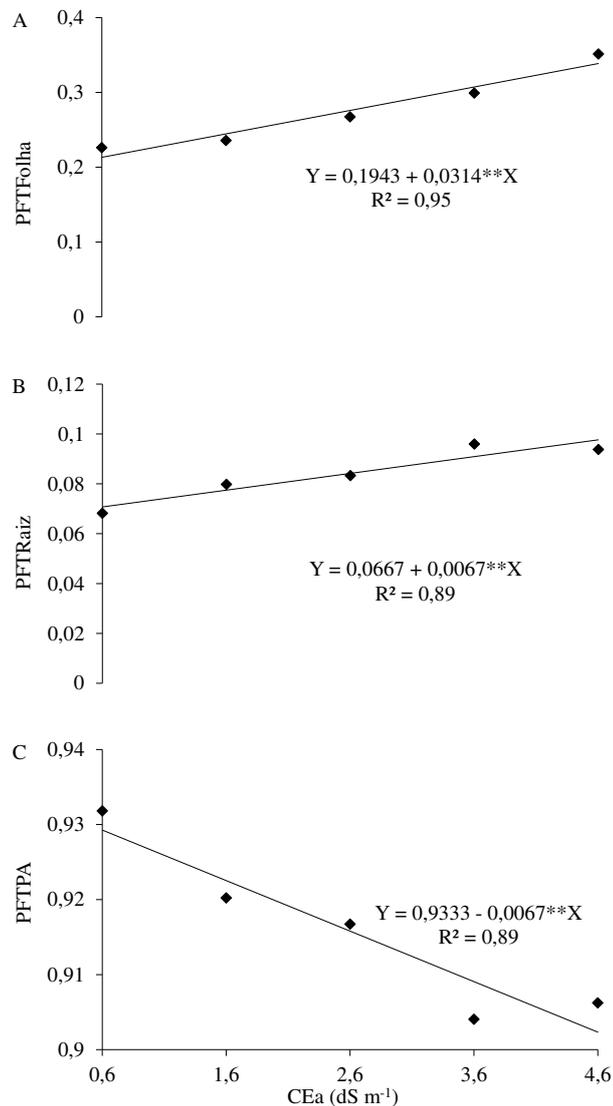


Figura 3. Produtos fotossintetizados translocados para folha (PFTFolha) (A), raiz (PFTRaiz) (B) e parte aérea (PFTPA) (C) da mamoneira irrigada com águas salinas

Os produtos fotossintetizados translocados para a parte aérea (PFTPA) apresentaram proporções próximas para todos os níveis salino da água de irrigação com valores variando de 0,93 a 0,91, embora com decréscimo de 0,7% por aumento unitário da CEa, comportamento diferente aos PFTFolha e PFTRaiz, que apresentaram acréscimos respectivos de 13,9 e 38,5% por aumento unitário da CEa (Figura 3C).

Mediante os resultados apresentados notou-se que os produtos fotossintetizados translocados nas plantas irrigadas com água de maior salinidade possibilitaram o estoque de

reservas em órgãos como folhas e raízes (Figura 3A e B). Na PFTPA ocorreu mudança da relação fonte e dreno visto que na presença de frutos a produção de produtos fotossintetizados translocados para o sistema radicular diminuiu. Segundo Foyer e Galtier (1996) este fenômeno pode ser influenciado por características morfológicas e fisiológicas da fonte (órgãos fotossintetizantes) e do dreno (órgãos consumidores dos metabólicos fotossintetizados, principalmente carboidratos). Toda a produção de fitomassa depende da atividade fotossintética da fonte porém a translocação do CO₂ é apenas um dos muitos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Verificando os resultados da massa do racemo principal (MRP) e dos racemos secundários (MRS) apresentados na Tabela 4, nota-se que a salinidade da água de irrigação influenciou significativamente, não acontecendo o mesmo para as doses de nitrogênio e interação NS x DN.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da massa do racemo principal (MRP), dos racemos secundários (MRS), índice de colheita do racemo principal (ICRP) e índice dos racemos secundários (ICRS) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio			
		MRP ¹	MRS ¹	ICRP ¹	ICRS ¹
Nível salino (NS)	4	24858,51**	47026,12**	0,008ns	0,103**
Reg. Linear		98196,51**	17531**	0,004ns	0,29**
Reg. Quadrática		561,21ns	11555,91**	0,028ns	0,014ns
Dose de nitrogênio (DN)	4	241,51ns	1042,76ns	0,004ns	0,005ns
Interação NS x DN	16	544,85ns	354,45ns	0,003ns	0,004ns
Bloco	2	75,36ns	361,43ns	0,003ns	0,003ns
Resíduo	48	1,16	498,21	0,004	0,005
CV (%)		12,34	16,83	11,67	16,84

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F; ¹dados transformados em \sqrt{x} .

De acordo com a equação de regressão (Figura 4A) a MRP decresceu 17,2% por aumento unitário da CEa de irrigação ocasionando uma perda na MRP de 22,9 g para cada unidade de CE acrescida na água de irrigação, tomando-se como base a MRP das plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹. Por outro lado e segundo a equação de regressão, a MRS (Figura 4B) obteve um decréscimo de 56,4, 90,4, 124,8 e 136,8 g, comparando as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ com as de CEa de 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, respectivamente.

Estimando a MRP e a MRS pelas respectivas equações (Figura 4A e B), verifica-se que os racemos primários tiveram maior participação no rendimento da cultura, em todos os níveis salinos, exceto na CEa de 0,6 dS m⁻¹. Em relação à contribuição relativa por ordem de racemo na produtividade da mamoneira, os racemos primários apresentaram participação média de 60,2% da produção total, superior ao valor médio obtido com a cultivar BRS 149 Nordeste (27,7%) por Diniz et al. (2009) estudando a manipulação do crescimento da mamoneira através da poda em diferentes densidades populacionais e por Correia et al. (2006) avaliando o comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero.

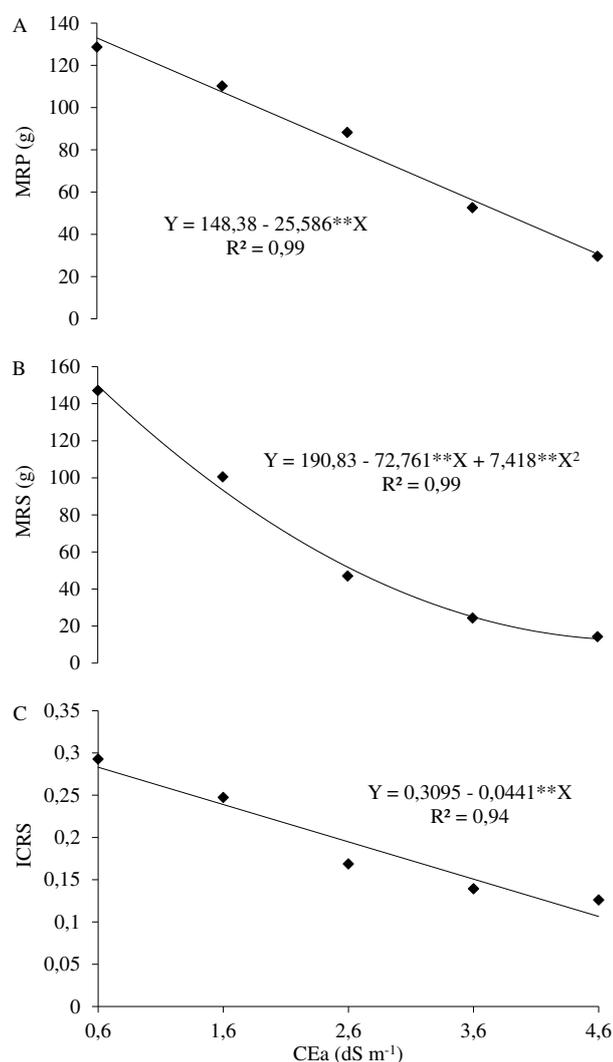


Figura 4. Massa do racemo principal (MRP) (A), do racemo secundário (MRS) (B), índice de colheita dos racemos secundários (ICRS) (C) da mamoneira irrigada com águas salinas

A contribuição relativa por ordem de racemo na produtividade da mamoneira pode ser observada na Figura 5. É perceptível que utilizando uma água na irrigação com CEa de 0,6 dS

m⁻¹ os racemos primários apresentaram uma participação média de apenas 46,7% da produção total, inferior em 6,6% ao valor da participação dos racemos secundários. Este comportamento pode ser justificado pelo fato de a participação das demais categorias de racemo aumentar com a utilização da irrigação com água de boa qualidade. Koutroubas et al. (2000) também constataram redução na participação dos racemos primários em condições irrigadas. No nível salino de 1,6 dS m⁻¹ os racemos primários contribuíram com maior participação (52,3%) na produção da planta; em relação a CEa de 2,6 dS m⁻¹ a participação do racemo principal na produção (65,3%) foi 1,88 vezes maior que a participação dos racemos secundários (34,7%).

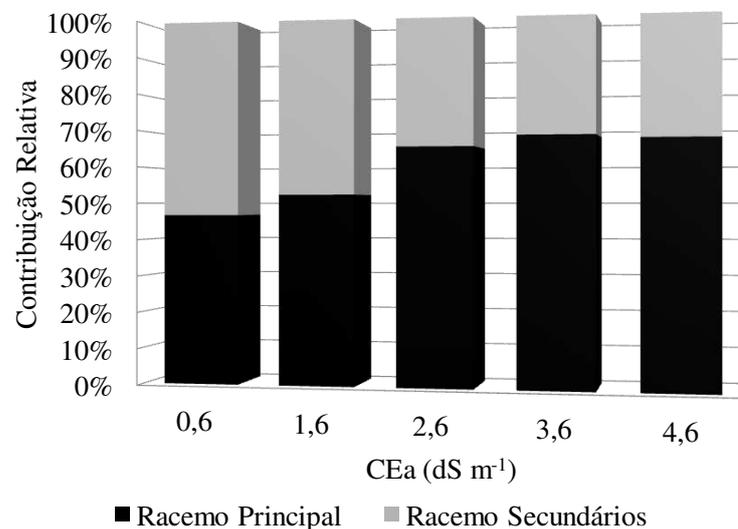


Figura 5. Contribuição relativa da ordem do racemo na produtividade total da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Constata-se que entre todos os níveis salinos o de 3,6 dS m⁻¹ teve maior participação dos racemos principais (68,3%) na produção total superando a participação dos racemos secundários (31,7%) em 36,6%, ou seja, 2,16 vezes a mais; na CEa de 4,6 dS m⁻¹, nota-se que a participação do racemo primário foi próxima ao nível salino de 3,6 dS m⁻¹, com 67,4% sobrepujando a participação dos racemos secundários em 34,9% na produção total (Figura 5).

Em média, os racemos que mais contribuíram para a produtividade da mamoneira independente do nível salino e das doses de nitrogênio foram os primários com 60,0%. Essa informação está em contradição com Souza et al. (2007) ao avaliar épocas de plantio e manejo

da irrigação para a mamoneira, relataram que os racemos secundários são os que mais contribuem com o rendimento total da cultura. De acordo com Koutroubas et al. (2000) a contribuição relativa da ordem do racemo não é uma característica estável e depende das condições ambientais, da época de plantio, da cultivar e do regime de cultivo utilizado.

Foi nos maiores níveis salinos onde se verificaram as maiores participações dos racemos primários, o que pode ser atribuído à baixa emissão de racemos secundários e estão relacionados com o desenvolvimento de plantas menos vigorosas em condições de alta salinidade.

Os resumos das análises de variância relativos ao índice de colheita para o racemo principal (ICRP) e racemos secundários (ICRS) estão apresentados na Tabela 4, onde se verifica que o ICRP não foi influenciado significativamente pelo nível salino nem pela adubação nitrogenada, assim como para a interação NS x DN; por outro lado, o ICRS só foi afetado significativamente pelo nível salino da água de irrigação.

Adversidades ambientais geralmente redundam em menor índice de colheita (IC), fato observado neste estudo, pois a salinidade da água de irrigação promoveu, segundo a equação de regressão (Figura 4C), um decréscimo no ICRS de 14,2% para cada aumento unitário da CEa. Sendo o IC uma medida da eficiência do transporte de fotoassimilados para o fruto, teoricamente o maior IC observado por uma cultivar demonstra maior eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica, o que não foi verificado neste estudo, pois o IC determinado pela relação entre matéria seca dos grãos e a matéria seca total da planta variou de 0,26 a 0,27 no primeiro racemo de 0,29 a 0,13 nos racemos secundários; e entretanto, nem sempre o maior IC está associado ao maior rendimento de frutos; isto é o que se observa, por exemplo, nas plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹, visto o IC do RP e dos RS das plantas irrigadas com essa CEa foi de 0,26 e 0,28, respectivamente, valores inferiores ao encontrados por Lima et al. (2010) estudando os índices fisiológicos de cultivares de mamoneira em dois períodos de cultivo em baixa altitude no recôncavo sul baiano, obtiveram um IC variando de 0,51 a 0,54 no primeiro período (2006 – 2007) e de 0,25 a 0,37 no segundo período (2007 – 2008). Já Cedraz et al. (2008) avaliando a produtividade de várias cultivares de mamona, obtiveram um IC (0,28), na cultivar Mirante – 10 muito próximo ao deste estudo. Estudos têm mostrado que o IC de uma cultura é marcadamente influenciado pela densidade de plantio, disponibilidade de água e nutrientes,

manejo e qualidade da irrigação e temperatura na estação de crescimento, o que torna inadequadas as comparações entre cultivares, com base neste índice.

Porém, segundo Prihar e Stewart (1990) a hipótese de que o IC esteja diretamente relacionado com a partição de fotoassimilados para o rendimento econômico, e seja um parâmetro relacionado à espécie e como as plantas procuram adaptar-se às condições de ambiente, usando estratégias de modificarem suas estruturas vegetativas e/ou reprodutivas, dependendo do seu estágio de desenvolvimento assim, comparações entre cultivares poderiam ser baseadas nos IC sob determinadas condições ambientais.

CONCLUSÕES

O incremento salino a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ da água de irrigação afetou negativamente as variáveis de crescimento e a translocação dos produtos fotossintetizados, à exceção do PFTCaule.

As doses crescentes de N não promoveram efeito significativo sobre os índices fisiológicos estudados.

Em condições de salinidade da água de irrigação a participação dos racemos secundários na produtividade da mamoneira, é depreciada.

5.4 Produção e teor de óleo da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Resumo: O estudo teve como objetivo, avaliar os efeitos de diferentes salinidades da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada sobre componentes da produção da mamoneira e o teor de óleo da cv. BRS Energia, cultivada em lisímetros de drenagem sob condições de ambiente protegido, no Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, usou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial 5 x 5, sendo os tratamentos constituídos por níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹) associados a doses de adubação nitrogenada (50, 75, 100, 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo). O surgimento de racemos foi prejudicado em 62,57% quando comparados os níveis salinos de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹. O número de frutos e sementes, assim como peso dos frutos e sementes do racemo primário sofreram decréscimos com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Já os resultados para número de frutos e peso das sementes por planta se ajustaram melhor às equações quadráticas com significativas reduções em seus valores. Analisando o desdobramento do fator dose de nitrogênio dentro de cada nível salino constatou-se diferença significativa na massa dos frutos por planta apenas nas plantas irrigadas com CEa de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹, com efeito quadrático sob CEa de 0,6 dS m⁻¹ e ganho até a dosagem de nitrogênio de 125,5 mg kg⁻¹ (301,86 g); e quando foram irrigadas com água de CE de 1,6 dS m⁻¹, o ganho linear com acréscimo foi de 37,35%, ao serem comparados os níveis extremos da adubação nitrogenada. Verificou-se ao se adubar com a menor dose (50 mg kg⁻¹), aumento no teor de óleo até a salinidade de 1,22 dS m⁻¹, obtendo-se o teor de óleo máximo (55,35%)

Palavras-chave: Estresse salino, produtividade, adubação mineral

Production of castor bean irrigated with saline water and doses of nitrogen

Abstract: The study aimed to evaluate the effects of different salinity levels of irrigation water and nitrogen fertilization on yield components and oil content of castor bean cv. BRS Energia, grown in drainage lysimeters under protected cultivation in the Department of Agricultural Engineering of Center of Technology and Natural Resources of Federal University of Campina Grande, Campina Grande – PB. A completely randomized block design 5 x 5 factorial was used three replications. The treatments consisted of levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹) associated with

doses of nitrogen (50, 75, 100, 125 and 150 mg N kg⁻¹ soil). The emergence of racemes was impaired by 62.57% when compared to the saline levels of 0.6 and 4.6 dS m⁻¹. The number of fruits and seeds as well as fruit and seed weight of primary raceme suffered decreases with increasing electrical conductivity of the irrigation water. The results for fruit number and weight of seeds per plant were best adjusted to quadratic equations with significant reductions in their values. By analyzing the split dose of nitrogen factor within each salinity level, there was significant difference in weight of fruits per plant only in plants irrigated with EC_w 0.6 and 1.6 dS m⁻¹, with a quadratic effect, under EC_w of 0.6 dS m⁻¹ and a gain up to the nitrogen dose of 125.5 mg kg⁻¹ (301.86 g), and when the plants were irrigated with water of EC 1.6 dS m⁻¹ the linear gain with an increase was of 37.35%, between the extreme levels of nitrogen fertilization. The oil content in seeds increased with water salinity until EC_w of 1,22 dS m⁻¹ in the lowest dose of N (50 mg N kg⁻¹ soil), the maximum oil content observed being 55,35%.

Key words: Salt stress, productivity, mineral fertilizer

INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e a legislação pertinente criaram grande demanda por biodiesel e passaram a estimular a produção a partir de diversas oleaginosas, visando inclusão social através da geração de emprego para pequenos produtores rurais estabelecendo-se um conjunto de políticas de incentivo que visam inserir de forma sustentável, a agricultura familiar neste processo produtivo (CESAR e BATALHA, 2011), e entre as oleaginosas se destaca a cultura da mamoneira.

A mamoneira é uma oleaginosa com grande capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e suas sementes possuem entre 40% e 60% de óleo com ampla aplicação industrial e pode ser considerado matéria-prima na produção de biodiesel (DAVID et al., 2013). No Brasil, a produção está concentrada no semiárido nordestino com destaque para o estado da Bahia, que responde por mais de 80% da produção e da área cultivada (CARVALHO, 2005).

O sistema de cultivo da mamoneira empregado no Brasil teve baixos rendimentos fazendo com que a produção média nacional fosse baixa, percebendo-se também diminuição da produção média nacional de mamona ao longo dos últimos anos, de 644 kg ha⁻¹ na safra 2010/2011, para 190 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 (SAVY FILHO, 2005; SANTOS et al., 2007;

CONAB, 2013). O potencial de produção é bem maior visto que as cultivares desenvolvidas pela Embrapa Algodão em Campina Grande (PB) e pelo Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas (SP), para as áreas tradicionais de cultivo de mamona, produzem em média 1500 a 1800 kg ha⁻¹.

Além de questões como produtividade da cultivar, tecnologia utilizada para a produção de biodiesel (DAVID et al., 2013), outros parâmetros, como qualidade de água, devem ser avaliados principalmente em regiões áridas e semiáridas onde a escassez de recursos hídricos de forma quantitativa e qualitativamente torna-se muitas vezes, obstáculo para a expansão atividade agrícola.

As áreas agricultáveis em todo o mundo se expandiram com o uso da irrigação, tornando produtivas regiões áridas e semiáridas. Por outro lado, essa expansão tem causado problemas, sobretudo relacionados à salinidade do solo (MEDEIROS et al., 2010). Estima-se que 30% das áreas dos projetos públicos de irrigação estejam afetadas pela salinidade da água de irrigação (BERNARDO, 2006).

A adubação correta é uma das principais tecnologias usadas para o aumento da produtividade e da rentabilidade de uma cultura. Na mamoneira é possível se aumentar a produção utilizando-se esta técnica; todavia, o conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes nesta cultura ainda carece de aperfeiçoamento e adaptação para as diferentes regiões onde a cultura é plantada (SEVERINO et al., 2005) haja vista que a mamona requer solos férteis (GONÇALVES et al., 2007).

Embora consideradas impróprias para irrigação, existem evidências de que o uso de águas salinas pode ser viabilizado desde que se adotem técnicas adequadas e culturas tolerantes à salinidade. Deste modo, o desenvolvimento de pesquisas que visem o melhor entendimento de como utilizar e a tolerância das culturas à salinidade da água de irrigação, são necessários para se chegar a uma agricultura com base no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos. Isto posto objetivou-se, com neste estudo, avaliar os efeitos de diferentes concentrações da salinidade da água de irrigação e diferentes doses de adubação nitrogenada sobre a capacidade produtiva da mamoneira cv. BRS Energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido utilizando-se lisímetros de drenagem sob condições de ambiente protegido (estufa agrícola) no Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, situada a 7°15'18'' S, e 35°52'28'' W e altitude média de 550 m.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os tratamentos constituídos por diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹) associados a diferentes doses de adubação nitrogenada (50, 75, 100, 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo), sendo a dose de 100 mg de N kg⁻¹ de solo a dose indicada para ensaio em vaso, conforme Novais et al. (1991).

O material de solo utilizado no experimento foi coletado na profundidade de 0-30 cm de um Neosolo Regolítico Eutrófico, de textura franco-arenosa, não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB, conforme classificação e caracterização metodológicas recomendadas pela Claessem (1997).

Os lisímetros de drenagem, foram constituídos por vasos plásticos de 100 L de capacidade; foram deixados 5 cm livres na superfície do vaso após seu enchimento com material de solo a fim de facilitar a irrigação. A drenagem foi acompanhada através de dois furos feitos na base dos vasos, conectados a recipientes plásticos para acompanhamento do volume drenado e estimativa do volume consumido pela cultura.

Durante o enchimento dos vasos foi realizada a adubação de fundação, onde para cada kg de material de solo, foram aplicados 300 e 50 mg de P₂O₅ e K₂O, respectivamente (NOVAIS et al., 1991); quanto ao nitrogênio (N), foi aplicado 1/3 da recomendação para cada tratamento; o restante (2/3) de N e (100 mg kg⁻¹ de solo) K₂O foi dividido em cinco aplicações iguais aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

Os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação foram obtidos a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação de Richards (1954), sendo C (mg L⁻¹) = 640 x CEa (dS m⁻¹), e a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas eram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

A cultivar utilizada no experimento foi a BRS Energia recomendada para ser cultivada na região Nordeste; desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e EMPARN e lançada em 2007, é uma cultivar precoce, com porte médio, em torno de 1,40 m, ciclo entre 120 e 150 dias, caule verde com cera, cachos cônicos com tamanho médio de 60 cm, frutos verdes com cera e indeiscentes. As sementes pesam entre 0,40 e 0,53 g, rajadas com as cores marrom e bege contendo, em média, 48% de óleo. A produtividade média experimental em condições de sequeiro é de 1.800 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2009; MILANI, 2010).

As sementes foram cedidas pela Embrapa Algodão, passaram por criteriosa seleção eliminando-se as defeituosas e aquelas com indício de fungos, ataque de insetos e danos mecânicos. O semeio foi realizado em 2 de outubro de 2010 com o solo em capacidade de campo; com o intuito de garantir plantas vigorosas em cada vaso foram semeadas 6 sementes na profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante. Aos 20 DAS, realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se em cada um, uma planta por vaso.

As irrigações eram realizadas diariamente ao final da tarde e tinham, como base, a necessidade hídrica das plantas balizadas em função do balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado que foi acrescido de uma fração de lixiviação em média de 10% para evitar acúmulo de sais no solo.

As variáveis de produção analisadas neste estudo foram: número de racemos por planta (NRPL), número total de frutos do racemo primário (NTFRP) e por planta (NTFPL), peso dos frutos do racemo primário (PTFRP) e por planta (PTFPL), número de sementes do racemo primário (NSRP) e por planta (NSPL), peso das sementes do racemo primário (PSRP) e por planta (PSPL). O teor de óleo das sementes foi determinado no Laboratório Multidisciplinar da Embrapa Algodão, em Campina Grande, PB, com uso de um espectrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN) H1 Oxford MQA 7005 (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 2000).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 se encontram os resultados da análise de variância para o número de racemos por planta (NRPL), número de frutos do racemo primário (NTFRP) e por planta (NTFPL), peso dos frutos do racemo primário (PTFRP) e por planta (PTFPL) da mamoneira BRS Energia, onde se constatou diferença significativa ao nível de 0,01 de probabilidade para o fator nível salino sobre todas as variáveis; quanto à interação nível salino x dose de nitrogênio observou-se efeito para o PFTPL, assim como o fator dose de nitrogênio sobre essa mesma variável, ao nível de 0,05 de probabilidade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o número de racemos por planta (NRPL), número de frutos do racemo primário (NFTRP) e por planta (NFTPL), peso dos frutos do racemo primário (PFTRP) e da planta (PFTPL) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	Quadrados médio					
	GL	NRPL ¹	NFTRP ¹	NFTPL ¹	PFTRP ¹	PFTPL
Nível salino (NS)	4	4,03**	53,28**	180,22**	87,41**	136234,54**
Reg. Linear		14,83**	205,81**	719,85**	339,22**	535915,75**
Reg. Quadrática		0,66ns	2,87ns	0,16n	8,73**	7023,86**
Dose de nitrogênio (DN)	4	0,07ns	1,28ns	3,36ns	0,36ns	1989,44*
Reg. Linear		1,13ns	4,19ns	12,98ns	0,44ns	5741,23**
Reg. Quadrática		0,23ns	0,55ns	0,43ns	0,48ns	215,64ns
Interação NS x DN	16	0,11ns	1,18ns	2,17ns	1,42ns	1382,22**
Bloco	2	0,16ns	0,16ns	0,16ns	0,5ns	568,92ns
Resíduo	48	0,18	1,19	1,72	1,16	540,24
CV (%)		17,79	13,12	11,37	12,34	15,65

** e *significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} .

O aumento da salinidade da água de irrigação prejudicou o surgimento de racemos por planta (Figura 1A) observando-se, segundo a equação de regressão, decréscimo de 62,6% no NRPL, quando comparados os níveis salinos de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹. O número máximo de racemos por planta (11,3) em estudo realizado por Melo Filho et al. (2012) estudando o efeito residual da aplicação de casca de mamona natural e moída, sobre a produção de mamoneira BRS Energia, foi maior que verificados nesse estudo que foi de 9,3, e Nobre et al. (2012) avaliando a mamoneira BRS Energia, submetida a doses de adubação nitrogenada e irrigação com água de diferentes índices de salinidade, observaram decréscimo no número de racemos por planta de 14,2% por incremento unitário da CEa; embora este decréscimo tenha sido menor que o obtido neste estudo, corrobora para a afirmação de que a salinidade da água de irrigação interfere na emissão da inflorescência, formação do racemo e consequente na

produção da mamoneira BRS Energia haja vista, que plantas sob estresse salino sofrem alterações interferindo na absorção e utilização de nutrientes essenciais às plantas, reduzindo a produção (AMORIM et al., 2010; GOMES et al., 2011).

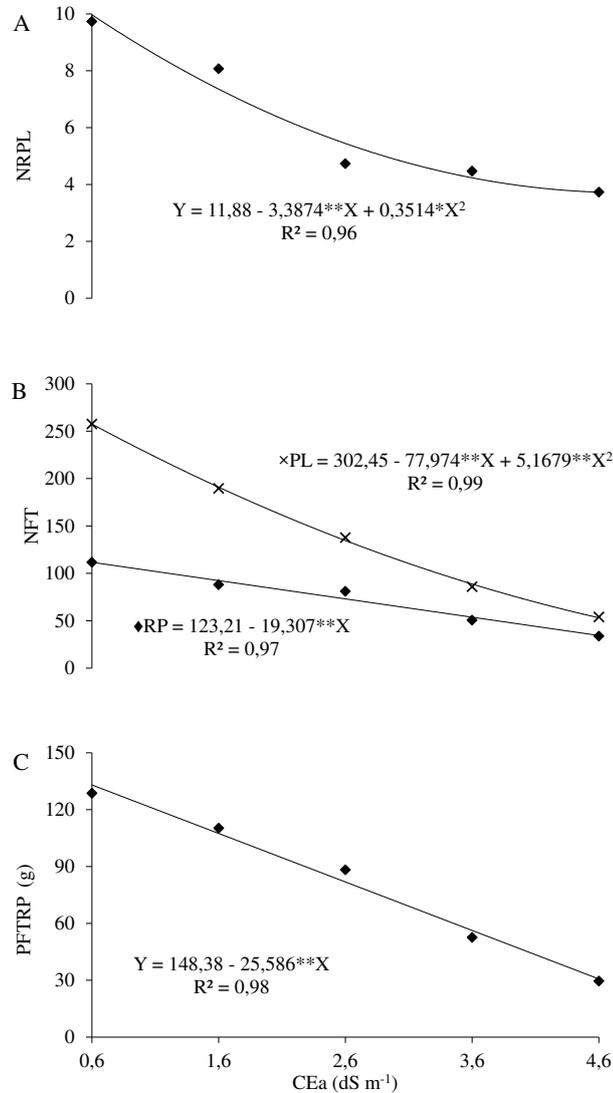


Figura 1. Número de racemos por planta (NRPL – A), número de frutos (NFT – B) do racemo primário (RP) e por planta (PL), e peso de frutos do racemo primário (PFTRP – C) da mamoneira irrigada com águas salinas

O número de frutos do racemo primário foi afetado significativamente pela salinidade da água de irrigação ($p < 0,01$) e, conforme equação de regressão (Figura 1B) verificou-se comportamento linear com decréscimos de 15,7% por aumento unitário da CEa; quando comparadas as CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹ constatou-se diminuição de aproximadamente 58 frutos no racemo primário das plantas irrigadas com CEa de 4,6 dS m⁻¹. Para o número de frutos por

planta observou-se resposta quadrática com o aumento da salinidade da água de irrigação verificando-se conforme equação de regressão (Figura 1B), decréscimos de 79,4% aos serem comparadas as CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹. Ao serem estimados o NFTRP e NFTPL para cada CEa, pôde-se notar a importância do primeiro racemo para a produção da mamoneira BRS Energia em número de frutos haja vista que para a condutividade elétrica mais baixa (0,6 dS m⁻¹) o número de frutos do racemo primário representará 43,3% do número de frutos por planta mas sob o maior nível de salinidade da água de irrigação 64,8% do NFTPL correspondiam ao racemo primário. Esses resultados podem estar relacionados aos efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da planta causando alterações no metabolismo da planta, sobretudo em relação à absorção da água e de nutrientes, o que implica em menor rendimento da cultura, interferindo diretamente no número de frutos (CORREIA et al., 2009). Em seu estudo Ribeiro et al. (2012) avaliando o crescimento e produção do genótipo de mamoneira EBDA MPB 01, irrigada com diferentes misturas de esgoto doméstico e água de poço de CE de 2,9 dS m⁻¹, observaram menor NFTPL quando irrigada com tratamento com maior percentual de água de poço; Nobre et al. (2012) constataram diminuição no número de frutos por planta de 14,3% por aumento unitário da CEa. Silva et al. (2008) observaram redução de 86% no número de frutos por cacho nas plantas da BRS Energia irrigadas com CEa de 4,7 dS m⁻¹ em relação àquelas sob 0,7 dS m⁻¹, corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho.

O peso total de frutos do racemo primário decresceu de forma linear à medida que a salinidade da água de irrigação aumentou e conforme equação de regressão (Figura 1C) verificou-se diminuição de 69,0% no PTFRP quando se utilizou água de CEa de 4,6 dS m⁻¹ ao se comparar com a CEa de 0,6 dS m⁻¹; a diminuição PTFRP com o aumento da condutividade elétrica da água tem relação possivelmente com o enchimento dos frutos haja vista que frutos que não se desenvolveram totalmente têm menor ganho de peso e como o aumento da salinidade interfere diretamente no peso e no número das sementes, como comprovado em outros estudos com a mamoneira (LIMA et al., 2012; NOBRE et al., 2013), visto que o estresse salino é um dos principais agentes condicionantes para o bom crescimento e produtividade das culturas (VAIDYANATHAN et al., 2003; VEERANAGAMALLAIAH et al., 2007; ISLÃ e ARAGUÉS, 2010).

Conforme as equações de regressão (Figura 2A) verificaram-se maiores pesos totais dos frutos por planta (PTFPL) ao se irrigar as plantas da mamoneira BRS Energia com nível

salino de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$. Realizando o desdobramento da salinidade da água de irrigação dentro de cada dose de nitrogênio para o PTFPL observou-se efeito da salinidade da água em todas as doses avaliadas (Figura 2A). Com o aumento unitário da salinidade da água de irrigação pôde-se observar reduções no PFTPL de 18,1, 20,0, 19,4, 20,6 e 19,8% quando as plantas foram adubadas com as doses de 50, 75, 100, 125 e 150 mg kg^{-1} , respectivamente. Apesar dos decréscimos no PFTPL com o aumento da CEA, quando as plantas foram adubadas com doses crescentes de N conseguiram suportar melhor os efeitos salinos da água de irrigação.

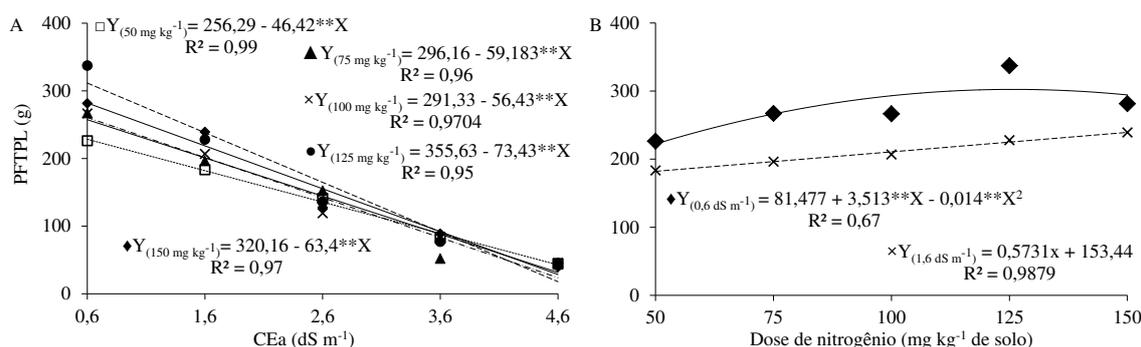


Figura 2. Desdobramento da interação para peso dos frutos por planta da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Analisando o desdobramento do fator dose de nitrogênio dentro de cada nível salino, constatou-se diferença significativa apenas nas plantas irrigadas com CEA de $0,6$ e $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, onde se observou efeito quadrático com as plantas sob CEA de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e ganho no PFTPL até a dosagem de nitrogênio de $125,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ($301,9 \text{ g}$) e a partir deste ponto sem grandes alterações (Figura 2B), verificando PFTPL de $293,5 \text{ g}$ para a maior dose de nitrogênio. Também foi crescente o ganho de peso total dos frutos por planta quando elas foram irrigadas com água de CE de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, de forma linear com acréscimo de $37,4\%$, ao serem comparados os níveis extremos da adubação nitrogenada. Diniz Neto et al. (2009) constataram que o aumento da adubação NPK proporcionou os melhores resultados na produtividade de grãos em relação à testemunha no cultivo antecipado da BRS Nordestina; já Severino et al. (2006) relataram nos tratamentos em que se forneceu fertilização orgânica complementada apenas com P e K, que não houve aumento de produtividade mas quando a adubação mineral incluiu N, o aumento de produtividade foi significativo pois o nitrogênio é um macronutriente usualmente associado a aumentos na produtividade e na rentabilidade das culturas (CHAVES et al., 2011; MILLER e CRAMER, 2004). Este aumento no peso dos

frutos quando as plantas foram irrigadas com as águas de CE de 0,6 e 1,6 dS m⁻¹, pode ter relação com a concentração de sais na zona radicular indicando que em meios onde a CEa não seja muito alta, a planta responde, de forma mais consistente, à adubação nitrogenada com ganhos significativos na produção.

Na Tabela 2 observa-se que o nível salino da água de irrigação ocasionou efeito significativo para o número de sementes do racemo primário (NSRP), por planta (NSPL), peso das sementes do racemo primário (PSRP) e por planta (PSPL); a dose de nitrogênio e a interação NS x DN não apresentaram diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o número de sementes do racemo primário (NSRP) e por planta (NSPL), peso das sementes do racemo primário (PSRP) e por planta (PSPL) da mamoneira irrigada com águas de diferentes salinidades e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio			
		NSRP ¹	NSPL ¹	PSRP ¹	PSPL
Nível salino (NS)	4	152,56**	525,29**	64,52**	63335,14**
Reg. Linear		593,83**	2094,28**	250,01**	248408,38**
Reg. Quadrática		10,32ns	0,56ns	7,28*	3569,57**
Dose de nitrogênio (DN)	4	1,32ns	5,96ns	8,56ns	598,53ns
Interação NS x DN	16	2,41ns	5,12ns	5,04ns	443,58ns
Bloco	2	0,22ns	2,11ns	2,67ns	372,77ns
Resíduo	48	3,36	4,43	4,48	349,76ns
CV (%)		13,56	11,41	18,51	19,88

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em Raiz de X.

De acordo com a equação de regressão (Figura 3A) o número de sementes do racemo primário das plantas de mamoneira decresceu linearmente em 15,9; 31,9; 47,8 e 63,8% respectivamente para os níveis salinos da água de irrigação de 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ em relação à água de CEa de 0,6 dS m⁻¹. Plantas submetidas a estresse salino podem acumular sais nas vias transpiratórias, provocando danos nos tecidos foliares, levando à inibição da fotossíntese e, conseqüentemente, afetando as variáveis de crescimento e produção (MUNNS et al., 2006). Para o número de sementes por planta (NSPL) ocorreu efeito quadrático decrescente à medida que aumentou a salinidade da água de irrigação, com diminuição de 81,7% no NSPL comparando a CEa de 0,6 com 4,6 dS m⁻¹ apresentando, assim, um decréscimo estimado no NSPL em aproximadamente 478,6 sementes por planta. Lima et al.

(2012) submetendo a BRS Energia a estresse salino com adubação nitrogenada observaram decréscimo de 14,58% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 52,5% no número de sementes dos racemos posteriores das plantas irrigadas com água de 3,9 dS m⁻¹ em relação às testemunhas. Ribeiro et al. (2012) constataram número médio de sementes por planta entre os tratamentos entre 131,2 e 181,9, valores abaixo do estimado pela equação de regressão neste estudo ao se irrigar a BRS Energia com água de condutividade elétrica até 3,6 dS m⁻¹, que foi de 220,3.

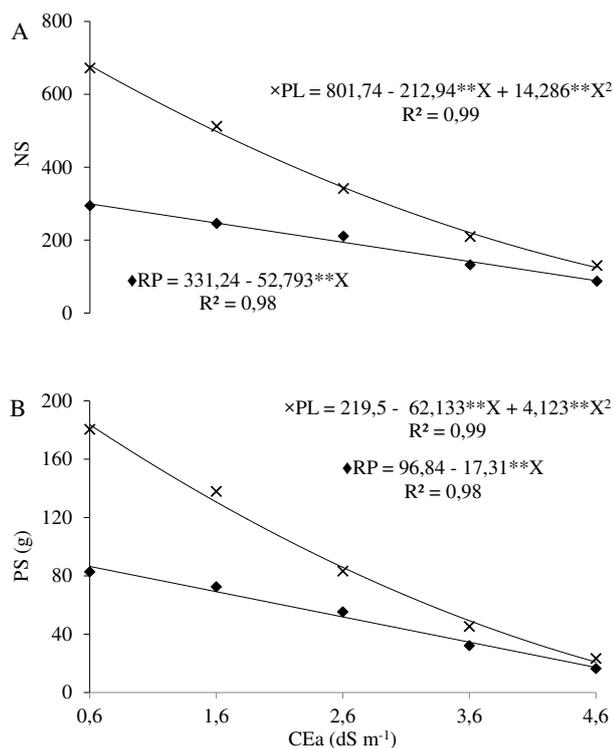


Figura 3. Número de sementes (NS – A) do racemo primário (NSRP) e por planta (NSPL) e peso das sementes (PS – B) do racemo primário (RP) e por planta (PL) da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Com base na equação de regressão (Figura 3B) constatou-se uma diminuição de 39,5, 68,3, 86,4 e 93,9% no peso das sementes do racemo primário (PSRP) das plantas ao irrigá-las com água de CEa de 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ em relação à água com CEa de 0,6 dS m⁻¹, respectivamente. No peso total das sementes por planta observou-se, segundo a equação de regressão (Figura 3C), diminuição de aproximadamente 163 g no peso das sementes das plantas irrigadas com água com CEa de 4,6 dS m⁻¹ quando comparadas com as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹ gerando, portanto, um decréscimo de 88,6%. Silva et al. (2008) em estudo com as cultivares BRS Energia e Paraguaçu observaram que quanto maior

foi a salinidade da água de irrigação menor foi o peso médio de sementes. O peso de sementes reflete o potencial produtivo das plantas podendo estar associado ao fato de que, 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 (RHOADES et al., 2000; TESTER e DAVENPORT, 2003).

A interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada exerceu influência significativa sobre o teor de óleo da mamoneira, ao nível de 0,05 de probabilidade. Foi observado efeito isolado do fator nível salino, a 0,01% de probabilidade; não se verificou diferença significativa do fator dose de nitrogênio

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o teor de óleo (TO) das sementes de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
		TO
Nível salino (NS)	3	27,80**
Reg. Linear		70,81**
Reg. Quadrática		9,64ns
Dose Nitrogênio (DN)	4	6,56ns
Interação NS x DN	12	14,08*
Bloco	2	0,72ns
Resíduo	38	6,49
CV (%)		4,80

** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Analisando o desdobramento para o teor de óleo (Figura 4) verificou-se, ao se adubar a mamoneira com a menor dose (50 mg kg⁻¹), aumento no teor de óleo até a salinidade de 1,2 dS m⁻¹, obtendo, o teor de óleo máximo (55,4%), ocorrendo redução a partir de então. Quando comparado o valor de TO ao se irrigar com água de irrigação com condutividade elétrica de 3,6 dS m⁻¹ (37,6%), com o teor máximo obtido, constatou-se redução de 15,9% na capacidade de armazenamento de óleo pelas sementes da mamoneira. Este efeito negativo da salinidade da água de irrigação também foi observado por Nobre et al, 2012 que, em estudo com a mamoneira BRS Energia, constataram decréscimo no teor de óleo das sementes com o aumento de CEa.

Para os níveis salinos verificou-se diferença entre os tratamentos quando as plantas foram irrigadas com água de CEa de 3,6 dS m⁻¹ e se observou que os dados se ajustaram à equação linear embora estatisticamente diferentes, os com acréscimos por aumento da dosagem de nitrogênio foram apenas de 0,2%, ou seja, a diferença existente entre o primeiro e o último nível de adubação foi menos de 1%.

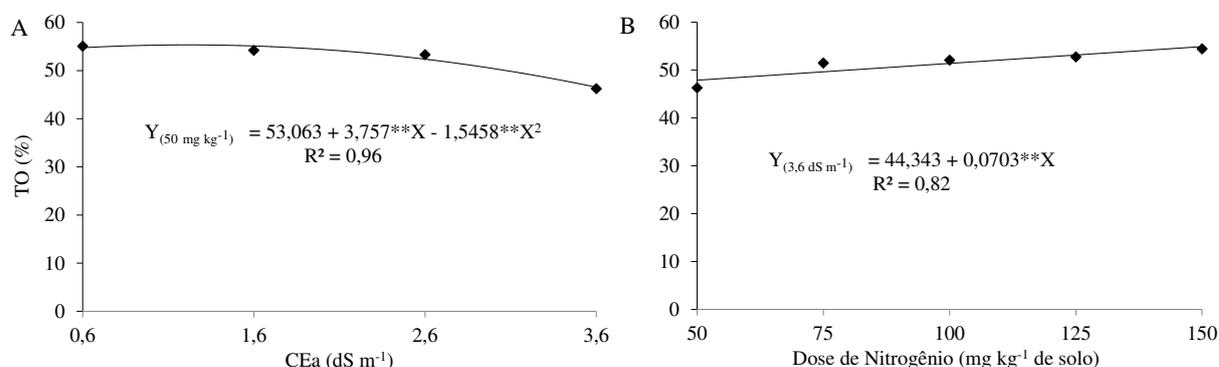


Figura 4. Desdobramento da interação para o teor de óleo (TO) das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio

CONCLUSÕES

A aplicação de água de irrigação com concentrações a partir de 0,6 dS m⁻¹ provocou reduções no número de racemos por planta, número de frutos, peso dos frutos e de sementes da mamona BRS Energia.

O peso dos frutos por planta sofre influência da interação entre a salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Em condições de estresse salino o racemo primário exerce representatividade significativa sobre o número de frutos e produtividade da planta da mamoneira BRS Energia, e quanto maior a CE da água de irrigação maior também é sua contribuição.

Salinidades da água de irrigação acima de 1,2 dS m⁻¹, prejudicam o teor de óleo nas sementes da mamoneira cv. BRS Energia.

5.5 Conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio da mamoneira irrigada com águas salinas e doses de nitrogênio

Resumo: A resposta das plantas sob condições de salinidade é um fenômeno complexo envolvendo alterações morfológicas, além de processos fisiológicos e bioquímicos. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as concentrações e conteúdos de NPK no tecido vegetal, ao final do ciclo vegetativo da mamoneira cv. BRS Energia, quando submetida à irrigação com águas de diferentes salinidades associadas à adubação com nitrogênio. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação utilizando-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x5, sendo os tratamentos constituídos por níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ combinados com cinco doses de nitrogênio (50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹). Para determinação dos teores de N, P e K ao final do ciclo, foram coletados todas as folhas e caules das plantas, separados por tratamento. O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu os teores de nitrogênio e de fósforo nas folhas da mamoneira BRS Energia, por aumento unitário da CE em 14,18 e 11,0%, respectivamente. A concentração de potássio nas folhas teve comportamento quadrático com valores decrescentes até a CEa de 3,08 dS m⁻¹. O conteúdo de nitrogênio, e fósforo nas folhas, foi prejudicado pela salinidade da água de irrigação com decréscimos por incremento unitário da CEa de 11,45 e 12,07%, respectivamente, para o conteúdo de nitrogênio e fósforo. Constatou-se diferença de 72,93% no conteúdo de potássio nas folhas ao serem comparadas às plantas irrigadas com as água de CEa 4,6 dS m⁻¹, em relação às plantas irrigadas CEa de 0,6 dS m⁻¹. O fator dose de nitrogênio não influenciou significativamente os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no caule.

Palavras-chave: Concentração de nutrientes, *Ricinus communis* L., estresse salino

Content of nitrogen, phosphorus and potassium in castor bean irrigated with saline water and doses of nitrogen

Abstract: The response of plants under saline conditions is a complex phenomenon involving morphological, and physiological and biochemical processes. The present study was to evaluate the concentrations and content of NPK at the end of the vegetative cycle, when subjected to irrigation with water of different salinities associated with nitrogen fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse, using the experimental design in randomized

blocks in a 5x5 factorial. The treatments consisting of levels of electrical conductivity of irrigation water - 0.6; 1.6; 2.6; 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ combined with five nitrogen rates (50; 75; 100; 125 and 150 mg N kg⁻¹). For determination of N, P and K at the end of the cycle, all the leaves and stems of plants, were collected and separated. The increasing salinity of irrigation water reduced the concentrations of nitrogen and phosphorus in leaves of castor bean BRS Energia, with unit increase in EC by 14.18 and 11.0%. The potassium concentration in the leaves had quadratic behavior with decreasing values until EC_w of 3.08 dS m⁻¹. The contents of nitrogen and phosphorus in the leaves were affected by salinity of irrigation water and decreases with per unit increase of EC_w by 11.45 and 12.07%, respectively, for content of nitrogen and phosphorus. 72.93% difference was found in the content of potassium in leaves when plants irrigated with water of EC w 4.6 dS m⁻¹, were compared to plants irrigated with EC_w 0.6 dS m⁻¹. The factor nitrogen dose did not significantly influence the levels of nitrogen, phosphorus and potassium in the stem.

Key words: Concentration nutrient, *Ricinus communis* L., salt stress

INTRODUÇÃO

De grande versatilidade química no ramo industrial, o óleo de mamona é um dos óleos vegetais mais caros no mercado de commodities (SANTOS et al., 2007), podendo ser utilizado em grande quantidade de produtos (CHIERICE e CLARO NETO, 2007), com aplicação em diversas áreas como polímeros, cosméticos, lubrificantes e produtos farmacêuticos e lubrificantes. Contudo, aspectos da economia mundial fazem com que o preço tenha grande oscilação contribuindo, em parte, para a instabilidade dos preços da mamona em baga desestimulando o plantio (SANTOS et al., 2007).

A mamoneira é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica, com grande variação no crescimento, no porte, no ciclo e na sexualidade, dentre outros aspectos (BELTRÃO et al., 2007). No Brasil sua produção se concentra na região Nordeste e vem se destacando como uma das mais promissoras para os pequenos produtores, especialmente no semiárido nordestino constituindo, assim, numa ferramenta de suma importância para o desenvolvimento do Brasil (ALMEIDA JUNIOR et al., 2009). Porém as lavouras são, em policultivos de sequeiro, sem parâmetros técnicos definidos e práticas culturais inadequadas, utilizando-se sementes impróprias para o plantio com oferta reduzida de sementes de materiais melhorados (SANTOS et al., 2007).

Uma das formas de melhorar o cultivo da mamoneira é através da implantação de sistemas de irrigação fornecendo água e nutrientes na quantidade para suprir as necessidades da cultura. Todavia, na agricultura irrigada a qualidade de água deve ser considerada antes mesmo do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que têm limitado, ou impossibilitado, a expansão da produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste brasileiro, onde a alta taxa de evapotranspiração e baixa pluviosidade contribuem para a salinização dos solos (MEDEIROS et al., 2010). Além da escassez de recursos hídricos a região se defronta com o alto teor de sais em grande parte das fontes de águas subterrâneas e superficiais (HOLANDA e AMORIM, 1997).

Embora consideradas impróprias para irrigação, existem evidências de que o uso de águas salinas pode ser viabilizado desde que se adotem técnicas adequadas e culturas tolerantes à salinidade. Flores et al. (2001) destacaram que a fertilização nitrogenada, além de promover o crescimento das plantas pode, também, reduzir o efeito da salinidade nos vegetais.

Tal efeito pode ser atribuído às funções do nitrogênio nas plantas, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros. Estudos têm demonstrado que o acúmulo desses solutos orgânicos eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (LACERDA et al., 2003; SILVA et al., 2008a).

A resposta das plantas sob diferentes condições de salinidade é um fenômeno extremamente complexo envolvendo alterações de crescimento e morfológicas, além de processos fisiológicos e bioquímicos. Deste modo, a sobrevivência das plantas em condições de salinidade pode exigir processos adaptativos envolvendo a absorção, transporte e a distribuição de íons nos distintos órgãos da planta, bem como a compartimentação de nutrientes minerais dentro das células (ZANANDRES et al., 2006; GARCIA et al., 2010). As alterações no metabolismo induzidas pela salinidade são resultado de várias respostas fisiológicas da planta, dentre as quais se destacam as modificações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética.

Considerando-se a importância desta cultura para o agronegócio regional e como fonte de matéria-prima para geração de biocombustível, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as concentrações e conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido

vegetal da mamoneira BRS Energia ao final do ciclo da cultura, quando submetida à irrigação com águas de diferentes salinidades associadas à adubação com nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação utilizando-se o delineamento experimental na forma de blocos casualizados, em esquema em fatorial 5x5, cujos tratamentos foram constituídos de diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CE_a (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹) combinados com cinco doses de nitrogênio (50; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹) com três repetições, na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, situada a 7°15'18'' S, e 35°52'28'' W e altitude média de 550 m.

O material de solo utilizado com resultados obtidos conforme metodologias recomendadas por Claessem (1997) foi classificado como solo Neosolo Regolítico Eutrófico, de textura franco-arenosa, não salino e não sódico, proveniente do distrito de São José da Mata, Campina Grande, PB; foi devidamente destorroado apresentando as seguintes características físicas: areia (73,4%), silte (16,8%), argila (9,8%), densidade global (1,42 kg dm⁻³), porosidade (49,47%) e químicas: Ca, Mg, Na e K foram 11,9, 5,6, 0,6 e 2,4 mmol_c kg⁻¹ e no extrato de saturação se obtiveram pH_{es} (5,22), CE_{es} (0,52 dS m⁻¹), Ca²⁺ (2,75 mmol_c L⁻¹), Mg²⁺ (2,13 mmol_c L⁻¹), Na⁺ (1,54 mmol_c L⁻¹), K⁺ (0,53 mmol_c L⁻¹), Cl⁻ (5,0 mmol_c L⁻¹), CO₃²⁻ (0 mmol_c L⁻¹), HCO₃⁻ (1,60 mmol_c L⁻¹) e percentagem de saturação (20,0%).

Para o cultivo da mamoneira BRS Energia, cultivar escolhida para o estudo, foram utilizados vasos plásticos de 100 L de capacidade, que foram preenchidos com 120 kg de solo. Os 2/3 inferiores do vaso, foram preenchidos com 90 kg de solo e por fim 30 kg deste solo misturado com húmus (2% do peso total de solo); foram deixados 5 cm livres na superfície do vaso para facilitar a irrigação. A drenagem foi acompanhada através de dois furos feitos na base dos vasos, conectados a um recipiente plástico.

No momento do preenchimento dos vasos foi realizada a adubação de fundação, onde foi posta a quantidade total recomendada para P₂O₅ (300 mg kg⁻¹ de solo) e 50 mg K₂O, correspondente a 1/3 da recomendação (NOVAIS et al., 1991); quanto ao nitrogênio (N), foi aplicado 1/3 da recomendação para cada tratamento; o restante (2/3) de N e K foi dividido em cinco aplicações iguais, aos 20, 30, 40, 50 e 60 dias após a semeadura (DAS) a fim de evitar acúmulo excessivo de sais.

Para obtenção dos níveis de salinidade da água de irrigação utilizou-se o cloreto de sódio (NaCl) diluído em água proveniente do sistema de abastecimento local com base na equação 1. As respectivas águas eram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

$$Q_{apl} = [(CE_d - CE_a) \times Vol_a \times 640] / 1000 \quad (1)$$

Onde:

Q_{apl} = Quantidade de sal a ser aplicada em g

CE_d = Condutividade elétrica desejada

CE_a = Condutividade elétrica da água

Vol_a = Volume de água no reservatório

O experimento teve início em 2 de outubro de 2010, com o semeio de seis sementes por vaso, a uma profundidade de 2 cm e distribuídas de forma equidistante, após seleção das sementes defeituosas e com indício de fungos, ataque de insetos e danos mecânicos, com o solo em capacidade de campo; aos 20 DAS, realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 42 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se em cada um, uma planta por vaso.

As irrigações eram realizadas diariamente, ao final da tarde, tinham como base a necessidade hídrica das plantas calculadas em função do balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado que foi acrescido de uma fração de lixiviação em média de 10% para evitar acúmulo de sais no solo.

Para determinação dos teores de N, P e K ao final do ciclo, foram coletados todas as folhas e os caules das plantas, separados por tratamento. O material vegetal foi lavado para retirada de possíveis impurezas, com água destilada e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de secagem a ar, à temperatura constante de 65 °C, para obtenção da matéria seca. Após obtenção do peso seco as amostras foram pesadas, moídas e submetidas a análises químicas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do CCTA/UFCG, seguindo metodologia recomendada por Silva (1999). O índice de eficiência de utilização dos nutrientes para produção de matéria seca (MS) foi calculado através da relação: kg de MS total produzida/kg de nutriente acumulado na planta (FAGERIA et al., 2010).

A partir dos teores desses nutrientes e da matéria seca da folha e do caule, estabeleceu-se o conteúdo dos nutrientes N, P e K ao final do ciclo (120 dias após a semeadura), avaliando o estado nutricional da planta.

Os dados foram analisados utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância realizou-se análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para teor de nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) nas folhas da mamoneira, demonstram haver efeito significativo do fator nível salino ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 1). O fator dose de nitrogênio não exerceu efeito significativo em nenhuma das variáveis assim como para interação (NS x DN).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio		
		TN	TP ¹	TK ¹
Nível Salino (NS)	4	38,45**	0,4**	6,87**
Reg. Linear		139,06**	1,56**	9,66**
Reg. Quadrática		0,041ns	0,0006ns	16,09**
Dose Nitrogênio (DN)	4	3,61ns	0,065ns	0,17ns
Interação NS x DN	16	3,48ns	0,024ns	0,7ns
Bloco	2	2,18ns	0,15ns	0,62ns
Resíduo	48	2,10	0,061	0,56
CV (%)		15,59	10,75	11,24

** e *significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} .

Verificou-se, com base nas equações de regressão (Figura 1), que os teores de nitrogênio e de fósforo nas folhas da mamoneira BRS Energia, apresentaram aumentos respectivos de 56,7 e 44,0%, passando de 7,4 e 4,4 g kg⁻¹, ao ser irrigada com água de CE de 0,6 dS m⁻¹, para 11,2 e 6,3 g kg⁻¹, quando irrigada com água de maior nível de salinidade (4,6 dS m⁻¹), consistindo em acréscimo por aumento unitário da CEa de 14,2 e 11,0% para TN e TP, respectivamente. Esses comportamentos são similares aos de Sousa et al. (2012), com pinhão-mansão cultivado sob condições de salinidade, que verificaram aumento do teor de N nas folhas até a condutividade elétrica de 2,2 dS m⁻¹; Leonardo et al. (2008) com aumento da CEa até próximo de 4,5 dS m⁻¹, notaram elevação no teor de N nas folhas de pimentão e

também constataram aumento contínuo do teor de fósforo quanto maior foi o nível da salinidade da água de irrigação. Moro et al. (2012) avaliando diferentes fontes de nitrogênio na adubação no cultivo do híbrido Savana, verificaram teor de fósforo na parte aérea entre 2,7 a 3,3 g kg⁻¹; já Severino et al. (2008) em estudo com a cultivar BRS Nordestina observaram teor de fósforo no tecido vegetal variando de 2,9 a 10,6g kg⁻¹, ao utilizar diferentes substratos. As variações entre os resultados em diferentes trabalhos podem ser associadas a diferentes condições de salinidade da água, tolerância das culturas à salinidade, características do solo, do clima, do manejo adotado na pesquisa e ainda à dose de N aplicada (TERCEIRO NETO et al., 2012), visto que respostas ao estresse salino envolvem vários mecanismos, sejam bioquímicos e/ou fisiológicos e de difícil entendimento (HASEGAWA et al., 2000); além disto, as plantas podem se comportar de forma variada em relação aos limites de tolerância à salinidade; dentro de uma mesma espécie pode haver variações entre genótipos nos quais os efeitos podem variar entre as fases de desenvolvimento (NEVES et al., 2008).

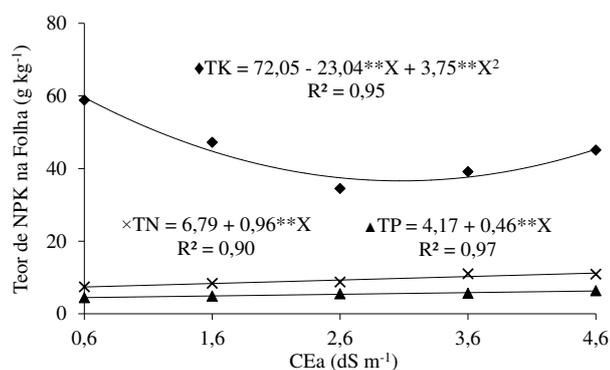


Figura 1. Teor de Nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Analisando a Figura 1 verificou-se comportamento quadrático para o teor de potássio nas folhas (TK) com valores decrescentes até a CEa de 3,1 dS m⁻¹ e se constatou menor TK nas folhas (36,6 g kg⁻¹). A partir deste ponto verificaram-se acréscimos até o nível salino mais elevado registrando-se TK nas folhas de 45,3 g kg⁻¹. Outros trabalhos reportam menores concentrações de potássio em plantas de mamoneira; Crusciol et al. (2012) avaliando a extração e a exportação de macronutrientes pelo híbrido de mamona Savana, constataram aos 97 dias após emergência, teor de 9,9 g kg⁻¹, na safra 2005/2006 e de 10,6 g kg⁻¹, na safra de 2006 aos 100 dias após emergência; Severino et al. (2008) verificaram teor de potássio médio no tecido vegetal da cultivar BRS Nordestina 26,2 g kg⁻¹. Quanto aos efeitos do estresse salino, vários estudos demonstram diminuição nos teores de potássio nas folhas com aumento

da CEa. Paulos et al. (2012) com alface; Garcia et al. (2007) milho. A redução na absorção de potássio possivelmente está relacionada ao aumento da concentração de sódio no meio radicular inibindo a absorção de potássio em função da relação competitiva entre esses cátions (Kawasaki et al., 1983); como também estar associada à competição pelos sítios de absorção em nível de membrana (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Verificou-se, com base nos resultados da análise de variância (Tabela 2), efeito significativo do fator salinidade sobre os teores de nitrogênio, fósforo e potássio no caule da mamoneira BRS Energia ao nível de 0,01 de probabilidade; o mesmo não ocorreu para fator dose de nitrogênio e interação entre salinidade e doses de nitrogênio.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio		
		TN ¹	TP	TK ¹
Nível Salino (NS)	4	2,12**	14,58**	2,69**
Reg. Linear		1,37ns	52,13**	8,36**
Reg. Quadrática		3,97**	0,19ns	1,17ns
Dose Nitrogênio(DN)	4	0,1ns	0,37ns	0,21ns
Interação NS x DN	16	0,46ns	1,33ns	0,75ns
Bloco	2	0,44ns	2,57ns	0,54ns
Resíduo	48	0,52	1,11	0,51
CV (%)		27,8	15,14	11,76

** e *significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} .

Mesmo observando efeito significativo do fator salinidade em relação ao TN no caule, o coeficiente de determinação foi baixo e se optou, assim por não utilizar a equação. Contudo, pôde-se observar média de 7,3 mg kg⁻¹ (Figura 2). Analisando os dados para o teor de fósforo e potássio e segundo as equações de regressão, pôde-se observar que as concentrações aumentaram com a elevação das concentrações salinas da água de irrigação de forma linear, com incrementos no teor P e de K no caule da mamoneira BRS Energia, respectivamente de 10,9 e 9,7% por acréscimo unitário da CEa, ou seja, as concentrações de fósforo e potássio no caule das plantas irrigadas com água de CEa de 4,6 dS m⁻¹ foram 43,4 e 38,8% maiores que as observadas no caule das plantas irrigadas com a água de menor salinidade (0,6 dS m⁻¹). Carmo et al. (2011) avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação sobre os teores, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora, verificaram teor crescente de P até determinado nível, em resposta ao aumento de salinidade e teores de potássio próximos

aos encontrados neste estudo; Crusciol et al. (2012) encontraram menores teores de P e K no caule do híbrido Savana, no período de safra e safrinha, assim como os valores constatados por Lavres Junior et al. (2005) avaliando o efeito da deficiência dos macronutrientes no crescimento e estado nutricional da mamoneira cultivar Iris.

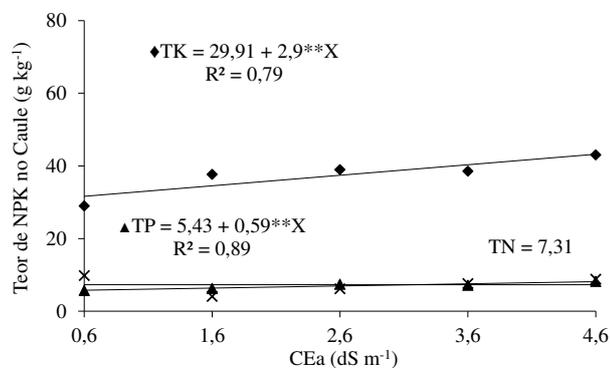


Figura 2. Teor de Nitrogênio (TN), fósforo (TP) e potássio (TK) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Os resultados da ANAVA para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN), fósforo (IEP) e potássio (IEK) nas folhas, expostos na Tabela 3, evidenciam diferença significativa ao nível de 0,01 de probabilidade da interação apenas para a variável IEN; como também do fator nível salino sobre todas as variáveis; e ao nível de 0,05 de probabilidade do fator dose de nitrogênio sobre as variáveis (IEN) e (IEK).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN), fósforo (IEP) e potássio (IEK) nas folhas das plantas de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio		
		IEN	IEP ¹	IEK ¹
Nível Salino (NS)	4	9269,73**	110,73**	5,8**
Reg. Linear		35839,22**	440,44**	19,52**
Reg. Quadrática		1132,24**	1,03**	3,21ns
Dose Nitrogênio (DN)	4	125,72*	3,15ns	0,26*
Reg. Linear		99,12ns	7,83ns	0,74*
Reg. Quadrática		114,47ns	1,88ns	0,061ns
Interação NS x DN	16	254,61**	1,28ns	0,18ns
Bloco	2	38,21ns	2,12ns	0,11ns
Resíduo	48	45,66	0,99	0,11
CV (%)		18,83	13,37	12,94

** e *significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} .

Analisando o desdobramento para o IEN nas folhas da mamoneira (Figura 3A) pôde-se constatar que esta variável foi significativamente afetada pela salinidade da água de irrigação, em função dos decréscimos por incremento unitário da salinidade da água de irrigação de 18,2, 19,5, quando adubadas com as doses de nitrogênio de 50 e 75 mg de N kg⁻¹ de solo; para as maiores doses de nitrogênio (125 e 150 mg kg⁻¹) verificou-se que a equação que melhor se ajustou aos dados foi a quadrática, com respectivos índices de eficiência de utilização do nitrogênio ao se irrigar as plantas com o menor nível salino de 95,9 e 71,3 g g⁻¹; já ao se irrigá-las com o maior nível salino (4,6 dS m⁻¹) os IEN foram de 12,7 e 8,0 g g⁻¹, ou seja, reduções de 86,8 e 88,8%, quando comparados o menor e o maior níveis de salinidade.

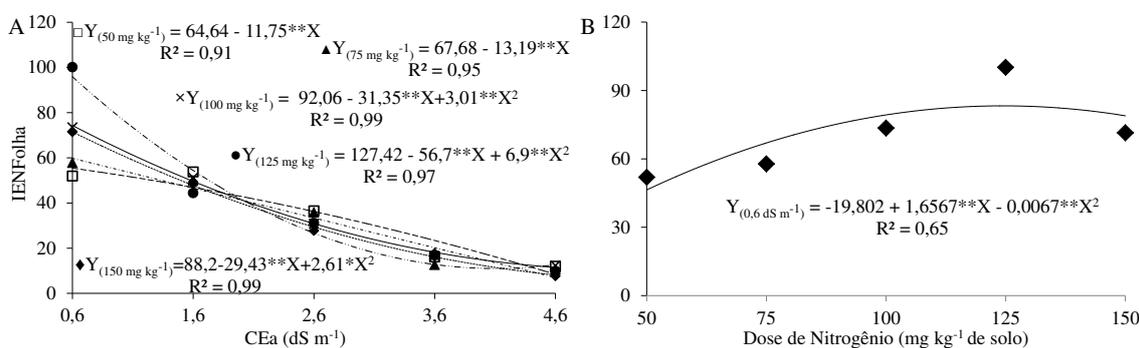


Figura 3. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do Nitrogênio (IEN) nas folhas das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio.

Em relação às doses de nitrogênio dentro de cada nível salino, a diferença significativa foi apenas para o menor nível de salinidade (0,6 dS m⁻¹) e conforme a equação quadrática de regressão o IEN foi crescente até atingir o máximo de 82,6 g g⁻¹ com adubação de 123,6 mg kg⁻¹ evidenciando que a adubação nitrogenada favoreceu a produção de biomassa da folha mas apenas em meio de baixa salinidade.

Esses resultados demonstram que a elevação dos níveis de salinidade afeta negativamente os processos de absorção e assimilação de nutrientes pelas plantas, principalmente o íon nitrato (NO³⁻), que é a principal fonte de nitrogênio em solos agrícolas e o que mais limita frequentemente, o crescimento de plantas (MELONI et al., 2004; ARAGÃO et al., 2010), e conseqüentemente interferindo na eficiência de utilização do N influenciando várias etapas do metabolismo desse elemento, reduzindo a síntese de proteína e afetando o crescimento da planta (FRECHILL et al., 2001; ARAGÃO et al., 2010, 2011).

Em relação ao índice de eficiência de utilização do fósforo na folha Figura 4A comprovou-se, pela equação de regressão, que a salinidade da água de irrigação afetou

significativamente o IEP ocorrendo redução de 86,0% quando comparadas as plantas irrigadas com CEa de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹. Para o potássio, observou-se que até a salinidade de 2,6 dS m⁻¹ houve pouca variação na eficiência de utilização deste nutriente, enquanto que ao serem confrontados os resultados das plantas sob CEa extremas (0,6 e 4,6 dS m⁻¹) verificou-se, ao se irrigar com o menor nível salino IEK de 9,2 g g⁻¹, valor bem superior ao observado para o maior nível salino 2,2 g g⁻¹, isto é, redução de 75,7%, ao se comparar o menor e o maior nível de salinidade. O índice de eficiência de utilização do sódio, embora significativo conforme análise de variância, as equações utilizadas tiveram coeficiente de correlação baixo, sendo então registrada a média, que foi de 20,1 g g⁻¹. Na Figura 6B verificou-se que a adubação nitrogenada favoreceu o índice de eficiência de utilização do potássio ao se constatar, segundo equação de regressão, aumento linear de seus valores com incremento por acréscimo da dose de nitrogênio de 9,6%. Fernandes e Soratto. (2013) sugerem que plantas com menores teores de nutrientes em seus tecidos têm maior eficiência de utilização devido ao melhor emprego desses nutrientes no metabolismo e crescimento. Segundo Chiera et al. (2002); Kavanova et al.(2006) mesmo sob baixas concentrações de nutrientes nos tecidos as plantas com maior eficiência de utilização de nutrientes mantêm os processos de divisão e expansão celular.

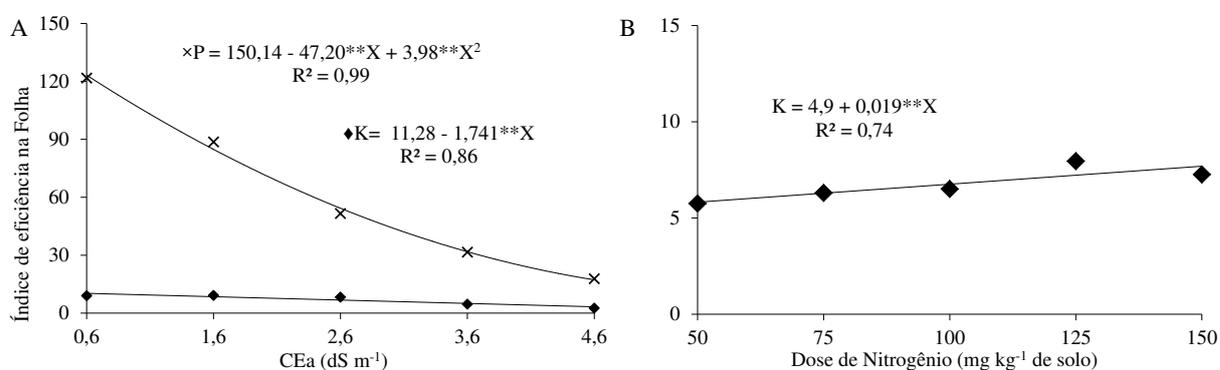


Figura 4. Índice de eficiência de utilização do fósforo (IEP) e potássio (IEK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Houve interação significativa entre o nível salino e as doses de adubação nitrogenada para o índice de eficiência de utilização do fósforo e do potássio no caule a 0,01 de probabilidade (Tabela 4) e se observou efeito isolado do fator nível salino para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio, fósforo e potássio no caule, a 0,01 de probabilidade.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN), fósforo (IEP) e potássio (IEK) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio		
		IEN ¹	IEP ¹	IEK ¹
Nível salino (NS)	4	119,10**	82,86**	15,44**
Reg. Linear		433,49**	328,99**	60,61**
Reg. Quadrática		7,67ns	1,18ns	1,13**
Dose Nitrogênio (DN)	4	0,48ns	0,94ns	0,12ns
Interação NS x DN	16	4,03ns	1,21**	0,47**
Bloco	2	3,17ns	0,52ns	0,07ns
Resíduo	48	3,55	0,46	0,14
CV (%)		26,82	10,45	13,39

** e *significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns não significativo pelo teste F. ¹ Dados transformados em \sqrt{x} .

O índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN) no caule foi inibido pelo aumento da salinidade da água de irrigação de forma linear, verificando-se decréscimo de 20,5% por incremento unitário da CEa; (Figura 5).

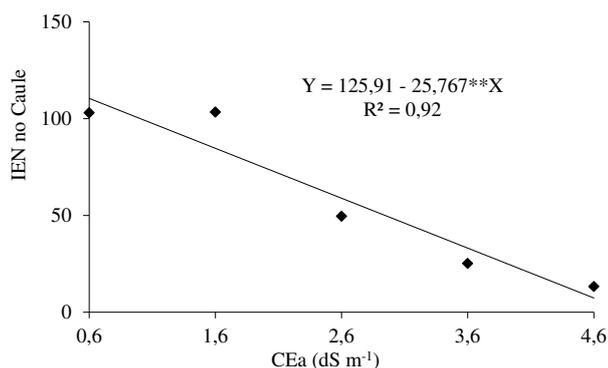


Figura 5. Índice de eficiência de utilização do nitrogênio (IEN) no caule da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Ao analisar o desdobramento da CEa dentro de cada nível de dose de nitrogênio (Figura 6A) verificou-se que, independente da dose, o comportamento para o índice de eficiência de utilização do fósforo foi o mesmo; com os dados se ajustando à equação linear, observando-se decréscimos por incremento da salinidade da água de irrigação de 17,4, 20,2, 19,7, 21,2 e 21,1% quando adubadas com as doses de nitrogênio de 50, 75, 100, 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo, respectivamente. Quanto à relação doses de nitrogênio para cada CEa, observou-se que apenas ao se irrigar com água de CEa de 0,6 dS m⁻¹ diferença significativa, com o aumento da dosagem nitrogenada. De acordo com a equação de regressão e ao passo que se aumentou nível de adubação verificou-se incrementos no IEPCaule de 17,6%.

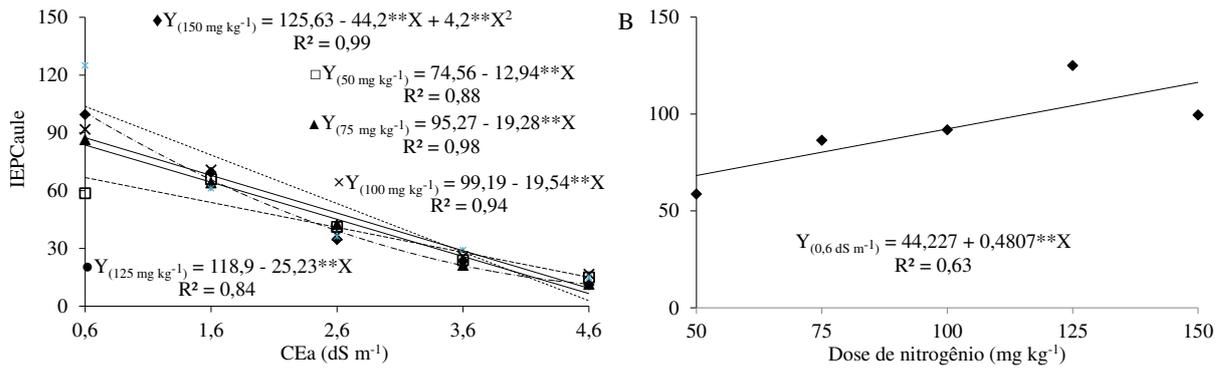


Figura 6. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do fósforo (IEPCaule) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio

Seguindo a mesma tendência verificada para o IEPCaule, através do desdobramento da CEA dentro de cada nível de dose de nitrogênio, constatou-se que o índice de eficiência de utilização do potássio (IEKCaule), também teve seus valores diminuídos pela salinidade da água de irrigação, com reduções no IEKCaule ao se comparar o menor e maior nível de salinidade de 60,5, 80,8, 82,4, 83,4 e 83,1, respectivamente, para as plantas adubadas com as doses de nitrogênio de 50; 75 100; 125 e 150 mg de N kg⁻¹ de solo. Em se tratando do desdobramento da dose de nitrogênio dentro de cada nível salino, verificou-se diferença significativa ao irrigá-las com água de CEA de 0,6 dS m⁻¹, onde o IEKCaule foi crescente até alcançar o valor de 58,7 g g⁻¹ (DN de 117,0 mg kg⁻¹). Não se verificou diferença significativa para os demais níveis salinos (Figura 7).

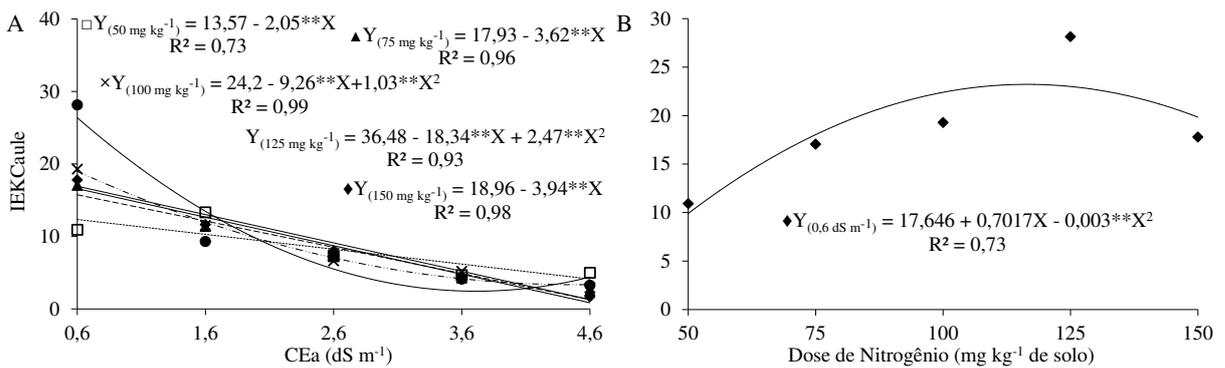


Figura 7. Desdobramento da interação para o índice de eficiência de utilização do potássio (IEK) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubadas com doses de nitrogênio

A adubação nitrogenada não exerceu influência significativa sobre o conteúdo de nitrogênio (CN), de fósforo (CP) e potássio (CK) nas folhas (Tabela 5). As diferenças significativas ao nível de 0,01 de probabilidade foram observadas para o fator nível salino

sobre todas as variáveis, enquanto para interação entre os fatores (NS x DN) não se verificou efeito significativo.

Tabela 5. Resumo da ANAVA para o conteúdo de nitrogênio (CN), fósforo (CP) e potássio (CK) nas folhas da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		CN ¹	CP ¹	CK ¹
Nível salino (NS)	4	0,171**	0,119**	4,12**
Reg. Linear		0,665**	0,45**	15,19**
Reg. Quadrática		0,015ns	0,008ns	1,21**
Dose Nitrogênio (DN)	4	0,020ns	0,003ns	0,03ns
Interação NS x DN	16	0,014ns	0,004ns	0,10ns
Bloco	2	0,016ns	0,012ns	0,13ns
Resíduo	48	0,008	0,007	0,05
CV (%)		11,52	14,53	13,40

** , * significativo a 1 e 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F; ¹ dados transformados em \sqrt{X}

Os conteúdos de nitrogênio e fósforo nas folhas foram prejudicados pela salinidade da água de irrigação (Figura 8), comprovados em função dos decréscimos por incremento unitário da CEa de 11,45 e 12,07%, respectivamente para o CN e CP; o conteúdo de potássio nas folhas da mamoneira ajustou-se à equação quadrática com redução em seu valor de 72,93% das plantas irrigadas com CEa 4,6 dS m⁻¹, em relação às plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹. Lavres Junior et al (2005), avaliando o efeito da deficiência de macronutrientes no crescimento e estado nutricional da mamoneira cv. Iris constataram ordem decrescente no acúmulo no limbo inferior com maior conteúdo de potássio seguido de nitrogênio e fósforo, semelhante ao encontrado neste estudo; já Silva et al. (2011) observaram a seguinte ordem N>K>P; outras pesquisas reportam diminuição no acúmulo de nutrientes nas plantas em especial de N, P e K, com o aumento da salinidade, melão (TERCEIRO NETO et al., 2012). O menor acúmulo de NPK com aumento gradativo da salinidade da água de irrigação pode ser atribuído ao fato do total de nutrientes acumulado no tecido vegetal estar diretamente correlacionado com o acúmulo de massa seca (CARMO et al., 2011).

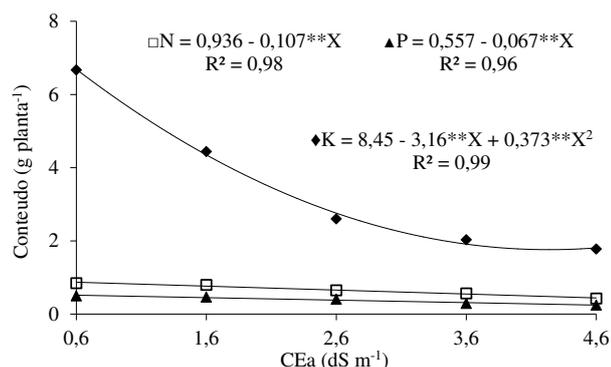


Figura 8. Conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas das plantas de mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

A salinidade da água de irrigação interferiu significativamente ($p < 0,01$) sobre o conteúdo de nitrogênio (CN), de fósforo (CP) e de potássio (CK) no caule da mamoneira BRS Energia (Tabela 6); para o fator isolado dose de nitrogênio (DN) não foi verificado efeito significativo de nenhuma das variáveis.

Tabela 6. Resumo da ANAVA para o conteúdo de nitrogênio (CN), fósforo (CP) e potássio (CK) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		CN ²	CP ¹	CK ¹
Nível Salino (NS)	4	0,165**	0,232**	1,35**
Reg. Linear		0,48**	0,88**	4,89**
Reg. Quadrática		0,093*	0,02*	0,27**
Dose Nitrogênio (DN)	4	0,008ns	0,003ns	0,02ns
Interação NS x DN	16	0,016ns	0,006ns	0,04ns
Bloco	2	0,035ns	0,021ns	0,07ns
Resíduo	48	0,022	0,004	0,02ns
CV (%)		16,43	12,54	13,78

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F; ¹ dados transformados em Raiz de X; ² dados transformados em Raiz de X + 1

Verificou-se com base nos estudos de regressão, efeito quadrático com redução no conteúdo de nitrogênio no caule das plantas com o aumento do nível salino em que a menor acumulação de nitrogênio (0,16 g planta⁻¹) ocorreu ao se irrigar as plantas sob CEa de 3,73 dS m⁻¹ (Figura 9). O conteúdo de fósforo decresceu de forma linear constatando-se decréscimos por incremento unitário da salinidade da água de irrigação de 15,81%, resultando em uma diferença entre os níveis salinos (0,6 e 4,6 dS m⁻¹) de 63,25%. Quando irrigadas com o nível salino de 0,6 dS m⁻¹, o acúmulo de potássio verificado conforme equação de regressão, foi de

2,42 g planta⁻¹; já ao irrigá-las com o maior nível de salinidade, o CK foi de 0,63 g planta⁻¹, ou seja, redução de 73,87% ao serem comparados o primeiro e último níveis de salinidade da água de irrigação.

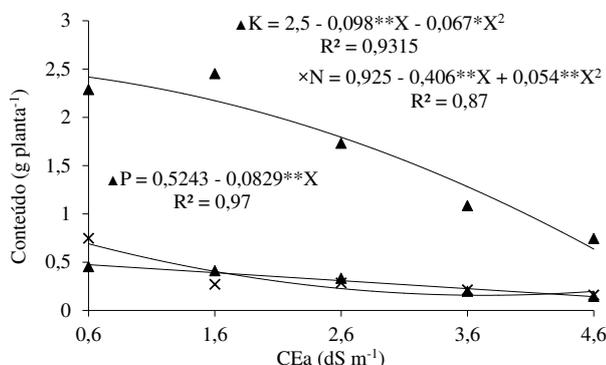


Figura 9. Conteúdo de Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no caule das plantas de mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio

Verificou-se efeito significativo dos fatores isolados e da interação sobre a fitomassa seca total da mamoneira ao nível de 0,01 de probabilidade.

Tabela 7. Resumo da ANAVA para fitomassa seca total (FSTotal) da mamona irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médio
		FSTotal
Nível Salino (NS)	4	393916,40**
Dose de nitrogênio (DN)	4	6210,65**
Interação NS x DN	16	3298,63**
Bloco	2	216,30ns
Resíduo	48	974,22
CV (%)		10,62

** significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

De acordo com o desdobramento da interação NS x DN para a variável FSTotal (Figura 10A) a salinidade da água de irrigação interferiu de forma significativa no acúmulo de fitomassa seca da mamoneira BRS Energia com decréscimos por incremento unitário da CEa, segundo as equações de regressão, de 16,59; 18,63; 17,78; 19,13 e 19,38% quando adubadas com as doses de 50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹. O aumento da salinidade da água de irrigação tem interferência direta no acúmulo de fitomassa seca de plantas de mamoneira

(SOARES et al., 2013) em função possivelmente, da acumulação excessiva de sais solúveis no solo, principalmente na zona radicular, relacionado com o componente osmótico provocando estresse, toxicidade e desordens nutricionais, interferindo nos processos fisiológicos e, conseqüentemente, no crescimento da planta (HASEGAWA et al., 2000; FREIRE et al., 2010).

Pôde-se observar, no desdobramento das doses de nitrogênio dentro dos níveis salinos, diferença significativa apenas para a curva do nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), com aumento da produção de fitomassa seca total à medida em que foi maior a quantidade de nitrogênio aplicada às plantas (Figura 10B); constatou-se também de acordo com a equação de regressão, constatou-se que os acréscimos foram na ordem de 9,3% para a fitomassa seca total a cada aumento da dose de nitrogênio em 25 mg kg^{-1} . Soares et al. (2013) observaram, em estudo com a cv. BRS Energia, aumento da fitomassa seca da mamoneira com acréscimo da adubação nitrogenada. Severino et al. (2006) relatam que a mamoneira, quando cultivada em solos muito férteis ou em áreas com grande fornecimento de nutrientes, tende a produzir ampla massa vegetativa; enquanto Silva et al. (2009) atribuem este aumento de fitomassa à função estrutural do nitrogênio nas plantas fazendo parte de diversos compostos orgânicos, vitais para o vegetal.

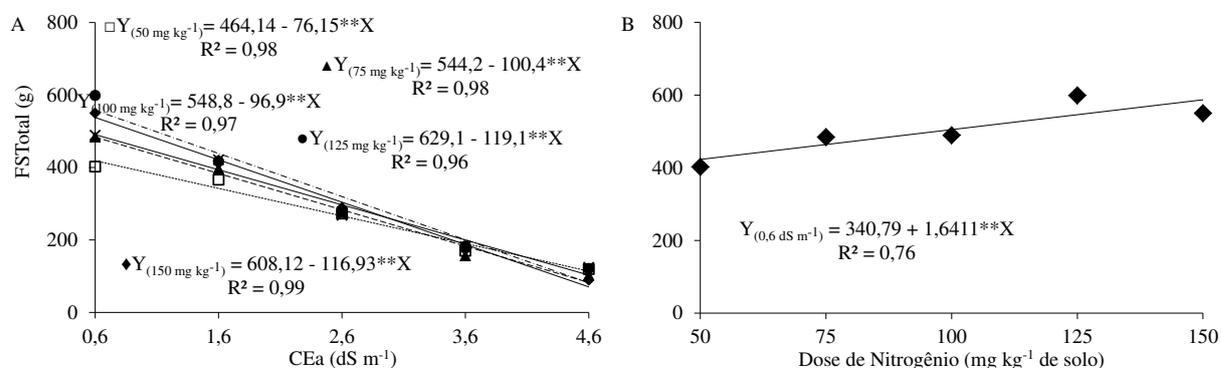


Figura 10. Desdobramento da interação para fitomassa seca total (FSTotal) da mamoneira irrigada com águas salinas e adubada com doses de nitrogênio.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação compromete o crescimento da planta e, conseqüentemente, a produção de fitomassa e inibe o acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas e caules da mamoneira BRS Energia.

Os nutrientes N, P e K obedeceram à seguinte ordem de concentração na matéria seca das folhas: $K > N > P$.

O aumento da salinidade de água de irrigação prejudica a produção de biomassa e a eficiência de utilização dos nutrientes, pelas plantas.

LITERATURA CITADA

ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S. PORTO, C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.2, p.221-226, 2003.

ALMEIDA, A. P.; GUERRA, H. O. C.; BARROS JÚNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. Desenvolvimento e produção da variedade de mamona BRS-188 sob diferentes níveis e fontes de macronutrientes. *Revista Pesquisa*, v.1, n.1, p.27-35, 2007.

ALMEIDA, L. A. da H.; SAMPAIO, SAMPAIO, L. S. SANT'ANA, M. R.; FERNANDES, C. L. Seleção in vitro de mamona para resistência a estresse salino: foco nas plantas espontâneas. *Revista Irriga*, v.15, n.4, p.414-421, 2010.

ALMEIDA JUNIOR, A. B. de; OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. *Revista Caatinga*, v.22, n.1, p.217-221, 2009.

ALVAREZ, R de C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea* L.). *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official methods and recommended practices of the AOCS. 5th ed. Champaign: AOCS, 2000.

AMORIM, A. V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.113-121, 2010.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.37, n.2, p.167-176, 2002.

ANJANI, K. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. *Industrial Crops and Products*, v.35, p.1-14, 2012.

ARAGÃO, R. M.; SILVA, J. S.; LIMA, C. S.; SILVEIRA, J. A. G. Salinidade modula negativamente a absorção e assimilação de NO₃ em plantas de feijão de corda. *Revista Ciência Agronômica*. v.42, n.2, p.382-389, 2011.

ARAGÃO, R. M.; SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, E. N.; LOBOS, A. K. M.; DUTRAS, T. B. 2010. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*. v.41, n.1, p.100-106, 2010.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de; PEIL, R. M. N. Partição de matéria seca em plantas do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. *Revista Brasileira de Biociências*. v.9, n.3, p.387-391, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. de GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F. de; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. O Agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 350p.

AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, L. B.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; O agronegócio da mamona no Brasil. Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BARROS, M. de F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, p.59-64, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. Fisiologia. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (eds.). O Agronegócio da Mamona no Brasil, 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. cap. 6, p.140-150.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. Informações técnicas sobre a cultura da mamona para a agricultura familiar, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão- Embrapa Algodão, Campina Grande-Pb, 2004 (folder).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. F.; O cultivo sustentável da mamona no semiárido brasileiro. Campina Grande: 2006. 62p. (Embrapa Algodão, CARTILHA, 1).

BELTRÃO, N. E. de M. SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: Azevedo, D. M. P. de & Lima, E. F (Editores Técnicos). O Agronegócio da Mamona no Brasil. EMPRAPA – ALGODÃO (Campina Grande, PB). - Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001, p.37-59.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S. DO.; SILVA, O. R. R. F. da. Agricultura Tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. v.1. Produção e produtividade Agrícola. In: Grãos oleaginosos. Cap.4. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2008.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, FUNEP, 2003. 41p.

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

BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da . Bananeira. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org). Fertirrigação em Fruteiras Tropicais. Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, P. 77-84, 2002.

BRANDELERO E.; PEIXOTO, C. P.; M SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C, PEIXOTO, M. F. S. P. SILVA V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. Magistra. v.14, n.2, p.77-88. 2002.

BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L. R. Resistência ao fluxo de água no sistema solo-planta e recuperação do potencial da água na folha após estresse hídrico em mudas de cafeeiro. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.10, n.1, p.45-50, 1998.

CARMO, G. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F.A.; CAMPOS, M. S.; FREITAS, D. C. 2011. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.5, p.512-518, 2011.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. da C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.9, Suplemento. p.57-61, 2005

CARVALHO, B. C. L. Manual do cultivo da mamona. Salvador: EBDA, 2005. 65 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARTER, S.; SMITH, A. R. Euphorbiaceae. *Flora of Tropical East Africa*. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands, 1988. 189p.

CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G.; ANDRADE, R.; SÁ, J. R.; MACÊDO, J. P. S.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, Í. H. L. Resposta do maracujazeiro-amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, p.314-317, 2005. Suplemento.

CEDRAZ, K. de A.; LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da S.; MACHADO, G. da S.; SATURNINO, E. de A.; TOSTA, R. L.; AZEVEDO JUNIOR, A. C. B. de; OLIVEIRA P. da S. Produtividade de cultivares de mamoneira nas condições agroecológicas do recôncavo da Bahia. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, Salvador, 2008. Disponível em <http://www.cnpa.embrapa.br>. Acesso em 21 agosto de 2012.

CESAR, A. da S.; BATALHA, M .O. Análise dos direcionadores de competitividade sobre a cadeia produtiva de biodiesel: o caso da mamona. *Produção*, v. 21, n. 3, p. 484-497, 2011.

CHAVES, L. H. G.; BARROS JÚNIOR, G.; LACERDA, R. D.; CABRAL, P. C.; CUNHA, T. H. C. S. Resposta da mamoneira adubada com zinco e cobre. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.6, p.306-319, 2009.

CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. *Revista de Engenharia Ambiental*, v.8, p. 126-133, 2011.

CHIERA, J.; THOMAS, J.; RUFTY, T. Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.53, n.368, p.473-481, 2002.

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. O agronegócio da mamona no Brasil. 2ed. Embrapa Campina Grande: Algodão, 2007. p.417-448.

- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, p.212, 1997. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 9º Levantamento da safra de grãos. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 23 de julho de 2013.
- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. da S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.4, p.514-521, 2009.
- CORREIA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.2, p.200-207, 2006.
- COSTA, R. G.; GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.19, n.8, p.1021-1025, 1984.
- CRUCIANI, D. E. A drenagem na agricultura. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 337p
- CRUSCIOL, C. A. C.; NASCIMENTO, M. S. do; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D. Extração e exportação de nutrientes pelo híbrido de mamona Savana: I – Macronutrientes. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, suplemento 1, p.2619-2636, 2012.
- CHRISTIANSEN, J. E.; OLSEN, E. C.; WILLARDSON, L. S. Irrigation water quality evaluation. *Journal of the Irrigation and Drainage*, v.103, p.155-169, 1977.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. A. C. M.; NESS, R. L. L. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola. Jaboticabal*, v.25, n.3, p.615-621. 2005.
- DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; PEREIRA, M. S. Teor de açúcares solúveis e insolúveis em folha de videiras, cv. Syrah, em diferentes posições no ramo e épocas do ano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, n.1, p.42-47, 2007.
- DAVID, A. M. S. de S.; ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; RESENDE, M. A. V. de; DIAS, D. C. F. dos S.; NOBRE, D. A. C. Physiological quality of castor bean seeds originating from different racemes in the plant. *Journal of Seed Science*, v.35, n.2, p.248-254, 2013.
- DIAS, N. da S.; BLANCO F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade a agricultura: estudos avançados. Fortaleza, INCTSal, 2010.
- DINIZ, B. L. M. T.; TÁVORA, F. J. A. F.; DINIZ NETO, M. A. Manipulação do crescimento da mamoneira através da poda em diferentes densidades populacionais. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.4, p.570-577, 2009.
- DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. de F. da; DINIZ, B. L. M. T.; PEREIRA, A. de A.; PEREIRA, A. R. Componentes de produção de mamona em função de níveis de adubação nitrogenada e desfolha. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.3, p.546-553, 2012.

DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. I – Componentes da produção e produtividade. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.4, p.578-587, 2009.

DRUMMOND, A. R. F. GAZINEU, M. H. P.; ALMEIDA, L.; SOUTO MAIOR, A. Estudo dos parâmetros: tempo de extração e solvente na obtenção de óleo de mamona para a produção de biodiesel. In: Congresso Brasileiro de Biodiesel, 1., 2006, Brasília,DF. 1 CD-ROM.

ENGELS, C.; MARSCHENER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. Nitrogen fertilization in the environment. New York: Marcel Dekker, 1995. p.41-71.

EPSTEIN E; BLOOM A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Tradução de NUNES MET. 2. ed. Londrina: Editora Planta. 403 p.2006.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy, n.88, p.97-185, 2006.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; ALLAN JONES, C. Growth and mineral nutrition of field crops. 3. ed. CRC Press, 2010. 586 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em <http://www.faostat3.fao.org>. Acesso em 25 de julho de 2013.

FAQUIN, V. Exigências nutricionais e funções dos nutrientes. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, Lavras/MG: ESAL/FAEPE, P. 87-175, 1994.

FARIAS, C. H. A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J. F. de; COSTA, M. C.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. C. C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.445-450, 2003.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. Bioscience Journal. v.29, n.1, p.91-100, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4,6 - programa de análise estatística. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. CD-ROM.

FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M; FERREIRA, M. M. M. F; SEVERINO, L. S; BELTRÃO, N. E. de M.; MORAES, R. A. Deficiência de Fósforo e Potássio na Mamona (*Ricinus Communis L.*): Descrição e Efeito Sobre o Crescimento e a Produção da Cultura, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1, 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2004. CDROM.

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, P. D. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental. Campina Grande, v.6, n.1, p.69-75, 2002.

- FERREIRA, P. A. Qualidade de água e manejo água-planta em solos salinos. Brasília: ABEAS, Viçosa: UFV, 2002. 141p. Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação
- FIGUEIRÊDO, V. B. Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades. Botucatu: UEP. 2008. 104p. Tese Doutorado
- FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 402p.
- FLORES, P.; CARVAJAL, M.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, n.10, p.1561-1573, 2001.
- FORNANZIERE JUNIOR, A. Mamona: Uma rica fonte de óleo e de divisas. São Paulo. Coleção Brasil Agrícola. Icone Editora Ltda. 1986.
- FOYER, C. H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A. A. (eds.) Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships. New York, Marcel Dekker, 1996. p.311-340.
- FRECHILL, S.; LASA, B.; IBARRETXE, L.; LAMSFUS, C.; APARICIO-TEJO, P. Pea responses to saline stress is affected by the source of nitrogen nutrition (ammonium or nitrate). *Plant Growth Regulation*. v.35, p.171-179, 2001.
- FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, p.229-256.
- FREIRE, J. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.102-110, 2010.
- FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I., SHALHEVET, J. Soil salinity under irrigation. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.143-72
- GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro á salinidade. *Engenharia na Agricultura*, v.18, p. 330-338, 2010.
- GARCIA, G. de O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, NEVES, G. V.; J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. B. dos. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. *IDESIA*, v 25, n. 3, p. 93-106, 2007.
- GARCÍA LEGAZ, M. F.; ORTIZ, J. M.; GARCÍA-LINDON, A. G.; CERDÁ, A. Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different roots tocks. *Physiology Plant*, Rockville, n.89, p.427-432, 1993
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de; BATISTA, M. A. F. Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos. Mossoró: ESAM, 1991. 70p.

- GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, C. F. de; GOMES FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.15, n.4, p.365–370, 2011.
- GONÇALVES, N.P.; SATURNINO, H.M.; OLIVEIRA, R.N.; FARIA, M.A.R.V.; SILVA, H.P.; SÁ, T.R.N. 101 Culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800p.
- GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.J.; CUARTERO, J. Evolución de la producción de cuatro entradas de tomate cultivadas con sal. *Actas de Horticultura.*, n.10, p.1067-1072, 1993.
- GREENWAY, H. MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Plant Physiology*, v.31, p.149-190, 1980.
- GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R. do.; GUEDES, G. A. de A. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: ESALQ/FAEPE. 1994, 171p
- GUIMARÃES, M. M. B.; LIMA, V. L. A. de; BELTRÃO, N. E. de M.; COSTA, F. X. Influência de doses e tipos de adubos no desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, 2010. CD ROM.
- GUPTA, R. K.; ABROL, I. P. Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Sciences*, v.11, p.224-88, 1990.
- HANS-WERNER, K.; GEIBLER, N.; HUSSIN, S.; HUCHZERMEYER, B. Survival at extreme locations: Life strategies of halophytes – the long way from system ecology, whole plant physiology, cell biochemistry and molecular aspects back to sustainable utilization at field sites. In: ABDELLY, C.; OZTURK, M.; ASHRAF, M.; GRIGNON, C. (ed.) *Biosaline agriculture and high salinity tolerance*. Berlin: Birkhauser Verlag, 2008. p.1-20.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.51, n1, p.463-499, 2000.
- HENDRICKS, R. C.; BUSHNELL, D. M. Halophytes, algae and bacteria food and fuel feedstocks. National Aeronautics and Space Administration / NASA: Washington, TM-215294, 2009, 45p.
- HOLANDA, J. S. de; AMORIM, R. A. de; MIGUEL, F. N.; HOLANDA, A. C. de. Qualidade de água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. *Manejo da salinidade a agricultura: estudos avançados*. Fortaleza, INCTSal, 2010.
- HOORN, J. W. Van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. In: *Salinity Seminar*, Baghdad. Rome: FAO, 1971. p.117-35. FAO - Irrigation and Drainage Paper, 7
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 22 julho de 2013.

INSTITUTO CULTURAL PADRE JOSINO. Agricultura camponesa e as energias renováveis: um guia técnico. 1. ed. Porto Alegre: Padre Josino, 2008. 230 p.

ISLÃ, R.; ARAGUÉS, R. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. *Field Crops Research*, v.116, p.175-183, 2010.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I; SHALHEVET, J. (ed.). *Soil salinity under irrigation: Processes and management*. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p.319-338.

KAVANOVA, M.; LATTANZI, F. A.; GRIMOLDI, A. A.; SCHNYDER, H. Phosphorus deficiency decreases cell division and elongation in grass leaves. *Plant Physiology*, Rockville, v.141, n.2, p.766-775, 2006.

KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. *Plant and Soil*, v.75, p.75-85, 1983.

KEIFFER, C. H.; UNGAR, I. A. Germination and establishment of halophytes on brineaffected soils. *Journal of Applied Ecology*, v.39, p.402-415, 2002.

KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L. Importância econômica. In: *Cultivo da Mamona*. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 15 julho de 2013.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crops (*Ricinus communis* L.), in a Mediterranean climate. *Agronomy Journal and Crop Science*, v.184, n.1, p.33-41, 2000.

KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; BERG, C. van den; HAGAN, R. M. (ed.). *International Source Book On Irrigation, Drainage and Salinity*. London: Hutchinson/ FAO/UNESCO, 1973. Cap.7, p.177-205.

KUMAR, V.; SHRIRAM, V.; NIKAM, T. D.; JAWALI, N.; SHITOLE, M. G. Sodium chloride-induced changes in mineral nutrients and proline accumulation in indica rice cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Nutrition*, v.31, p.1999-2017, 2008.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. (ed.) *Estresses ambientais: danos e benefícios às plantas*. Recife: UFRPE, 2005. p.127-137.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.47, n.2, p.107- 120, 2003.

LALONDE, L.; DANIEL, W.; FROMMER, W. B. Transport mechanisms for organic forms of carbon and nitrogen between source and sink. *Annual Review of Plant Biology*, v.55, p.341-372, 2004

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

LAVRES JUNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BOAS, R. L.; MARCHESE, J. A.; TONIN, F. B.; REGINA M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. *Bragantia*, v.67, n.4, p.883-889, 2008.

LESSA, L. S. Avaliação agrônômica, seleção simultânea de caracteres múltiplos em híbridos diplóides (aa) e desempenho fisiológico de cultivares de bananeira. 2007. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia.

LIMA, C. B. e; SANTOS FILHO, S. V. dos; SANTOS, M. A. dos; OLIVEIRA, M de. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis da salinidade da água em um Latossolo Vermelho-amarelo eutrófico. *Revista Caatinga*, v.21, n.5, (número especial), p.50-56, 2008.

LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; DIAS, A. S. Rendimento da mamoneira cv. BRS Energia sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Agropecuária Científica no Semiárido*. v.8, n.3, p.29-36, 2012.

LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. O. da. Crescimento inicial da mamoneira sob diferentes salinidades da água de irrigação e doses de nitrogênio. *Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável*, v.6, n.2, p.201-209, 2011a.

LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S. da. Influência do estresse salino e da adubação nitrogenada no crescimento da mamoneira cv. BRS-Energia. *Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável*, v.6, n.3, p.213-221, 2011b.

LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P.; SILVA, A. L. L. da; BORGES, V. P.; MACHADO, G. Índices fisiológicos de cultivares de mamoneira em dois períodos de cultivo em baixa altitude no recôncavo sul baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4, João Pessoa, 2010. Disponível em <http://http://www.cbmamona.com.br/pdfs/FIS-10.pdf>. Acesso em 21 agosto de 2012.

LIMA, J. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

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

- MAATHUIS, F. J. M. The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. *Journal of Experimental Botany*, v.57, p.1137-1147, 2006.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e perspectivas. Piracicaba, S. Paulo: PATAFOS, 1997, 201p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plant. 3. ed. New York: Academy, 2012. 889p.
- MARTINS, L. H. Avaliação da qualidade da água nos mananciais superficiais disponíveis para irrigação na Zona Oeste Potiguar. Mossoró: ESAM, 1993. 97p. Monografia Especialização.
- MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS, J. F.; PINTO, J. M.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, H. R.; COSTA, N. D. Melão, produção aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Hortaliças, Embrapa Semiárido, Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.51-68.
- MEDEIROS, J. F. de. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB/CCT/DEAg, 1992. 173p. Dissertação Mestrado
- MEDEIROS, J. F. de; DIAS, N. S.; Barros, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, p.242- 247, 2008.
- MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, I. B. do. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. da S.; MEDEIROS, S. de S. GALVÃO, C. de O. Recursos hídricos em regiões semiáridas, Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258p.
- MEDEIROS, J. F.; LARAJANE, B. do N.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, INCTSal, 2010. 472p.
- MELO FILHO, J. S.; COSTA, F. X.; NUNES JUNIOR, E. S.; SILVA, F. E. A.; SILVA, M. A. Produção da mamoneira em função do efeito residual da adubação orgânica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v.7, n.1, p.116 – 121, 2012.
- MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v.16, n.01, p.39-46, 2004.
- MESQUITA, E. F. de; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; LACERDA, R. D. de. Crescimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob fertilização de NPK. *Revista Caatinga*, v.25, n.2, p.35-43, 2012.
- MILANI, M. BRS Energia. 3 ed. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2010. (Folder).

- MILANI, M.; CARTAXO, W. V.; CARDOSO, G. D. Tecnologias EMBRAPA para a cultura da mamoneira. 1 ed. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2011. (Folder).
- MILLER, A. J.; CRAMER, M.D. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil*, v.274, p.1-36, 2004.
- MORALES, M. A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. *Flora, Jena*, v.196, n.5, p.345-352, 2001.
- MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; OLIVEIRA, P. de; SIPOS, T. B. Fontes e doses de nitrogênio para mamoneira de porte baixo no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.42, n.10, p.1744-1751, 2012.
- MOSHKIN, V. A. Castor. Amerind Publishing Co. PVT Ltd, New Delhi, 1986.
- MOYA, J. L.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ions and their accumulation in leaves. *Plant Cell Environment*, v.22, p.1425-1433, 1999.
- MUNNS, R. Comparative physiology salt and water stress. *Plant and Cell Environment*, Loga, v.25, n.2, p. 239-50, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v.167, n.3, p.645-663, 2005.
- MUNNS, R.; JAMES, R. A.; LAUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, v.57, n.5, p.1025-1043, 2006.
- MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.13, p.143-160, 1986.
- MUNNS R, TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*: v.59, p.651-681, 2008.
- NERY, R. A.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. v.13, n.5, p.551-558, 2009.
- NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; LACERDA, C. F. de; SILVA, F. B. da; SILVA, F. L. B. da. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, n.04, p.569-574, 2008.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. da S.; SOARES, L. A. dos A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.1, p.76-85, 2013.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, E. P. de; SOARES, L. A. dos A.; ALVES, A. N. Teor de óleo e produtividade da mamoneira de acordo com a adubação nitrogenada e irrigação com água salina. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.7, p.991-999, 2012.

NOVAIS R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA. p.189-253. 1991.

NUNES FILHO, J.; GUERRA, C. A. M.; SOUZA, A. R.; SÁ, V. A. L.; SOARES, M. J. C. C. Qualidade da água de açudes, para fins de irrigação no sertão de Pernambuco. Irrigação e Tecnologia Moderna, n.44, p.35-39, 1991.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; FREIRE, A. G. Sensibilidade do algodoeiro ao cloreto de mepiquat em condições salinas. Revista Ciência Agronômica, v.43, n.3, p.484-492, 2012.

OLIVEIRA, J. B. Pedologia aplicada. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 414p

OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. G. V. X.; LIMA, J. F. W. F.; MARQUES, F. A. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.37, p.1477-1486, 2002.

OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F. de A.; 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 Agricultura Sustentável, v.1, n.1, p.47-53, 2006.

PALACIOS, V. O.; ACEVES, N. E. Instructivo para el muestro, registro de datos e interpretacion de la calidad del agua para riego agrícola. Chapingo: Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, 1970. 49p. Rama de Riego y Drenaje, 15

PAULOS, D.; DOURADO NETO, D.; PAULOS, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. Revista Horticultura Brasileira, v.30, n.1, 2012.

PEIXOTO, A. R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel, 1973. 284p

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. Tópicos em Ciências Agrárias. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p.39-53

PENNINGS, S. C.; CALLAWAY, R. M. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors, Ecology, v.73, p.681-690, 1992.

PEREIRA, F. A. de L. Tolerância de cultivares de melão à salinidade. Mossoró: UFERSA, 2010. 84p. Dissertação Mestrado

PEREIRA, F. A. M.; HOLANDA, J. S. de; MEDEIROS, J. d'A. F.; BRITO, R. A. L. Qualidade de água para irrigação no Seridó-RN. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 1991, Natal. Anais... Fortaleza, 1992. 2v., v.19, p.543-562.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; PEREIRA, J. R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.28, n.11, p.1264-1268, 1993.

- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid: Editora Agrícola Española, S.A. 1985, 542p.
- PONS, T. L.; WESTBEEK, M. H. M. Analysis of differences in photosynthetic nitrogen-use efficiency between four contrasting species. *Physiologia Plantarum*, v.122, n.1, p.68-78, 2004.
- PORTES, T. de A.; ARAÚJO, B. R. B de. Comparison of the allocation of phytomass in soybean and bean and its potential role in biological nitrogen fixation. *Revista Acta Scientiarum Agronomy*, v.34, n.3, p.285-292, 2012.
- PRIHAR, S. S.; STEWART, B. A. Using upper-bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agronomy Journal*, v.82, n.6, p.1160-1165, 1990.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap. 10 p.144-159.
- REBOUÇAS, M. A.; FAÇANHA, J. G. V.; FERREIRA, L. G. R.; PRISCO, J. T. Crescimento e conteúdo de N, P, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.1, p.79-85, 1989.
- REDINBAUGH, M G.; CAMPBELL, W. H. Higher plant responses to environmental nitrate. *Physiol. Plantarum*, v.82, p.640-650, 1991.
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, v.113, p.277-284, 1972.
- 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.
- RIBEIRO, M. C. de F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C. dos; SILVA, J. O. da; PEIXOTO, M. de F. S. P.; PAZ, V. P. da S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p.639-646, 2012.
- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade a agricultura: estudos avançados. Fortaleza, INCTSal, 2010.
- RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, v.3, p.165-208, 2003.
- RIBEIRO, S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; GHEYI, H. R.; LACERDA, R. D. de. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.4, p.465-473, 2009.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.

- RIOS, G. F. A.; CARVALHO, L. G.; MAGINA, F. C.; CASTRO NETO, P.; SILVA, B. M.; FRAGA, A. C. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da mamoneira na microrregião de Lavras, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.1275-1285, 2011.
- ROMERO ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, Amsterdam, n.160, p.265-272, 2001.
- ROMERO, J. M.; MARONON, T.; MURILLO, J. M. Long term responses of *Melilotus segatalis* to salinity. II. Nutrient absorption and utilization. *Plant Cell and Environment*, v.17, p.1249-1255, 1994.
- SAMPAIO, E. S. de. *Fisiologia vegetal: teoria e experimentos*. Ponta Grossa. UEPG, 1998. 190p.
- SANDRIN, C. Z.; DOMINGOS, M.; FIGUEIREDO RIBEIRO, R. C. L. Partitioning of water soluble carbohydrates in vegetative tissues of *Lolium multiflorum* Lam. *Italicum* cv. Lema. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.18, n.2, p.299-305, 2006.
- SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, p.1265-1271, 2003
- SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): Descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA - ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1, 2004. Campina Grande-PB. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. CD.
- SANTOS, J. B. dos; SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, C. A. V. de; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, Í. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, n.2, p.145–152, 2013.
- SANTOS, R. F.; KOURI, J.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. E. G. Aspectos Econômicos do Agronegócio da Mamona. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N.E. de M. O agronegócio da mamona no Brasil. 2ª edição, 2007.
- SANTOS, R. V. dos; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. de F. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. Manejo da salinidade a agricultura: estudos avançados. Fortaleza, INCTSal, 2010.
- SAVY FILHO, A. Mamona: tecnologia Agrícola. Campinas, SP: EMOPI, 2005c. 105p.
- SAVY FILHO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. Variedades de mamona do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 12 p. (IAC. Boletim Técnico, 183).

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.8, n.1, p.753-762. 2004.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIN, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Adubação química da mamoneira com macro e micronutrientes em quixeramobim, CE. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2005. 23 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61).

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; FREIRE, W. S. de A.; CASTRO, D. A. de; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. *Pesq. agropecuária brasileira*, v.41, n.4, p.563-568. 2006.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SAMPAIO, L. R. Crescimento e teor de macronutrientes em mudas de mamoneira cultivadas em cinco substratos orgânicos. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*. v.8, n.1, p.120-125, 2008.

SHANGGUAN, Z. P.; SHAO, M. A; DYCKMANS, J. nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*, v.44, p.141-149, 2000.

SILVA, A. R. A. da; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S. de; PEREIRA FILHO, J. V.; ANDRADE, R. R. de; FEITOSA, D. R. C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.16, n.9, p.959-968, 2012.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

SILVA FILHO, S. B.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, E. M; COSTA, J.R.M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. *Irriga. Botucatu*, v.5, n.2, p.112-25, 2000.

SILVA, G. F. da; OLIVEIRA, G. dos S.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; PEREIRA, R. G.; PAIVA, M. R. de F. C. Germinação e crescimento inicial de mamoneiras irrigadas com água salina em diferentes volumes de substrato. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v.6, n.2, p. 135 – 142, 2011.

SILVA, J. K. M. da; OLIVEIRA, F. de A. de; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da S. de; MESQUITA, L. X. de. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. *Revista Caatinga*, v.21, n.5 (Número Especial), p.30-35, 2008c.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO-NETO, A. D.; COSTA, P. H. A.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMESFILHO, E. Crescimento e osmoregulação em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. *Revista Ciência Agrônômica*, v33, p.125-131, 2003b.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F. de; COSTA, P. H. ALVES da; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in

nutrient solution supplemented with CaCl₂. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.15, n.2, p.99-105, 2003a.

SILVA, M. A. da; SILVA, F. E. de A.; NUNES JÚNIOR, E. da S.; COSTA, F. X.; MELO FILHO, J. S. de. Cultivo de sequeiro da mamona adubada com casca de mamona e fertilizante nitrogenado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.4, p.375-379, 2012.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. dos S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; SOUSA, C. E. S.; GÓES, G. B. Crescimento de meloeiro e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.593-605, 2008a.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de 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, 2008b.

SILVA, S. M. S. GHEYI, H. R. BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W.; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.338-348, 2009.

SILVEIRA, A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap. 11 p.161-180.

SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável*, v.8, p.247-256, 2013.

SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; SILVA, A. O. da; SOARES, S. da S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. *Irriga*, v.1 (Suplemento), p.40-54, 2012.

SOFIATTI, V.; GONDIM, T. M. DE S.; SEVERINO, L. S.; FERRERIA, G. B.; VASCONCELOS, R. de A.; SILVA, F. M. de O.; SILVA, V. N. B.; SILVA, D. M. A. Adubação da mamoneira da cultivar BRS Nordestina em condições de sequeiro. In: *Congresso Brasileiro de Mamona, IV e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas I*, João Pessoa, 2010. CD ROM.

SOUZA, A. dos S; TÁVORA, F. J. A. F; PITOMBEIRA, J. B; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – Componentes de produção. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.414–421, 2007.

STOREY, R. Salt tolerance, ion relations and the effect of root medium on the response of citrus to salinity. *Australian Journal Plant Physiology*, v.22, p.101-114, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

TANAKA, A.; FUGITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. *Journal of the Faculty of Agriculture*, v.59, n.2, p.145-238, 1979.

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

TERCEIRO NETO, MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; OLIVEIRA, F. R. A. de; LIMA, K. da S. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p.1069-1077, 2012.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.

USSL STAFF - United States Salinity Laboratory. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. Handbook 60

VAIDYANATHAN, H.; SIVAKUMAR, P.; CHAKRABARTY, R.; THOMAS, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) – differential response in salt-tolerant and sensitive varieties. *Plant Science*, v.165, p.1411-1418, 2003.

VEERANAGAMALLAIAH, G.; CHANDRAOBULREDDY, P.; JYOTHSNAKUMARI, G.; SUDHAKAR, C. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase activity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (*Setaria italic* L.) with differential salt sensitivity. *Environmental and Experimental Botany*, v.60, p.239-244, 2007.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade de água. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*. Campina Grande, v.5, p.259-264, 2001.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F.. Importância sócio-econômica e melhoramento da mamoneira no Brasil. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido/Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível via Word Wide Web <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acesso em 12 julho de 2013.

WEBSTER, G. L. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Ann. Missouri Botanical Garden* v. 81, p. 33–144, 1994.

WEISS, E. A. Oil seed crops. London: Longman, 1983. 659p.

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (ed.). Arid zone irrigations. Berlin: SpringerVerlag. 1973. Cap.4, p.71-85. *Ecological Studies*, 5

ZANANDRES, L.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.12, p.157-161, 2006.