

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA E RENDIMENTO DE PINHÃO MANSO  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**IVOMBERG DOURADO MAGALHÃES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE/PB**

**AGOSTO de 2012**

# **EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA E RENDIMENTO DE PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINIZADAS**

**IVOMBERG DOURADO MAGALHAES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agricultura Familiar e Sustentabilidade.

**Orientador: Prof. Dr. ALBERTO SOARES DE MELO**

**Coorientador: Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**AGOSTO de 2012**

---

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

---

## FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

M188e      Magalhães, Ivomberg Dourado.  
Eficiência fotoquímica e rendimento de pinhão-  
mango irrigado com águas salinizadas [manuscrito] /  
Ivomberg Dourado Magalhães. – 2012.  
54 f. : il. color.

Digitado  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias),  
Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade  
Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo,  
Departamento de Biologia”  
“Co-Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes,  
Departamento de Biologia”

1. Pinhão mango.    2. *Jatropha curcas*.    3.  
Agricultura. I. Título.

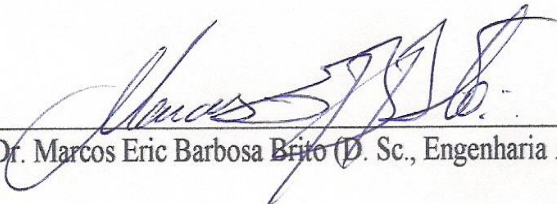
21. ed. CDD 633.85


# EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA E RENDIMENTO DE PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINIZADAS

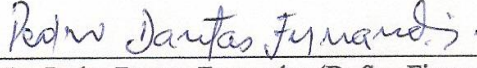
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agricultura Familiar e Sustentabilidade.

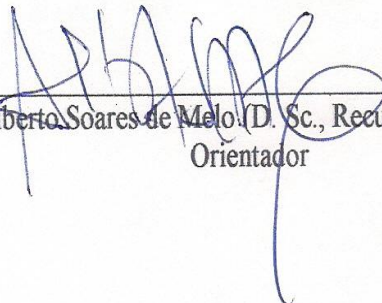
Aprovada em 24 de Agosto de 2012

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito (D. Sc., Engenharia Agrícola) - UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Germano Vêras Neto (D. Sc., Química) - UEPB

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Fitotecnia) - UEPB  
Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (D. Sc., Recursos Naturais) - UEPB  
Orientador

*A meus pais, 'Raimundo' e 'Janete', por todo apoio e esforço no sentido de me proporcionarem o melhor em educação, através dos exemplos de perseverança, dedicação, honestidade e compromisso, "segurando-me a mão" em momentos difíceis e comemorando comigo os momentos de conquista e alegrias.*

### **DEDICO**

Resistência à seca:

*Procurada por muitos,  
Encontrada por poucos, e...  
Explicada por ninguém.*

(Um cara Russo)

## AGRADECIMENTOS

*Unicamente e exclusivamente a Deus todo poderoso, por todo seu amor e cuidado, por colocar pessoas na caminhada que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.*

*A meus pais, minha irmã (Livia Dourado Magalhães), meu avô João, avô Antonio( in memória),minhas Avós Adélia e Hildete e todos meus tios e tias que amo de mais e demais familiares, por me apoiarem e confiarem nos meus ideais, pois sem essa base todos os caminhos se tornam mais longos e pedregosos;*

*Aos meus orientadores e amigos, Prof. Dr. Alberto Soares de Melo e Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, pela inestimável contribuição à minha vida acadêmica influenciando decisivamente, também, no meu crescimento humano e profissional;*

*Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (UEPB) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo acolhimento e oportunidade de realização deste curso.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;*

*À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (UEPB) e aos professores, pelos ensinamentos e experiências adquiridas, permitindo-me espelhar um pouquinho em cada um deles;*

*Aos Professores: Dr. Napoleão, Dr. Messias, Dr<sup>a</sup>. Nair, Dr. Germano, pela amizade, paciência e ensinamentos transmitidos durante este curso.*

*Aos estudantes de graduação envolvidos na pesquisa Saulo, Miller Antonio Emanuel, Gil, Gledson, Renata e Gisele por sua contribuição incontestável na realização da pesquisa, atuando com muita eficiência, responsabilidade e compromisso;*

*Aos amigos: Rener Luciano (Ferraz), Jeferson Dutra (São Bento), Gerkson Maciel (Anão), Flavio Costa, Rosinaldo Ferreira, Sebastião Junior (Tião), Alexson Filgueiras (mago), Janivan Suassuna (Seninho), Lucimara Figueredo, Silvio Dantas e Marcelo, pessoas indispensáveis pelo convívio e contribuições valiosas para o sucesso do trabalho; meu sincero muito obrigado;*

*Aos amigos: Otávio, José Madson, Gilberto Neto, Savigni Barreto, Antonio Ewerton, Irmão Edinaldo, Antonio, Rennan,e Salatiel, pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho;*

*Aos colegas do curso: Ferraz, Alexson, Lucimara, Juliara, Marcelo, Vandrê, Wesley, Samara, Dalva, Angelica, Fabiane, Elizandra, Flavia, Talita pela familiaridade e união no sentido de construirmos e buscar melhorias no conhecimento e na educação oferecida;*

*Aos amigos do Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Campus IV da UEPB em Catolé do Rocha, nas pessoas de Flaviana, Cidynga, Luanna, Wellison, Alane, Isaac, Nariane e Juliete, Marcelo e Junior, pela parceria na geração e divulgação de conhecimentos e incentivos, na concretização deste trabalho;*

*Ao Colégio Cometa por ter me preparado não apenas para a vida acadêmica, mais sim para a vida, muito grata por ser um membro da família Cometa.*

*Por fim, sou grato a todos que, de alguma forma, contribuíram e foram importantes na realização deste trabalho.*

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE APÊNDICES .....	xiii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUÇÃO .....	1
1.1. OBJETIVO GERAL .....	2
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	2
REVISÃO DE LITERATURA .....	3
MATERIAL E MÉTODOS .....	7
3.1 Local do experimento .....	7
3.2 Instalação do experimento .....	9
3.3 Produção e transplante das mudas do pinhão-mansô.....	9
3.4 Tratos culturais.....	9
3.5 Delineamento estatístico .....	10
3.6 Solo do experimento .....	11
3.7 Análises física e química das águas .....	11
3.8 Águas salinizadas.....	12
3.9 Irrigações no experimento (águas salinizadas) .....	13
3.10. Variáveis analisadas.....	14
3.10.1 Variáveis fisiológicas .....	14
3.10.2. Fluorescência da Clorofila ‘a’ .....	14
3.10.3. Trocas gasosas Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Fotossíntese líquida (A), Concentração de CO <sub>2</sub> interno (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EIUA) e Eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci). .....	15
3.10.4. Fenologia do fruto e caracterização do pinhão-mansô .....	16
3.11. Diâmetro do fruto.....	17
3.12. Variáveis de produção.....	17
3.12.1. Componentes de produção.....	17
3.13. Análises estatísticas .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5. CONCLUSÕES.....	39

REFERÊNCIAS .....40



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise física e química da água de irrigação utilizada no experimento. ....	12
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis; fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fm/Fv), no pinhão-manso sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, Campina Grande, PB, 2012. ....	19
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa assimilação de CO <sub>2</sub> (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ) no Pinhão-manso submetidos a Níveis de Condutividade elétrica da água de irrigação, Campina Grande, PB, 2012. ....	23
Tabela 4. Resumos das análises de variância para as variáveis quantidade de cachos (QCP) e número de frutos por planta (NFP) nos intervalos de 65, 95, 125 e 155 dias após a aplicação dos tratamentos, no pinhão-manso sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, Campina Grande, PB, 2012. ....	31
Tabela 5. Resumos das análises de variância para as variáveis; peso de sementes por planta(PSP), peso de cachos por planta (PCP), número de sementes fruto (NSF), número de frutos por cachos (NFC). Campina Grande, PB, 2012. ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura média (A), (..o..), máxima (.....)mínima (-X-), e Umidade relativa (-◆-), Radiação solar (B) , Pluviosidade média e evapotranspiração (ETo) (C) durante o período experimental do período de Novembro/2011 a março/2012, para a região de Lagoa Seca - PB. ....	8
Figura 2. Tratos culturais, poda (A), início de brotação (B) e roçagem da área (C) cultivada com pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2011.....	10
Figura 3. Preparo das águas de irrigação: pesagem do NaCl (A), aferindo o nível da condutividade (B), homogeneizando a água (C), no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	13
Figura 4. Análise de fluorescência da clorofila 'a' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	15
Figura 5. Avaliações de trocas gasosas utilizando o IRGA, no Pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	16
Figura 6. Fluorescência inicial 'F0' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	20
Figura 7. Fluorescência máxima 'Fm' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	21
Figura 8. Fluorescência variável 'Fv' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	22
Figura 9. Rendimento quântico potencial 'Fv/Fm' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	23
Figura 10. Taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	24
Figura 11. Transpiração (E) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.....	25
Figura 12. Condutância estomática (gs) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	26
Figura 13. Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012. ....	27
Figura 14. Eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.....	28

Figura 15. Diâmetro do fruto do pinhão manso nos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 1,2 (A), 1,8 (B), 2,4 (C), 3,0 (D) e 3,6 (E).....	30
Figura 16. Quantidade de cachos por planta (QCP) aos 65 dias (A), 95 dias (B), 125 dias (C) e 155 dias (D) após início das irrigações no Pinhão-manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	33
Figura 17. Número de frutos por planta (NFP) aos 65 dias (A), 95 dias (B), 125 dias (C) e 155 dias (D) após início das irrigações no Pinhão-manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	35
Figura 18. Peso de sementes por planta (PSP) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	36
Figura 19. Peso de casca por planta (PCP) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	36
Figura 20. Número de sementes por fruto (NSF) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	37
Figura 21. Número de frutos por cachos (NFC) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. ....	38

## ÍNDICE DE APÊNDICES

Apêndice 1 . Croqui do experimento I (SALINO).....	50
Apêndice 2 Bloco 01 do experimento I (salino) .....	51
Apêndice 3 Croqui com os detalhes das parcelas .....	52
Apêndice 4 Sistema de irrigação por gotejamento.....	53
Apêndice 5 XXI – Cálculo de NaCl por tratamento .....	54

## RESUMO

MAGALHÃES, IVOMBERG DOURADO. M. Sc., Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, agosto de 2012. **Eficiência fotoquímica e rendimento de pinhão manso irrigado com águas salinizadas.** Campina Grande, PB, 2012. 54p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo. Coorientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

O pinhão manso (*Jatropha curcas*) é uma planta arbustiva pertencente à família das Euforbiáceas, que apresenta alto nível de selvageria e rusticidade, além de possuir potencial para ser explorada como fonte de energia. Objetivou-se avaliar a eficiência fotoquímica e o rendimento de pinhão-manso irrigado com águas salinizadas. O experimento foi realizado em condições de campo, em área agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus II, da Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, PB. No experimento foram avaliados cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: (N1 = 1,20; N2 = 1,80; N3 = 2,40; N4 = 3,00 e N5 = 3,60 dS m<sup>-1</sup>, a 25 °C). Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, 5 tratamentos, com 3 repetições, totalizando 15 parcelas experimentais. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação exerceu influência significativa reduzindo o diâmetro do fruto, a eficiência fotoquímica fotossistema II foi limitada pela salinidade a partir do nível de 2,4 dS m<sup>-1</sup>. As variáveis de trocas gasosas (A, gs, E, Ci, e A/Ci) foram afetadas pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação nas condições em que foram submetidas. Os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação reduziram significativamente as variáveis de produção: número de cachos por planta, número de frutos por planta, peso de sementes, peso da casca, número de sementes por fruto e número de frutos por cacho.

**Palavras-chave** – *Jatropha curcas*, salinidade e fisiologia.

## ABSTRACT

MAGALHAES, IVOMBERG GOLDEN. M. Sc., State University of Paraíba / Embrapa Cotton, in July 2012. **Photochemical efficiency and yield of *Jatropha* irrigated with saline water.** Campina Grande, PB, 2012. 72p. Dissertation (Graduate Program in Agricultural Sciences). Major professor: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo. Coorientador: Prof. Dr. Pedro Fernandes Dantas.

*Jatropha* (*Jatropha curcas L.*) is a shrubby plant belonging to the family of Euphorbiaceae, which presents a high level of savagery and hardiness, as well as having the potential to be exploited as a source of energy. This study aimed to evaluate the photochemical efficiency and yield of *jatropha* irrigated with saline water. The experiment was conducted under field conditions in the agricultural area belonging to the Center of Agricultural and Environmental Sciences, Campus II, State University of Paraíba, Laguna Seca, PB. In the experiment, five levels of electrical conductivity of irrigation water: (N1 = 1.20, N2 = 1.80, N3 = 2.40, N4 and N5 = 3.00 = 3.60 dS m<sup>-1</sup>, 25 ° C). We adopted the experimental design in blocks, 5 treatments with 3 repetitions, totaling 15 plots. The increase in electrical conductivity of irrigation water affected significantly reducing the diameter of the fruit, photosystem II photochemical efficiency was limited by salinity from the level of 2.4 dS m<sup>-1</sup>. The variables of gas exchange (A, gs, E, C, A / E and A / Ci) were not affected by levels of electrical conductivity of irrigation water in the conditions in which they were submitted. Rising levels of electrical conductivity of irrigation water significantly reduced the production variables: number of clusters per plant, number of fruits per plant, seed weight, shell weight, number of seeds per fruit and number of fruit per cluster.

**Key words** - salinity of water, polluted surface water and pruning.

## 1. INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas (NERY et al., 2009). O provável local de origem é a América Central, tendo o México como seu país de origem (TOMINAGA et al., 2007). Por sua vez, os nativos, que migraram da América do Norte para a América do Sul, seriam os responsáveis pela dispersão desta planta do México até a Argentina. Já Cáceres et al. (2007) admitem que a origem está na América Tropical, da qual foi levado às demais partes tropicais do mundo por navegadores portugueses. Deve-se acrescentar que, embora seja um vegetal conhecido e cultivado, atualmente encontra-se em processo de domesticação (SATURNINO et al., 2005).

No Semiárido brasileiro, no qual a pluviosidade anual varia de 300 a 800 mm, distribuídas geralmente durante o período de três meses, ocorre evapotranspiração excedente e déficit hídrico estacional. Neste sentido, A prática da irrigação torna-se necessária de modo garantir a produção agrícola na região. Para Mota et al. (2011), visando suprir a demanda da água na agricultura, é necessário implantar uma política racional de reutilização de água para fins agrícolas.

Nesse contexto, uma prática seria a utilização de águas residuárias, via fertirrigação, em vegetais cujos produtos não sejam comestíveis. Deve-se destacar que uso de águas residuárias na irrigação tem como vantagem a viabilidade de aporte e reciclagem de nutrientes, o que reduz a aplicação de fertilizantes químicos e o impacto sobre o meio ambiente (VAN der HOECK et al., 2002). Por sua vez, devem ser tomadas precauções quanto ao manejo, a fim de não causar efeitos nocivos, como salinidade do solo e contaminação das águas subterrâneas (BEZERRA e FIDELES FILHO, 2009).

Em outro aspecto, a influência nociva dos sais na agricultura reflete, diretamente, na produção dos vegetais. O excesso de sais diminui o potencial hídrico do meio, dificultando a absorção de água pelas plantas. Esse efeito altera a divisão e o alongamento celular, bem como afeta a mobilização das reservas indispensáveis para o seu processo de crescimento e desenvolvimento. Esses impactos resultam em decréscimos da produção agrícola (BERNARDO et al., 2006). Contudo, as informações sobre aspectos de rendimento que envolva cultivos do pinhão manso nessa região do semiárido, especificamente no Estado da Paraíba, ainda são escassas, principalmente no que diz respeito à fisiologia da cultura em diferentes espécies, ao seu consumo de água e suas respostas em relação à salinidade.

Diante do exposto e, mesmo sabendo que a cultura do pinhão manso tem ampla adaptabilidade a diferentes ambientes, faz-se necessário o desenvolvimento de experimentos de calibração que tragam, em um futuro próximo, subsídios aos agricultores, principalmente, no que diz respeito à salinidade mais adequada para o cultivo de espécies da referida cultura, o que poderá favorecer a uma maior produção com maior rentabilidade.

### **1.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a eficiência fotoquímica e o rendimento de pinhão manso irrigado com águas salinizadas.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar o crescimento do fruto da espécie de pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade;
- b) Mensurar as variações nos aspectos fisiológicos do pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade;
- c) Avaliar o efeito dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre fatores de produção do pinhão manso.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do pinhão manso

O gênero *Jatropha* possui 175 espécie distribuídas pela América Tropical, Ásia e África (HENNING, 1999; AUGUSTUS et al., 2002). Acredita-se que a espécie *Jatropha curcas* L. proceda da América do Sul, possivelmente originária do Brasil, tendo sido introduzido por navegadores portugueses, em fins do século XVIII, nas ilhas de Cabo Verde e em Guiné, de onde mais tarde foi disseminada pelo o continente africano (ARRUDA et al., 2004). A espécie *Jatropha curcas* L. é conhecida por diversos nomes populares como: pinhão manso, pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, piao, pinhão-das-barbadas, sassi, dentre outros (DRUMMOND et al., 1984).

Botanicamente o pinhão manso e caracterizado como um arbusto grande de crescimento rápido, cuja altura pode atingir dois a três metros, podendo alcançar ate cinco metros ou mais, em condições especiais, com diâmetro do tronco de 20 cm. Cresce rapidamente em solos pedregosos e de baixa umidade. Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende ate as raízes, nos quais circula o látex. O tronco ou fuste e dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas. As folhas do pinhão são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monoica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado, flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações e femininas nas ramificações; o fruto e capsular ovoide com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm e o epicarpo com coloração externa marrom escura e os frutos secos apresentavam o epicarpo de coloração preta e em fase de deiscência, mesocarpo seco e sementes de coloração preta, com presença de estrias (NUNES et al., 2008).

Segundo (HENNING, 1999), pinhão manso é uma espécie caducifólia, e apesar de resistente a seca, pode ter a produtividade comprometida em regiões com precipitações pluviais

abaixo de 600 mm / ano. Por se tratar de uma espécie que se encontra em baixas altitudes pode-se afirmar que esta espécie se adapta bem as temperaturas altas (HELLER, 1996).

O interesse nessa cultura é devido ao seu grande potencial para produção de óleo, de acordo com Carnielli, (2003), o pinhão manso produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare ano<sup>-1</sup>, apresentando rendimento de 4 a 5 kg de frutos por planta e o teor de óleo nas sementes de 40%, o qual tem sido utilizado como purgativo além de inúmeros outros usos medicinais, na fabricação de tintas e sabões e como lubrificante e combustível para motores a diesel (KUMAR e SHARMA, 2008). Além da sua utilização como biodiesel, *J. curcas* apresenta alto potencial industrial, sendo o resíduo da extração do óleo rico em proteínas (60-65%), podendo ser transformado em um excelente alimento para aves, ruminantes e peixes (JONGSCHAAP et al., 2007).

Para Andréo-Souza et al. (2010), o pinhão manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformada em biodiesel, pois, além de perene e de fácil cultivo, ela apresenta boa conservação da semente colhida, é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão de obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da Região Nordeste.

## **2.2 Salinização**

No Brasil, as reservas de água utilizável estão cada vez mais escassas, especialmente onde são mal distribuídas, como na região semiárida do Nordeste e porções do Cerrado brasileiro (TRENTIN, 2005). Nestas regiões a irrigação tem sido alvo de interesse por ser de fundamental importância para a produção agrícola (BARROS et al., 2004). No entanto, nestas áreas, a demanda agrícola pode competir acentuadamente com outras modalidades de uso, inclusive para o abastecimento humano. Neste cenário, onde surgem e tendem a se multiplicar problemas envolvendo a disputa pelo uso da água (BERNARDO, 2006), a possibilidade de aproveitamento de efluentes surge como fonte alternativa para ampliar a demanda hídrica. Embora a agricultura irrigada demande grande quantidade de água, a atividade pode tolerar águas de qualidade inferior, quando comparada às necessidades das industriais e uso doméstico (TRENTIN, 2005).

O uso intensivo de água de boa qualidade tem causado a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, ao mesmo tempo, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas, tem gerado a necessidade do uso de águas consideradas de qualidade inferior (CAVALCANTI, 2003). Segundo Bernardo et al. (2006) a

principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas esta associada às irrigações mal conduzidas e ao manejo incorreto da adubação.

As regiões semiáridas são consideradas áreas potenciais para exploração da agricultura irrigada. Entretanto, suas fontes hídricas possuem, normalmente, teores elevados de sais de modo que a irrigação com essas águas incorporam quantidades significativas de sais aos solos principalmente por irrigações mal conduzidas e o manejo inadequado da adubação (JACOME et al., 2003).

As opções que se destacam para evitar a salinização dos solos irrigados ou cultivar solos já salinizados são: realizar drenagem adequada, lixiviar o excesso de sais, utilizar culturas tolerantes e métodos de irrigação adequados às condições de salinidade do solo e da água de irrigação. Com relação aos problemas causados pela salinização, podem ser citados: diminuição do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo a retenção de água no solo, causando estresse hídrico; dispersão das partículas do solo, diminuindo a capacidade de infiltração e causando problemas de toxicidade às plantas e de desordem nutricional (NERY et al., 2009).

Nas regiões áridas e semiáridas, o excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola. A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas. Entretanto, os efeitos dependem, ainda, de outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER e DAVÉNPORT, 2003).

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico e proporciona a ação dos íons sobre o protoplasma (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010). A água é osmoticamente retida na solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais à torna cada vez menos disponível para as plantas (RIBEIRO et al., 2001). Assim, com o aumento da salinidade ocorre diminuição do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes (AMORIM et al., 2002; LOPES e MACEDO, 2008).

### **2.3 Fotossíntese e trocas gasosas**

A fotossíntese é o processo através do qual as plantas transformam energia solar em energia química. Os organismos fotossintetizantes utilizam a energia solar para a síntese de carboidratos a partir de dióxido de carbono e água, com a liberação do oxigênio. A energia armazenada nestas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida (TAIZ e ZEIGER, 2006). Condições elementares para ocorrência do processo fotossintético é a absorção de energia

radiante pelos os cloroplastos localizado nas células do mesófilo foliar, onde se encontram os receptadores de radiação solar, as clorofilas, bem como os pigmentos acessórios especializadas na absorção de luz (LARCHER, 2004).

A fotossíntese envolve reações com absorção de energia radiante (luz), a qual é direcionada para um centro de reação, onde se inicia uma série de reações que pode ser dividida em duas fases: 1) fase fotoquímica, para a captação de energia luminosa e transformação desta energia em química (ATP), para as reações endergônicas de formação de açúcares; e em poder redutor (NADPH), para a redução do CO<sub>2</sub> atmosférico a carboidrato, mas também para outras reações, que consomem ATP e NADPH; e 2) Ciclo de Calvin, que são as reações enzimáticas de incorporação de CO<sub>2</sub> atmosférico em composto orgânico, utilizando o ATP e o NADPH produzido nas reações luminosas (TAIZ e ZEIGER, 2006).

O acesso do CO<sub>2</sub> atmosférico às células fotossintéticas do mesófilo ocorre através da abertura estomática. Por essa mesmo via, entretanto, ocorre perda de água no sentido da superfície interna hidratada a folha para atmosfera. Dessa forma o controle da abertura estomática é primordial para manter a máxima fotossíntese, com a menor perda de água possível (PIMENTEL, 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

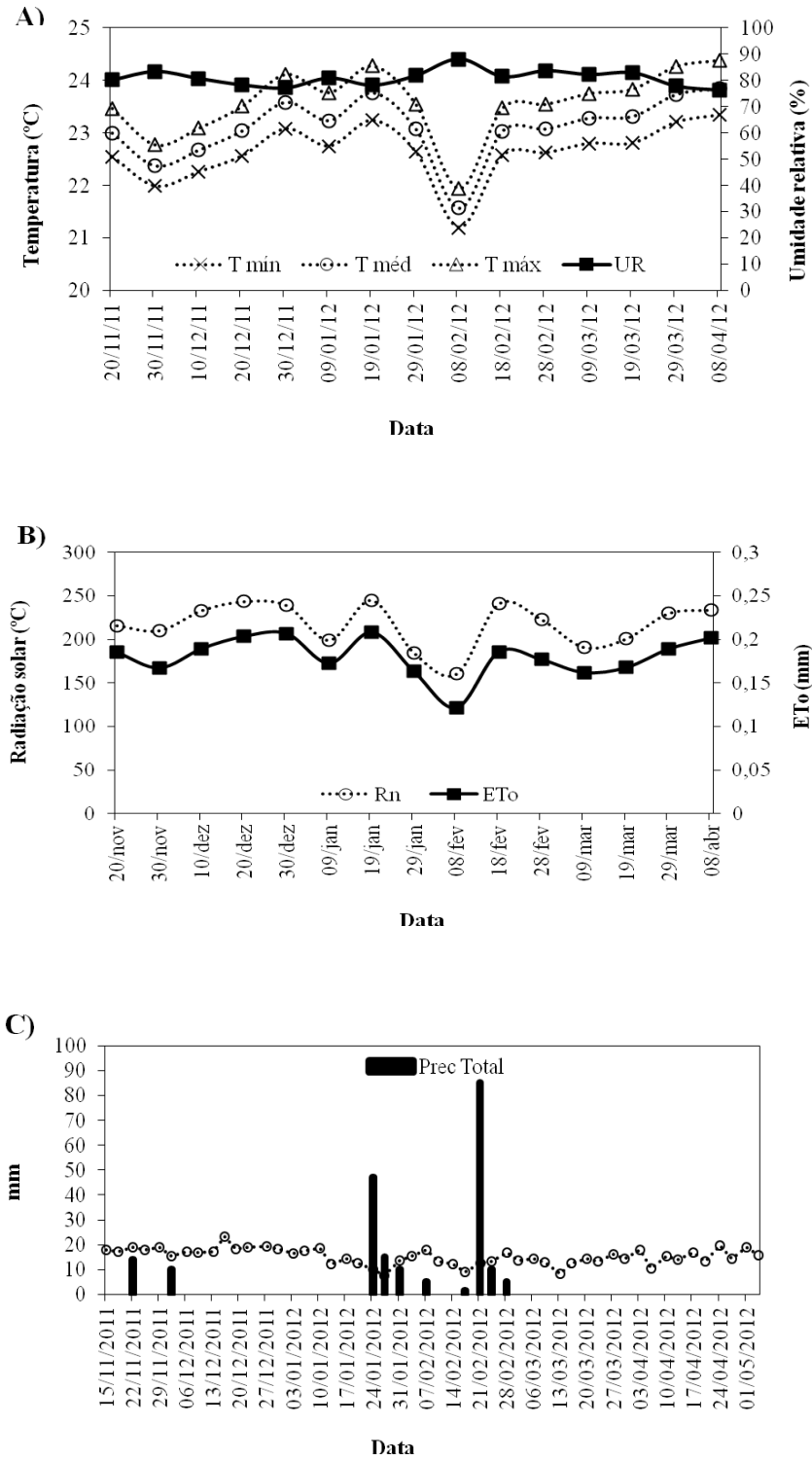
#### 3.1 Local do experimento

O experimento (Croqui no APÊNDICE I) foi desenvolvido em condições de campo, em área agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Lagoa Seca, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 7° 09' S; longitude 35° 52' W e altitude 634 m.

O clima do local da pesquisa é o tropical úmido, com temperatura anual média em torno de 22 °C, sendo a mínima de 18 °C e a máxima de 33 °C, precipitação acumulada, durante os meses da pesquisa, de 24 mm em 2011(novembro e dezembro) e 178,9 mm em 2012 (janeiro a março), com maiores índices pluviométricos concentrados nos meses de novembro a março (Figura 1).

As atividades das pesquisas foram iniciadas após a realização da poda no período de 12 meses - de março de 2011 até março de 2012.

Durante o período experimental foram registrados os dados climáticos (umidade relativa, temperaturas mínimas, médias e máximas, velocidade de vento, radiação solar, precipitação pluviométrica e Evapotranspiração ) disponíveis na Estação Climatológica da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) (Figura 1) (unidade de Lagoa Seca, PB), localizada próximo à área experimental.



**Figura 1** - Temperatura média (A), (...o...), máxima (.....)mínima (-X-), e Umidade relativa (-◆-), Radiação solar (B) , Pluviosidade média e evapotranspiração (ETo) (C) durante o período experimental do período de Novembro/2011 a março/2012, para a região de Lagoa Seca - PB.

### **3.2 Instalação do experimento**

O experimento foi conduzido sob sistema de irrigação por gotejamento, cuja fonte de água utilizada foi derivada de um açude existente no local da pesquisa, o qual recebe diariamente efluentes de esgotos domésticos, sem tratamentos, provenientes de residências da Vila Florestal e de curral de bovinos, localizados à montante do manancial. Após a poda, as plantas foram irrigadas com águas provenientes desse açude, filtradas em filtros de disco convenientemente para retirar a matéria orgânica em suspensão, após serem salinizadas artificialmente e armazenadas em cinco caixas de água de 3000 L (Croqui no APÊNDICE I).

### **3.3 Produção e transplante das mudas do pinhão-mansô**

Este trabalho se iniciou aos 550 dias após o plantio das mudas em campo quando se realizou a poda das plantas. A seguir são descritas as várias etapas, desde a obtenção de sementes, para melhor entendimento das atividades de pesquisa. As sementes do pinhão-mansô utilizadas no experimento são da seleção FT-02, cedidas pela Fazenda Tamanduá (Santa Terezinha, PB).

O transplântio das mudas foi realizado no período chuvoso, nos últimos 10 dias do mês de abril de 2009, de modo a facilitar e favorecer a adaptação das plantas em condições de campo. As mudas foram transplantadas aos 60 dias após a semeadura (DAS). O plantio foi feito sem o uso de água salinizada e superficial poluída, em covas de 50 cm de altura, 50 cm de largura e 50 cm de comprimento obedecendo ao espaçamento de 1,5 m entre plantas na mesma linha e 2,5m entre filas de plantas.

### **3.4 Tratos culturais**

Foram realizadas antes do plantio, com a finalidade de se potencializar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, adubações de fundação com fontes de nitrogênio (sulfato de amônio) e matéria orgânica (esterco bovino curtido), fosfato de rocha ( $P_2O_5$ ), rocha potássica ( $K_2O$ ). As adubações química (N-P-K) e orgânica foram baseadas nas análises de solo dos experimentos e na adubação recomendada para a cultura da mamona, tendo em vista não existir, ainda, recomendação de adubação para a espécie de pinhão a ser estudada. Desta forma, o solo foi adubado com a formulação 40-30-30 kg/ha de N-P-K. O 'P' e o 'K' foram adubados 100% no plantio, mais 10 litros de esterco bovino seco e curtido. O Nitrogênio foi parcelado em duas

vezes e em cobertura aos 120 e 150 dias após o transplante sendo aplicado na forma de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ . Para prevenir problemas, principalmente de micronutrientes, realizaram-se adubações foliares, uma vez por mês, a partir do início da frutificação, com o fertilizante foliar, concentrado emulsionável (CE), produto comercial (Kristalon), (formulação: 15 N – 5 P - 30 K + (3 Mg) + MICRO: B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) na dose de 10g/litro de água. Os tratamentos fitossanitários visaram o controle de ácaros (branco e vermelho), percevejo (*Pachycoris torridus*), cigarrinha verde e formiga cortadeira sendo, as principais pragas do pinhão (NERY, 2009). Também foi necessário o controle fitossanitário de doenças fúngicas, como oídio, cercosporiose, mofo cinzento, entre outras que normalmente atacaram a cultura instalada na área em estudo.

No dia 18 março de 2011 foi realizada a poda, obedecendo ao perfil da cultivar, foi adotada uma altura de 80 cm deixando-se 3 ramos principais.

O controle da vegetação espontânea foi feito, periodicamente, limpando-se o solo sob as plantas e fazendo roçagem entre as linhas, deixando a vegetação espontânea arrancada e cortada sob as copas (Figura 2).



**Figura 2.** Tratos culturais, poda (A), início de brotação (B) e roçagem da área (C) cultivada com pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2011.

### 3.5 Delineamento estatístico

No experimento foram avaliados cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: (N1 = 1,20; N2 = 1,80; N3 = 2,40; N4 = 3,00 e N5 = 3,60  $\text{dS m}^{-1}$ , a 25 °C).

Os níveis de CEa foram aplicadas na mesma lâmina de irrigação (100% da  $E_{To}$ ) determinada a partir da evapotranspiração de Referência ( $E_{To}$ ) pelo método PENMAN (1956) e MONTEITH (1965) adaptado por ALLEN, (1998).



Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso (Croqui do Bloco 01 no APÊNDICE II), com 5 tratamentos e 3 repetições, totalizando 15 parcelas experimentais (Quadro de análise resumido no APÊNDICE III). Cada parcela (Croqui da parcela no APÊNDICE VI) com 18 plantas (9 x 7,5 m) teve uma área total de (67,5 m<sup>2</sup>) e uma área útil de 15,0 m<sup>2</sup> (4 plantas úteis).

### 3.6 Solo do experimento

A área do experimento (Neossolo Regolítico Distrófico) é declivoso (até 15%), com solo profundo, textura arenosa, boa drenagem, fertilidade moderada o qual apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH em H<sub>2</sub>O 5,1, P 0,3, (mg dm<sup>-3</sup>), K<sup>+</sup> 0,5, Na<sup>+</sup> 0,4, Ca<sup>+2</sup> 3,7, Mg<sup>+2</sup> 6,5, Al<sup>+3</sup> 5,0, H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup> 28,9, T 40,0, (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), V 28,0 (%), MO 3,6, N 0,0 (g kg<sup>-1</sup>), areia 81,44, silte 13,79, argila 4,77 (%), densidade do solo 1,52, densidade de partículas 2,85 (g cm<sup>-3</sup>), porosidade 46,67 (%), umidade natural 0,30 (%), água disponível 1,43. De forma geral, são aptos para as principais culturas da região.

### 3.7 Análises física e química das águas

O açude do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II, UEPB, Lagoa Seca, é a fonte de água utilizada nas irrigações, por gotejamento, do experimento. Este reservatório recebe, diariamente, uma carga de água poluída, proveniente de residências da Vila Florestal localizada a montante do açude, comprometendo a sua qualidade, tornando-a superficialmente poluída.

Antes da primeira irrigação e com a finalidade de se conhecer as características físicas e químicas, três amostras da água do açude foram coletadas e submetidas a análises laboratoriais do tipo: físico-química, (Tabela 1). As três amostras foram coletadas nos seguintes locais: uma amostra na extremidade do espelho de água, por onde deságuam os esgotos da Vila Florestal; uma segunda amostra, no meio do açude e a terceira amostra na extremidade do espelho de água do açude, próximo ao barramento da água.

Três novas amostras de água, sendo uma para análise físico-química, uma para análise microbiológica e outra para análise de irrigação foram coletadas por mais três vezes no ponto de captação da água para irrigação (tubulação da válvula de pé). Estas amostras foram coletadas nas

seguintes épocas: 1º) Após cinco meses de irrigação (novembro/11 até março/12) com aplicação dos tratamentos (início de novembro de 2011) que termina com o início do período chuvoso.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Referência e Dessalinização (LABDES) da Universidade Federal de Campina Grande-PB, conforme metodologia descrita por APHA (1995) e de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. As de irrigação foram realizadas no Laboratório de Irrigação e salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande-PB, conforme metodologia descrita por Santos et al., (2006).

**Tabela 1.** Análise física e química da água de irrigação utilizada no experimento.

<b>ANÁLISE DE ÁGUA</b>	
PH	8,00
Condutividade elétrica (uS. Cm <sup>-1</sup> )	1266
Cálcio (meq L <sup>-1</sup> )	2,15
Magnésio (meq L <sup>-1</sup> )	2,87
Sódio (meq L <sup>-1</sup> )	6,42
Potássio (meq L <sup>-1</sup> )	0,68
Carbonatos (meq L <sup>-1</sup> )	1,44
Bicarbonatos (meq L <sup>-1</sup> )	3,34
Cloretos (meq L <sup>-1</sup> )	7,42
Sulfatos (meq L <sup>-1</sup> )	Ausência
Relação de absorção do sódio (RAS)	4,06
Classe da água	C3

Laboratório de irrigação e salinidade, Campina Grande- PB, 2012.

### 3.8 Águas salinizadas

No preparo das águas foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl) moído e sem iodo, cuja quantidade foi determinada levando-se em consideração a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), de acordo com o tratamento, por meio da equação  $\text{mg L}^{-1} = \text{CEa} \times 585$ , na qual a CEa representa o valor desejado (RHOADES, 2000; SILVA et al, 2008). Na composição das águas salinas utilizou-se da água do açude localizado na área experimental.

A CEa do açude foi determinada, sempre, antes de cada irrigação e antes da salinização das caixas de 3000 L (reservatórios para preparação das soluções salinas de acordo com a CEa desejada), para posterior irrigação do experimento. Este procedimento foi necessário para identificar com o auxílio de um condutivímetro digital a quantidade de sais em  $\text{dS m}^{-1}$  existente

na água do açude. Com este dado, calculava-se a quantidade de NaCl em  $\text{mg L}^{-1}$  a ser incorporada nas caixas de 3000 L, conforme a CEa desejada (Figura 3).



**Figura 3.** Preparo das águas de irrigação: pesagem do NaCl (A), aferindo o nível da condutividade (B), homogeneizando a água (C), no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

### 3.9 Irrigações no experimento (águas salinizadas)

A primeira irrigação com água salinizada foi realizada após o término do período chuvoso (novembro à março). Foram utilizados no experimento dois tipos de gotejadores autocompentes da marca Katif (vazão média por gotejador 3,75 L por planta).

A primeira irrigação teve como objetivo elevar o solo à capacidade de campo (CC). Os volumes das regas posteriores variarão em função da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e do balanço hídrico climatológico e foram calculadas, utilizando-se de coeficiente cultural  $K_c$  igual a 1,0 ( $K_c = ETC/ET_o$ ) (plantas com 8 meses após a poda), logo, a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi igual a  $ET_o$ .

As irrigações subsequentes foram manejadas e controladas mediante uso de planilha eletrônica e realizadas, quando necessário, as terças e sextas-feiras, obedecendo a turnos de regas de 4 e 3 dias, respectivamente.

Para a estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foi adotada a metodologia de Allen et al. (1998) (FAO), pois, quando são estabelecidos valores adequados para a resistência da cobertura vegetal, esse procedimento tem se mostrado superior aos demais métodos combinados na estimativa da evapotranspiração, para uma ampla variedade de climas, localidades e culturas, conforme apresentado por Allen et al. (1998).

Os elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluvial, radiação global e velocidade do vento), necessários para a estimativa de ( $ET_o$ ) pelo método de Penman-Monteith, foram oriundos da estação meteorológica automática (EMA) GroWeather<sup>TM</sup>, localizada nas imediações da área experimental e disponibilizados pela EMEPA.

O cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) proposta por Penman (1956) e Monteith (1965) passaram por algumas parametrizações, tais como: resistência estomática de 70 S m<sup>-1</sup> e a altura da grama fixada em 0,12 m, proposta pelo boletim FAO-56 (ALLEN et al., 1998), com isso por meio da Equação seguinte, será obtida a evapotranspiração de referência.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \left(\frac{900 U_2}{T+237}\right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34U_2)}$$

Em que:

ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência diária (mm), **Rn** é o saldo diário de radiação (MJ m<sup>-2</sup>), **G** é o fluxo de calor no solo diário (MJ m<sup>-2</sup>), **T** é a temperatura média diária do ar (°C), **U<sub>2</sub>** é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>), **e<sub>s</sub>** é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa), **e<sub>a</sub>** é a pressão atual de vapor média diária (kPa), **S** é a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T<sub>med</sub> (kPa °C<sup>-1</sup>), **γ** é o coeficiente psicrométrico (kPa °C<sup>-1</sup>).

Para cálculo das lâminas e dos tempos de irrigação foram utilizadas as equações propostas por Bernardo et al. (2006).

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) foi determinado antes do início das irrigações por meio da metodologia proposta para se verificar a vazão média dos gotejadores.

### 3.10. Variáveis analisadas

#### 3.10.1 Variáveis fisiológicas

#### 3.10.2. Fluorescência da Clorofila 'a'

Foi feita uma avaliação das variáveis: fluorescência basal ou inicial (F<sub>o</sub>), fluorescência variável (F<sub>v</sub>), fluorescência máxima (F<sub>m</sub> = F<sub>o</sub> + F<sub>v</sub>) e eficiência do fotossistema II (relação F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) (SCHOLLES e HORTON, 1993), Aos 70 dias após o início da aplicação dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Para as medições foi utilizado o Fluorômetro PEA II – Plant Efficiency Analyser (Hansatech Instruments Co., UK), e as leituras foram realizadas no intervalo entre 6 às 18 horas, na quarta folha mais nova do ramo primário de uma planta útil

de cada repetição, sendo a folha submetida, previamente, ao escuro por pelo menos 30 minutos, mediante o uso de ‘clips’ (DURÃES, 2000) (Figura 4).



**Figura 4.** Análise de fluorescência da clorofila ‘a’ no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

### **3.10.3. Trocas gasosas (Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Fotossíntese líquida (A), Concentração de CO<sub>2</sub> interno (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EIUA) e Eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci).**

A transpiração ‘E’ ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), a condutância estomática ‘gs’ ( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e a taxa de fotossíntese líquida foliar ‘A’ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) foram determinadas por meio de um analisador de gás infravermelho (IRGA), portátil, modelo LCPro+ (ADC, UK), conforme metodologia descrita por MARENCO et al. (2001) e SANTOS JUNIOR et al. (2002). As leituras foram realizadas no período das 8 às 10 horas, na 4ª folha totalmente expandida de uma planta útil da parcela, nas três repetições, isentas de pragas e de qualquer outro sinal ou sintoma (Figura. 5)



**Figura 5.** Avaliações de trocas gasosas utilizando o IRGA, no Pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

A eficiência instantânea do uso de água (*EUA*) foi calculada pelo quociente entre as taxas de fotossíntese (*A*) e de transpiração (*E*). Os valores de (*A*) e (*E*) foram obtidos conforme consta no subitem.

$$EUA = \frac{\text{Taxa de fotossíntese (A)}}{\text{Taxa de transpiração (E)}}$$

#### 3.10.4. Fenologia do fruto e caracterização do pinhão manso

Para determinação da fenologia do fruto do pinhão-manso, e caracterização dos diferentes estádios de desenvolvimento, foram utilizadas informações contidas em Allen et al. (1998), Dorenbos e Pruitt (1997), Bezerra (2004) e Nery (2009), procedendo-se da seguinte forma:

**Fase I (Floração):** início no surgimento das primeiras inflorescências e término com o início da frutificação.

**Fase II: (Maturação/Colheita):** será compreendido pelo período de maturação plena (final da fase I) até a colheita.



### 3.11. Diâmetro do fruto

Para acompanhar o crescimento do fruto, foram selecionadas as 4 plantas úteis de cada parcela, nas quais foram marcadas uma inflorescência em todas as plantas. Observou-se o período de desenvolvimento das inflorescências até o surgimento dos botões florais. Nesse período, foram marcados um ramo por inflorescência por planta com aproximadamente 50 botões por inflorescência, com cerca 2 mm de diâmetro cada botão floral, os quais foram avaliadas até a senescência (Figura 6). A partir desta fase, 25 frutos, sendo cinco por planta, medindo aproximadamente 2,5 mm foram selecionados e o diâmetro do fruto medido com paquímetro semanalmente até a completa senescência do fruto.



**Figura. 6.** Acompanhamento do diâmetro do fruto (DF), no Pinhão-mansó sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

### 3.12. Variáveis de produção

As avaliações de produção foram realizadas, sempre que houve produção, durante 4 meses consecutivos.

#### 3.12.1. Componentes de produção

A produção do pinhão manso, foi avaliada nas 4 plantas úteis de cada parcela experimental, com base nas seguintes variáveis: número de cachos por planta (NCP); número de frutos por planta (NFP); número de frutos por cacho (NFC); peso de cascas por planta (PCP); peso das sementes por planta (PS).

#### I - Número de cachos por planta - NCP

O 'NCP' foi determinado a partir do surgimento das inflorescências, uma vez por mês, marcando-se os cachos nas plantas com o auxílio de um cordão de algodão. Esta operação se fez

necessária devido à deiscência, floração e maturação desuniforme nas espécies de pinhão manso em estudo.

## **II - Número de frutos por planta - NFP**

O 'NFP' foi determinado no momento da colheita, sendo esta realizada a partir da maturação dos frutos, semanalmente, devido à heterogeneidade da maturação dos frutos apresentada pelas espécies de pinhão. Os frutos de pinhão manso foram coletados quando os frutos estavam totalmente maduros (amarelados) ou secos.

## **III – Número de frutos por cacho – NFC**

O 'NFC' foi determinado, mensalmente, através da divisão do 'NFP' pelo 'NCP'. As determinações do 'NFC' foram realizadas em cada planta útil das parcelas experimentais.

## **IV – Peso de cascas por planta – PCP**

Após a pesagem dos frutos inteiros, os mesmos foram separados em cascas e sementes e em seguida foi obtido o peso das cascas por planta útil de cada parcela experimental com balança de precisão (0,01g).

## **V - Peso de sementes por planta - PS**

Após a pesagem dos frutos inteiros, os mesmos foram separados em cascas e sementes e em seguida foi obtido o peso das sementes por planta útil de cada parcela experimental com balança de precisão (0,01g).

### **3.13. Análises estatísticas**

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância até 5% de probabilidade. Em caso de significância foram submetidos á regressões com auxílio do software SAEG e TABLE CURVE 2D.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2), é possível observar efeito significativo dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação correspondente ao tratamento nas variáveis: Fluorescência inicial (F0) ( $p \leq 0,05$ ), fluorescência máxima (Fm) ( $p \leq 0,05$ ), fluorescência variável (Fv) ( $p < 0,05$ ) e eficiência quântica do fotossistema II (Fm/Fv) ( $p \leq 0,05$ ).

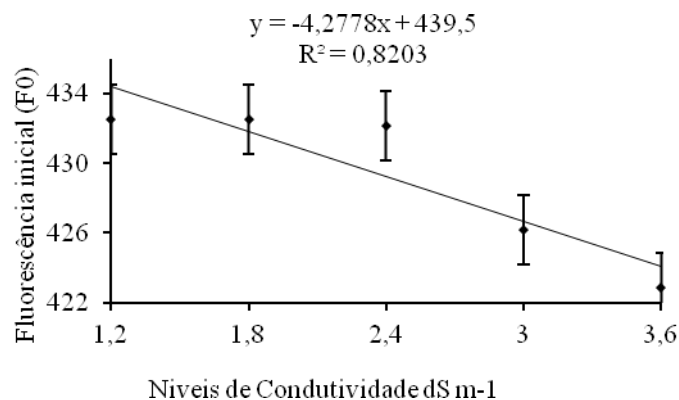
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis; fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fm/Fv), no pinhão manso sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

F.V	G.L	Quadrados médios			
		Fo	Fm	Fv	Fm/Fv
Bloco	2	1,2666 <sup>ns</sup>	895,266 <sup>ns</sup>	895,266 <sup>ns</sup>	0,00104 <sup>ns</sup>
Condutividade elétrica	4	60,233 <sup>*</sup>	11157,66 <sup>*</sup>	66,433 <sup>*</sup>	0,00079 <sup>*</sup>
Reg. Linear	1	197,63 <sup>**</sup>	41664,1 <sup>*</sup>	1009,20 <sup>*</sup>	0,003000 <sup>**</sup>
Reg. Quadrática	1	32,595 <sup>*</sup>	1371,42 <sup>*</sup>	0,38095 <sup>ns</sup>	0,000038 <sup>ns</sup>
Resíduo	8	6,0583	2174,51	567,783	0,000105
C.V.(%)		0,57	2,78	1,92	1,42

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; \*\*, \* - Significativo a 1 e 5% respectivamente; <sup>ns</sup> – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos para a variável fluorescência inicial (F0) se ajustaram ao modelo quadrático ( $R^2 = 0,9556^*$ ), onde se percebe uma constância no nível inicial de 1,2 a 2,4 dS m<sup>-1</sup>, a partir deste valor ocorreu um decréscimo na ordem de 2,15%, a medida que os níveis de condutividade elétrica vão aumentando (Figura 7), e estes valores são inferiores aos encontrados por Freire (2011) que encontrou elevação de 4% na F0 em espécies de maracujá tratadas com água salina (4,5 dS m<sup>-1</sup>), que foram elevadas de 532,8 para 555,8 elétrons quantum<sup>-1</sup>. Essa variação foi relatada por Campostrini, (2001) estudando a fluorescência da clorofila 'a', percebeu que os níveis de F0 não possuem comportamento constante e podem variar a qualquer análise, devido às condições ambientais e fisiológicas da planta, ou seja, seu valor pode diminuir caso os centros de reações do fotossistema II (PSII) estejam comprometidos, caso a transferência de energia de excitação da antena para os centros de reações esteja prejudicada (BOLHÀR-NORDEMKAMPF et al., 1989). Desta forma, o decréscimo na fluorescência inicial (F0) observado em pinhão manso, associado ao aumento do nível da salinidade, pode estar relacionado ao fechamento estomático e, provavelmente, danos no aparato fotossintético, como inativação parcialmente reversível ou até mesmo irreversível dos centros de reações PSII,

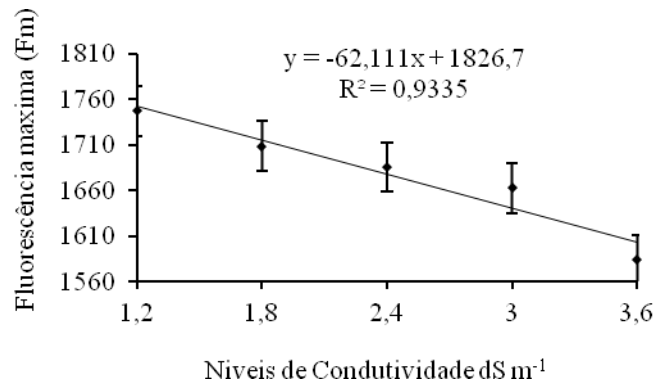
quando estas plantas foram submetidas às concentrações mais elevadas de salinidade, conforme citam Yamane et al. (2000) e Song et al. (2003), aumentos significativos nos valores de fluorescência inicial ( $F_0$ ) em plantas de *Citrus unshiu*, Segundo Yamane et al. (2000), um aumento em  $F_0$  nos tecidos foliares de genótipos de *Acer* (*A. capillipes*, *A. rubrum* 'Scanlon', *A. palmatum* 'Dissectum', *A. cappadocicum* var. *sinicum*, e *A. monspessulanum*) está associado com dissociação de luz absorvida do complexo de clorofila a/b do centro de reação do Fotossistema II.



**Figura 6.** Fluorescência inicial 'F<sub>0</sub>' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

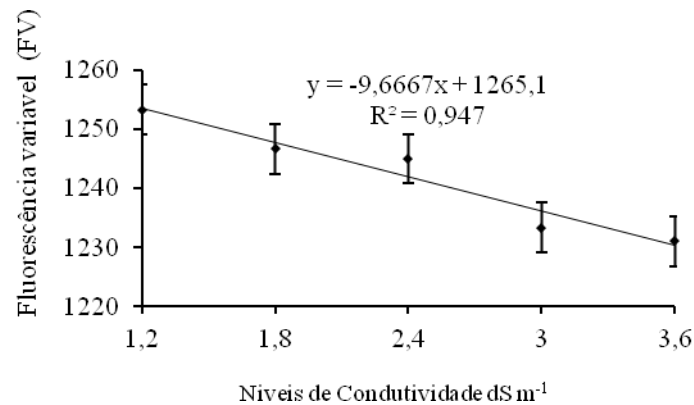
Pela análise de regressão apresentada na Figura 7, percebe-se que a variável fluorescência máxima ( $F_m$ ) foi afetada significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo o maior resultado (1747,3) encontrado com o nível inicial de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, ocorrendo decréscimo de 9,34% em relação ao nível máximo (3,6 dS m<sup>-1</sup>). Os maiores valores médios da fluorescência máxima ( $F_m$ ), observados no pinhão manso, podem não estar relacionados com a maior eficiência de captação de energia luminosa e conversão em energia química na etapa bioquímica da fotossíntese, como pode ser observado na eficiência efetiva do fotossistema II (Figura 9) e na taxa de transporte de elétrons verificado nesta cultivar quando submetido ao estresse salino. Lucena (2009) reporta que o estresse salino afeta negativamente a atividade fotossintética com alterações nos parâmetros do fotossistema II. Cruz et al. (2009) também observaram redução da  $F_m$  de 2,220 para 1,680 elétrons quantum<sup>-1</sup> em seus estudos com tangerineiras com a elevação do estresse causado por níveis de salinidade. Sob condições salinas, os sais acumulados nas folhas podem afetar diversos processos fisiológicos das plantas de forma negativa, ao reduzir a fotossíntese, ou positiva, desde que não sejam atingidos níveis tóxicos,

pela promoção do ajuste osmótico, que contribui para manutenção da turgescência e do crescimento (ZANANDREA, 2011).



**Figura 7.** Fluorescência máxima 'Fm' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

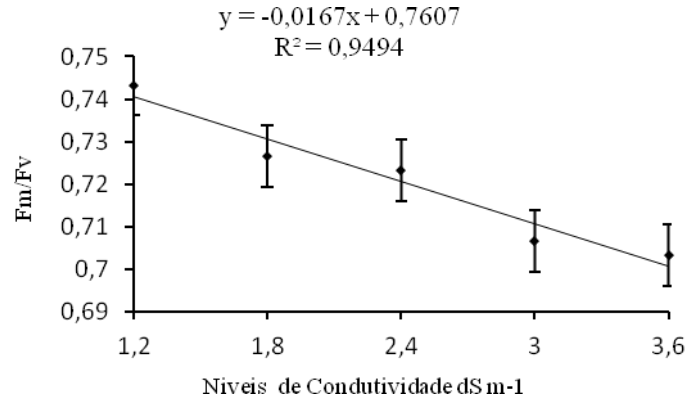
A fluorescência variável (Fv) foi influenciada negativamente pela salinidade, apresentando decréscimos lineares na espécie *Jatropha curcas* L em função dos níveis de salinidade (Figura 8). O aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação provocou redução nos valores da fluorescência variável (Fv) das plantas pinhão manso de 1253,3 para 1231 elétrons quantum<sup>-1</sup>, calculando-se decréscimo de 1,78%, inibindo, com isto, a atividade fotoquímica nas folhas. Tal decréscimo foi inferior ao encontrado por Lucena, (2009) que observou redução de 40% avaliando o teor salino da água de irrigação em mangueiras. A fluorescência variável (Fv) é um parâmetro da cinética rápida da fluorescência inicial (Fo) até a fluorescência máxima (Fm). A razão entre a Fm (toda plastoquinona a (Qa) reduzida) e a Fo (toda plastoquinona a (Qa) oxidada) é aproximadamente 5 a 6 em tecidos fotossintetizantes saudáveis e adaptados no escuro, entretanto esta razão pode variar em função dos tratamentos fisiológicos que afetam principalmente a fluorescência máxima (Schreiber et al., 1998), fato que torna a dissipação fotoquímica nula em níveis mais baixos de irradiância. Verifica-se que o estresse salino afetou a etapa fotoquímica (decréscimos na Fo e na Fm).



**Figura 8.** Fluorescência variável ‘Fv’ no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

O aumento dos níveis de salinidade também proporcionou declínio no rendimento quântico potencial (Fv/Fm). Ocorreu redução da eficiência da captura de energia luminosa, com decréscimo de 5,4% do nível inicial 1,2 dS m<sup>-1</sup> em relação ao nível máximo de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 9), com estes valores pode-se afirmar que ocorreu uma diminuição na eficiência fotoquímica do fotossistema II quando níveis crescentes de salinidade são aplicados às plantas de pinhão manso. Estes valores são similares aos encontrados por Li et al. (2004) que estudaram a relação Fv/Fm para 99 espécies de feijoeiro nativas da região da Mongólia, com habitats diferentes, citando que os valores variaram de 0,57 a 0,79, com média 0,76, mas alterando-se em função do tipo de planta, mecanismo fisiológico e local de crescimento, apresentando, para plantas C3, um valor médio de 0,72. Tais resultados estão abaixo dos resultados encontrados por Björkman e Demmig (1987), que avaliaram a relação Fv/Fm em diferentes espécies de Euforbiáceas e ambientes encontrando um valor médio de 0,830. Resultados inferiores foram encontrados por (SÍLVA JÚNIOR et al., 2009) que encontraram uma diminuição na ordem de 22% da eficiência fotoquímica do fotossistema II com aumento da salinidade no pinhão manso.

Lemos Filho (2000) explica que sob estresse salino as plantas apresentam um efeito fotoinibitório, caracterizado por um decréscimo significativo no rendimento quântico potencial. Tais resultados podem indicar uma diminuição na capacidade fotossintética quando doses crescentes de NaCl são aplicadas a este genótipo de pinhão manso. Freire (2011) reporta que tais resultados evidenciam que as condições abióticas analisadas promovem danos no aparelho fotossintético das plantas, assim comprometendo o PSII, com o decorrer do tempo de exposição ao fator estressante.



**Figura 9.** Rendimento quântico potencial 'Fv/Fm' no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

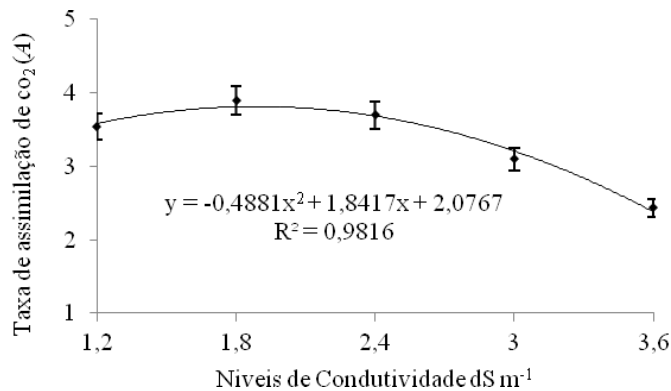
De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na Tabela 3, observou-se efeito significativo dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação nas variáveis de trocas gasosas: concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) ( $p < 0,01$ ) e eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) ( $p < 0,05$ ), taxa assimilação de CO<sub>2</sub> (A) ( $p < 0,01$ ), transpiração (E) ( $p < 0,05$ ), condutância estomática (gs) ( $p < 0,05$ ). Não se observou efeito significativo dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, apenas para a variável eficiência instantânea do uso da água (A/E).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa assimilação de CO<sub>2</sub> (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$ ) no Pinhão manso submetidos a Níveis de Condutividade elétrica da água de irrigação, Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G.L	Quadrados médios					
		A	E	gs	Ci	A/Ci	A/E
-----70 Dias Após aplicação dos tratamentos -----							
Bloco	2	0,0080 <sup>ns</sup>	0,0253 <sup>ns</sup>	0,00008 <sup>ns</sup>	23,40000 <sup>ns</sup>	256,69 <sup>ns</sup>	0,921 <sup>ns</sup>
Condutividade	4	2,1558**	0,3087*	0,00017*	2114,55**	803,57*	3,516 <sup>ns</sup>
Quadrática	1	5,39291*	0,6168*	0,00034*	84,2916*	341,71*	2,099 <sup>ns</sup>
Linear	1	3,01467*	0,2632*	0,00001 <sup>ns</sup>	4851,40*	1416,4 <sup>ns</sup>	1,647 <sup>ns</sup>
Resíduo	8	0,16259	0,0318	0,00003	12,98	330,66	2,306
C.V. (%)		10,92	19,96	13,36	1,57	23,7	29,0

F,V, – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; \*\*, \* - Significativo a 1 e 5% respectivamente; <sup>ns</sup> – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos para a variável taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) se ajustaram ao modelo quadrático ( $R^2 = 0,98^{**}$ ), onde se percebe uma redução na fotossíntese líquida até o nível máximo de salinidade  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 10), o máximo valor encontrado para  $A$  ( $3,53 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ocorrendo em seguida, decréscimo de 31,1% na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ . Essa taxa fotossintética deve-se a uma concentração considerável de  $\text{CO}_2$  e água, no momento em que os estômatos possuem uma maior condutância estomática. A água e  $\text{CO}_2$  são alguns, dos principais fatores limitantes da fotossíntese, ressaltando que a maior resistência difusiva dos estômatos, reduz a fotossíntese, principalmente pela restrição da condução gasosa da folha (KERBAUY, 2008). À medida que o nível de condutividade vai aumentando, em função da redução da condutância estomática, da taxa transpiratória e do aumento da concentração interna de  $\text{CO}_2$  na cavidade subestomática. Assim, como teor de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nos órgãos que abrigam o aparelho fotossintético, a assimilação líquida de carbono foi comprometida na espécie de pinhão manso. Segundo (NI e PALLARDY, 1992), é normal em condições de estresse hídrico, as plantas apresentarem decréscimos paralelos de  $A$  e  $g_s$ . Roza (2010) explica que em espécies de pinhão manso a sensibilidade de  $g_s$  demonstrada indica uma forte regulação estomática permitindo à planta menor transpiração controlando a perda de água e diminuindo os possíveis danos a planta.

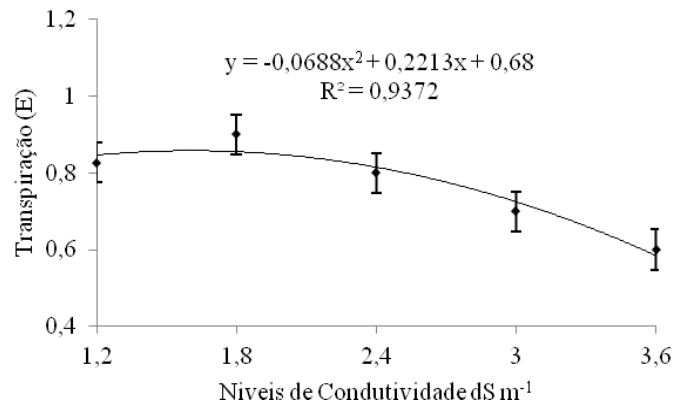


**Figura 10.** Taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

Pela análise de regressão apresentada na Figura 11, a transpiração ( $E$ ), teve crescimento quadrático, com boa capacidade preditiva ( $R^2 = 0,93^*$ ) encontrando-se valor máximo de  $0,9 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$  no nível de  $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ , representando uma redução na ordem de 26%, este

decréscimo é superior ao encontrado por Mirisola Filho (2003) na concentração de 40 mmol L<sup>-1</sup> NaCl (4,03%), porém inferiores quando comparados com o seu nível máximo 100 mmol L<sup>-1</sup> NaCl (66,22%). Alvarez Pizarro (2006) em clones de cajueiro, Cruz et al. (2003) em limão “cravo”, Viana et al. (2001) em porta-enxertos de videiras, constataram redução na taxa transpiratória (*E*) quando estas espécies foram submetidas a estresse salino. Segundo Robinson et al. (2007) a redução da taxa transpiratória (*E*) em curto período de exposição ao estresse salino ocorre devido ao decréscimo no potencial hídrico no sistema radicular. Em períodos longos de exposição, a redução da taxa respiratória resulta da alta concentração de sais associada à inibição da fotossíntese causada pelo acúmulo de sais do mesófilo e incrementos na concentração intercelular de CO<sub>2</sub> com a redução da condutância estomática.

A fotossíntese e a transpiração estão intimamente relacionadas entre si através dos estômatos, pois ao mesmo tempo em que os estômatos oferecem resistência à difusão da água dentro da folha para a atmosfera, constituem-se de uma barreira para a aquisição de CO<sub>2</sub>. Desse modo, reduções na condutância estomática com o intuito de diminuir a perda de água também reduzem as taxas fotossintéticas (BATISTA, 2011).

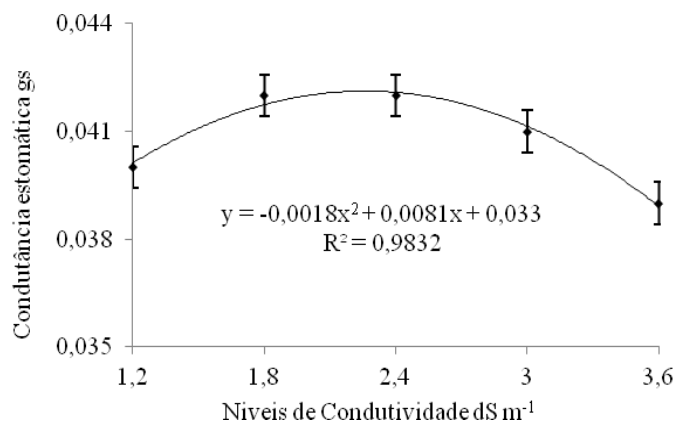


**Figura 11.** Transpiração (*E*) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

Na variável condutância estomática (*gs*) obteve uma redução significativa de aproximadamente 2,5% quando o nível inicial, 1,2 dS m<sup>-1</sup>, com o maior nível, 3,6 dS m<sup>-1</sup> (Figura 12), dessa diminuição acompanhou a redução em *gs* de 0,04 para 0,039 mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> respectivamente, conforme citado anteriormente, observando-se ajuste ao modelo quadrático. Esta redução causada pela salinidade da água de irrigação na maioria das avaliações realizadas também foi observada por Marinho et al. (2005) ao analisarem as alterações fisiológicas em

coqueiro irrigado com água salina. Estes autores constataram decréscimos lineares da gs em função do aumento da CEa, sendo de 4,30%, por aumento unitário da CEa. Redução de condutância estomática em culturas agrônômicas em função do estresse salino foi reportada por Chartzoulakis et al. (2002), Moradi e Ismail (2007) e Silva et al. (2008a). Mirisola Filho (2003) observou redução de 42,13% na condutância estomática em mangueiras cv. “Ubá” submetido a 80 mmol L<sup>-1</sup> NaCl. Esta redução na condutância estomática também foi constatada por Cruz et al. (2003) em limão “cravo” submetido a estresse salino.

Segundo Alves et al. (2011), a fotossíntese aumenta de acordo com o acréscimo da condutância estomática, e este aumento é relacionado a uma maior abertura estomática, fato que, conseqüentemente, ocasiona uma maior taxa de transpiração. A condutância estomática representa uma variável chave para predizer o uso da água e a fotossíntese líquida, sendo controlada pela turgidez das células guardas, que regulam a abertura ou fechamento dos estômatos, sendo a intensidade luminosa um dos principais fatores responsáveis por este processo (SCHOCK, 2012; BATISTA, 2011).

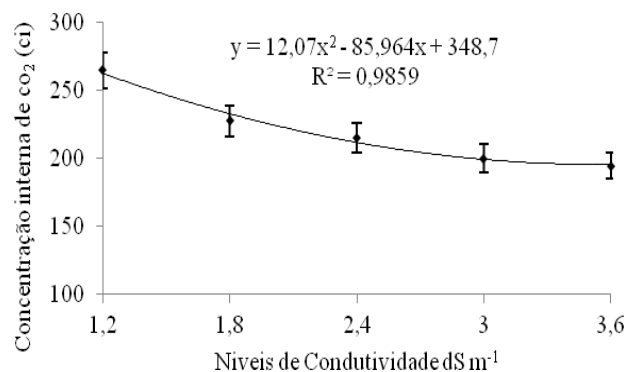


**Figura 12.** Condutância estomática (gs) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

Analisando a Figura 13, observa-se que a concentração interna de carbono teve um comportamento quadrático, no qual ocorreu um decréscimo de 26%, à medida em que aumentava os níveis de salinidade da água irrigação. A maior concentração interna de CO<sub>2</sub> (265 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) foi observada no nível inicial de 1,2 dS m<sup>-1</sup>.



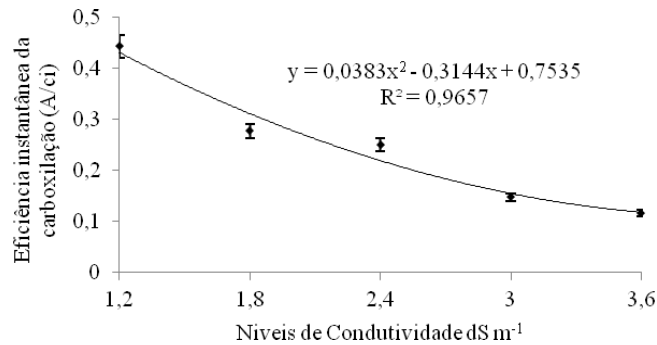
Frequentemente é explicado que quando valores de  $C_i$  aumentam com o acréscimo de  $g_s$ , a limitação estomática seria o fator principal da limitação do desempenho fotossintético, uma vez que quanto maior a abertura estomática maior a difusão de  $\text{CO}_2$  para a câmara subestomática (NASCIMENTO, 2009). Dubey (1997) também constatou decréscimos na concentração interna de  $\text{CO}_2$  ao avaliar espécies diferentes de plantas submetidas a estresse salino. Segundo este autor, independente da espécie utilizada, o estresse salino provoca diminuição na concentração interna de  $\text{CO}_2$ . Farquhar et al. (1982), afirmaram que o aumento na concentração interna de  $\text{CO}_2$  está associada à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de  $\text{CO}_2$ . Segundo Parida et al. (2005), muitas enzimas que participam do metabolismo do carbono são sensíveis à toxicidade gerada pelo teor de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas. Alvarez Pizarro (2006) observou que a relação entre as concentrações internas e externas de  $\text{CO}_2$  foi pouco afetada pela salinidade em clones de cajueiro submetido ao estresse salino, observação também constatada por Pinto (2006) analisando as culturas de mamona, gergelim e amendoim submetido ao estresse hídrico.



**Figura 13.** Concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

A variável eficiência instantânea da carboxilação ( $A/C_i$ ) teve crescimento negativo, ajustando-se ao modelo quadrático. O coeficiente de determinação  $R^2$  expressa que 96% dos dados da  $A/C_i$  podem ser explicados pela condutividade elétrica da água de irrigação. Observa-se na Figura 14 que com o aumento da condutividade elétrica houve uma redução na eficiência instantânea da carboxilação. Valores elevados de concentração interna de  $\text{CO}_2$  associado a aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação, ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco. Deste modo a  $E_iC$ , depende da disponibilidade de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, quantidade de

luz, temperatura e da atividade enzimática para que haja fotossíntese. Se as concentrações de  $\text{CO}_2$  intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido, assim, a planta utiliza o  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (SALAMONI, 2010).



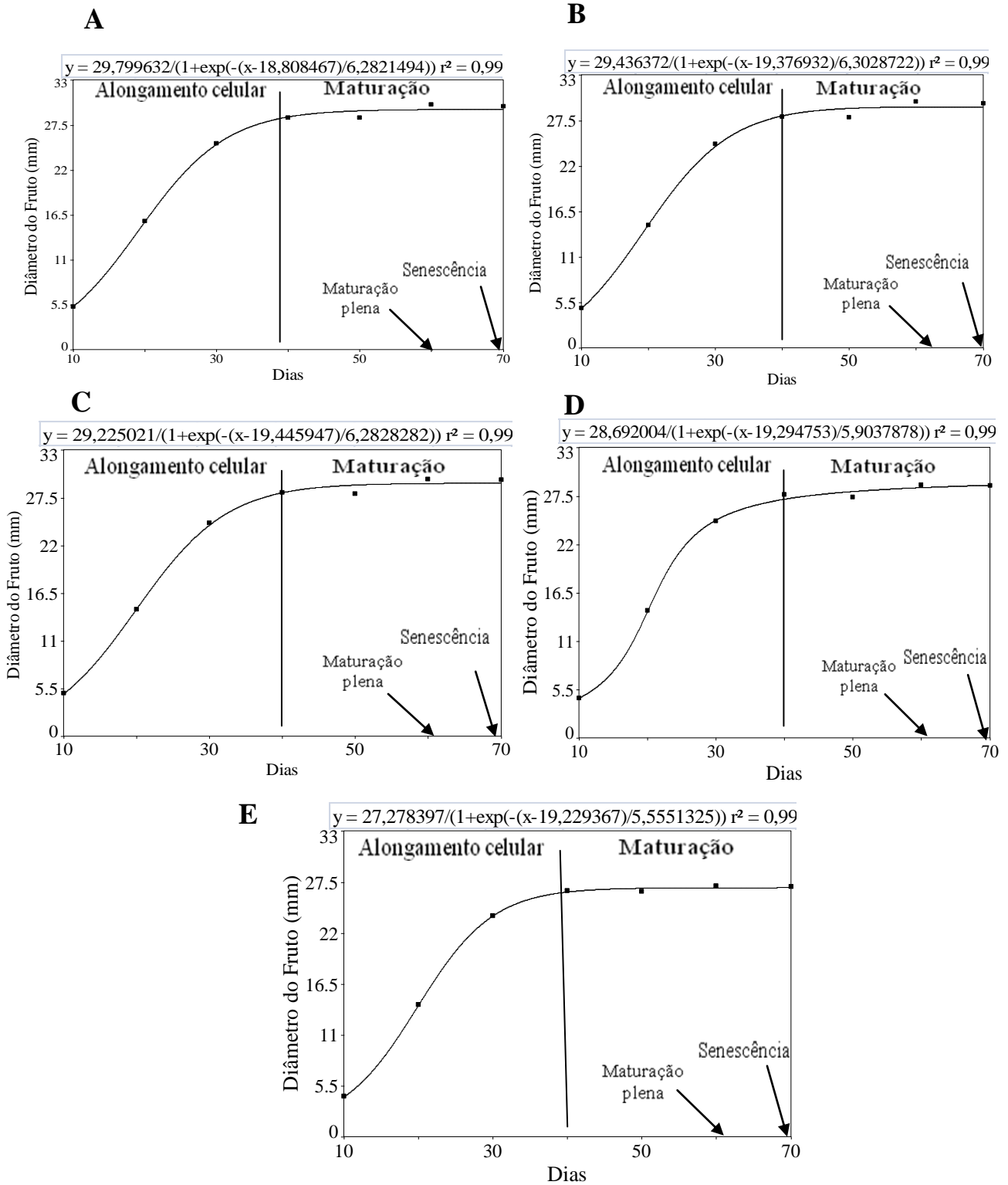
**Figura 14.** Eficiência instantânea da carboxilação ( $A/C_i$ ) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação. Campina Grande, PB, 2012.

Foi possível observar que houve também um decréscimo da eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) (Tabela 3) passando de  $2,34$  para  $1,84\text{mol}^{-1}$  com queda de 21,36%. Isso não ocorreu no estudo de (ROZA, 2010) o qual relatou aumento nas razões  $A/E$  com o decréscimo de  $g_s$ . O autor reportou, que o fechamento dos estômatos contribuiu para otimizar a eficiência no uso da água nas plantas sob estresse.

Quanto aos componentes de produção, o aumento na condutividade elétrica da água de irrigação exerceu influência significativa ( $p \leq 0,05$ ) sobre a variável diâmetro do fruto (DF) ajustando-se ao modelo exponencial com coeficiente de determinação a cima de 0,99, onde valores mais expressivos (31 mm) de diâmetro (Figura 15), foram encontrados com a aplicação de água com condutividade elétrica de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , revelando um incremento de apenas 9,76% do nível de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , quando comparado ao nível de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Arruda et al. (2004) descrevem o fruto de pinhão manso como sendo capsular ovóide, com diâmetro de 15 a 30 mm. Sartunino et al. (2005) observaram frutos com diâmetro entre 20 e 25 mm e peso médio de 2,9 g. Nunes et al. (2008) delineararam que os frutos maduros de pinhão manso apresentam epicarpo de coloração marrom-escuro, enquanto os frutos secos apresentam coloração preta.

Constata-se que durante o período de formação do botão floral até a abertura destes (antese) levou em média 55 dias. O ciclo de desenvolvimento, compreendendo o crescimento, maturação e amadurecimento pleno e início aos sinais de senescência foi em média de 65 dias a

partir da antese (Figura 15). A fase de rápido crescimento do fruto se iniciou em torno dos 10 dias após antese e seguiu até 35 dias em que o fruto apresentou diâmetro médio em torno de 30 mm, iniciando a fase estacionária, caracterizada por um crescimento lento, com um período de estabilização dos 35 até 45 dias, quando ocorreu o amadurecimento dos primeiros frutos. Esses dados corroboram com os obtidos por Rao et al. (2008) que verificaram o número médio de dias de frutificação a maturidade dos frutos foram entre 35 e 48,7 dias. Segundo Moura et al. (2003) o desenvolvimento dos frutos geralmente é dividido em três estágios maiores: crescimento, maturação, e senescência. O período de crescimento geralmente envolve divisão celular, alongamento celular, enchimento onde acontece o aumento físico do fruto e maturação.



**Figura 15.** Diâmetro do fruto do pinhão manso nos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação de 1,2 (A), 1,8 (B), 2,4 (C), 3,0 (D) e 3,6 (E).

Também se observou efeito significativo em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação sobre as variáveis quantidade de cachos por planta (QCP) ( $p < 0,01$ ), ( $p < 0,05$ ) e número de frutos por planta (NFP) ( $p < 0,01$ ) em diferentes épocas (65, 95, 125, 155 dias) após o início das aplicações (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumos das análises de variância para as variáveis quantidade de cachos (QCP) e número de frutos por planta (NFP) nos intervalos de 65, 95, 125 e 155 dias após a aplicação dos tratamentos, no pinhão-mansão sob níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, Campina Grande, PB, 2012.

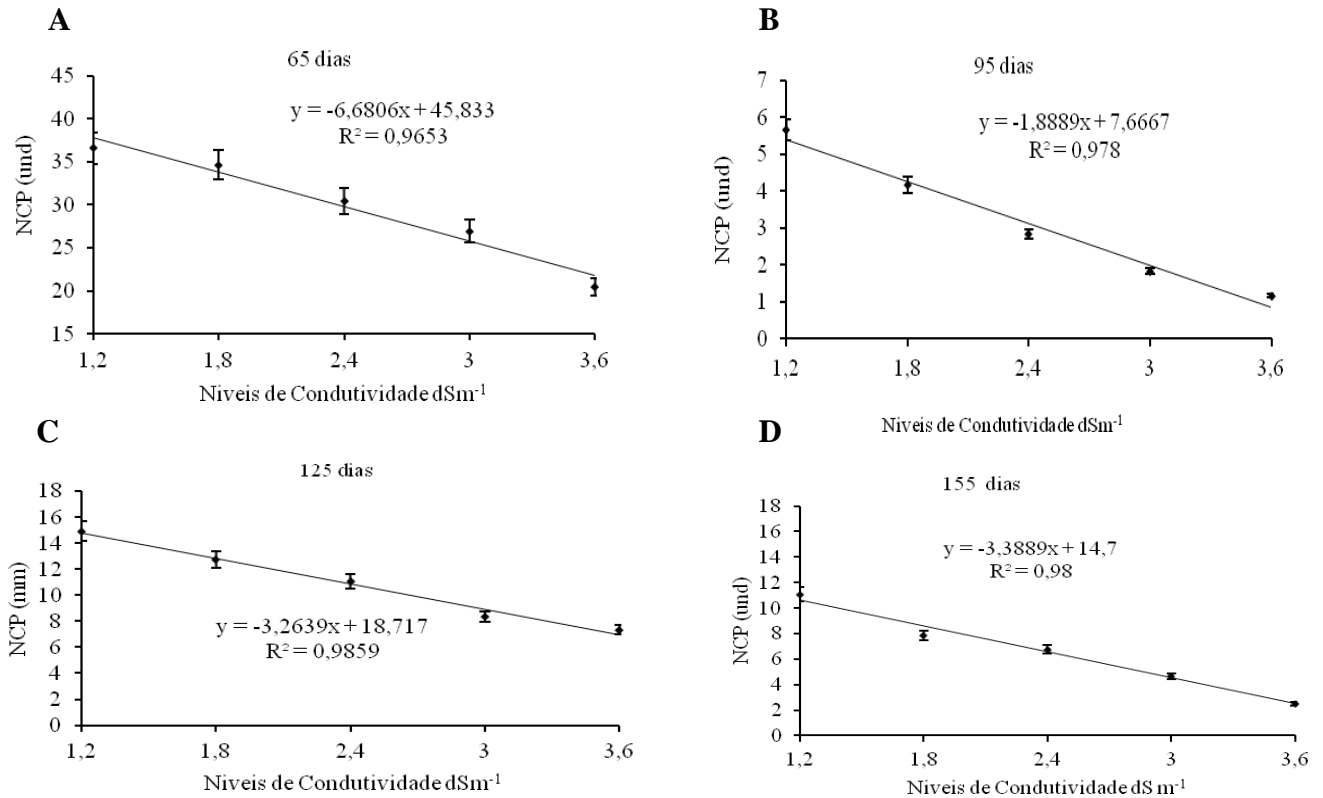
F.V	G.L	Quadrados médios			
		QCP(und)	QCP(und)	QCP(und)	QCP(und)
		----- dias -----			
		65	95	125	155
Bloco	2	1,13750*	0,0166*	43,0791*	2,45416*
Condutividade	4	124,829**	9,8500**	9,1729*	31,6395*
Linear	1	482,002**	38,533**	115,052**	124,033**
Quadrática	1	15,1800**	0,8571 <sup>ns</sup>	0,33482 <sup>ns</sup>	0,29166*
Resíduo	8	1,02291	0,6937	17,8916	0,19895
C.V.(%)		3,39	26,58	38,87	6,79
F.V	G.L	Quadrados médios			
		NFP(und)	NFP(und)	NFP(und)	NFP(und)
		----- dias -----			
		65	95	125	155
Bloco	2	1,15416*	0,01666 <sup>ns</sup>	0,0125 <sup>ns</sup>	21,3291 <sup>ns</sup>
Condutividade	4	991,766**	37,0562**	52,9208**	272,662**
Linear	1	3808,13**	144,102**	205,408**	1080,00**
Quadrática	1	116,666**	2,75148 <sup>ns</sup>	0,29166*	0,0238 <sup>ns</sup>
Resíduo	8	1,99791	0,67812	0,79895	17,037
C.V.(%)		1,99	12,54	2,92	19,62

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; \*\*, \* – Significativo a 1 e 5% respectivamente; <sup>ns</sup> – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se na figura 3 que a quantidade de cachos por planta (QCP) do período de 65 e 95 dias (Figura 15A e 15B) após o início da aplicação do sal decresceu significativamente ( $p \leq 0,01$ ) e a ( $p \leq 0,05$ ), no período de 125 e 155 dias (Figura 15C e 15D) com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, ocorrendo tendências lineares decrescentes. Na primeira avaliação com 65 dias (Figura 15A) após o início dos tratamentos é possível observar uma boa capacidade preditiva ( $R^2 = 0,9653^{**}$ ), onde o maior valor (36,58) foi obtido com menor nível de salinidade  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ . Houve um decréscimo para esta variável à medida que se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação. Com isto, o decréscimo observado na quantidade de cachos no maior nível de salinidade ( $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), em relação ao nível inicial ( $1,2$

dS m<sup>-1</sup>), foi expressivo, da ordem de 44,20%. Aos 95 dias (Figura 15B) o resultado de 72,50% (5,66) foi obtido com o nível inicial de (1,2 dS m<sup>-1</sup>), ocorrendo decréscimo na quantidade de cachos, com o maior nível de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Os coeficientes de determinação para as variáveis 125 e 155 dias (Figura 15C e 15D) foram superiores a 98%, constatando-se uma forte relação entre a quantidade de cachos e o período das avaliações após o início dos tratamentos, os melhores valores (14,91) e (11,08) respectivamente, foram evidenciados com o nível de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, no período de 125 e 155 dias (Figura 15C e 15D) ocorreu um decréscimo de 50,4% para a variável quantidade de cachos com o maior nível de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>), em relação ao nível inicial (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Esse resultado pode ser justificado devido a pequenas precipitações pluviométricas no período anterior, pois a chuva lava o sal aumentando o potencial osmótico do solo facilitando a absorção de água pela planta (AMORIM et al., 2002; LOPES e MACEDO, 2008). Este decréscimo é pouco expressivo quando analisado de forma unitária chegando a apenas 14% em relação a cada nível de condutividade elétrica da água de irrigação. No período final das avaliações 155 dias (Figura 12D), o decréscimo aumenta chegando a 77,3%, do maior nível de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>), em relação ao menor nível (1,2 dS m<sup>-1</sup>), evidenciando maior efeito negativo dos sais nessa fase.

Assim, pode-se afirmar que a salinidade tem efeito negativo sobre a quantidade de cachos por planta no pinhão manso, onde à medida que se aumenta o nível de condutividade elétrica da água, ocorre decréscimos. Estes valores foram superiores aos encontrados por Santos (2008) em fase reprodutiva no município de Rio Lago, AL em condições de campo. Esta superioridade pode estar relacionada aos baixos índices pluviométricos ocorridos em Rio Lago, AL no período vegetativo. Já Albuquerque (2008) encontrou reduções de 50%, com a redução da disponibilidade hídrica no solo devido à salinização, em plantas de *J. curcas*.

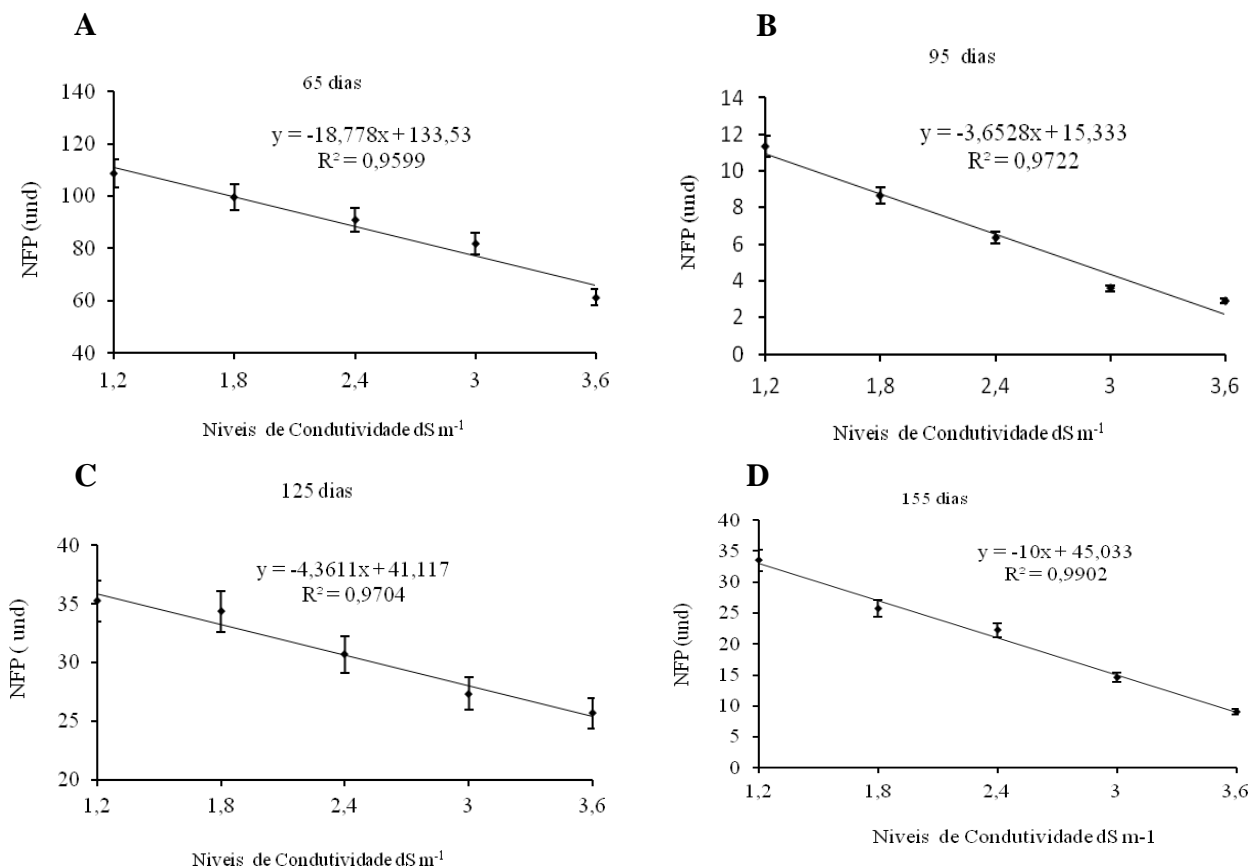


**Figura 16.** Quantidade de cachos por planta (QCP) aos 65 dias (A), 95 dias (B), 125 dias (C) e 155 dias (D) após início das irrigações no Pinhão-mansó sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Os níveis crescentes de salinidade provocaram redução significativa ( $p < 0,01$ ) para a variável número de frutos por planta (NFP) nos períodos de 65, 95, 125 e 155 dias após o início dos tratamentos (Figura 16). Para esta variável ocorreram tendências lineares decrescentes em todos os períodos analisados. No período de 65 dias (Figura 16A) o máximo valor encontrado foi de 108,6 frutos por planta com o nível inicial de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , com um decréscimo de 43% no maior nível de salinidade ( $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), em relação ao nível inicial ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), na segunda e terceira avaliação com 95 dias 125 dias (Figura 16B e 16C) os coeficientes de determinação para a variável nos dois períodos foram superiores a 97%, com decréscimos de 74% e 27% respectivamente, esta diferença expressiva entre estes decréscimos pode ser explicada devido a ocorrência de chuvas no final do terceiro período com 80 dias após o início das irrigações, nestes períodos os melhores resultados encontrados foram de 11,3 e 35,2 frutos por planta, estes valores somados corroboram com Santos et al, (2010), que obteve 45 frutos por planta no início do ciclo.

Na última avaliação com 155 dias (Figura 16D), é possível observar um ótimo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,99^{**}$ ), onde o valor máximo (33,5) foi obtido com menor nível de salinidade  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ . Houve decréscimo nesta variável à medida que se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação. Com isto, o decréscimo observado na quantidade de cachos no maior nível de salinidade ( $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), em relação ao nível inicial ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), foi expressivo, da ordem de 72%, sendo observada redução em cerca de 7,4 frutos por planta (26,7%), por aumento unitário da salinidade. Estes resultados estão próximos aos obtidos por Souza Júnior et al. (2005), que verificaram redução no NCAP na ordem de 6,55% por aumento unitário da salinidade. Jácome et al. (2003), avaliaram a resposta de cinco genótipos de algodão sob estresse salino e constataram que todos esses materiais tiveram NCAP afetados pela salinidade, sendo verificado redução de 42,54% na salinidade de  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

Um dos principais efeitos da salinidade sobre o rendimento das plantas está relacionado com a redução do número de frutos, comportamento esse encontrado para outras espécies de interesse agrônomo, como amendoim (CORREIA et al., 2009), melão (MEDEIROS et al., 2008), pepino (MEDEIROS et al., 2009), entre outras.





**Figura 17.** Número de frutos por planta (NFP) aos 65 dias (A), 95 dias (B), 125 dias (C) e 155 dias (D) após início das irrigações no Pinhão-mansô sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

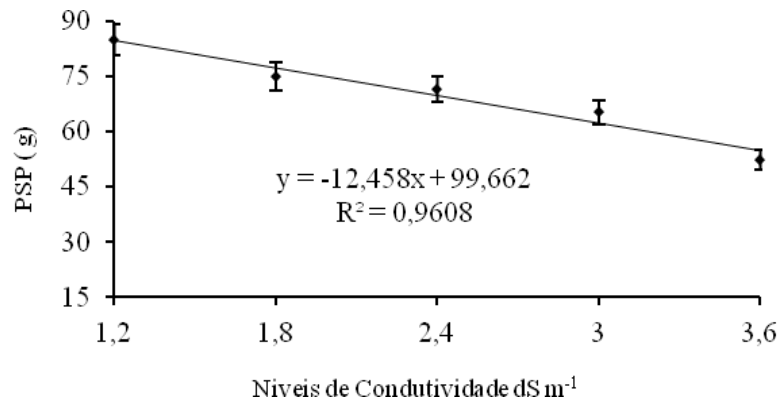
De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na tabela 4, é possível observar efeito significativo dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação correspondente ao tratamento nas variáveis: Peso de sementes por planta (PSP) ( $p \leq 0,01$ ), peso de cacho por planta (PCP) ( $p \leq 0,01$ ), número de sementes por fruto (NSF) ( $p \leq 0,05$ ), número de frutos por cacho (NFC) ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 5.** Resumos das análises de variância para as variáveis; peso de sementes por planta (PSP), peso de cachos por planta (PCP), número de sementes fruto (NSF), número de frutos por cachos (NFC). Campina Grande, PB, 2012.

F.V	G.L	Quadrados médios			
		PSP (kg)	PCP (kg)	NSF (und)	NFC (und)
Bloco	2	3,50284 <sup>ns</sup>	6,52768 <sup>*</sup>	0,029167 <sup>ns</sup>	0,316667 <sup>ns</sup>
Condutividade	4	436,071 <sup>**</sup>	242,583 <sup>**</sup>	0,141667 <sup>*</sup>	1,125000 <sup>*</sup>
Linear	1	1675,96 <sup>**</sup>	907,610 <sup>**</sup>	0,533333 <sup>**</sup>	4,408333 <sup>*</sup>
Quadrática	1	15,3005 <sup>*</sup>	9,60971 <sup>ns</sup>	0,000000 <sup>ns</sup>	0,053571 <sup>ns</sup>
Resíduo	8	1,14478	11,0558	0,029167	0,306250
C.V.(%)		1,53	6,78	6,74	19,53

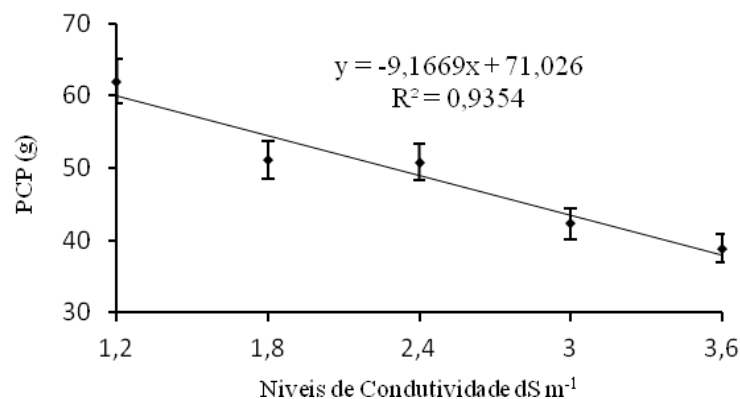
F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; \*\*, \* - Significativo a 1 e 5% respectivamente; <sup>ns</sup> – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Pela análise de regressão (Figura 17), a variável peso de sementes por planta, teve crescimento linear decrescente, ajustando-se ao modelo linear, com boa capacidade preditiva ( $R^2 = 0,9608^{**}$ ). O resultado mais expressivo foi observado quando as plantas foram irrigadas com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica, verificando-se 84,89 g em 187 sementes. Houve uma redução no peso de sementes à medida que se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação. Mesmo assim, o incremento observado no peso de sementes no maior nível de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>), em relação ao nível inicial (1,2 dS m<sup>-1</sup>), foi expressivo, da ordem de 38%. Estes valores foram superiores aos encontrados por Oliveira et al, (2012) que encontrou 11,69 g com 100 sementes, estudando a produção do algodoeiro em função da salinidade. Esses resultados discordam dos obtidos por Jácome et al. (2003), que não observaram efeito significativo da salinidade sobre peso de 100 sementes de Pinhão-mansô. No entanto, estudos têm encontrado redução na massa das sementes em função da salinidade para diversas espécies, como mamona (SILVA et al., 2008) e amendoim (CORREIA et al., 2009).



**Figura 18.** Peso de sementes por planta (PSP) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

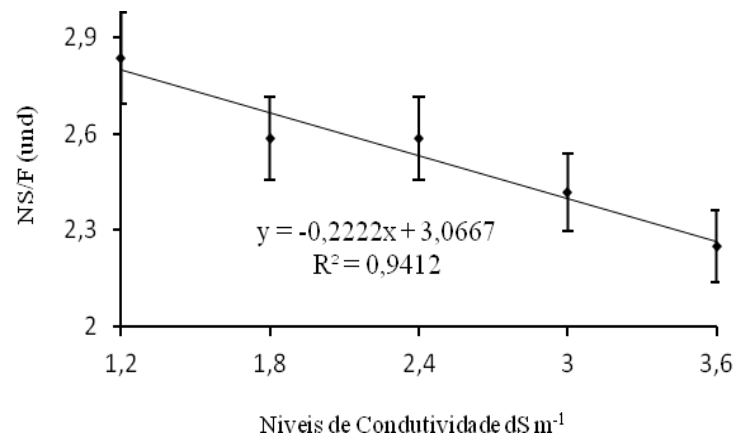
Os dados obtidos para a variável peso de casca se ajustaram ao modelo quadrático ( $R^2 = 0,93^*$ ), onde se percebe aumento do peso de casca até o nível máximo de salinidade estimado em  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ , o máximo valor encontrado para o peso de casca ( $61,91 \text{ g}$ ) ocorrendo em seguida, decréscimo de  $10,1 \text{ g}$  pra cada valor unitário de CE aumentado (Figura 18). Esse decréscimo do ponto máximo até o último nível de salinidade aplicado foi da ordem de  $37,25 \%$ . Portanto, pode-se afirmar que a salinidade tem efeito negativo sobre o peso de casca de plantas de pinhão manso, onde à medida que se aumenta o nível de condutividade elétrica da água.



**Figura 19.** Peso de casca por planta (PCP) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

A variável “número de sementes por fruto” teve crescimento negativo, ajustando-se ao modelo linear, com boa capacidade preditiva. O coeficiente de determinação  $R^2$  expressa que  $94,12\%$  dos dados do NSF podem ser explicados pela CEa. Observa-se na Figura 19 que com o

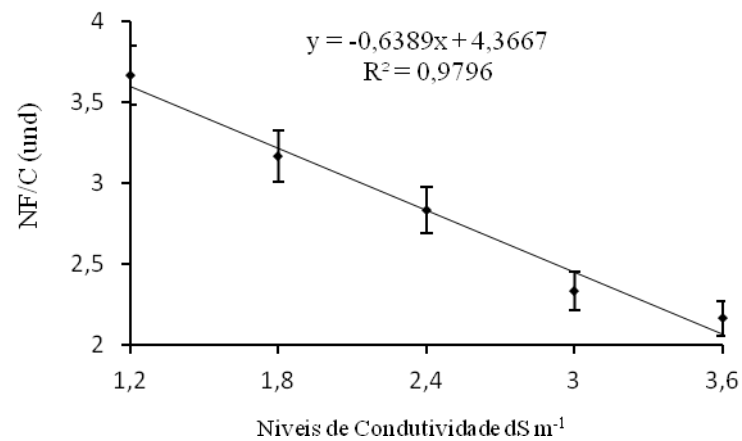
aumento da condutividade elétrica da água de irrigação houve uma redução no número de sementes por fruto. Incrementando-se de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  a partir da salinidade inicial da CEa estima-se uma redução de 0,13 no NSF. Estes resultados corroboram com Tominaga, (2006), que obteve uma média de 2,5 sementes por fruto avaliando genótipos de pinhão manso sobre estresse salino. Souza et al. (2007) em estudo sobre épocas de plantio e manejo da irrigação em mamoneira (cultivar Nordestina) também observaram que com o aumento da salinidade da CEa houve um decréscimo no número de sementes por racemo, um incremento unitário da CEa de aproximadamente 17,3%.



**Figura 20.** Número de sementes por fruto (NSF) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Os valores alcançados para a variável número de frutos por cachos se ajustaram ao modelo linear decrescente ( $R^2 = 0,9796^*$ ), alcançando-se o maior valor de 3,6 frutos com nível  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , decrescendo em 37,25% até o maior nível  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  em relação ao nível inicial  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 20). Esses valores corroboram com os encontrados por Veras et al. (2011), que obteve 3,7 frutos produzidos no nível de CEa de  $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ , sem qualquer explicação possível, considerando-se que as plantas estavam submetidas a esses níveis de salinidade, há 270 dias. Segundo Harkamal et al. (2006) e Hu et al. (2008), em geral as plantas irrigadas com águas salinas reduzem o crescimento. Trabalhando com mamoneira, Silva (2004) observou redução do número de frutos por cacho, com o incremento da CEa. Redução de produção pela salinidade também foi constatada por Souza Júnior et al. (2005), em experimento com algodão colorido, tendo observado diminuição de 6,6% no número de capulho, por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Segundo Rhoades et al. (2000), a salinidade afeta

não apenas o desenvolvimento, mas também a produção das culturas, efeito que se manifesta principalmente na redução da população e do desenvolvimento dos frutos, com sintomas similares ao do estresse hídrico.



**Figura 21.** Número de frutos por cachos (NFC) no pinhão manso sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

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.

## 5. CONCLUSÕES

A eficiência fotoquímica fotossistema II foi limitada pela salinidade a partir do nível de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ .

As variáveis trocas gasosa ( $A$ ,  $g_s$ ,  $E$ ,  $C_i$ , e  $A/C_i$ ) são afetadas pelos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação nas condições em que foram submetidas.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu significativamente as variáveis de produção: número de cachos por planta, número de frutos por planta, peso de sementes, peso da casca, número de sementes por fruto e número de frutos por cacho.

O aumento da salinidade da água não alterou o período entre abertura floral e colheita.

## REFERÊNCIAS

ABA – Anuário Brasileiro de Agroenergia. **Pinhão manso**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2007.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

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

ALVAREZ PIZARRO, J. C. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância à salinidade em clones de cajueiro anão-precoce**. Fortaleza, 2006. 135p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Universidade Federal do Ceará.

ANDREO-SOUZA, Y.; PEREIRA, L. A.; SILVA, F. F. S. da.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D. de.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativo para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BARROS, M.F.C.; FONTES, M.P.F.; ALVAREZ, 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 de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n.1, p. 59-64, 2004.

BATISTA, T. M. V. **Fotossíntese e condutância estomática de tomate SM-16 e mariana cultivados com diferentes tipos de cobertura do solo**. Mossoró, 2011. 171p. Dissertação

(Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semiárido.

BELTRÃO, N. E. de M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras.** Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. 4p.

BEZERRA, E. L. **Evapotranspiração na cultura da mamoeira.** Cuiabá, 2004. 61p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 8. ed. – Viçosa: UFV, 2008. 596p.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SHUREIBER, U. E.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, n. 1, p. 497 – 514, 1989.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p. 489–504, 1987.

CÁCERES, D. R.; Portas, A. A.; Abramides, J. E. **Pinhão-manso.** 2007. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/pinhaomanso](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso)>. Acesso em: 9 de março 2012.

CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas.** 1997. Disponível em: <[http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO\\_pdf](http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO_pdf)>. Acesso em: 20 de março 2008.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro.** 2008. Disponível em: <http://www.ufmg.br/boletim>. Acesso em: 13 de junho 2012.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: UNICAMP, 2003.

CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS JÚNIOR, G.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D. Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 71-80, 2004.

CORNIC, G., **Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture not by affecting ATP synthesis**. Trends Plant Science, 2000.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. N.; SANTOS, T. 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.

CRUZ, M. C. M.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira ‘Ponkan’ e limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 896 – 901, 2009.

CHARTZOULAKIS, K.S. Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 59, p. 27-35, 1994.

DEHGAN, B.; SCHUTZMAN, B. Contributions towards a monograph of neotropical *Jatropha*: phonetic and phylogenetic analysis. **Annals Missouri Botanical Garden**, v. 81, n. 2, p. 349-367, 1994.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 24), Tradução Gheyi, H.R., Metri, J.E.C., Damasceno, F. A. V., Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. FAO 204p. 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 221p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, n. 33, tradução de GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000).



DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; FERRER, J. L. R.; MACHADO, R. A. F. Adaptação de Milho às Condições de Seca: 2. Florescimento e maturidade fisiológica de sementes de linhagens contrastantes para o parâmetro fenotípico IFMF. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABMS, 2000. CD-Rom.

DUBEY, R. S. **Photosynthesis in plants under stressful conditions.** In: Pessarakli, M. ed. Handbook of photosynthesis. New York: Marcel Dekker, 1997, p. 859-876.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection.** Berlin: Springer-Verlag, 1991.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 102-110, 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1998, p. 431.

LEMOS-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LUCENA, C. C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas a estresse salino.** Viçosa, 2009. 178p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa.

LI, Y. G.; LI, L. H.; JIANG, G. M. et al. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, v. 2, n. 3, p. 243-249, 2004.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social.** Consultorias Legislativa, 2004, p. 33, Disponível em:

[http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/publicacoes/estnottec/pdf/2004\\_676\\_Estudo.pdf](http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/publicacoes/estnottec/pdf/2004_676_Estudo.pdf)> Acesso em: agosto, 2008.

LOPES, J.C.; MACEDO, C.M.P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.

HARKAMAL, W.; Clyde, W.; Abdul, W.; Pascal, C.; Xinping, C.; Timothy Jr., C. Expression analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) during salinity stress. **Functional e Integrative Genomics**, v. 6, p. 143-156, 2006.

HU, Y.; Burucs, Z.; Schmidhalter, U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. **Soil Science e Plant Nutrition**, v. 54, p. 133-141, 2008.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas* L.): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1**. Roma: IBPGR, 1996.

JÁCOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H. de; FERNANDES, P. D. E.; GONÇALVES, A. C. A. Comportamento produtivo de genótipos de algodão sob condições salinas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 187-194, 2003.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. **Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in Central Amazonia**. *Tree Physiology*, 2001.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, M. F.; Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 5, p. 370-374, 2005.

MIRISOLA FILHO, L. A. **Tolerância de sete cultivares de mangueira ao estresse salino**. Viçosa, 2003. 129p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

MENANI, R. Começa a corrida pelo pinhão-manso. **Revista Biodiesel**, v. 3, n. 25, p. 20-22, 2008.

MEDEIROS, J. F.; 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. 03, n. 03, p. 242-247, 2008.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; DIAS, C. T. S. Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 04, p. 406-410, 2009.

MONTEITH, J. L. **Evaporation and environment**. Symp. Soc. Expl. Biol., n. 19, p. 205 – 234, 1965.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; MARTINS, L. P.; MENDONÇA, R. M. N. Evolução do crescimento e da maturação de frutos de cajazeira (*Spondias mombin* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical. Fruit / Frutales**, v. 47, n. 1, p. 231-233, 2003.

NASCIMENTO, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. Ilhéus, 2009. 110p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p.551-558, 2009.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; LIMA NETO, A. J. de; DINIZ, A. A.; SILVA, J. J. M.; BREHM, M. A. da S. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 451-463, 2008

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. S. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p 279-287, 2012.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n. 3, p. 324 – 349, 2005.

PINTO, C. M. **Resposta morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclo de deficiência hídrica**. Fortaleza, 2006, 80p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará.

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

PENMAN, H. L. Evaporation : an Introductory Survey. *Neth. J. Agric. Sci*, n. 4, p. 9 – 29. 1956.

RAO, G. R.; KORWAR, A. K.; SHANKER, Y. S. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees**, v. 22, n. 5, p. 697-709, 2008.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M.; **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de GHEYI, H. R.; SOUZA, J. R. de; QUEIROZ, J. E. FAO: Irrigação e Drenagem. Campina Grande: UFPB, v. 2, n. 48, p. 117, 2000.

ROZA, F.A; **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas a deficiência hídrica**. Ilhéus, 2010, 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. **Interações salinidade-fertilidade do solo**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (editores). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: p. 472, 2010.

SANTOS JUNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; CRUZ, A. A.; VIEIRA, G. Trocas gasosas e eficiência do uso da água em oito espécies arbóreas plantadas por atividade petrolífera na Amazônia Central. In: V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade, 2002, Belo Horizonte, **Anais...** V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade, 2002. v. 1, n. 3, p. 446-447.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. H. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; CAVALCANTI, F. B. **Estatística Experimental Aplicada**. 2. ed. Revisada e Ampliada. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J. TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D. e BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006.

SILVA, A. A. G.; BARRETO, A. N. Caracterização do solo e clima: técnicas para um manejo de irrigação otimizada. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. da; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. 2. ed. Aracaju: EMBRAPA, 2004, 417p.

SONG, L; GUO, Y.; XU, K.; ZHANG, L. Protective mechanism in photoinhibition of photosyntheses in *Cistus unshiu* leaves. **Ying Yong Sheng Tai Xue Bao**, v.14, n.3, p.47-50, 2003.

SOUSA, G. B.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1143 – 1151, 2010.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. A acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. 2. ed. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, p. 205 – 274.

SOUZA JÚNIOR, S. P.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. DE M. Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 2, p. 236-241, 2005.

SCHOLES, J. D. e HORTON, P. **Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements**. In: HENDRY, G. A. F. e GRIME, J. P. ed. *Methods in comparative plant ecology*. London: Chapman e Hall, p. 130-135, 1993.

SCHOCK, A. A. **Características fisiológicas e anatômicas de pinhão manso conduzidos em diferentes condições de luminosidade**. Pelotas, 2012. 59p. Dissertação (Mestrado Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, L. L. **Estudo de qualificação de óleos residuais visando à obtenção de biodiesel**. Alagoas, 2008. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas.

SILVA, M. B. R. **Crescimento, desenvolvimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária em função da evapotranspiração**. Campina Grande, 2009. 151p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande.

SILVA JÚNIOR, I. M.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; SOUZA, F. C. Trocas gasosas e rendimento quântico máximo do fotossistema II de pinhão-mando (*Jatropha curcas* L.) sob estresse salino. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32 n. 4, p. 123-129, 2009.

SMITH, C. J.; HOPMANS, P.; COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**, v. 94, p. 317-323, 1996.

VERAS, R. P.; LAIME, E. M.; FERNANDES, P. D. FREIRE, A. E; Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-mansão irrigado sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 582–587, 2011.

VIANA, A. P.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P. Na, K, Mg and Ca concentrations of grape-vine rootstock in saline solution. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 187 – 191, 2001.

TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 19, p. 503-527, 2003.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUSA, L. A. S.; RESENDE, P. L.; SILVA, N. D. **Cultivo do pinhão-mansão para produção de biodiesel**. Viçosa, 2007. 220p. (Centro de Produções Técnicas – CPT).

TRENTIN, C. V. **Diagnóstico voltado ao planejamento do uso de águas residuárias para irrigação, nos cinturões verdes da região metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba, 2005. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná.

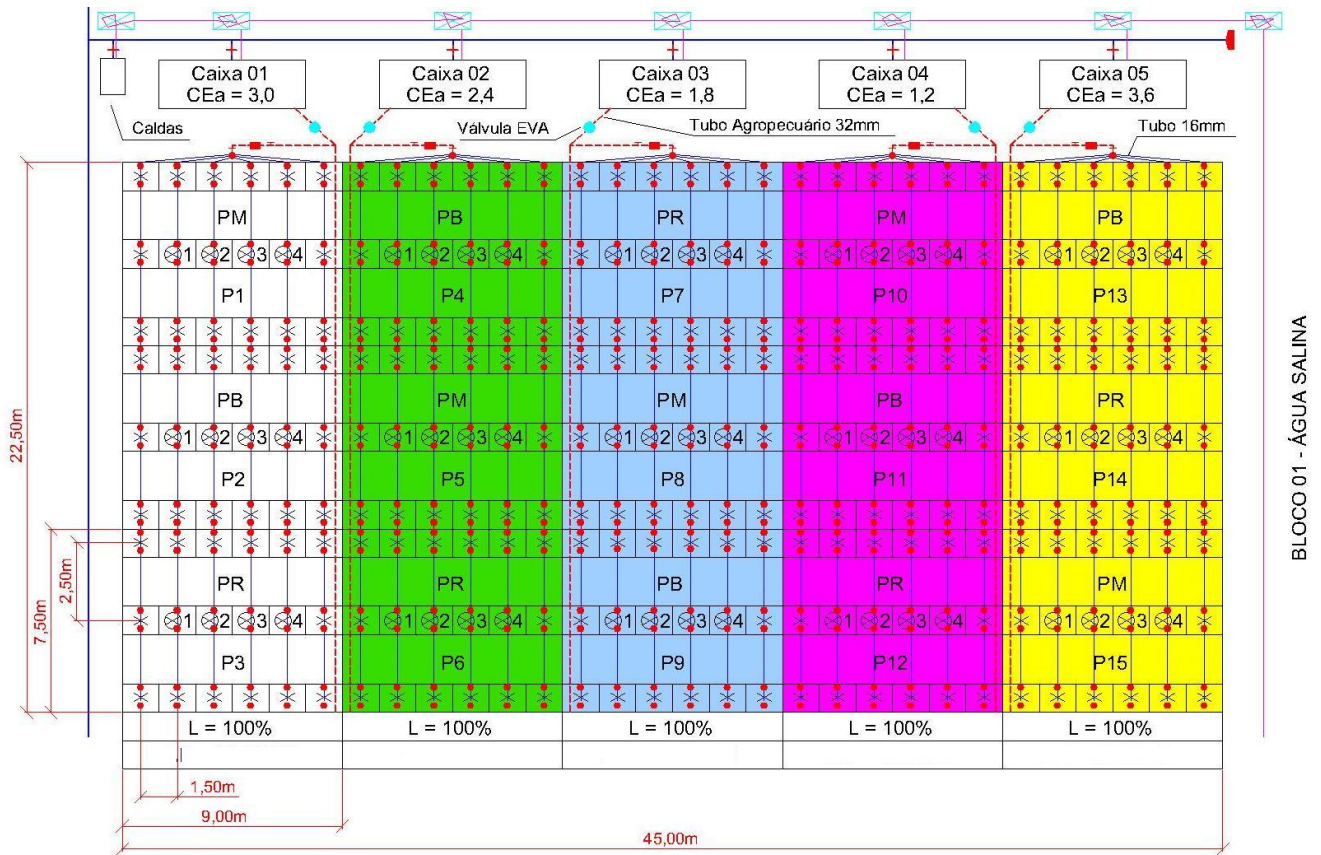
VAN DER HOEK, W. Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. **A case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002.

YAMANE, Y.; SHIKANAI, T.; KASHINO, Y. Reduction of QA in the dark: another cause of fluorescence Fo increases by high temperatures in higher plants. **Photosynthetica**, v. 63, n.2, p. 23–34, 2000



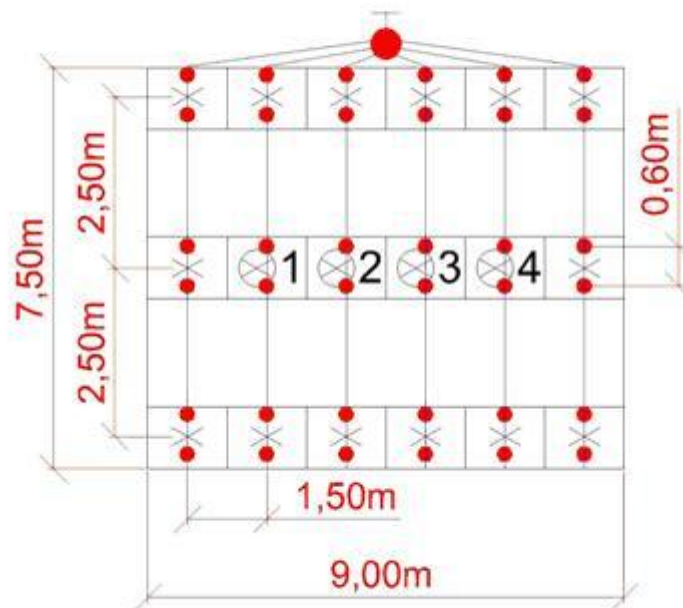


Apêndice 2 **Bloco 01 do experimento I (salino)**



## Apêndice 3 Croqui com os detalhes das parcelas

## DETALHES DAS PARCELAS



Apêndice 4 APÊNDICE XV Sistema de irrigação por gotejamento



Sistema de filtragem da água de irrigação



Tubulação flexível 16mm



## Coveamento e tubulação 16mm com gotejadores

### Apêndice 5 XXI – Cálculo de NaCl por tratamento

#### CÁLCULO DA QUANTIDADE DE (NaCl) PARA CADA TRATAMENTO SALINO

Quant. de NaCl =  $640 \cdot (\text{CE da água desejada}) = \text{mg/litro}$  (RHOADES, 2000)

$\text{CE} = 1 \text{dSm}^{-1} = 640$

$\text{CE} = \text{TSD} \cdot 10$

#### PROCEDIMENTO PARA CADA CAIXA DE ÁGUA (3000L):

##### CAIXA DE ÁGUA $3,6 \text{dSm}^{-1}$ CAIXA Nº 05

1º) Determine o volume de água em litros remanescente (ainda existente) da última irrigação na caixa de água = \_\_\_\_\_ Litros

2º) Colete uma amostra da água ( $\pm 300 \text{ml}$  num recipiente de vidro) do açude na tubulação que enche a caixa de água e faça a leitura da condutividade (CE da água) = \_\_\_\_\_  $\text{dSm}^{-1}$ ;

3º) Subtraia o valor da CE da amostra de água coletada do valor da CE desejada  
 CE CORRIGIDA = \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_  $\text{dSm}^{-1}$ ;

4º) Use a fórmula de RHOADES para determinar a quantidade de NaCl a ser acrescentado na caixa de água; Lembre-se de usar o valor da CE CORRIGIDA.

Quant. NaCl =  $640 \cdot \text{CE CORRIGIDA} = \text{_____ mg/L}$ . Multiplique o resultado pelo volume de água que será salinizado = capacidade da caixa (3000L) – volume remanescente =  $3000 - \text{_____} = \text{_____}$  litros. Depois divida por 1000 duas vezes (ou por um milhão 1000000) para encontrar a Quantidade NaCl em Kg. Quantidade de NaCl = \_\_\_\_\_ Kg

5º) Pese em balança digital a quantidade de NaCl determinada e acrescente uniformemente no interior da caixa de água e em seguida misture com o auxílio de um rodo de borracha.

6º) Complete o volume da caixa de água até 3000L;

7º) Nas próximas salinizações, em cada caixa, a quantidade de NaCl será apenas para o volume de água necessário para enche-la novamente. Ex. Numa caixa de 3000L após a irrigação ainda restaram 500L. Neste caso a quantidade de NaCl será calculada para 2500L.