

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MESTRADO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS SOB AMBIENTE PROTEGIDO**

**DISSERTAÇÃO**

**APARECIDA RODRIGUES NERY**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**MAIO – 2008**

APARECIDA RODRIGUES NERY  
-ENGENHEIRA AGRÔNOMA-

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO  
IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS SOB AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola (M.Sc.)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

**ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

ORIENTADORES

**PEDRO DANTAS FERNANDES – Doutor - UFCG/CTRN/DEAg**

**LÚCIA HELENA G. CHAVES – Doutora - UFCG/CTRN/DEAg**

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO – 2008



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

N456c Nery, Aparecida Rodrigues  
2008 Crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas sob ambiente protegido / Aparecida Rodrigues Nery. — Campina Grande: UFCC, 2008.  
116 f.: il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Dr. Pedro Dantas Fernandes, Dra. Lúcia Helena G. Chaves.

1. *Jatropha curcas* L. 2. Estresse salino. 3. Irrigação. I. Título.

CDU: 631.67(043)



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



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA**

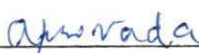
**APARECIDA RODRIGUES NERY**

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM  
 ÁGUAS SALINAS SOB AMBIENTE PROTEGIDO**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Pedro Dantas Fernandes - Orientador


  
 \_\_\_\_\_

  
 \_\_\_\_\_  
 Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves - Orientadora

  
 \_\_\_\_\_

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Miguel Barreiro Neto - Examinador

  
 \_\_\_\_\_

  
 \_\_\_\_\_  
 Dr. Hans Raj Gheyi - Examinador

  
 \_\_\_\_\_

Maio - 2008

*Em memória de meu avô paterno, José Francisco da Cunha, pelo exemplo de humildade, determinação e superação dos momentos mais difíceis.*

### **MINHA HOMENAGEM**

***DEDICO** esta dissertação a meu marido, Luis Nery, e a meus filhos, Lennon Rodrigo e Ivan Luís, pelo incentivo e por acreditarem no meu desempenho. **OFEREÇO** aos meus familiares e os amigos, pela valiosa demonstração de carinho e respeito.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por me proporcionar saúde, espírito de luta e auto-confiança.*

*Ao meu amor e marido, Luis Nery Rodrigues, o propulsor incondicional para a concretização deste trabalho.*

*Aos meus amados filhos, Lennon Rodrigo Rodrigues Nery e Ivan Luís Rodrigues Nery, pelo imenso amor que me proporcionam e paciência em aceitarem minha ausência.*

*Aos meus queridos pais, Antonio Rodrigues da Cunha e Maria Rodrigues Filha, pelo grande amor e apoio, mesmo distantes fisicamente, e aos meus nove irmãos, pelas profundas palavras de incentivo e carinho.*

*À doutoranda e amiga Maria Betânia Rodrigues Silva, carinhosamente, pelo apoio físico e moral, fundamentais na condução e na realização desta pesquisa.*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro para a realização do experimento e pela concessão da bolsa de estudo.*

*Ao meu orientador Dr. Pedro Dantas Fernandes, pela credibilidade, apoio e grande contribuição na minha formação.*

*À minha também orientadora Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela contribuição e estrutura fornecida.*

*Aos examinadores Dr. Hans Raj Gheyi e Dr. Miguel Barreiro Neto, pela participação na banca, contribuindo para o enriquecimento deste trabalho.*

*À coordenação da pós-graduação, de modo especial às funcionárias Rivanilda e Aparecida, pela paciência e grande cooperação nos serviços a mim prestados.*

*Ao Professor José Dantas Neto, coordenador do projeto pinhão-manso, e ao professor Ricardo Almeida Viegas (Patos – PB) pela colaboração nessa pesquisa.*

*A todos os professores que estiveram juntos nesta caminhada, meu respeito e admiração.*

*Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pela disponibilidade, interesse e disposição em participarem da pesquisa, em especial a Francisco Alves (Chico), Francisco de Assis ('Doutor'), José Wilson e Adilson David.*

*A Maria Anunciada Nery, prima e cunhada, bem como seu esposo e filhos, pelo grande apoio e incentivo.*

*Aos meus inesquecíveis colegas de turma, Vianey Pimentel, Cruz Ramon, Michele Silva dos Santos, Uilma Queiroz, Aline Ferreira, Kaline Dantas, Allan Nunes, Leandro Oliveira de Andrade, Antonio Tavares, Marcos Eric Barbosa, Braz Rodrigues, Evandro Mesquita, João Batista, Magnólia, Rogério, Manasses, Cícero Cordão, pela amizade, apoio e possibilidades de troca de conhecimentos, nesta fase da nossa vida.*

*A todos vocês que, direta ou indiretamente, comigo participaram desta caminhada, o meu eterno carinho.*

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE APÊNDICES.....	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 – OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 – Objetivo Geral.....	3
2.2 – Objetivos Específicos.....	3
<b>3 – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
3.1 – Aspectos Gerais da Cultura.....	4
3.2 – Aspectos Botânicos da Planta.....	4
3.3 – Importância Econômica e Utilização do Pinhão-Manso.....	5
3.4 - Cultivo do Pinhão-Manso.....	7
3.4.1 – Clima e Solo.....	8
3.4.2 – Calagem.....	9
3.4.3 – Adubação.....	10
3.5 - Salinização e Sodificação de Solos.....	12
3.6. - Efeitos dos Sais sobre as Plantas.....	14
3.6.1 – Osmótico.....	14
3.6.2 – Tóxico do Íon (Efeito Direto).....	15
3.6.3 – Nutricional (Efeito Indireto).....	16
3.7 - Agricultura Irrigada e Problemas de Salinidade.....	16
3.7.1 – Qualidade e Quantidade de Água.....	17
3.8 - Evapotranspiração e Coeficiente de Cultivo.....	18
<b>4 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
4.1 – Caracterização Geográfica e Climática da Área Experimental.....	21
4.2 - Instalação dos Lisímetros.....	22
4.3 – Solo.....	23

4.4 – Semeadura e Produção de Mudanças do Pinhão-Manso.....	24
4.5 - Calagem e Adubação de Plantio.....	25
4.6 – Transplântio.....	26
4.7 - Preparo das Águas de Diferentes Salinidades.....	27
4.8 – Tratamentos e Delineamento Experimental.....	27
4.9 – Irrigações.....	28
4.10 – Tratos Culturais.....	29
4.11 – Variáveis de Crescimento.....	31
4.11.1 - Altura de Planta (AP), Diâmetro Caulinar (DC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).....	31
4.12 – Variáveis Fisiológicas.....	32
4.12.1 - Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo (TCA, TCR).....	
4.12.2 - Fluorescência da Clorofila 'a'.....	32
4.13 – Variáveis de Produção.....	33
4.13.1 – Emissão das Primeiras Inflorescências.....	
4.13.2 – Componentes do Primeiro Cacho.....	33
4.13.3 - Componentes de Produção.....	33
4.14 – Variáveis do Balanço Hídrico.....	33
4.14.1 - Consumo de Água e Evapotranspiração da Cultura.....	33
4.14.2 – Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> ) e do Coeficiente de cultivo (kc).....	34
4.15 - Determinação da Fenologia do Pinhão-Manso.....	36
4.16 - Fração de Lixiviação (FL), Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CE <sub>ad</sub> ) e Fator de Concentração de Sais (FC).....	37
4.17 - Salinidade do Solo ao Final do Experimento.....	37
4.18 - Análises Estatísticas.....	38
<b>5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
5.1 – Variáveis de Crescimento.....	39
5.1.1 – Altura de plantas (AP).....	39
5.1.2 - Diâmetro Caulinar (DC).....	42
5.1.3 – Número de Folhas (NF).....	44
5.1.4 - Área Foliar (AF).....	47
5.2 – Variáveis Fisiológicas.....	49
5.2.1 - Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (TCA AP).....	49



5.2.2 - Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (TCR AP).....	52
5.2.3 - Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro Caulinar (TCA DC).....	55
5.2.4 - Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro Caulinar (TCR DC).....	58
5.2.5 - Fluorescência da Clorofila 'a' aos 109 e 159 DAS.....	60
5.3 – Variáveis de Produção.....	64
5.3.1 - Emissão das Primeiras Inflorescências.....	64
5.3.2 - Componentes do Primeiro Cacho.....	66
5.3.3 - Componentes de Produção.....	69
5.4 – Variáveis do Balanço Hídrico.....	72
5.4.1 – Consumo de Água (C.A.).....	72
5.4.2 – Evapotranspiração da Cultura (ETc).....	74
5.4.3 - Consumo Total de Água (C.T.A.), Evapotranspiração Total da Cultura (ETc total) e Evapotranspiração Média (ETc média).....	78
5.5 – Fenologia e Coeficiente de Cultivo.....	79
5.6 - Fração de Lixiviação (FL) e Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad) e Fator de Concentração (FC).....	81
5.7 – Salinidade do Solo aos 163 DAS.....	83
5.7.1 - Cátions e Ânions Solúveis ( $Ca^{++}$ , $Mg^{++}$ , $Na^+$ , $K^+$ , $Cl^-$ , $HCO_3^-$ ).....	83
5.7.2 - pH, CEes, RAS e PST.....	86
<b>6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>90</b>
<b>7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>8 – APÊNDICES .....</b>	<b>99</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Recomendação de adubação para cultura do pinhão-manso, de acordo com a idade das plantas..... 11
2	Recomendação de adubação foliar para a cultura do pinhão-manso..... 11
3	Classificação de solos afetados por sais..... 12
4	Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) do solo. Campina Grande, PB, 2007..... 23
5	Adubação de plantio realizada no substrato de enchimento dos lisímetros. Campina Grande, PB, 2007..... 25
6	Características químicas do solo (complexo sortivo) antes e após calagem. Campina Grande, PB, 2007..... 26
7	Características da água de abastecimento público utilizada para o preparo das soluções salinas. Campina Grande, PB, 2007..... 27
8	Tratos culturais e fitossanitários praticados durante a pesquisa. Campina Grande, PB, 2007..... 30
9	Radiação solar (Qo), em equivalente de evaporação, expressa em mm dia <sup>-1</sup> . Campina Grande, PB, 2007..... 35
10	Resumos das análises de variância e médias para a altura de plantas (AP) do pinhão-manso aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007..... 40
11	Resumos das análises de variância e médias para o diâmetro caulinar (DC) do pinhão-manso aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007..... 43
12	Resumos das análises de variância e médias para o número de folhas (NF) do pinhão-manso aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007..... 45
13	Resumos das análises de variância e médias para a área foliar (AF) do pinhão-manso aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007..... 48
14	Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-manso em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007..... 50
15	Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-manso em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007..... 53
16	Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-manso em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007..... 56
17	Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-manso em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007..... 58

18	Resumos das análises de variância e médias para fluorescência da clorofila (fluorescência basal –Fo; fluorescência variável – Fv; fluorescência máxima – Fm; eficiência quântica do fotossistema II – Fv/Fm; relação Fv/Fo) do pinhão-mansoso aos 109 e 159 DAS. Campina Grande, PB, 2007.....	62
19	Resumos das análises de variância e médias para a emissão das primeira, segunda e terceira inflorescências do pinhão-mansoso. Campina Grande, PB, 2007.....	65
20	Resumos das análises de variância e médias para os componentes do primeiro cacho do pinhão-mansoso. Campina Grande, PB, 2007.....	68
21	Resumos das análises de variância e médias para os componentes de produção do pinhão-mansoso (número de cachos, total de frutos e número de frutos por cacho) aos 200 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007.....	71
22	Resumos das análises de variância e médias para o consumo de água (C.A.) pelo pinhão-mansoso em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142 e 142-163 dias após a semeadura – DAS). Campina Grande, PB, 2007.....	73
23	Resumos das análises de variância e médias para a evapotranspiração da cultura (ETc) do pinhão-mansoso em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142 e 142-163 dias após a semeadura – DAS). Campina Grande, PB, 2007.....	76
24	Resumos das análises de variância e médias para consumo total de água (C.T.A.), evapotranspiração total da cultura (ETc Total), evapotranspiração média (ETc média) do pinhão-mansoso, entre 37 e 163 DAS. Campina Grande, PB, 2007.....	78
25	Fenologia e coeficientes de cultivo (kc) obtidos do pinhão-mansoso irrigado com água de CEa de 0,60 dS m <sup>-1</sup> . Campina Grande, PB, 2007.....	80
26	Resumos das análises de variância e médias para fração de lixiviação (FL), condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) e fator de concentração de sais (FC), entre 37 e 163 DAS. Campina Grande, PB, 2007.....	82
27	Resumos das análises de variância e médias para salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> e HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ). Campina Grande, PB, 2007.....	85
28	Resumos das análises de variância, médias e equações de regressões para salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS (pH extrato, CEes, RAS e PST). Campina Grande, PB, 2007.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Umidade relativa média (%) referente ao período experimental em função do horário (A) e dos meses (B). Campina Grande, PB, 2007.....	21
2 Médias mensais de temperatura do ambiente protegido, referentes ao período experimental. Campina Grande, PB, 2007.....	22
3 Lisímetros utilizados no experimento com dois recipientes coletores.....	22
4 Curva característica de retenção de umidade do solo do Experimento. Campina Grande, PB, 2007.....	24
5 Produção de mudas de pinhão-manso em tubetes. Campina Grande, PB, 2007.....	24
6 Muda transplanta para o lisímetro aos 19 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007.....	27
7 Distribuição das unidades experimentais. Campina Grande, PB, 2007.....	28
8 Planta de pinhão-manso com folha encarquilhada, sintoma de deficiência de zinco (A), e atacada por ácaro branco (B). Campina Grande, PB, 2007.....	31
9 Altura de plantas de pinhão-manso aos 37, 58, 79 (A), 100, 121, 142 e 163 (B) dias após a semeadura - DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	41
10 Evolução da altura de plantas do pinhão-manso ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	41
11 Diâmetro caulinar do pinhão-manso aos 37, 58, 79 (A), 100, 121, 142 e 163 (B) dias após a semeadura - DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	43
12 Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-manso ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	44
13 Número de folhas do pinhão-manso aos 37, 58, 79 (A), 100, 121, 142 e 163 (B) dias após a semeadura - DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	46
14 Evolução do número de folhas do pinhão-manso ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	46
15 Área foliar do pinhão-manso aos 37, 58, 79 (A), 100, 121, 142 e 163 (B) dias após a semeadura - DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	48
16 Evolução da área foliar do pinhão-manso ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	49
17 Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-manso em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura - DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007.....	51

18	Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansô em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007.....	54
19	Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansô em sete períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007.....	57
20	Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansô em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007.....	59
21	Fluorescência basal 'Fo' (A), variável 'Fv' (B) e máxima 'Fm' (C), eficiência quântica do fotossistema II 'Fv/Fm' (D) e relação 'Fv/Fo' (E) da clorofila 'a' do pinhão-mansô, aos 109 DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	63
22	Fluorescência basal 'Fo' (A), variável 'Fv' (B) e máxima 'Fm' (C), eficiência quântica do fotossistema II 'Fv/Fm' (D) e relação 'Fv/Fo' (E) da clorofila 'a' do pinhão-mansô, aos 159 DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	64
23	Emissão das primeira (A), segunda (B) e terceira (C) inflorescências do pinhão-mansô, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	66
24	Componentes do primeiro cacho do pinhão-mansô, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	69
25	Componentes de produção do pinhão-mansô aos 200 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	71
26	Consumo de água pelo pinhão-mansô em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 dias após a semeadura – DAS (F) e consumo médio (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	74
27	Evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-mansô em seis períodos, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	77
28	Consumo total de água - C.T.A. (A), evapotranspiração total - ETc total (B) e evapotranspiração média - ETc média (C) do pinhão-mansô, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	79
29	Fenologia e coeficientes de cultivo (kc) do pinhão-mansô irrigado com água de CEa de 0,60 dS m <sup>-1</sup> . Campina Grande, PB, 2007.....	81
30	Fração de lixiviação (A), condutividade elétrica da água de drenagem – CEad (B) e fator de concentração (C), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007.....	83

- 31 Salinidade do solo (0-20 cm) aos 163 dias após a semeadura - DAS ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ ), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007..... 86
- 32 Salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS (pH da pasta de saturação, CEes, RAS e PST), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007..... 89

**LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice		Página
1	Planilha eletrônica para o manejo das irrigações.....	99
2	Primeiro evento de irrigação.....	100
2	Imagens ilustrativas da pesquisa.....	101

## RESUMO

## CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PINHÃO-MANSO IRRIGADO COM ÁGUAS SALINAS EM AMBIENTE PROTEGIDO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta oleaginosa considerada uma excelente alternativa para a produção de biodiesel no Brasil. Conduziu-se, entre abril e outubro de 2007, um experimento em ambiente protegido, na área experimental do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG-PB, em que se propôs estudar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e desenvolvimento do pinhão-manso, além de seus impactos sobre o solo, ao término da pesquisa. A cultura foi conduzida em lisímetros de drenagem (200 L) contendo 230 kg de solo devidamente adubado, não-salino, não-sódico. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>, a 25 °C). Empregou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, sendo cada parcela constituída pela média de duas plantas cultivadas em lisímetros separados. As águas de irrigação foram preparadas a partir dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1, entre os íons Na<sup>+</sup>:Ca<sup>++</sup>:Mg<sup>++</sup> e as irrigações realizadas a cada 2 dias. A fase vegetativa teve duração de 94 dias com coeficiente de cultivo (kc) de 0,50; as fases de floração, frutificação e maturação se iniciaram aos 94, 132 e 150 dias após a semeadura – DAS; aos 163 DAS, a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar, foram afetados linearmente com decréscimos de 3,78, 7,35, 9,75 e 17,74%, respectivamente, por aumento unitário da CEa. O número de frutos, a biomassa de frutos e de sementes do primeiro cacho e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) não foram afetados pela salinidade da água de irrigação, tal como, também, o número de cachos e o número de frutos por planta, até CEa de 1,80 dS m<sup>-1</sup>, sendo considerada como a salinidade limiar para essas variáveis. As variáveis de balanço hídrico, consumo total de água, evapotranspiração total da cultura e evapotranspiração média, foram reduzidas em cerca de 43% entre 0,60 e 3,00 dS m<sup>-1</sup> (aproximadamente 18% para cada dS m<sup>-1</sup>). Após as irrigações, entre 37 e 163 DAS (126 dias de duração), verificou-se incremento linear acentuado nos teores dos íons solúveis Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, e Mg<sup>++</sup> com o aumento da CEa; entretanto, pelas médias da condutividade elétrica do extrato de saturação – CEes (2,12 dS m<sup>-1</sup>), da relação de adsorção de sódio – RAS ([6,22 mmol L<sup>-1</sup>]<sup>1/2</sup>), da percentagem de sódio trocável – PST (7,22%) e do pH (5,37), constatou-se que não houve salinização nem sodificação do solo.

**Palavras-chave:** *Jatropha curcas* L., irrigação, condutividade elétrica, biodiesel



## ABSTRACT

### GROWTH AND DEVELOPMENT OF PHYSIC NUT IRRIGATED WITH SALINE WATERS IN PROTECTED ATMOSPHERE

Physic nut it is an oleaginous plant and at the moment researched to biodiesel production. Between April and October of 2007, an experiment was installed and carried out in greenhouse, of the Natural Resources and Technology Center of the Federal University of Campina Grande, PB with objective of study the effects of the irrigation water salinity on the growth and development of physic nut, also verify saline impacts of irrigation water on the soil at the end of research. The plants grown in drainage lysimeters (200 L) with 230 kg of soil properly fertilized, no-saline, no-sodic. The treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEw (0.6; 1.2; 1.8; 2.4 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>, at 25 °C). The experimental design was in randomized block with 4 replications; each replication represented by mean of 2 plants cultivated in lysimeters separates. Saline solutions were obtained starting from the salts NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, in the proportion 7:2:1 among the ions Na<sup>+</sup>:Ca<sup>++</sup>:Mg<sup>++</sup>. The plants were irrigated every 2 days. Vegetative stage was long 94 days with crop coefficient (kc) of 0.50; the beginning of stages flowering, frutification and maturation happened to the 94, 132 and 150 days after sowing – DAS; At 163 DAS, the plants height, the stem diameter, the number of leaves and the leaf area were lineally affected with reductions of 3.78, 7.35, 9.75 and 17.74%, respectively, for unitary increase of ECw. Number of fruits, biomass of fruits and of seeds of first bunch, as well as the quantum efficiency of photosystem II (Fv/Fm) were not affected by irrigation water salinity. Even ECw of 1.80 dS m<sup>-1</sup>. The number of bunches and number of fruits per plant were not affected, therefore 1.80 dS m<sup>-1</sup>, was considered as the threshold salinity for those variables. The variables of water balance, total consumption of water, total evapotranspiration of culture and the medium evapotranspiration were reduced in about 43% between 0.60 and 3.00 dS m<sup>-1</sup> (approximately 18% for each dS m<sup>-1</sup>). After the irrigations, among 37 and 163 DAS (126 days of duration), was verified lineal increment accentuated in the concentrations of soluble ions Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, and Mg<sup>++</sup> with the increase of ECw; however, for the averages of electric conductivity of saturation extract - CEse (2.12 dS m<sup>-1</sup>), of sodium adsorption relationship - SAR ([6.22 mmol L<sup>-1</sup>]<sup>1/2</sup>), of exchangeable sodium percentage - ESP (7.22%) and of pH (5.37), was verified absence of process of soil salinization and sodification.

**Key-words:** Physic nut, irrigation, electrical conductivity, biodiesel

## 1 – INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) é uma planta pertencente à família *Euphorbiaceae* e de origem bastante duvidosa. Existem pesquisadores que o consideram nativo do Brasil, mas conforme a ABA (2007), seu mais provável local de origem é a América Central; outros autores, como Tominaga et al. (2007), acatam o México como o país de sua origem; os índios que migraram da América do Norte para a América do Sul, há mais de dez mil anos, seriam os responsáveis por sua distribuição do México até a Argentina, incluindo o Brasil; já os autores Cáceres, Portas & Abramides (2007) admitem a origem na América tropical, de onde foi levado pelos navegadores portugueses para as demais partes tropicais do mundo.

Diante da preocupação atual com o efeito estufa, o aquecimento global e a escassez das reservas mundiais de combustível fóssil, o pinhão-manso tem despertado interesse dos produtores, do governo e das instituições de pesquisa. Desta forma, com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-manso para a produção do biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura no semi-árido nordestino (ARRUDA et al., 2004).

O pinhão-manso por ser uma planta de crescimento rápido, vida longa, altamente adaptável a locais pobres, secos e sua exploração com fins industriais, segundo informações da literatura, é uma cultura com grande viabilidade de ser cultivada com uso de águas de qualidade inferior, como por exemplo, águas salinas.

O uso da água salina na irrigação deve ser considerado uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, como a água; neste sentido, deve-se garantir o uso racional, através de um manejo cuidadoso (RHOADES, KANDIAH & MASHALI, 2000).

Nas regiões áridas e semi-áridas a salinização decorre da natureza física e química dos solos, do regime pluvial e da alta evaporação; naturalmente, o uso de irrigação acarreta a incorporação de sais ao perfil do solo, haja vista que a água contém sais solúveis e seu uso constante na ausência de lixiviação, faz com que o sal se deposite na zona do sistema radicular, devido à evaporação. A drenagem restrita contribui, também, para a salinização dos solos irrigáveis, podendo influir na altura do lençol freático. A salinização do solo progride quando a quantidade de sais que nele é acumulada pela água de irrigação, é maior que a quantidade removida pela água de drenagem (PIZARRO, 1985; AYERS & WESTCOT, 1999).

Sem dúvida alguma, a principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas têm sido as irrigações malconduzidas e o manejo incorreto da adubação. As opções que se destacam para evitar a salinização dos solos irrigados ou cultivar solos já salinizados, são: realizar drenagem adequada, lixiviar o excesso de sais, usar culturas mais tolerantes, usar métodos de irrigação adequados às condições de salinidade do solo e da água de irrigação; já com relação aos problemas causados pela salinização, pode-se citar: diminuição do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água; dispersão das partículas do solo, diminuindo a capacidade de infiltração e causando problemas de toxicidade às plantas. Esses problemas resultarão, somados, no decréscimo da produção agrícola de qualquer solo (BERNARDO, SOARES & MANTOVANI, 2006).

A literatura disponível sobre a cultura do pinhão-mansão ainda é bastante escassa, pois passou a ser objeto de maior interesse nos últimos anos, com a crise do petróleo e a preocupação com os impactos ambientais causados por atividades antrópicas e, ainda, pela possibilidade de serem usados óleos vegetais como combustíveis.

Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia desta planta; não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação como, por exemplo, a população de plantas ideal e a configuração de plantio (BELTRÃO, 2006); entretanto, com a possibilidade do uso do óleo do pinhão-mansão para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de plantio com esta cultura no Semi-Árido nordestino.

Nesta pesquisa, os estudos se voltam para a avaliação do crescimento e desenvolvimento da cultura do pinhão-mansão irrigado com águas de diferentes níveis de salinidade em ambiente protegido. Embora seja uma espécie que sobrevive em condições de seca, adaptada à semi-aridez, exigente em calor e luminosidade, a garantia de produção deverá ser maior com irrigação não havendo, até agora, na literatura disponível, qualquer indicação da exigência hídrica das plantas nem do efeito de águas de qualquer qualidade, sobre a produção.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Objetivou-se, com esta pesquisa, desenvolver tecnologia para a produção de pinhão-mansão irrigado com águas salinas, em condições de lisimetria, estudando-se os efeitos dessas águas sobre o crescimento, desenvolvimento fenológico e fisiológico, produção das plantas e os efeitos sobre o ambiente edáfico.

### **2.2 - Objetivos Específicos**

- Estudar os efeitos da irrigação com o uso de águas salinas, sobre a altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar e os componentes de produção do pinhão-mansão.
- Determinar as fases de crescimento, floração, frutificação e maturação e as necessidades hídricas (coeficiente de cultivo e evapotranspiração) da espécie *Jatropha curcas*.
- Avaliar o impacto (efeito salino) da água de irrigação sobre os atributos químicos (cátions e ânions solúveis, pH, CEes, RAS e PST) do solo.

### **3 – REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 – Aspectos Gerais da Cultura**

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) também é conhecido por vários outros nomes, como: pinhão-da-índia, pinhão-de-purga, pinhão-de-cerca, pinhão-dos-barbados, pinhão-branco, pinhão-paraguaio, pinhão-bravo, purgante-de-cavalo, figo-do-inferno, mandobi-guaçu, medicineira, pinhão-croá, purgueira ou, simplesmente, purga; trata-se de um arbusto grande, com altura variando entre 3 e 5 m, rústico (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007); entretanto, os autores Tominaga et al. (2007), descrevem o pinhão-manso como uma árvore cuja altura pode chegar a 6 ou até 12 m, com diâmetro do tronco acima de 20 cm, contendo látex.

O alto teor de óleo das sementes de pinhão-manso, entre 35 e 38%, aliado à característica de queimar sem liberar fumaça, fez dele um dos mais conhecidos biocombustíveis de origem tropical. Resultados com o óleo extraído do pinhão-manso, comparando-o com o diesel: o óleo tem 83,9% do poder calorífico do óleo diesel em um motor diesel, para gerar a mesma potência, ruído mais suave e poluição bem menor (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

Ocorrendo de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais, o pinhão-manso pode ser considerado uma das mais promissoras oleaginosas do Brasil apresentando, ainda, como vantagem, o fato de ser resistente a pragas e doenças (TOMINAGA et al., 2007).

#### **3.2 – Aspectos Botânicos da Planta**

O pinhão-manso pertence à família *Euphorbiaceae*, a mesma da mandioca, seringueira e mamona. É uma árvore com superfície do tronco lisa e esverdeada, tem lenho pouco resistente e medula bastante desenvolvida; a ramificação pode ocorrer desde a base e se bifurca normalmente, a cada inflorescência; os ramos têm cicatrizes que se formam em virtude da queda das folhas (TOMINAGA et al., 2007).

As folhas novas têm a cor vermelho-vinho, mas se tomam verdes e brilhantes ao crescer; caem na época de seca ou na estação fria e a planta entra em repouso; no começo da primavera ou da época das chuvas, a planta rebrota e termina o período de repouso e, junto com as folhas novas, surgem as inflorescências; trata-se de uma planta monóica, com flores

masculinas e femininas na mesma inflorescência. As flores são brancas e formam buquê, com 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas. As flores femininas têm pedúnculo longo, isoladas e se localizam nas ramificações, enquanto as flores masculinas têm dez estames, cinco unidos na base e cinco unidos na coluna; localizando-se nas pontas das ramificações (TOMINAGA et al., 2007).

A abertura das flores femininas na mesma inflorescência ocorre em dias diferentes. Após abertura da primeira flor as outras se abrem, diariamente, durante cerca de 11 dias consecutivos. A polinização é por insetos (abelhas, formigas, trips e moscas). Da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias (DIAS et al., 2007).

O fruto é capsular ovóide (diâmetro de 1,5 a 3,0 cm), trilocular, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, ou seja, que não se abre quando maduros via de regra, com uma semente por cavidade. A maturação não é uniforme observando-se, em um mesmo cacho, frutos verdes, amarelos quando maduros, castanhos e por fim pretos; no geral, 53 a 62% do peso do fruto são representados pelas sementes e 38 a 47%, pela casca. O peso dos frutos varia de 1,5 a 3,0 gramas (CORTESÃO 1956; BRASIL, 1985).

Segundo Dias et al. (2007), a semente é relativamente grande medindo, quando seca, entre 1,5 e 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura e seu peso varia de 0,5 a 0,8 gramas; a amêndoa contém o albúmen ou endosperma, que é abundante, branco, oleaginoso (38% de óleo) e o embrião, constituído do eixo embrionário e de dois largos cotilédones, achatados e foliáceos.

### **3.3 – Importância Econômica e Utilização do Pinhão-Manso**

Segundo Brasil (1985), nos países importadores, basicamente Portugal e França, as sementes de pinhão-manso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subsequente em prensas tipo “expeller”, para extração do óleo que, em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando em um produto livre de impurezas.

A torta, que contém ainda aproximadamente 8% de óleo, é re-extraída com solventes orgânicos, geralmente hexano, sendo o farelo residual ensacado para aproveitamento como fertilizante natural, em virtude dos teores elevados de N, P, K e matéria orgânica que, quando desintoxicada, se transforma em ração animal; a casca pode ser usada como carvão vegetal

(ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997); contudo, não pode ser utilizado como lubrificante em razão da baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação; no entanto, pesquisas levaram à conclusão de que este óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas como gasoil; porém, o consumo é evidentemente maior devido à diferença dos poderes caloríficos (CORTESÃO, 1956). Penido Filho & Villano (1984) produziram biodiesel de pinhão-manso e de várias outras oleaginosas para uso em motores produzidos pela FIAT e obtiveram boas características no combustível.

Além de produzir óleo, o pinhão-manso também pode ser utilizado para outros fins, tais como: a) substituição parcial do arame em cercas vivas, já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas arrancadas ou feridas; b) pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras, como a baunilha (*Vanilla aromática*), visto que o tronco possui casca lisa e macia; c) atua como fixador de dunas na orla marítima (PEIXOTO, 1973).

Apesar do pinhão-manso ser utilizado na indústria de fiação de lã, de tinta para escrever, tinta de impressão e tintas para pintura, utilizado como óleo de lustrar e, quando cozido, misturado com óxido de ferro, para envernizar móveis, seu maior emprego ainda é nas saboarias; já foi muito usado em candeeiro doméstico e em iluminação pública, principalmente na cidade do Rio de Janeiro (ADAM, 1974; STIRPE et al., 1976; MAKKAR et al., 1997).

A denominação científica em grego "Jatropha" significa medicamento; de fato, na medicina humana e veterinária o pinhão-manso era bastante utilizado (CÁCERES, PORTAS & ABRAMIDES, 2007; TOMINAGA et al., 2007). As raízes da planta são consideradas diuréticas e antileucêmicas e as folhas são empregadas para combater doenças de pele; são eficazes também contra o reumatismo e possuem poder anti-sifilítico, enquanto as sementes são utilizadas como vermífugo ou purgante, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, o que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas do pinhão-manso a uma globulina, a curcasina, e também ao ácido jatrópico de toxicidade igual ou superior à da ricinina. A ingestão de uma única semente fresca pode causar vômito e diarreia (PEIXOTO, 1973).

Recentemente, o pinhão-manso está sendo considerado uma opção agrícola principalmente para a região Nordeste, por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com

forte resistência à seca. Segundo Carnielli (2003) é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que se pode estender por mais de 40 anos. Para Purcino & Drummond (1986) o óleo produzido pelo pinhão-manso possui todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel; além de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo tornar-se grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. Para esses autores, esta é uma cultura que se pode 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.

Como é uma cultura perene, segundo Peixoto (1973), pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria seca reduzindo, desta forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta. O plantio do pinhão-manso já é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no Norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens e favorecer o consórcio nos primeiros anos, pois o espaçamento entre plantas é grande (PURCINO & DRUMMOND, 1986).

### **3.4 - Cultivo do Pinhão-Manso**

De acordo com Tominaga et al. (2007), o pinhão-manso é cultivado em vários países de clima tropical e subtropical. Na Índia está sendo pesquisado e seu cultivo estimulado como parte do Programa Nacional de Produção de Biodiesel, o que poderá tornar este país, o principal produtor da planta no mundo. Por outro lado, constitui fator econômico industrial no Arquipélago de Cabo Verde, em Angola, Guiné, Moçambique, nas Antilhas Britânicas, Filipinas, México, Porto Rico, Venezuela e El Salvador, sempre ao lado de outras culturas, sendo uma das maiores riquezas do Arquipélago de Cabo Verde, que já foi um dos principais produtores e exportadores mundiais de sementes de pinhão-manso (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973).

Nos países africanos, como Cabo Verde, Angola, Guiné, Moçambique, Zimbábue, o pinhão-manso é cultivado para a produção de sabão e como cerca-viva; nos últimos anos, seu plantio tem sido estimulado com a finalidade de produzir biodiesel, da mesma forma como vem ocorrendo nos países latinos (México, Porto Rico, Nicarágua, Honduras, Guatemala, Venezuela,



El Salvador), nas Filipinas e na China e, existem, também, programas de incentivo do cultivo dessa planta no Egito e no Nepal (TOMINAGA et al., 2007).

No Brasil, o pinhão-manso ocorre praticamente em todas as regiões, sempre de forma dispersa, adaptando-se em condições edafoclimáticas as mais variáveis, mas somente nos últimos anos começou a ser cultivada comercialmente. Empresas de pesquisa agropecuária, universidades e empresas agrícolas de diversos estados brasileiros estão desenvolvendo trabalhos de pesquisa sobre o cultivo do pinhão-manso, dentre as quais já resultaram alguns dados que indicam parâmetros técnicos para seu cultivo; No entanto, as melhores técnicas para o cultivo não estão definidas, havendo, ainda, dúvidas e interrogações (TOMINAGA et al., 2007).

Segundo Cortesão (1956) e Peixoto (1973), sua distribuição geográfica é bastante vasta devido à rusticidade, resistência a longas estiagens e a pragas e doenças, embora seja adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis, desde o Nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná. Segundo esses autores, o pinhão-manso se desenvolve bem, tanto nas regiões tropicais secas, como nas zonas equatoriais úmidas e assim como nos terrenos áridos e pedregosos podendo, sem perigo, suportar longos períodos de seca. Diferente da mamoneira, o pinhão-manso se adapta a altitudes baixas, como o nível do mar, até altitudes próximas a 1000 metros (PEIXOTO, 1973, citado por SATURNINO et al., 2005). Seu cultivo é mais indicado em regiões com altitude entre 500 e 800 m. Em terrenos de encosta, áridos e expostos ao vento, se desenvolve pouco, não ultrapassando os 2 m de altura (CORTESÃO, 1956; PEIXOTO, 1973; DIAS et al. 2007).

#### **3.4.1 – Clima e Solo**

O pinhão-manso pode ser encontrado sob diversas condições climáticas devido à sua rusticidade, tanto em regiões tropicais secas quanto nas equatoriais úmidas; suporta longas estiagens e terras de baixa fertilidade apresentando, nessas condições, produção satisfatória (TOMINAGA et al., 2007).

O índice pluviométrico anual e, principalmente, a duração do período de chuva, influenciam na produtividade. O número de floradas anuais, que é de 3 a 4 nas regiões semi-áridas, pode chegar a mais de 6 nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, embora o excesso de chuva no período da colheita possa atrapalhar o trabalho (TOMINAGA et al., 2007). O pinhão-manso tolera condições de precipitação pluviométricas de 480 a 2.380 mm por ano, sendo

que a produtividade é bastante afetada pela irregularidade na distribuição das chuvas e pelos ventos fortes e prolongados na época da floração (SATURNINO et al., 2005); observa-se que a planta se desenvolve melhor sob temperatura média de 18 a 28 °C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al. 2007). Segundo Tominaga et al. (2007) para a boa produção o ideal são precipitações acima de 600 mm por ano.

O pinhão-manso é uma planta heliófila e produz bem em temperaturas médias anuais de 18,0 a 28,5 °C (TOMINAGA et al., 2007). Há relatos de que a planta tolera tanto altas quanto baixas temperaturas mas nessas condições seu crescimento é paralisado podendo haver desfolha total não tolera geadas fortes, mas pode sobreviver a geadas fracas perdendo, porém, todas as folhas, o que afeta a produção (SATURNINO et al., 2005).

O pinhão-manso pode ser cultivado em diversos tipos de solo, inclusive naqueles que apresentam limitações para outros cultivos comerciais (TOMINAGA et al., 2007); no entanto, Dias et al. (2007) observaram que a planta se desenvolve melhor em solos profundos, bem estruturados e não compactados, para que o sistema radicular possa explorar maior volume de solo. Conforme os autores devem-se evitar, solos muito argilosos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem; enfim, a planta não tolera áreas encharcadas ou alagadiças.

O solo deve ser preparado com arado, de preferência de aiveca, devido ao melhor revolvimento e enterrio das sementes das plantas daninhas sendo, em seguida, nivelado por uma grade leve que não seja aradora. O solo pode ser preparado seco ou no ponto da friabilidade, dependendo de sua textura e estrutura. Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão-manso não se desenvolvem tornando-se conveniente a realização de calagem com base na análise química do solo, a qual indicará a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer a exigência da cultura (DIAS et al. 2007).

#### **3.4.2 - Calagem**

A calagem (aplicação de calcário) tem por objetivo corrigir a acidez do solo, neutralizar Alumínio (Al) e Manganês (Mn) tóxicos, estimular a atividade microbiana e promover maior disponibilidade de nutrientes; além disso, o calcário é fonte de Ca e Mg, nutrientes muito requeridos pela cultura do pinhão-manso (DIAS et al., 2007).

Em levantamento realizado com diversas amostras de solos, recolhidas sob a copa de plantas de pinhão-manso em diferentes regiões de Minas Gerais, constatou-se que na maioria das

situações os solos se apresentavam ácidos, com pH abaixo de 5,5, com  $Al^{3+}$  disponível na solução do solo, e baixos valores de  $Ca^{2+}$ , principalmente  $Mg^{2+}$ , demonstrando certa tolerância do pinhão-manso ao alumínio e seu eficiente mecanismo de absorção de magnésio, devido, em parte, ao seu vigoroso sistema radicular; no entanto, para se obter elevadas produtividades são indispensáveis a correção do pH do solo e a disponibilização dos nutrientes essenciais para o pinhão-manso (TOMINAGA et al., 2007).

Para a prática de calagem pode-se adotar os procedimentos recomendados pela Embrapa CNPA, para a cultura da mamoneira, considerando-se os resultados da análise química do solo e se adotando, entre os três critérios/métodos (Eqs. 1 a 3) aquele que resultar em maior necessidade de calcário (MELO, BELTRÃO & SILVA, 2003):

- **Neutralização do teor de  $Al^{3+}$  trocável** - quando  $(Ca^{+2} + Mg^{+2}) > 2,0 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ :

$$NC(t \text{ ha}^{-1}) = (2,0 \times Al^{+3}) \times F \quad (\text{Eq. 1})$$

- **Elevação das bases trocáveis** - quando  $(Ca^{+2} + Mg^{+2}) < 2,0 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ :

$$NC(t \text{ ha}^{-1}) = [2,0 \times Al^{+3} + (2,0 - Ca^{+2} + Mg^{+2})] \times F \quad (\text{Eq. 2})$$

- **Elevação da saturação de bases ( $V_2$ ) para 50,0%** - quando  $V_1$  (resultante da análise química de solo) se encontra inferior a  $V_2$ :

$$NC(t \text{ ha}^{-1}) = \frac{V_2 - V_1}{100} \times CTC \times F \quad (\text{Eq. 3})$$

Nas equações acima, ' $F$ ' é fator adimensional, dado pela relação 100/PRNT.

### 3.4.3 - Adubação

O pinhão-manso sobrevive bem em solos pobres e secos, podendo desenvolver-se em áreas marginais e atuar na recuperação de áreas degradadas, porém, para se obter altas produtividades, deve-se pensar em solos com boa fertilidade, corrigidos e com bom teor de umidade (TOMINAGA et al., 2007).

O solo da cova de plantio deve conter elevado teor de nutrientes, pois na fase de muda o sistema radicular do pinhão-manso tem baixa eficiência de absorção; além disso, a planta entra em produção já no primeiro ano de cultivo e, quanto melhor for o seu estabelecimento

inicial no campo maior será a produtividade inicial da cultura (DIAS et al., 2007). Esses autores recomendam adubação de produção em função da idade do pinhão-mansão (Tabela 1).

**Tabela 1** – Recomendação de adubação para cultura do pinhão-mansão, de acordo com a idade das plantas

<b>Idade da Planta (ano)</b>	<b>g/planta</b>	<b>Formulado</b>
0 a 1	120 a 150	20-00-15
1 a 2	160 a 200	20-10-15
3 a 4	300 a 375	20-10-15
4 a 5*	600 a 750	20-10-15

\*A partir do 5º ano de cultivo seguir a recomendação de adubação para o 4º ano  
Fonte: Dias et al. (2007)

A adubação foliar (Tabela 2) deve ser realizada em duas a três aplicações ao ano e ainda se recomenda a adição de enxofre à calda de pulverização de micronutrientes para prevenir ataque de ácaro branco e oídio (DIAS et al., 2007).

**Tabela 2** – Recomendação de adubação foliar para a cultura do pinhão-mansão

<b>Produto</b>	<b>Concentração (g/L de água)*</b>
Ácido bórico	3-4
Sulfato de zinco	3-4
Cloreto de potássio	3-4
Sulfato de cobre	3-4
Enxofre	3-4

\*Duas a três pulverizações por ano  
Fonte: Dias et al. (2007)

De acordo com Tominaga et al. (2007), a adubação de cobertura com nitrogênio deve ser feita após o pegamento das mudas, ou seja, cerca de dois ou três meses após plantio, quando sua altura chega a quase 1 m. Recomenda-se aplicar 40 g de N por planta, na forma de uréia ou sulfato de amônio. A partir do segundo ano, a adubação de cobertura deve ser feita logo após a primeira chuva e dependendo do resultado da análise do solo, além do nitrogênio devem ser aplicados também fósforo e potássio (TOMINAGA et al. 2007).

### 3.5 - Salinização e Sodificação de Solos

A presença de sais em excesso, oriundos do próprio solo ou da água de irrigação, reduz a disponibilidade de água para as plantas, a tal ponto que afetam seu rendimento. O processo de lixiviação ou lavagem de sais é uma operação fundamental no controle dos problemas relacionados com a salinidade. Obviamente, tal manejo é dependente em especial da qualidade da água e da tolerância das culturas à salinidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

A classificação dos solos afetados por sais é baseada na concentração de sais solúveis (expressa por meio da condutividade elétrica - CE), contidos na solução do solo, na Percentagem de Sódio Trocável (PST) e pH, segundo classificação de solos sódicos e salinos, elaborada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos e descrita em Richards (1977). A 'CE' indica os efeitos da salinidade sobre as plantas e, segundo Ferreira (1997), expressa a habilidade de um meio em conduzir corrente elétrica. A 'PST' indica os efeitos do Sódio trocável sobre as propriedades do solo. A linha divisória entre solos salinos e solos não-salinos tem estabelecido o valor de  $4,00 \text{ dS m}^{-1}$  para extratos da pasta saturada do solo; entretanto, pode-se encontrar plantas sensíveis a sais, passíveis de ser afetadas em solos cujo extrato de saturação apresente 'CE' entre  $2,00$  e  $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ . O Comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre solos salinos e não-salinos para  $2,00 \text{ dS m}^{-1}$  (BOHN, McNEAL & O'CONNOR, 1985). A classificação tradicional e a mais recente classificação proposta, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação de solos afetados por sais

Solos	Classificação tradicional (Richards, 1977)	Classificação proposta (Bohn, McNeal & O'Connor, 1985)
Não salinos	CEes < $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50	CEes < $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50
salinos	CEes > $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50	CEes > $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST < 15,00 pH < 8,50
Sódicos	CEes < $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH > 8,50	CEes < $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH > 8,50
Salino-sódicos	CEes > $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH < 8,50	CEes > $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ PST > 15,00 pH < 8,50

### Percentagem de Sódio Trocável (PST)

Diversas medidas de laboratório são utilizadas para a diagnose de problemas em solos salinos e sódicos. Além da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), são medidas importantes o pH e a 'CE' de extrato aquoso e de saturação, tal como a determinação da 'PST' a partir de análises químicas do solo. A 'CE' de soluções é uma medida facilmente realizada no laboratório, apresentando relação linear com a concentração de sais em solução (RAIJ, 1991). O índice 'PST' indica a proporção de sódio adsorvida no complexo de troca de cátions do solo e é determinada pela Eq. 4, podendo também ser estimada em função da 'RAS' pela Eq. 5:

$$PST = \frac{Na^+}{CTC} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$PST = \frac{100(-0,0126 + 0,01475 * RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 * RAS)} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que:

PST = percentagem de sódio trocável (%)

Na<sup>+</sup> = concentração de sódio trocável ou adsorvido (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> ou mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)

CTC = capacidade de troca de cátions do solo (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> ou mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)

RAS = relação de adsorção de sódio (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup>

Valores limites de 'PST' que causam deterioração da estrutura do solo, podem variar; em solos australianos, por exemplo, cuja 'PST' excede 6%, o solo é considerado sódico e está sujeito a degradações estruturais, embora a 'PST' de valor 6 seja baixa comparada com o valor 15% adotado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos como indicador de deterioração da estrutura do solo (RENGASAMY & OLSSON, 1993). Sumner (1993) relata que o valor de PST > 15% adotado pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos foi baseado em medições de condutividade hidráulica utilizando água com concentração eletrolítica total muito elevada (3-10 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>) comparada com concentração eletrolítica da água utilizada em estudos australianos (< 0,7 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>).

Teores relativamente altos de sódio ou baixos de cálcio no solo e água, reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo, redução esta que pode

chegar a tal magnitude em que as raízes das plantas não recebam água suficiente entre as irrigações (AYERS & WESTCOT, 1999).

A grande proporção de  $\text{Na}^+$  nos sítios de troca dos minerais de argila reduz a atração entre as partículas do solo ocasionando expansão e dispersão. As partículas dispersas se movem pelo solo ocupando os espaços porosos com conseqüente deterioração da estrutura do solo e das propriedades de infiltração de água e aeração, sendo problema sério em solos alcalinos, afetando o crescimento vegetal (RAIJ, 1991; RENGASAMY & OLSSON, 1993).

### 3.6 – Efeitos dos Sais sobre as Plantas

A salinidade exerce uma variedade de efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e na qualidade da produção, dependendo de vários fatores, tais como: natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento fenológico, condições atmosféricas em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999).

Plantas adversamente afetadas pela salinidade crescem mais lentamente e são, por esta razão, atrofiadas; as folhas são menores mas podem ser mais espessas do que as de plantas normais e sua coloração, em plantas afetadas por estresse salino, muitas vezes é um verde mais escuro; ocorre, também, o atrofiamento dos frutos, das folhas e dos caules, sintomas característicos de culturas anuais (STROGONOV, 1964).

Segundo Allison (1964) & Tayer (1987), em termos generalizados, os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais, são:

- a) Seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico;
- b) Efeito tóxico de íons, principalmente de cloro e sódio;
- c) Desbalanceamento nutricional, provocado pela elevada concentração iônica, sobretudo de íons sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes.

#### 3.6.1 – Osmótico

O excesso de sais na solução do solo afeta o desenvolvimento das plantas em virtude da diminuição do potencial osmótico que, junto com o potencial mátrico, representa as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo (AYERS & WESTCOT, 1999). O aumento da pressão osmótica pode atingir um nível em que as plantas não

terão força de sucção suficiente para superar este gradiente e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica (MEDEIROS et al., 1997); entretanto, de acordo com Bernstein (1975), as plantas em meio salino podem aumentar sua concentração osmótica interna pela produção de ácidos orgânicos e açúcares, processo (mecanismo) chamado ajustamento osmótico.

Em condições salinas ocorre redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo o seu potencial total será reduzido devido à contribuição do potencial osmótico (LIMA, 1997). Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de parte da energia ser utilizada nesse mecanismo pode refletir-se negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas (DAKER, 1988).

Segundo Fageria (1989), sob condições de seca fisiológica é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, reduzindo a taxa de transpiração como alternativa para manter a absorção de água; uma dessas adaptações é a redução do número de folhas pois a área foliar é uma importante variável diretamente relacionada com os processos fisiológicos das plantas em geral.

O fato da área foliar diminuir com o aumento da salinidade na água de irrigação e, conseqüentemente, na solução do solo, também se relaciona com um possível mecanismo que a planta desenvolve para diminuir a transpiração. As reduções da área foliar e da fotossíntese contribuem, de certo modo, para a adaptação da planta à salinidade; esta redução na área foliar pode aumentar indiretamente a concentração total de solutos na folha contribuindo para o ajustamento osmótico, a menos que os solutos se elevem para níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha (LAUCHLI & EPSTEIN, 1990).

### **3.6.2 – Tóxico do Íon (Efeito Direto)**

A toxicidade de íons ocorre internamente na planta e em geral, se origina quando certos cátions, absorvidos com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. Por sua vez, os danos podem reduzir significativamente e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de água pelas culturas. Esses íons específicos podem ser tóxicos ou causar deficiência de outro nutriente; os íons tóxicos contidos, comumente, nas águas de irrigação, são o



cloreto, o sódio e o boro, e os danos podem ser provocados individualmente ou em combinação (ELOI, 2007).

### **3.6.3 – Nutricional (Efeito Indireto)**

Hebron (1967), em estudo sobre os efeitos dos sais nas plantas, verificou que em determinadas condições de salinidade a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; entretanto, segundo o autor, concentrações de diversos íons podem provocar interferência indireta capaz de se constituir em um obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico.

O excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, devido à sua precipitação ou inibição; como exemplo, o excesso de sulfato, carbonato ou bicarbonato, pode precipitar o cálcio, afetando o crescimento da planta pela disponibilidade reduzida desse elemento e não pelo excesso do ânion. Alta concentração de sulfato diminui, em geral, a absorção de cálcio e aumenta a de sódio (HAYWARD & WADLEIGH, 1949). Segundo Brown, Wadleigh & Hayward (1953), com o aumento da absorção de íon sódio o sulfato pode induzir a toxidez daquele íon, em espécie susceptível.

## **3.7 - Agricultura Irrigada e Problemas de Salinidade**

Existe problema de salinidade quando os sais se acumulam na zona radicular a tal concentração, que ocasiona perdas na produção; comumente, esses sais são provenientes de águas de irrigação ou de águas do lençol freático alto. O rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que não permite que as culturas retirem água suficiente da zona radicular provocando, assim, estado de escassez de água nas plantas, por tempo significativo (AYERS & WESTCOT, 1999).

A quantidade de contaminantes que pode resultar da agricultura irrigada depende das práticas de manejo de água, práticas culturais e das propriedades químicas e físicas do solo. As práticas de manejo de água incluem a operação e manutenção dos sistemas de condução e os métodos de aplicação de água, incluindo volume, tempo e frequência de irrigação. As práticas culturais incluem preparação de viveiros, semeadura e outros tratamentos culturais, tais como fertilização e aplicação de produtos químicos (GHEYI, QUEIROZ & MEDEIROS, 1997).

### 3.7.1 - Qualidade e Quantidade de Água

Segundo Medeiros & Gheyi (1994), normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada associado ao sistema do manejo solo-água-plantas e qualquer que seja sua fonte a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade de sais presentes nela possam variar bastante.

O problema da salinidade em áreas irrigadas torna-se agravado quando o balanço de sais revela uma entrada maior que a saída, indicando um acréscimo de concentração salina na área considerada (BIGGAR et al., 1984, citados por MEDEIROS, 1992). Nessas condições, a água de irrigação, além de contribuir para o acréscimo da concentração salina, pode também provocar a ascensão do lençol freático que, através de ascensão capilar, passa a fornecer água e sais à zona radicular. Como as plantas absorvem quantidades pouco significativas de sais e a evapotranspiração remove apenas a água, deverá ocorrer um aumento da concentração salina do solo (BLANCO, 1999).

As águas transpiradas pelas plantas e perdidas por evaporação do solo e das superfícies de água, estão livres de sais. A água infiltrada através do perfil do solo contém a maioria dos sais deixados pelo consumo de água e uma concentração de sais maior do que da água inicialmente aplicada, devido ao efeito da concentração, que também pode resultar da derivação de água das bacias altas, em que a água, movendo-se através do perfil do solo, pode dissolver sais adicionados oriundos da intemperização dos minerais do solo. Alguns sais reagem com outras substâncias químicas no solo e são precipitados ocorrendo, simultaneamente, trocas entre alguns íons na água e no solo. Sais adicionais podem ser captados por infiltração profunda a medida em que a água for atravessando os estratos salinos a caminho do sistema de drenagem (LAW & BERNARD, 1970).

△ A manutenção ou incremento da produtividade em uma área irrigada requer um balanço favorável de sais na zona radicular. Os sais da água aplicada devem ser lavados para horizontes mais profundos do solo, para lençóis subterrâneos ou para o sistema de drenagem, de tal forma que as massas de sais que deixam a área sejam iguais ou maiores do que as que são aplicadas com a água de irrigação; é importante, também, que sejam aplicadas quantidades adequadas de água para que os níveis do lençol subterrâneo não se elevem a ponto de atingir a superfície do solo, em cujo caso teria que ser construído um sistema de drenagem de alívio.

oneroso; dever-se-á portanto, alcançar um balanço, de tal forma que se aplique, às terras cultivadas, quantidade de água suficiente a fim de fornecer a umidade necessária para o crescimento das plantas e para a lavagem dos sais da zona radicular, porém em volumes para que os níveis de água subterrânea não se elevem à superfície. Historicamente, muitas sociedades têm aplicado água em excesso em suas terras e isto continua em muitas áreas do mundo, na atualidade (GHEYI, QUEIROZ & MEDEIROS, 1997).

O manejo da irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, reduzindo as perdas de água e nutrientes, porém sem redução do rendimento. Frequentemente, é antieconômico manter a cultura irrigada a um nível de potencial mátrico que permita a máxima produtividade fisiológica (FRIZONE, 1990).

### **3.8 - Evapotranspiração e Coeficiente de Cultivo**

Um dos procedimentos utilizados para estimativa das necessidades de água das culturas envolve a determinação de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) a qual, mediante o emprego de coeficiente de cultivo (kc) apropriado, permite estimar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) nos diferentes estádios de seu desenvolvimento vegetativo (ALLEN et al., 1998).

O consumo de água de determinada cultura é uma função direta da demanda atmosférica do local, do conteúdo de água presente no solo e da capacidade de resistência da planta à perda de água através das folhas. Neste sistema solo-planta-atmosfera, a transferência de água ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potenciais de água estabelecidos entre o gradiente de potencial formado entre o solo e as células das raízes da planta (SILVA, 1996).

O manejo da água em culturas irrigadas tem, como ponto chave, decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão da água no solo. Para se determinar o momento da irrigação, pode-se utilizar, além de outros parâmetros mencionados, outras medidas de avaliação de água no solo, como turno de irrigação, ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas (SOUSA & DANTAS NETO, 1997).

A evapotranspiração tem sido, há muito tempo, objeto de estudo de muitos pesquisadores. Allen et al. (1998) apresentaram a terminologia de evapotranspiração máxima (ET<sub>c</sub>), como um parâmetro que expressa o consumo hídrico das culturas sob condições de suprimento de água adequado. Segundo os autores, a ET<sub>c</sub> se refere à perda de água de uma cultura agrônômica sem restrições de água e em qualquer estágio de desenvolvimento.

A determinação da ET<sub>c</sub> é imprescindível não só na agricultura irrigada como, também, útil na agricultura de sequeiro, visto que permite o ajustamento de época de semeadura dentro da estação de crescimento, em função da disponibilidade hídrica média da região, determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviais, além de possibilitar a identificação da necessidade de utilização de irrigações suplementares. O conhecimento da ET<sub>c</sub> é de considerável importância não só no aspecto físico e biológico mas, também, na engenharia aplicada, tendo em vista que em uma área irrigada o dimensionamento dos equipamentos hidráulicos leva em consideração tal parâmetro (PAVANI, 1985).

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros e estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia sobre a cultura ou modelos micrometeorológicos. São diversos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo a escolha de um ou de outro baseado principalmente no tipo de dado disponível em estações meteorológicas e na precisão requerida para determinação das necessidades hídricas das culturas (SEDIYAMA, 1987).

O coeficiente de cultura ( $k_c$ ) é uma relação empírica entre a evapotranspiração de uma cultura (ET<sub>c</sub>), sob condições de não estresse hídrico e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>): ( $k_c = ET_c / ET_o$ ). Este coeficiente se baseia no desenvolvimento fenológico e fisiológico de uma cultura em relação à evapotranspiração de referência e, também, estima a exigência hídrica de uma cultura específica, relevante para o dimensionamento do sistema de irrigação e para operacionalização de perímetros irrigados (CLARK, ALBREGTS & STANLEY, 1996).

Diversos valores de  $k_c$  são relatados por Doorenbos & Pruitt (1997) e Allen et al. (1998), que apresentaram valores de  $k_c$  para um grande número de culturas, usualmente derivados de estudos relativos ao balanço hídrico no solo, sob diferentes condições climáticas; todavia, Doorenbos & Pruitt (1997) enfatizam a necessidade de calibração desses coeficientes para as condições locais. Segundo Silva (2000), um planejamento da irrigação baseado em valores do  $k_c$ , que não seja do local estabelecido, certamente acarretará sobreestimativa ou

subestimativa das reais necessidades hídricas da cultura que, associado a outros fatores, poderá refletir nos custos de produção, na redução da qualidade do produto e na produtividade agrícola.

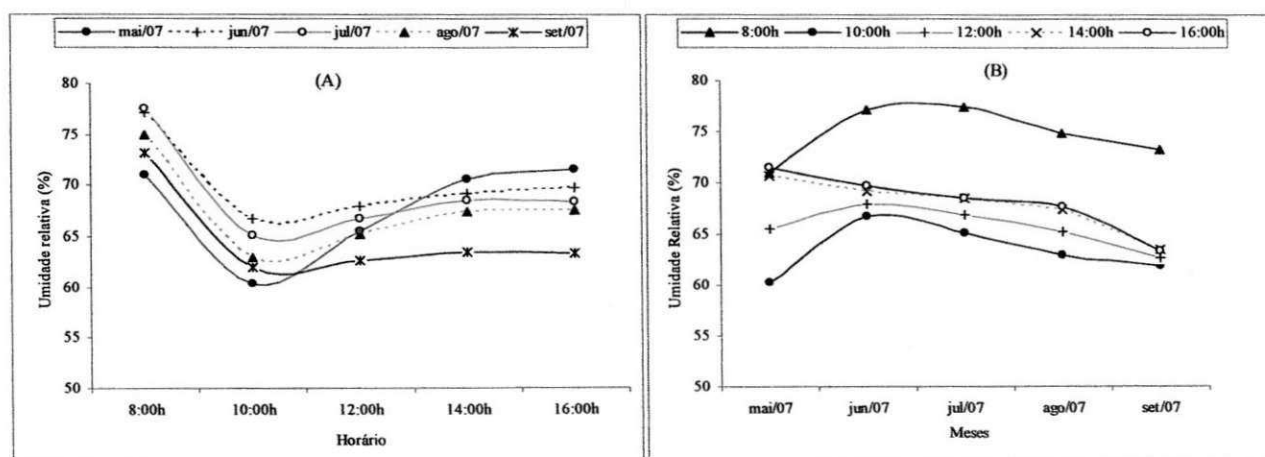
O coeficiente de cultura é um fator importante no indicativo do consumo de água, ideal para a planta durante todo o seu ciclo constituindo-se, portanto, em um elemento imprescindível para um escalonamento mais racional de projeto e manejo de irrigação. O 'kc' depende do estágio de desenvolvimento da cultura, do sistema de irrigação, da densidade de plantio e das condições atmosféricas dominantes. Segundo Doorenbos & Pruitt (1997), o 'kc' relaciona a evapotranspiração de uma cultura que cresce sob condições ótimas produzindo rendimentos máximos com a de uma cultura de referência, tal como a cultura da grama.

## 4 - MATERIAL E MÉTODOS

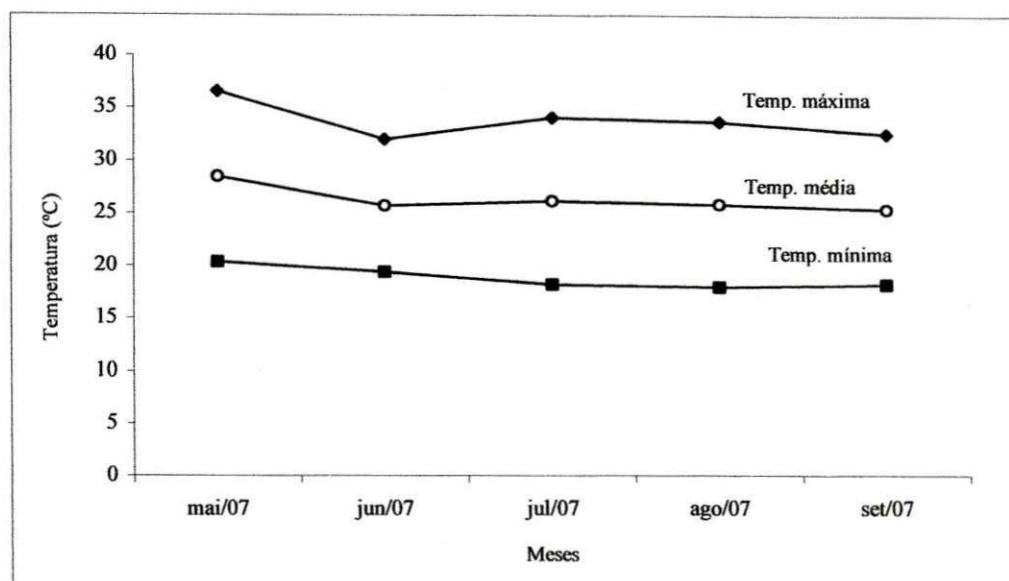
### 4.1 – Caracterização Geográfica e Climática da Área Experimental

O experimento foi desenvolvido em condições de ambiente protegido, em instalações pertencentes ao Departamento de Engenharia Agrícola, vinculado ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-PB), Campina Grande, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 07° 13' S, longitude 35° 53' W e altitude média 550 m.

Durante o período experimental foram registrados dados climáticos (umidade relativa e temperatura no interior da casa de vegetação), os quais estão representados graficamente nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1** – Umidade relativa média (%) referente ao período experimental, em função do horário (A) e dos meses (B). Campina Grande, PB, 2007



**Figura 2** – Médias mensais de temperatura do ambiente protegido, referentes ao período experimental. Campina Grande, PB, 2007

#### 4.2 - Instalação dos Lisímetros

Utilizaram-se 40 lisímetros de drenagem com capacidade de 200 litros ( $D = 0,58\text{m}$  e  $H = 75\text{ cm}$ ); o sistema de drenagem foi composto de tela de nylon, 5,0 L de brita, 5,0 L de areia, mangueira e dois recipientes coletores de 2 L (Figura 3). Em cada lisímetro foram colocados cerca de 230 kg de material de solo devidamente destorroado, adubado e corrigido, conforme resultados da análise química.



**Figura 3** – Lisímetros utilizados no experimento com dois recipientes coletores

### 4.3 - Solo

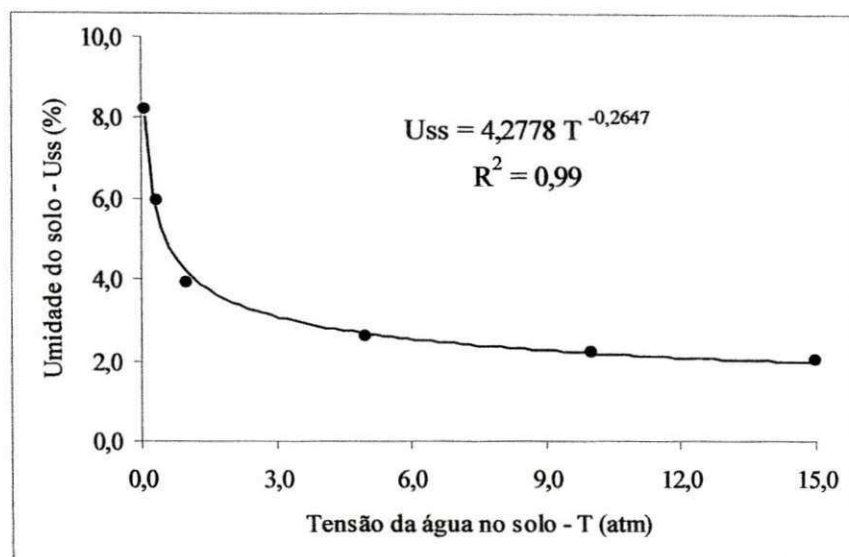
O material de solo (ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico) procedente do distrito de São José da Mata (Campina Grande) foi coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A). As análises físico-hídricas e químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG, de acordo com metodologia da EMBRAPA (1997), cujos resultados estão na Tabela 4 representando-se, na Figura 4, a curva característica de retenção de umidade do solo.

**Tabela 4** - Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) do solo. Campina Grande, PB, 2007

Atributo físico-hídrico	Unidade	Valor
Areia	g kg <sup>-1</sup>	733
Silte	g kg <sup>-1</sup>	84
Argila	g kg <sup>-1</sup>	183
Classificação textural	-	Franco-arenoso
Densidade do solo (ds)	g cm <sup>-3</sup>	1,60
Densidade das Partículas (dp)	g cm <sup>-3</sup>	2,75
Porosidade (ε)	%	41,82
Capacidade de Campo (10,13 kPa) (CC)	g kg <sup>-1</sup>	82,0
Ponto de Murchamento (1519,87 kPa) (PM)	g kg <sup>-1</sup>	20,5
Água Disponível (AD)	g kg <sup>-1</sup>	61,5
Atributo químico (complexo sortivo)	Unidade	Valor
Cálcio (Ca <sup>++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,67
Magnésio (Mg <sup>++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,19
Sódio (Na <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,03
Potássio (K <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,07
Soma das bases (S)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,96
Hidrogênio (H <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,55
Alumínio (Al <sup>+++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,80
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,31
Saturação de bases (V)	%	59,21
Percentagem de Sódio Trocável (PST)	%	0,91
Carbono orgânico (C-Org.)	g kg <sup>-1</sup>	1,10
Matéria orgânica (M.O.)	g kg <sup>-1</sup>	1,90
Nitrogênio (5 % M.O.) (N-Org.)	g kg <sup>-1</sup>	0,10
Fósforo assimilável (P)	mg kg <sup>-1</sup>	0,10
pH em água (1:2,5) (pH)	-	5,20
CE da suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m <sup>-1</sup>	0,19

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG)





**Figura 4** – Curva característica de retenção de umidade do solo do Experimento. Laboratório de Irrigação e Salinidade (UFCG), Campina Grande, PB, 2007

#### 4.4 – Semeadura e Produção de Mudanças do Pinhão-Mansão

As sementes do pinhão-mansão utilizadas no experimento pertencem à variedade FT-02, cedidas pela Fazenda Tamanduá (Santa Terezinha, PB). A semeadura foi realizada no dia 07/04/2007, após seleção rigorosa, eliminando-se as defeituosas e com indícios de fungos, ataques de insetos e danos mecânicos. Antes da semeadura se realizou o teste de germinação, obtendo-se 89%. Um dia antes da semeadura as sementes foram pré-embebidas para facilitar o processo de germinação, ficando a 2 cm de profundidade em tubetes de 200 cm<sup>3</sup>, contendo substrato orgânico esterilizado; a umidade foi em capacidade de campo para possibilitar a seleção das plantas mais vigorosas, por ocasião do transplantio (Figura 5).



**Figura 5** – Produção de mudas de pinhão-mansão em tubetes. Campina Grande, PB, 2007

#### 4.5 - Calagem e Adubação de Plantio

Realizaram-se, por ocasião do preenchimento dos lisímetros (20/04/2007) as práticas de calagem e a adubação mineral de plantio. Para a prática de calagem se adotaram os procedimentos recomendados pela Embrapa CNPA para a cultura da mamoneira (MELO, BELTRÃO & SILVA, 2003), de modo que a necessidade de calcário (NC) foi calculada considerando-se os resultados da análise química do solo e o critério/método que resultou em maior necessidade de calcário (elevação das bases trocáveis), conforme Eq. 2 (subitem 3.4.2 da revisão de literatura).

Com base nas características físico-hídricas e químicas do solo, apresentadas na Tabela 4 ( $Al^{+3} = 0,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ,  $Ca^{+2} + Mg^{+2} = 1,86 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e,  $V = 59,21\%$ ) e do calcário com PRNT = 72,50% ( $F=1,38$ ), pelo critério de elevação das bases trocáveis ( $NC(t \text{ ha}^{-1}) = [2,0 \times Al^{+3} + (2,0 - (Ca^{+2} + Mg^{+2}))] \times F$ ), a necessidade de calcário foi de 75,00 g para cada 100 kg de solo.

Realizou-se a adubação de plantio considerando-se a metodologia descrita por Novais, Neves & Barros (1991), para experimentos conduzidos em ambiente protegido: 100, 300 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, conforme Tabela 5. Os adubos e o corretivo foram incorporados a cada 20 kg de material de solo, até completar 230 kg, conteúdo de substrato de cada lisímetro, sendo que os primeiros 50 kg de substrato (fundo do lisímetro) foram apenas corrigidos.

**Tabela 5** - Adubação de plantio realizada no substrato de enchimento dos lisímetros. Campina Grande, PB, 2007

Nutriente	Recomendação <sup>1</sup> (mg/kg solo)	Adubo utilizado	Adubo (mg/kg solo)	Adubo para 200 kg de solo (g)	Observação
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	300	M.A.P. (52% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 10%N)	577,00	116,00	Atende a recomendação de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 58 mg N Kg <sup>-1</sup> solo
N	100	Uréia (45%N)	94,00	18,80	Corresponde a 42 mg N Kg <sup>-1</sup> solo
K <sub>2</sub> O	150	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (16%S; 48%K <sub>2</sub> O)	312,5	62,5	Atende a recomendação do K <sub>2</sub> O, mas corresponde a 50 mg S Kg <sup>-1</sup> solo (nesse caso o S é aplicado mais que o recomendado)
S	40				

<sup>1</sup>FONTE: Novais, Neves & Barros (1991)

As características iniciais dos atributos químicos do solo (antes da calagem) e por ocasião do transplântio das mudas (após calagem) estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Características químicas do solo (complexo sortivo) antes e após calagem. Campina Grande, PB, 2007

Atributo	Unidade	Valor <sup>1</sup>
		Antes → Após
Cálcio (Ca <sup>++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,67 → 1,25
Magnésio (Mg <sup>++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,19 → 1,55
Sódio (Na <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,03 → 0,03
Potássio (K <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,07 → 0,30
Soma das bases (S)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,96 → 3,13
Hidrogênio (H <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,55 → 0,20
Alumínio (Al <sup>+++</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,80 → 0,05
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,31 → 3,38
Saturação de bases (V)	%	59,21 → 92,60
Percentagem de Sódio Trocável (PST)	%	0,91 → 0,89
Carbono orgânico (C-Org.)	g kg <sup>-1</sup>	1,10 → 1,10
Matéria orgânica (M.O.=1,724*C-Org.)	g kg <sup>-1</sup>	1,90 → 1,90
Nitrogênio (5 % M.O.) (N-Org.)	g kg <sup>-1</sup>	0,09 → 0,09
Fósforo assimilável (P)	mg kg <sup>-1</sup>	0,10 → 81,60
pH em água (1:2,5) (pH)	-	5,20 → 6,18
CE da suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m <sup>-1</sup>	0,19 → 0,29

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTR/N/UFCG)

<sup>2</sup> análise: 24 dias após a calagem

#### 4.6 - Transplântio

O solo contido em cada lisímetro foi mantido em capacidade de campo de modo a possibilitar maior velocidade de reação do calcário. Antes do transplântio as mudas contidas nos tubetes foram irrigadas abundantemente, de modo a facilitar a sua remoção dos recipientes e o pegamento após o transplântio. Em cada um dos 40 lisímetros se transplântou uma muda, previamente selecionada. O transplântio foi realizado no dia 26/04/2007, 6 dias após a calagem, quando as mudas se encontravam com 19 dias após a semeadura - DAS, emitindo a segunda folha definitiva (Figura 6). As mudas transplântadas foram irrigadas diariamente.



**Figura 6** – Muda transplantada para o lisímetro aos 19 dias após a semeadura DAS. Campina Grande, PB, 2007

#### 4.7 – Preparo das Águas de Diferentes Salinidades

Para o preparo das soluções salinas foram utilizados os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente 7:2:1, entre os cátions Na:Ca: Mg, relação esta presente na maioria das águas de pequenos mananciais do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992). Na composição das águas salinas utilizou-se da água de abastecimento público, cujas características estão na Tabela 7. As concentrações dos três íons contidos na água de abastecimento, foram deduzidas para a obtenção da proporção 7:2:1 acima relatada.

**Tabela 7** - Características da água de abastecimento público utilizada para o preparo das soluções salinas. Campina Grande, PB, 2007

Atributo	Símbolo	Unidade	Mai/2007	Julho/2007	Setembro/2007
Sódio	Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,83	1,95	1,82
Cálcio	Ca <sup>++</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,00	1,17	1,20
Magnésio	Mg <sup>++</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,21	1,42	1,53
Condutividade elétrica da água	CEa	dS m <sup>-1</sup>	0,39	0,41	0,42

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG)

#### 4.8 – Tratamentos e Delineamento Experimental

Testaram-se cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (N<sub>1</sub> = 0,60; N<sub>2</sub> = 1,20; N<sub>3</sub> = 1,80; N<sub>4</sub> = 2,40 e N<sub>5</sub> = 3,00 dS m<sup>-1</sup>, a 25 °C), delineados em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo a parcela constituída de 2 plantas (1 planta/lisímetro), perfazendo o total de 40 lisímetros (5 níveis x 4 blocos x 2 lisímetros); as parcelas experimentais ficaram espaçadas 1,70m x 1,40m dentro do bloco e 1,60 m entre blocos (Figura 7).

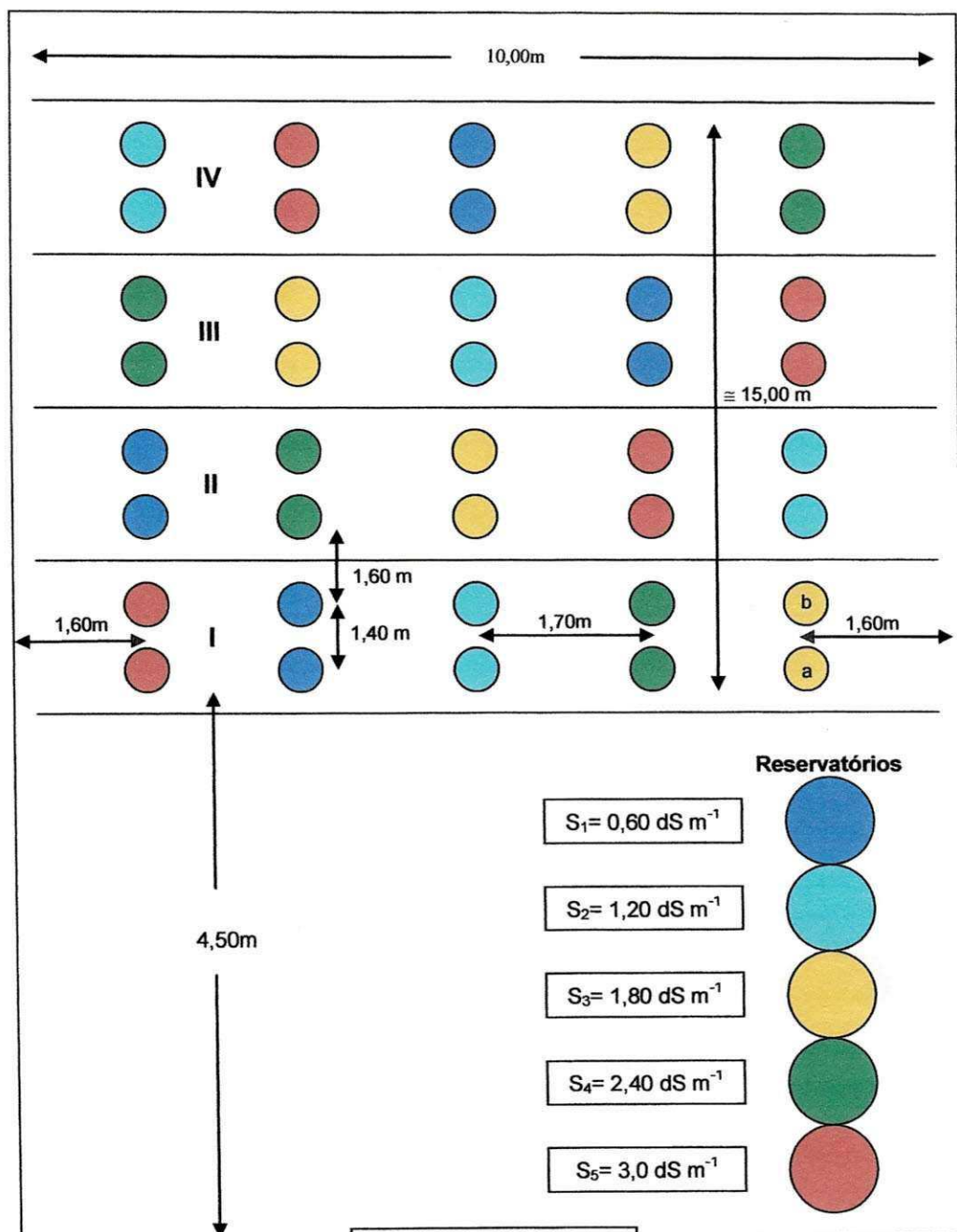


Figura 7 – Distribuição das unidades experimentais. Campina Grande, PB, 2007

#### 4.9 - Irrigações

O início da aplicação dos tratamentos ocorreu aos 37 DAS (18 dias após o transplântio), com turno de rega de 2 dias. As plantas foram irrigadas sob diferentes frações de lixiviação, 4, 8, 12, 16 e 20% para as plantas irrigadas com  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  e  $N_5$ , respectivamente.

As irrigações foram manejadas e controladas mediante uso de planilha eletrônica (APÊNDICE 1). Para a primeira irrigação (após estarem todos os lisímetros em capacidade de campo) aplicaram-se 2,0 L em cada parcela de todos os tratamentos, enquanto para as irrigações sucessivas os volumes de irrigação variaram em função do balanço hídrico e das frações de lixiviação (APÊNDICE 2).

#### 4.10 – Tratos Culturais

As práticas de adubação de cobertura, adubações foliares, tratamentos fitossanitários, eliminação do excesso de folhas não funcionais, realizadas ao longo do experimento, com o intuito de se potencializar a produção, estão relatados na Tabela 8.

Periodicamente foram feitas adubações de cobertura com N-P-K e adubações foliares com micronutrientes principalmente para suprir a deficiência de zinco e cobre (Figura 8A), além, também, de pulverizações para o controle de várias pragas, dentre elas pulgões, cigarrinha, mosca branca e, em especial, para o controle do ácaro branco, *Polyphagotarsonemus latus* BANKS (Figura 8B). Adotaram-se, para os tratamentos fitossanitários, todas as medidas culturais indicadas para o controle e a rotação dos agroquímicos com extratos vegetais objetivando-se evitar o surgimento de resistência.

Quatro adubações de cobertura foram realizadas, em que nas duas primeiras (114 e 128 DAS) foram aplicados 3,0 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  + 4,00g KCl por planta e, nas últimas (142 e 161 DAS), 3,0 de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Realizaram-se seis pulverizações com uma solução de Zn+Cu (0,50%) aos 38, 48, 53, 65, 72 e 81 DAS e aos 149 DAS se fez uma adubação foliar com ALBATRÓS (N-P-K-Mg: 7-17-35-3, + micronutrientes).

**Tabela 8** – Tratos culturais e fitossanitários praticados durante a pesquisa. Campina Grande, PB, 2007

<b>Data (DAS)</b>	<b>Atividade/Prática</b>	<b>Observação</b>
0	Semeadura	Semeadura em tubetes no dia 07/04/2007
19	Transplântio das mudas	Mudas emitindo a segunda folha definitiva
37	Análise da fertilidade do solo (24 dias após a calagem)	18 dias após o transplântio
37	Aplicação dos tratamentos	18 dias após o transplântio
38	Adubação foliar com zinco + cobre (0,05%)	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
40	Eliminação de folhas não funcionais	Plantas se encontravam com excesso de folhas pequenas, axilares
48	Adubação foliar com zinco + cobre (0,05%)	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
49	Pulverização com inseticida ABAMEX	--
53	Adubação foliar com zinco + cobre (0,05%)	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
65	Adubação foliar com zinco + cobre	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
70	Pulverização com inseticida ABAMEX	--
72	Adubação foliar com zinco + cobre (0,05%)	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
80	Pulverização com extrato de Pinhão-Manso + Solução acidificante	Controlou 100% da cigarrinha verde
81	Eliminação de folhas não funcionais	Plantas se encontravam com excesso de folhas pequenas, axilares
81	Adubação foliar com zinco + cobre (0,05%)	Plantas com sintoma de deficiência de zinco e cobre
114	Adubação de cobertura	3,00g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 4,00g KCl por planta
114	Eliminação de folhas não funcionais	Plantas se encontravam com excesso de folhas pequenas, axilares
128	Adubação de cobertura	3,00g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 4,00g KCl por planta
137	Eliminação de folhas não funcionais	Plantas se encontravam com excesso de folhas pequenas, axilares
139	Pulverização com extrato de pinhão	Para controlar ataque de ácaro branco
142	Pulverização com Vertimec 18CE + Óleo vegetal Agro-oil	Para controlar ácaro branco (Vertimec 1 mL L <sup>-1</sup> ; Agro-oil 0,50%) Volume: 0,50L/planta
142	Adubação de cobertura	3,00g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> por planta
149	Adubação foliar com ALBATRÓS	1,80 gL <sup>-1</sup> , (N-P-K-Mg: 7-17-35-3) + micronutrientes
156	Pulverização com Vertimec 18CE + Óleo vegetal Agro-oil	Para controlar ácaro branco (Vertimec 1 mL L <sup>-1</sup> ; Agro-oil 0,50%) Volume: 0,50L/planta
161	Adubação de cobertura	3,00g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> por planta



**Figura 8** – Planta de pinhão-manso com folha encarquilhada, sintoma de deficiência de zinco (A), e atacada por ácaro branco (B). Campina Grande, PB, 2007

#### 4.11 – Variáveis de Crescimento

##### 4.11.1 - Altura de Planta (AP), Diâmetro Caulinar (DC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF)

Fez-se, por ocasião da aplicação dos tratamentos (18 DAT ou 37 DAS) uma avaliação da altura de planta, diâmetro caulinar e número de folhas e área foliar; depois, essas variáveis foram avaliadas a cada 21 dias (37-58-79-100-121-142-163 DAS).

A altura da planta (AP) foi medida (cm), entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal da haste principal; o diâmetro foi avaliado com paquímetro, cujas leituras (mm) foram realizadas no colo da planta.

Na determinação do número de folhas por planta e na estimativa da 'AF', consideraram-se apenas folhas completamente abertas, com pelo menos 3 cm de comprimento (nervura principal). A 'AF' individual foi estimada com base na Eq. 6, descrita a seguir, proposta por Severino, Vale & Beltrão (2006):

$$AF = 0,89P^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

em que:

$AF$  = Área foliar ( $m^2$ )

$P$  = Comprimento da nervura principal (m)



## 4.12 – Variáveis Fisiológicas

### 4.12.1 - Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo (TCA, TCR)

As taxas de crescimento foram computadas a partir dos dados de altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC), obtendo-se as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura ( $TCA_{AP}$ ,  $TCR_{AP}$ ), e em diâmetro ( $TCA_{DC}$ ,  $TCR_{DC}$ ), em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 DAS) conforme equações abaixo descritas (BENINCASA, 2003):

$$TCA_{AP} = \frac{AP_2 - AP_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$TCR_{AP} = \frac{\ln AP_2 - \ln AP_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$TCA_{DC} = \frac{DC_2 - DC_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$TCR_{DC} = \frac{\ln DC_2 - \ln DC_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

$TCA_{AP}$  = Taxa de crescimento absoluto caulinar em altura (cm.dia<sup>-1</sup>)

$TCR_{AP}$  = Taxa de crescimento relativo caulinar em altura (cm.cm.dia<sup>-1</sup>)

$AP_1$  = Altura da planta no tempo  $t_1$  (cm)

$AP_2$  = Altura da planta no tempo  $t_2$  (cm)

$TCA_{DC}$  = Taxa de crescimento absoluto caulinar em diâmetro (mm dia<sup>-1</sup>)

$TCR_{DC}$  = Taxa de crescimento relativo caulinar em diâmetro (mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)

$DC_1$  = Diâmetro do caule no tempo  $t_1$  (mm)

$DC_2$  = Diâmetro do caule no tempo  $t_2$  (mm)

### 4.12.2 - Fluorescência da Clorofila 'a'

Foram feitas duas avaliações (109 e 159 DAS) das variáveis fluorescência basal ou inicial ( $F_0$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), fluorescência máxima ( $F_m = F_0 + F_v$ ), da relação  $F_v/F_0$  e eficiência do fotossistema II (relação  $F_v/F_m$ ) (SCHOLLES & HORTON, 1993).

Para as medições utilizou-se do Fluorômetro PEA II – Plant Efficiency Analyser (Hansatech Instruments Co., UK), a partir das 9:00 h, na quarta folha mais nova do ramo

primário de cada planta, sendo a área foliar da leitura submetida, previamente, ao escuro por pelo menos 30 minutos, mediante o uso de 'clips' (DURÃES, 2000).

#### **4.13 – Variáveis de Produção**

##### **4.13.1 – Emissão das Primeiras Inflorescências**

Registrou-se, em dias após semeadura (DAS), o início de emissão das três primeiras inflorescências.

##### **4.13.2 – Componentes do Primeiro Cacho**

Os dados das variáveis 'Emissão da primeira inflorescência', 'Início da maturação', 'Final da maturação e colheita', foram registrados em dias após a semeadura – DAS. A duração da maturação foi obtida pelo período transcorrido (número de dias) entre o início e o término da maturação.

A colheita dos frutos foi feita de forma escalonada na medida em que eles se encontravam completamente maduros. O número de frutos do cacho foi computado ao término da colheita, enquanto a fitomassa de frutos do primeiro cacho foi determinada em balança (precisão de 0,01 g) e o peso médio do fruto foi obtido pela relação entre as variáveis 'Fitomassa de Frutos' e 'Número de Frutos'.

Produção de Sementes: após a obtenção da 'Fitomassa de Frutos', as sementes foram separadas para pesagem posterior em balança (precisão de 0,01 g).

##### **4.13.3 - Componentes de Produção**

A produção do pinhão-manso foi avaliada com base nas seguintes variáveis:

- Número de cachos por planta
- Número de frutos por cacho
- Biomassa de Sementes

#### **4.14 – Variáveis do Balanço Hídrico**

##### **4.14.1 - Consumo de Água e Evapotranspiração da Cultura**

Calculou-se o consumo de água (C.A.) pelas plantas a cada 3 semanas (Eq. 11), período correspondente às avaliações não destrutivas (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142,

142-163 e 37-163 DAS), e o consumo total de água (C.T.A.) durante o período experimental (37-163 DAS). Procedimento igual foi adotado para a evapotranspiração da cultura, a qual foi obtida pela diferença entre o volume aplicado na irrigação e o volume drenado em litro dividido pela área (m<sup>2</sup>) de exposição do lisímetro, empregando-se a Eq. 12:

$$C.A. = \sum VA - \sum VD \quad (\text{Eq. 11})$$

$$ETc = \frac{VA - VD}{S} * \frac{1}{TR} \quad (\text{Eq. 12})$$

em que:

C.A. = Consumo de água (L)

VA, VD = Volume de água aplicado e drenado em cada evento de irrigação (L)

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>)

S = Área de exposição do lisímetro para o diâmetro de 0,58m (0,2642 m<sup>2</sup>)

TR = Turno de rega (2 dias)

#### 4.14.2 - Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) e do Coeficiente de Cultivo (kc)

Obeve-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) a partir da Eq. 13, pelo método de Hargreaves & Samani (1985), e a partir da Eq. 14 (método de Penman-Monteith, Padrão da FAO) como tentativa de validar a metodologia para ambiente protegido. As estimativas foram feitas com base nas temperaturas do ambiente protegido e nas temperaturas do ambiente externo. Os dados do ambiente externo foram cedidos pela Embrapa Algodão e pelo Departamento de Ciências Atmosféricas/UFMG).

$$ETo = 0,0023xQ_0x\sqrt{(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})}x(T_m + 17,8) \quad (\text{Eq. 13})$$

em que:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>)

Q<sub>0</sub> = Radiação solar (Q<sub>0</sub>), em equivalente de evaporação (mm dia<sup>-1</sup>)

T<sub>máx.</sub> = Temperatura máxima diária (°C)

T<sub>mín.</sub> = Temperatura mínima diária (°C)

T<sub>m.</sub> = Temperatura média diária (°C)

Kc = Coeficiente de cultivo

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>) (ver Eq. 12)

Os valores da radiação solar ( $Q_0$ ) estão apresentados na Tabela 9, na qual também constam os valores interpolados para o município de Campina Grande, utilizados na estimativa da ETo. Diariamente foram registradas as temperaturas máxima ( $T_{\text{máx}}$ ), mínima ( $T_{\text{mín.}}$ ) e média ( $T_m$ ) no interior da casa de vegetação (Figura 2).

**Tabela 9** - Radiação solar ( $Q_0$ ), em equivalente de evaporação, expressa em mm dia<sup>-1</sup>. Campina Grande, PB, 2007

Latitude sul	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
00° 00' 00"	15,00	15,50	15,70	15,30	14,40	13,90	14,10	14,80	15,30	15,40	15,10	14,80
02° 00' 00"	15,30	15,70	15,70	15,10	14,10	13,50	13,70	14,50	15,20	15,50	15,30	15,10
04° 00' 00"	15,50	15,80	15,60	14,90	13,80	13,20	13,40	14,30	15,10	15,60	15,50	15,40
06° 00' 00"	15,80	16,00	15,60	14,70	13,40	12,80	13,10	14,00	15,00	15,70	15,80	15,70
<b>07° 13' 00"<sup>(1)</sup></b>	<b>15,98</b>	<b>16,06</b>	<b>15,54</b>	<b>14,52</b>	<b>13,22</b>	<b>12,56</b>	<b>12,86</b>	<b>13,82</b>	<b>14,94</b>	<b>15,76</b>	<b>15,92</b>	<b>15,88</b>
08° 00' 00"	16,10	16,10	15,50	14,40	13,10	12,40	12,70	13,70	14,90	15,80	16,00	16,00
10° 00' 00"	16,40	16,30	15,50	14,20	12,80	12,00	12,40	13,50	14,80	15,90	16,20	16,20

FONTE: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1997, FAO, 24) p.20

<sup>(1)</sup>Latitude de Campina Grande

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \left( \frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (\text{Eq. 14})$$

Em que:

$ET_o$  = é a evapotranspiração de referência diária (mm)

$Rn$  = é o saldo diário de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )

$G$  = é o fluxo de calor no solo diário ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )

$T$  = é a temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U_2$  = é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )

$e_s$  = é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa)

$e_a$  = é a pressão atual de vapor média diária (kPa)

$\Delta$  = é a declividade da curva de pressão de vapor d'água no ponto de  $T_{\text{med}}$  ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\gamma$  = é o coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

A 'ETo' é de grande utilidade na estimativa do consumo hídrico de uma cultura uma vez que, conhecendo-se o coeficiente de cultura (kc), toma-se mais prático estimar a 'ETc', através do produto de 'kc' pela 'ETo', importante para o manejo sustentado da agricultura irrigada.

A partir da Eq. 15, calcularam-se os coeficientes ( $k_c$ ) para os diferentes estádios de desenvolvimento do pinhão-mansão, através da razão entre  $ET_c$  (Método do balanço hídrico) e  $ET_o$  (Métodos de Samani-Hargreaves e Penman-Monteith). Os  $k_c$  foram determinados nas plantas do tratamento  $N_1$  ( $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ) na ausência de estresse hídrico (as plantas eram irrigadas em dias alternados) e na ausência de estresse salino (baixo nível de condutividade elétrica).

$$k_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (\text{Eq. 15})$$

#### 4.15 – Determinação da Fenologia do Pinhão-Mansão

Para a determinação da fenologia do pinhão-mansão (diferentes estádios de desenvolvimento) e do  $k_c$ , recorreu-se às informações contidas em Allen et al. (1998), Doorenbos & Pruitt (1997) e Bezerra (2004), procedendo-se da seguinte forma:

**Fase I (Estabelecimento)** - desde o momento do plantio até o ponto em que a cultura alcança aproximadamente 10% do seu desenvolvimento; quando a superfície do solo está coberta muito pouco ou quase nada, pela cultura. Considerou-se o período de 25 dias e o  $k_c$  de 0,32 para a mamoneira (BEZERRA, 2004), tendo em vista que durante a produção das mudas não se determinou o consumo de água pelas plantas as quais foram transplantadas aos 19 dias.

**Fase II (Crescimento Vegetativo)** - inicia-se no final da fase I e termina em um ponto imediatamente antes da floração, que corresponde a um sombreamento efetivo completo, mais ou menos 80% da cobertura vegetal.

**Fase III (Floração)** - período de floração e até o início da frutificação; considerou-se o início da floração (dias após a semeadura – DAS), como sendo a média obtida entre os 5 tratamentos, que ocorreu aos 94 DAS; da mesma forma se procedeu para a determinação do início da frutificação, que ocorreu aos 132 DAS.

**Fase IV (Maturação/Colheita)** - período de maturação plena e colheita, compreendida entre o final da fase III e a colheita. O início da maturação também foi adotado como sendo a média experimental obtida entre os 5 níveis de salinidade (150 DAS).

Convém salientar que, em parte do ciclo fenológico do pinhão-mansão ocorrem, simultaneamente, os estádios da floração, frutificação, maturação e colheita, o que dificulta, quase sempre, a definição temporal de cada estágio isolado.

#### 4.16 - Fração de Lixiviação (FL), Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CE<sub>ad</sub>) e Fator de Concentrações de Sais (FC)

A fração de lixiviação (FL), a condutividade elétrica da água de drenagem (CE<sub>ad</sub>) e o fator de concentração de sais da água de drenagem (FC) foram obtidos empregando-se as Eqs. 16, 17 e 18 e avaliados no período experimental (37-163 DAS). A CE<sub>ad</sub> foi monitorada e medida com auxílio de um condutivímetro portátil, com correção de temperatura para 25 °C.

$$FL = \frac{VD}{VA} \quad (\text{Eq. 16})$$

$$CE_{adm} = \frac{\sum (CE_{ad} * VD)}{\sum VD} \quad (\text{Eq. 17})$$

$$FC = \frac{CE_{ad}}{CE_a} \quad (\text{Eq. 18})$$

em que:

FL = Fração de lixiviação

VA, VD = Volume de água aplicado e drenado em cada evento de irrigação (L)

CE<sub>adm</sub> = Condutividade elétrica da água de drenagem média (dS m<sup>-1</sup>)

CE<sub>ad</sub> = Condutividade elétrica da água de drenagem (dS m<sup>-1</sup>)

FC = Fator de concentração de sais na água de drenagem

CE<sub>a</sub> = Condutividade elétrica da água de irrigação

#### 4.17 – Salinidade do Solo ao Final do Experimento

Com o objetivo de se avaliar os impactos das águas de irrigação sobre a salinidade final do solo, após o cultivo do pinhão-mansão, uma amostra de solo foi retirada de cada parcela, na profundidade de 0-20 cm. As amostras de solo (cerca de ½ kg) foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e analisadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, para determinação das concentrações de sais solúveis, CE<sub>es</sub>, pH, RAS e PST, determinadas de acordo com metodologias propostas por Richards (1977) e pela Embrapa (1997); no caso do pH, a análise de variância foi procedida com os valores da concentração molar de hidrogênio [H<sup>+</sup>] e depois se aplicou a escala de pH nas médias, conforme as Equações 19 e 20, seguindo-se recomendações contidas em Santos & Gheyi (2003).

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad (\text{Eq. 19})$$

$$pH = -\log [H^+] \quad (\text{Eq. 20})$$

#### **4.18 - Análises Estatísticas**

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos às análises de variância e de regressão polinomial utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras - MG). Os graus de liberdade dos tratamentos 'S<sub>i</sub>' (Níveis de sal) foram decompostos em componentes de regressão polinomial por se tratar de fator quantitativo (GOMES, 1982; SANTOS, MOREIRA & BELTRÃO, 1998; FERREIRA, 2000).

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 – Variáveis de Crescimento

#### 5.1.1 - Altura de Plantas (AP)

Nota-se, através da Tabela 10, efeito significativo ( $P < 0,05$ ) dos níveis salinos sobre a altura de plantas, mas apenas aos 79 e 100 dias; entretanto, com a decomposição dos graus de liberdade do fator nível salino, verificou-se que a altura foi afetada, linearmente, pela condutividade elétrica da água de irrigação, ao longo do experimento. A aplicação dos tratamentos teve início aos 37 DAS, quando as plantas tinham altura média de 23,24 cm, razão pela qual não houve efeito da salinidade.

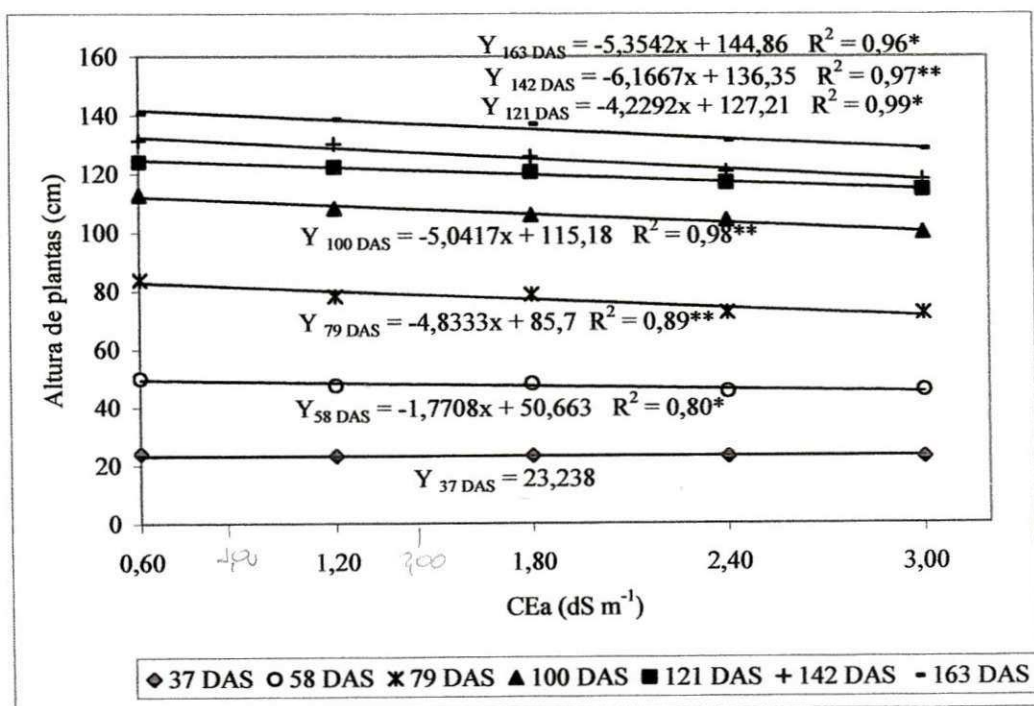
Com base nas equações contidas na Figura 9, os decréscimos verificados na altura da planta entre  $N_1$  ( $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $N_5$  ( $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ) foram 8,57, 14,01, 10,79, 8,14, 11,16 e 9,07% aos 58, 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente. Considerando-se que o decréscimo ao final da pesquisa foi inferior a 10%, deduz-se que a altura do pinhão-manso foi medianamente afetada pela salinidade.

A altura média, observada em cada período, está apresentada na Tabela 10, enquanto a evolução da altura de plantas em função dos dias após a semeadura (variação temporal) e por nível de salinidade da água de irrigação, está apresentada na Figura 10; nota-se que ocorreu crescimento mais pronunciado até os 100 dias, após a semeadura, quando as plantas se encontravam em floração.

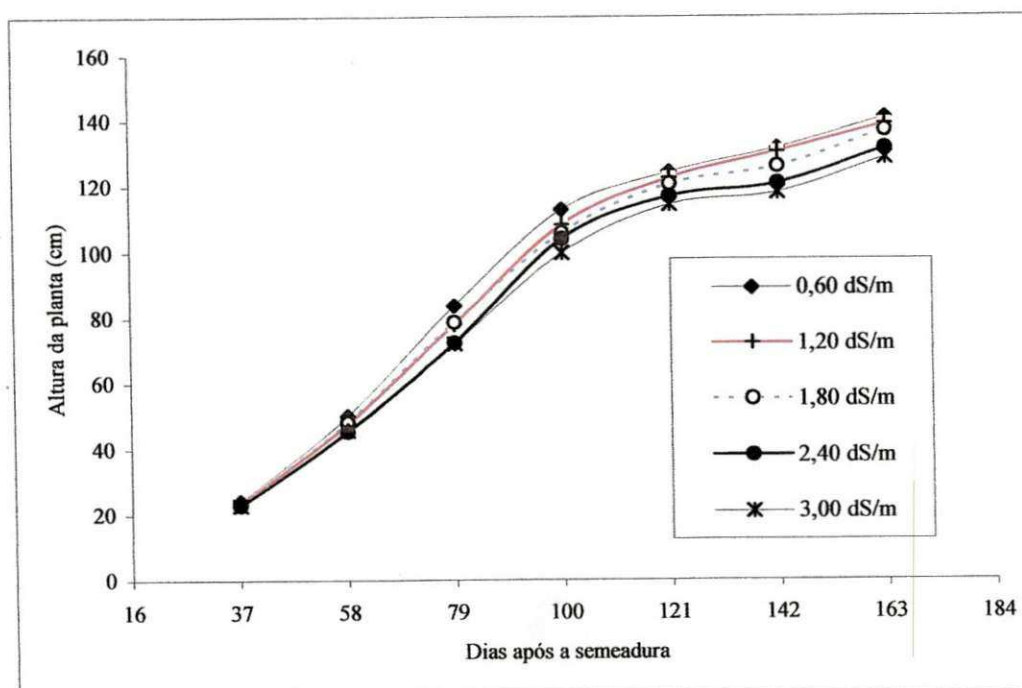
Vale, Severino & Beltrão (2006) verificaram, ao submeter o pinhão-manso a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação, em casa-de-vegetação, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), que a altura do pinhão-manso foi afetada pela condutividade elétrica da água; entre as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de  $0,06$  e  $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ , constataram redução da altura da planta de 19,7 para 13,3 cm, correspondendo a cerca de 7,85% por unidade de CEa.

Na ausência de trabalhos sobre salinidade em pinhão-manso, ressaltam-se resultados obtidos com outras oleaginosas; em ambiente protegido, Cavalcanti (2003) e Cavalcanti et al. (2005a) observaram, em estudo sobre o comportamento da mamona irrigada com águas de condutividade elétrica variando entre  $0,7$  e  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ , redução de 23,40% (5,85% para cada  $\text{dS m}^{-1}$ ) na AP para a cultivar BRS-149 Nordestina; e Silva (2004), estudando a BRS Paraguaçu, com





**Figura 9** - Altura de plantas de pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura – DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007



**Figura 10** – Evolução da altura de plantas do pinhão-mansão ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

CEa variando de 0,7 a 8,7 dS m<sup>-1</sup>, observou um decréscimo de 78,10% (9,76% para cada 8,7 dS m<sup>-1</sup>). Correia et al. (2005) verificaram, em trabalho com estresse salino em amendoim, com CEa variando de 0,4 a 6,0 dS m<sup>-1</sup>, que a salinidade afetou as plantas em termos de altura, com redução de 3,29% por incremento unitário da CEa. Constatou-se, na presente pesquisa, decréscimo unitário de 3,78%, denotando que o crescimento em altura do pinhão-mansão foi menos afetado que a mamoneira e o amendoim.

Na literatura são encontradas, também, referências à redução na altura de plantas devido aos efeitos negativos ocasionados pelo aumento da salinidade em algodão (ARRUDA, 1999; QUEIROZ & BULL, 2001, JÁCOME et al., 2005).

**Tabela 10** – Resumos das análises de variância e médias para a altura de plantas (AP) do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura – DAS. Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		AP 37 DAS	AP 58 DAS	AP 79 DAS	AP 100 DAS	AP 121 DAS	AP 142 DAS	AP 163 DAS
N. salino (N)	4	1,105 <sup>NS</sup>	14,106 <sup>NS</sup>	94,625*	93,700*	70,731 <sup>NS</sup>	141,500 <sup>NS</sup>	107,419 <sup>NS</sup>
R. linear	1	3,452 <sup>NS</sup>	45,156*	336,400**	366,025**	280,556*	547,600**	412,806*
R. quadrática	1	0,590 <sup>NS</sup>	1,612 <sup>NS</sup>	4,571 <sup>NS</sup>	0,446 <sup>NS</sup>	0,254 <sup>NS</sup>	4,571 <sup>NS</sup>	9,040 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	0,189 <sup>NS</sup>	0,000 <sup>NS</sup>	0,006 <sup>NS</sup>	8,100 <sup>NS</sup>	0,756 <sup>NS</sup>	13,806 <sup>NS</sup>	2,256 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	0,188 <sup>NS</sup>	9,657 <sup>NS</sup>	37,522 <sup>NS</sup>	0,229 <sup>NS</sup>	1,358 <sup>NS</sup>	0,022 <sup>NS</sup>	5,572 <sup>NS</sup>
Blocos	3	6,145 <sup>NS</sup>	46,046*	85,500*	17,400 <sup>NS</sup>	80,833 <sup>NS</sup>	154,983 <sup>NS</sup>	148,513 <sup>NS</sup>
Resíduo	12	1,934	8,639	18,916	27,900	57,406	49,400	52,502
CV(%)		5,98	6,19	5,65	4,98	6,34	5,61	5,36
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias (cm)</b>						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		24,1250	50,1250	83,7500	112,7500	124,1250	131,5000	140,7500
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		23,1875	47,6250	78,1250	108,2500	122,3750	130,3750	138,7500
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		23,1875	48,2500	78,6250	105,7500	120,5000	125,8750	136,8750
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		22,8750	45,5000	72,3750	104,0000	116,7500	120,6250	131,3750
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		22,8125	45,8750	72,1250	99,7500	114,2500	117,8750	128,3750
<b>Média (cm)</b>		23,2375	47,4750	77,0000	106,1000	119,6000	125,2500	135,2250

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

### 5.1.2 – Diâmetro Caulinar (DC)

Foram notórios os efeitos significativos dos níveis salinos sobre o diâmetro do caule do pinhão-manso, a partir dos 58 DAS (Tabela 11). À semelhança da altura, o diâmetro também foi afetado linearmente pela condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 11) com decréscimo entre  $N_1$  ( $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $N_5$  ( $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ) de 9,06, 13,41, 13,52, 15,33, 16,78 e 17,63% aos 58, 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente. Deduz-se, com base nesses decréscimos, que o diâmetro foi mais sensível que a altura, notadamente nas últimas avaliações. Devido aos caules mais robustos, conclui-se que plantas cultivadas com água não salina devem ser mais resistentes ao tombamento ocasionado por ventos, permitindo também a colheita por vibração da planta.

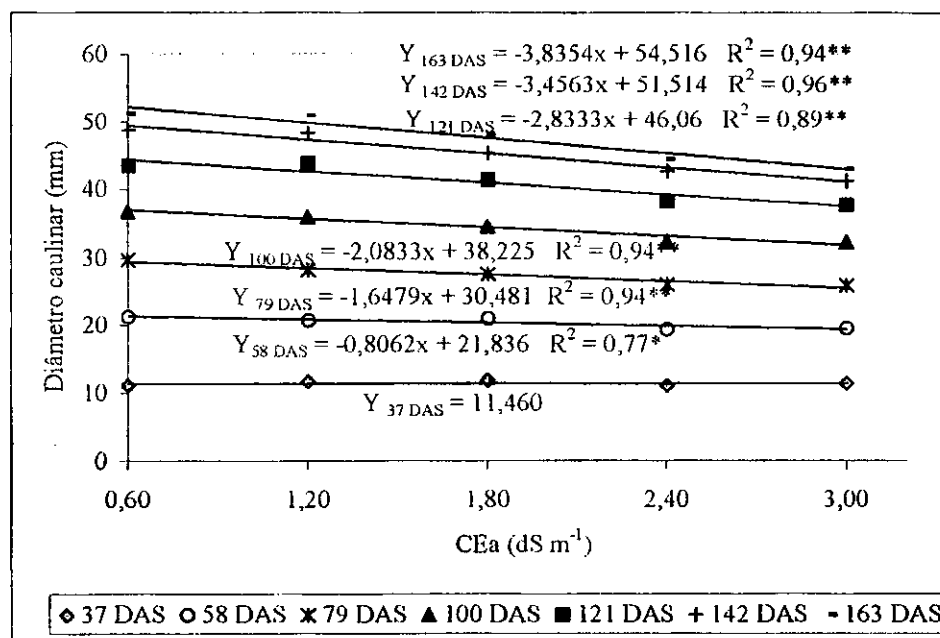
Pela Tabela 11, em termos médios o DC variou entre 11,46 mm aos 37 dias e 47,61 mm, aos 163 dias; pela Figura 12 se verificam maiores diâmetros sob os menores níveis salinos e se constata que o diâmetro caulinar do pinhão-manso cresce de forma praticamente linearizada até os 142 dias; já nas avaliações finais se observam equivalências dos diâmetros das plantas irrigadas com água de  $0,60$  e  $1,20 \text{ dS m}^{-1}$ ; comportamento semelhante também foi observado entre os dois níveis salinos mais elevados. Notou-se, na última avaliação (163 DAS), decréscimo de 7,35% por aumento unitário da CEa, sendo inferior, portanto, aos 9,46% registrados por Silva (2004) aos 100 DAS em estudo com a mamoneira; por outro lado, Cavalcanti et al. (2005a) observaram, aos 80 dias após a germinação, menor redução no diâmetro de caule da mamoneira com declínio de 0,2 mm (1,45%) por aumento unitário da CEa; portanto, é comum haver diferenças dos efeitos salinos entre as espécies de plantas entre fases de uma mesma espécie e entre genótipos de plantas.

Vale, Severino & Beltrão (2006) constataram, na fase inicial de crescimento (30 dias após a emergência), que o diâmetro caulinar do pinhão-manso foi afetado linearmente pela condutividade elétrica da água, com redução de 7,68% por unidade de CEa, efeito semelhante ao observado na altura (7,85%).

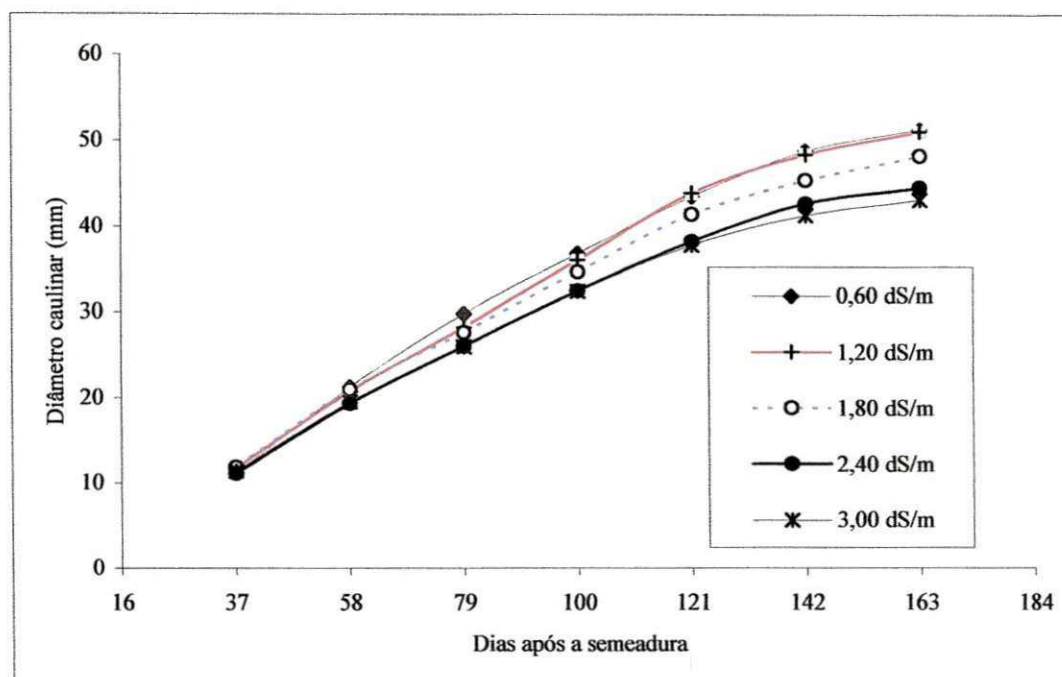
**Tabela 11** – Resumos das análises de variância e médias para o diâmetro caulinar (DC) do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		DC 37 DAS	DC 58 DAS	DC 79 DAS	DC 100 DAS	DC 121 DAS	DC 142 DAS	DC 163 DAS
N. salino (N)	4	0,4607 <sup>NS</sup>	3,0311 <sup>NS</sup>	10,3698 <sup>**</sup>	16,5537 <sup>**</sup>	32,5045 <sup>**</sup>	44,8367 <sup>**</sup>	56,1066 <sup>**</sup>
R. linear	1	0,0063 <sup>NS</sup>	9,3606 <sup>*</sup>	39,1051 <sup>**</sup>	62,5000 <sup>**</sup>	127,6000 <sup>**</sup>	172,0176 <sup>**</sup>	211,8301 <sup>**</sup>
R. quadrática	1	0,6007 <sup>NS</sup>	0,0547 <sup>NS</sup>	1,0725 <sup>NS</sup>	0,0864 <sup>NS</sup>	1,6457 <sup>NS</sup>	0,8136 <sup>NS</sup>	2,9029 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	0,9000 <sup>NS</sup>	0,4410 <sup>NS</sup>	0,1381 <sup>NS</sup>	3,0250 <sup>NS</sup>	0,6562 <sup>NS</sup>	6,3202 <sup>NS</sup>	9,6040 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	0,3360 <sup>NS</sup>	2,2680 <sup>NS</sup>	1,1636 <sup>NS</sup>	0,6036 <sup>NS</sup>	0,1160 <sup>NS</sup>	0,1956 <sup>NS</sup>	0,0893 <sup>NS</sup>
Blocos	3	1,6083 <sup>*</sup>	10,5538 <sup>**</sup>	7,1898 <sup>*</sup>	8,0062 <sup>**</sup>	4,4327 <sup>*</sup>	6,7988 <sup>**</sup>	7,6255 <sup>*</sup>
Resíduo	12	0,3646	1,4025	1,5889	1,2499	0,9847	1,7611	2,0547
CV(%)		5,27	5,81	4,58	3,24	2,42	2,93	3,01
Nível salino (N)		Médias (mm)						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		11,1625	21,2750	29,7750	36,8250	43,4750	48,7750	51,2875
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		11,7375	20,7500	28,2250	36,0500	43,8750	48,3875	51,0500
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		11,8750	20,9875	27,6250	34,6750	41,4250	45,3750	48,1750
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		11,1125	19,3625	26,0125	32,4500	38,2250	42,6500	44,4875
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		11,4125	19,5500	25,9375	32,3750	37,8000	41,2750	43,0625
Média (mm)		11,4600	20,3850	27,5150	34,4750	40,9600	45,2925	47,6125

(\*\*) Efeito significativo a 1% e (\*) a 5% de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F



**Figura 11** – Diâmetro caulinar do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura – DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007



**Figura 12** – Evolução do diâmetro caulinar do pinhão-mansão ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.1.3 – Número de Folhas (NF)

Os resumos das análises de variância desta variável, ao longo do tempo, estão apresentados na Tabela 12. Observa-se, a partir dos 79 DAS, que os níveis salinos afetaram, significativamente, o número de folhas a nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, notando-se efeitos lineares. Os decréscimos no 'NF', estimados a partir dos modelos matemáticos, apresentados na Figura 13, entre  $N_1$  e  $N_5$ , foram 34,09, 32,70, 28,93, 25,18 e 23,41% aos 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente, sendo, o número de folhas, portanto, mais afetado que a altura e que o diâmetro caulinar, o que evidencia que o impacto negativo da salinidade sobre o diâmetro do caule foi diminuindo com a fenologia da planta.

Observa-se, na Tabela 12, que o número de folhas por planta, variou em média, entre 8,18 aos 37 dias, e 258,03 aos 163 dias. Comprova-se, através da Figura 14, a ausência de efeitos significativos dos níveis salinos da água de irrigação sobre o número de folhas até os 58 dias; nota-se também que as plantas irrigadas com água de CE de 1,20 e 1,80  $\text{dS m}^{-1}$  têm os números de folhas muito próximos; ainda nesta figura está caracterizada a sensibilidade do pinhão-mansão à salinidade, notadamente quando a condutividade elétrica atinge valores como 3,00  $\text{dS m}^{-1}$ .

Vale, Severino & Beltrão (2006) observaram, ao avaliarem o crescimento inicial do pinhão-mansão (30 dias após a emergência), sob condições controladas, redução de 40% no número de folhas (de 10,0 para 6,0) correspondendo a cerca de 9,66% por unidade de CEa, sendo mais afetada que a altura (7,85%) e que o diâmetro caulinar (7,68%). Os autores concluíram que o pinhão-mansão é uma espécie sensível à salinidade da água de irrigação.

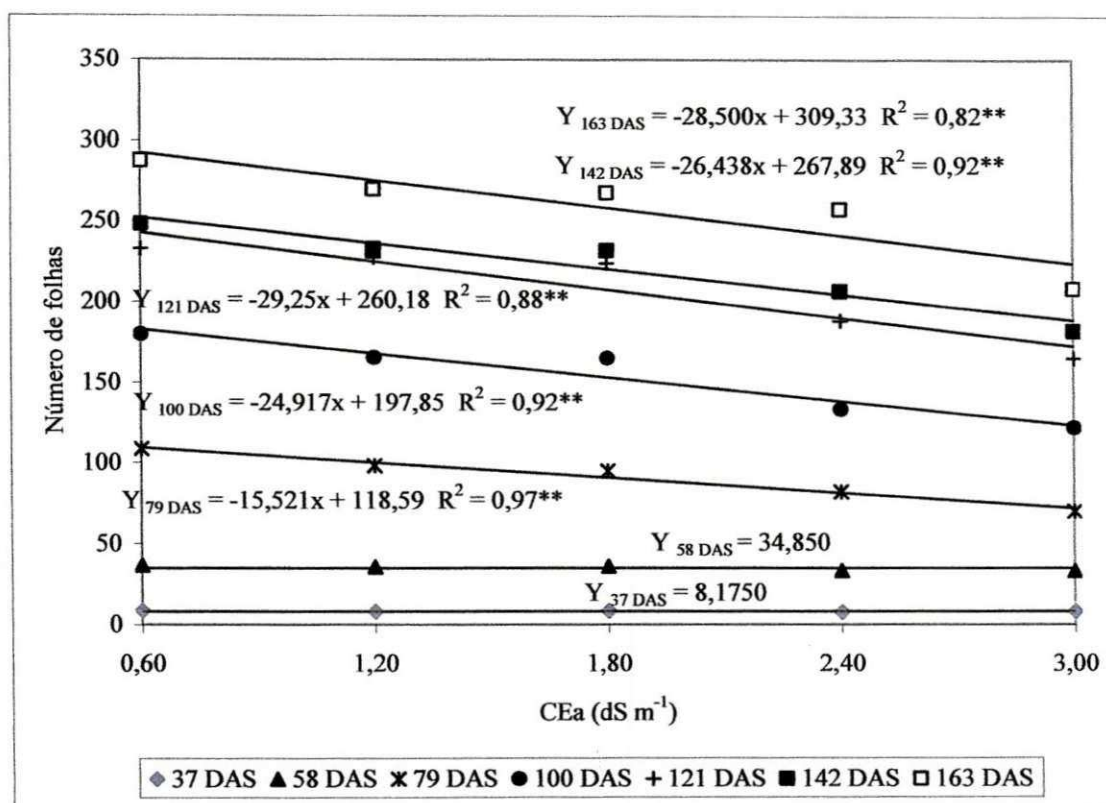
Silva (2004), aos 60 DAS em estudos com cultivares de mamoneira, e Correia (2005), aos 105 DAS com cultivares de amendoim, verificaram redução linear do número de folhas, com decréscimos na ordem de 8,0% por incremento unitário da salinidade da água de irrigação, um pouco inferior a 9,75%, decréscimo unitário constatado aos 163 DAS na presente pesquisa.

Decréscimos observados no número de folhas quando as culturas são cultivadas na presença de alta salinidade, ocorrem como forma de adaptação, no sentido de minimizar as perdas de água por transpiração (MAAS & NIEMAN, 1978; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1989).

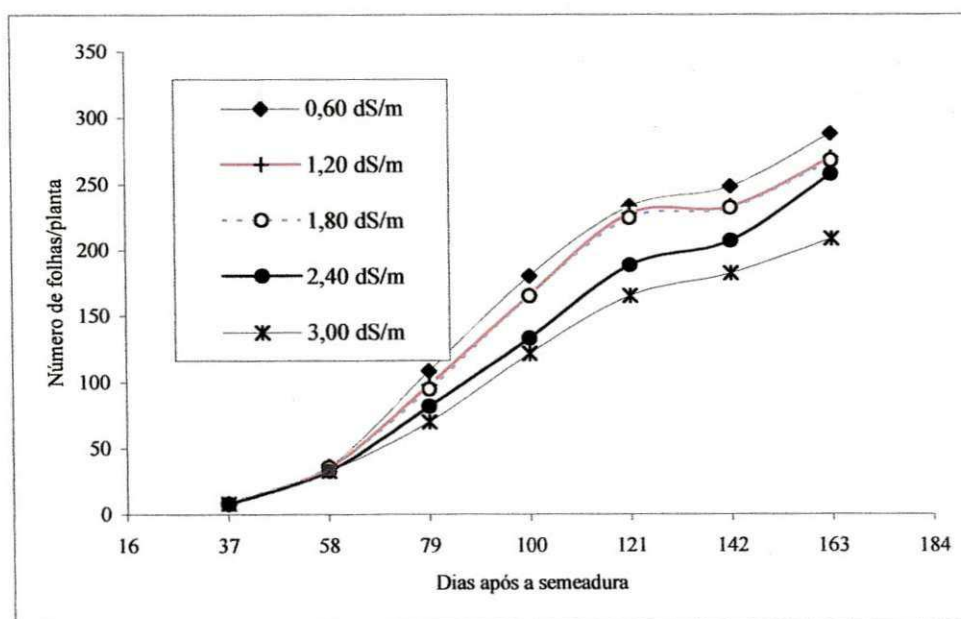
**Tabela 12** – Resumos das análises de variância e médias para o número de folhas (NF) do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		NF 37 DAS	NF 58 DAS	NF 79 DAS	NF 100 DAS	NF 121 DAS	NF 142 DAS	NF 163 DAS
N. sal. (N)	4	0,519 <sup>NS</sup>	11,481 <sup>NS</sup>	993,98*	2421,500**	3517,575**	2726,425**	7467,950**
R. linear	1	0,306 <sup>NS</sup>	39,006 <sup>NS</sup>	3868,906**	8940,100**	12320,10**	10064,756**	27808,90**
R. quadrática	1	0,540 <sup>NS</sup>	0,218 <sup>NS</sup>	45,540 <sup>NS</sup>	185,786 <sup>NS</sup>	1340,643 <sup>NS</sup>	537,540 <sup>NS</sup>	1016,071 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	0,006 <sup>NS</sup>	0,400 <sup>NS</sup>	15,625 <sup>NS</sup>	16,900 <sup>NS</sup>	48,400 <sup>NS</sup>	78,4000 <sup>NS</sup>	967,006 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	1,222 <sup>NS</sup>	6,300 <sup>NS</sup>	45,604 <sup>NS</sup>	543,214 <sup>NS</sup>	361,157 <sup>NS</sup>	225,0036 <sup>NS</sup>	79,822 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	4,512 <sup>NS</sup>	74,983*	1198,750*	1994,133*	5235,146**	3705,033**	189,246 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	1,6687	20,0562	276,718	452,633	580,083	509,575	400,725
CV(%)		15,80	12,82	18,35	13,91	11,61	10,25	7,95
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias</b>						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		8,6250	36,7500	108,5000	180,0000	232,8750	248,1250	287,6250
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		7,8750	35,5000	98,0000	165,5000	227,6250	232,8750	269,5000
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		8,3750	35,8750	94,8750	165,0000	224,1250	231,8750	267,5000
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		7,7500	33,1250	81,8750	133,0000	188,1250	206,7500	257,2500
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		8,2500	33,0000	70,0000	121,5000	164,8750	181,8750	208,2500
<b>Média</b>		8,1750	34,8500	90,6500	153,0000	207,5250	220,3000	258,0250

(\*\*) Efeito significativo a 1% e (\*) a 5% de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F



**Figura 13** – Número de folhas do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura – DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007



**Figura 14** – Evolução do número de folhas do pinhão-mansão ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

#### 5.1.4 – Área Foliar (AF)

Com as análises estatísticas, observaram-se efeitos significativos dos níveis salinos sobre a AF, a nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, a partir dos 79 DAS (Tabela 13). Com base nas equações apresentadas na Figura 15, constataram-se decréscimos de 33,69, 36,16, 42,79, 44,59 e 42,58% entre  $N_1$  e  $N_5$ , aos 79, 100, 121, 142 e 163 DAS, respectivamente; deduz-se, então, que a área foliar, aparelho assimilatório foi, dentre as variáveis de crescimento, a mais afetada, evidenciando a sensibilidade do pinhão-manso à condição de estresse salino a que foi submetida.

Cavalcanti et al. (2005b), em estudos com mamoneira sob condições salinas (0,70 a 4,70 dS  $m^{-1}$ ), observaram, aos 80 dias após a germinação, que a salinidade da água de irrigação afetou significativamente a área foliar, decrescendo, linearmente cerca de 181  $cm^2$  (6,55%) por aumento unitário da CEa. Silva et al. (2005) notaram, aos 60 DAS, que a área foliar da mamoneira (irrigação com água de 0,70 a 8,70 dS  $m^{-1}$ ) foi reduzida em mais de 11,0% por incremento unitário de CE. Nesta pesquisa com pinhão-manso se observou efeito mais intenso; aos 79 DAS e aos 163 DAS, foram observadas reduções de 14,04% e 17,74%, respectivamente, para cada dS  $m^{-1}$  na AF; este decréscimo da área foliar está relacionado, provavelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante (TESTER & DAVENPORT, 2003).

A redução da AF decorre, quiçá, da diminuição do volume das células e, de acordo com Lauchli & Epstein (1990), Araújo (1994) e Souza (1995), reduz a atividade fotossintética que, de certo modo, contribui para adaptação das culturas à salinidade; essa redução na AF pode aumentar indiretamente a concentração total de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico.

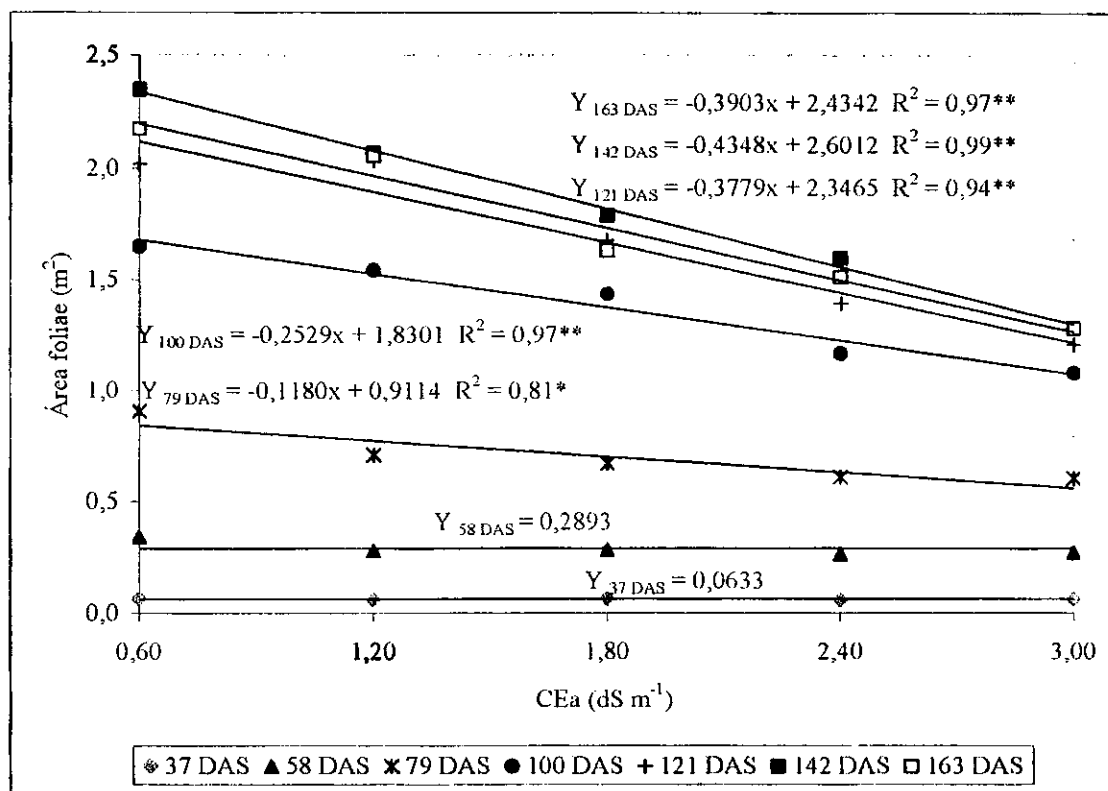
Mediante análise da evolução da área foliar ao longo do tempo e por nível salino (Figura 16), os efeitos da salinidade se foram intensificando ao longo do tempo, atingindo o máximo aos 142 dias e, depois desta data, houve estabilização e/ou redução da área foliar. Verifica-se, na Tabela 13 que, em média, a AF variou entre 0,0633  $m^2$  aos 37 dias, a 1,8186  $m^2$  aos 142 dias, ocorrendo redução entre esta data e os 163 dias quando a área média observada foi 1,7316  $m^2$ .



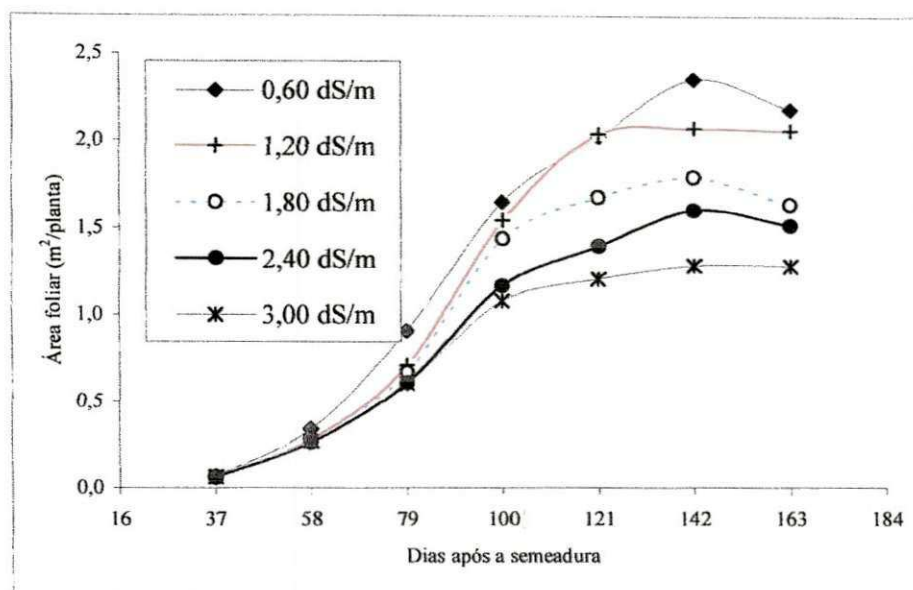
**Tabela 13** – Resumos das análises de variância e médias para a área foliar (AF) do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		AF 37 DAS	AF 58 DAS	AF 79 DAS	AF 100 DAS	AF 121 DAS	AF 142 DAS	AF 163 DAS
N. Salino (N)	4	4,6E-05 <sup>NS</sup>	0,0037 <sup>NS</sup>	0,0617*	0,2384**	0,5467**	0,6836**	0,5674**
R. linear	1	1,0E-05 <sup>NS</sup>	0,0099 <sup>NS</sup>	0,2005**	0,9208**	2,0563**	2,7220**	2,1940**
R. quadrática	1	4,9E-05 <sup>NS</sup>	0,0036 <sup>NS</sup>	0,0384 <sup>NS</sup>	0,0045 <sup>NS</sup>	0,0310 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>	0,0019 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	8,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0005 <sup>NS</sup>	0,0043 <sup>NS</sup>	0,0137 <sup>NS</sup>	0,0889 <sup>NS</sup>	0,0067 <sup>NS</sup>	0,0143 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	1,2E-04 <sup>NS</sup>	0,0009 <sup>NS</sup>	0,0038 <sup>NS</sup>	0,0148 <sup>NS</sup>	0,0106 <sup>NS</sup>	0,0055 <sup>NS</sup>	0,0593 <sup>NS</sup>
Blocos	3	2,3E-04 <sup>NS</sup>	0,0132*	0,0724*	0,1466*	0,3266**	0,2501*	0,0094 <sup>NS</sup>
Resíduo	12	9,3E-05	0,0023	0,0164	0,0357	0,0399	0,0488	0,0181
CV(%)		15,20	16,63	18,31	13,74	11,99	12,15	7,78
Nível salino (N)		Médias (m <sup>2</sup> )						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		0,067250	0,342275	0,907050	1,649175	2,019375	2,351860	2,178025
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		0,059325	0,282400	0,708175	1,543500	2,035450	2,069753	2,055975
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		0,065325	0,284425	0,668650	1,436500	1,676400	1,788965	1,632750
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		0,060175	0,265400	0,608175	1,166150	1,393375	1,599780	1,512000
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		0,064350	0,271975	0,603050	1,079250	1,206750	1,282530	1,279000
Média (m <sup>2</sup> )		0,063285	0,289295	0,69902	1,374915	1,66627	1,818578	1,73155

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 15** – Área foliar do pinhão-mansão aos 37, 58, 79, 100, 121, 142 e 163 dias após a semeadura – DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007



**Figura 16** – Evolução da área foliar do pinhão-mansó ao longo do experimento, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

## 5.2 – Variáveis Fisiológicas

### 5.2.1 - Taxa de Crescimento Absoluto da Altura de Plantas (TCA AP)

Analisando-se os resultados estatísticos apresentados na Tabela 14, conclui-se, que os níveis salinos afetaram significativamente a taxa de crescimento absoluto da altura de planta – TCA AP, em quatro períodos, 37-58, 58-79, 121-142 e no período total, 37-163 DAS, notando-se efeitos lineares; com base nas equações matemáticas contidas na Figura 17A, 17B, 17E e 17G, nesses períodos os respectivos decréscimos observados entre os tratamentos 0,60 e 3,00 dS m<sup>-1</sup> foram 11,93, 22,13, 58,34, e 9,91%.

A Tabela 14 na qual apresenta a média geral (média experimental) da TCA AP de cada período estudado, se observam maiores taxas nas três avaliações iniciais (1,1542, 1,4060 e 1,3857 cm dia<sup>-1</sup>) e menores nas últimas (0,6429, 0,2691 e 0,4750 cm dia<sup>-1</sup>); este comportamento está graficamente apresentado na Figura 18H, em que as maiores taxas ocorreram até os 100 dias após a semeadura. Convém ressaltar que o início da floração ocorreu aos 94 dias, em média. Para Larcher (2000), reduções no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo, como verificado nesta pesquisa, ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados destinados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo

fotossintético, na incorporação de substâncias minerais e na mobilização de reservas para formação e enchimento dos frutos.

Não se encontram resultados de pesquisa a respeito dos efeitos de salinidade sobre taxas de crescimento em outras oleaginosas e tampouco em pinhão-manso. Cameiro et al. (2007) verificaram que a salinidade da água afetou negativamente o crescimento absoluto do cajueiro em altura, com decréscimos superiores a 26% por incremento unitário da CEa, dependendo do período.

**Tabela 14** – Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-manso em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		37-58 DAS	58-79 DAS	79-100 DAS	100-121 DAS	121-142 DAS	142-163 DAS	37-163 DAS
<b>N. Salino (N)</b>	<b>4</b>	0,0177 <sup>NS</sup>	<b>0,08222*</b>	0,03063 <sup>NS</sup>	0,0182 <sup>NS</sup>	0,0359 <sup>NS</sup>	0,0114 <sup>NS</sup>	0,0057 <sup>NS</sup>
R. linear	1	<b>0,0536*</b>	<b>0,3062**</b>	0,0014 <sup>NS</sup>	0,0216 <sup>NS</sup>	<b>0,1226*</b>	0,0216 <sup>NS</sup>	<b>0,0215*</b>
R. quadrática	1	0,0006 <sup>NS</sup>	0,0017 <sup>NS</sup>	0,0049 <sup>NS</sup>	0,0139 <sup>NS</sup>	0,0003 <sup>NS</sup>	0,0017 <sup>NS</sup>	0,0009 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0174 <sup>NS</sup>	0,0313 <sup>NS</sup>	0,0184 <sup>NS</sup>	0,0111 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	0,0162 <sup>NS</sup>	0,0207 <sup>NS</sup>	0,0989 <sup>NS</sup>	0,0061 <sup>NS</sup>	0,0023 <sup>NS</sup>	0,0111 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>0,0492*</b>	0,0163 <sup>NS</sup>	0,0619 <sup>NS</sup>	0,0654 <sup>NS</sup>	0,0548 <sup>NS</sup>	0,0540 <sup>NS</sup>	0,0068 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	0,0095	0,0193	0,0461	0,0448	0,0201	0,0312	0,0027
CV(%)		8,43	9,88	15,49	32,91	52,68	37,20	5,81
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias (cm dia<sup>-1</sup>)</b>						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		1,23808	1,60118	1,38095	0,54169	0,35118	<b>0,44048</b>	0,9256
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		1,16373	1,45238	1,43453	0,67260	0,38095	<b>0,39880</b>	0,9172
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		1,19348	1,44643	1,29168	0,70240	0,25598	0,52380	0,9028
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		1,07738	1,27980	1,50593	0,60713	0,18453	0,51188	0,8611
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		1,09820	1,25000	1,31548	0,69048	0,17263	0,50000	0,8378
<b>Média (cm dia<sup>-1</sup>)</b>		1,15417	1,40596	1,38571	0,64286	0,26905	0,47499	0,8889

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

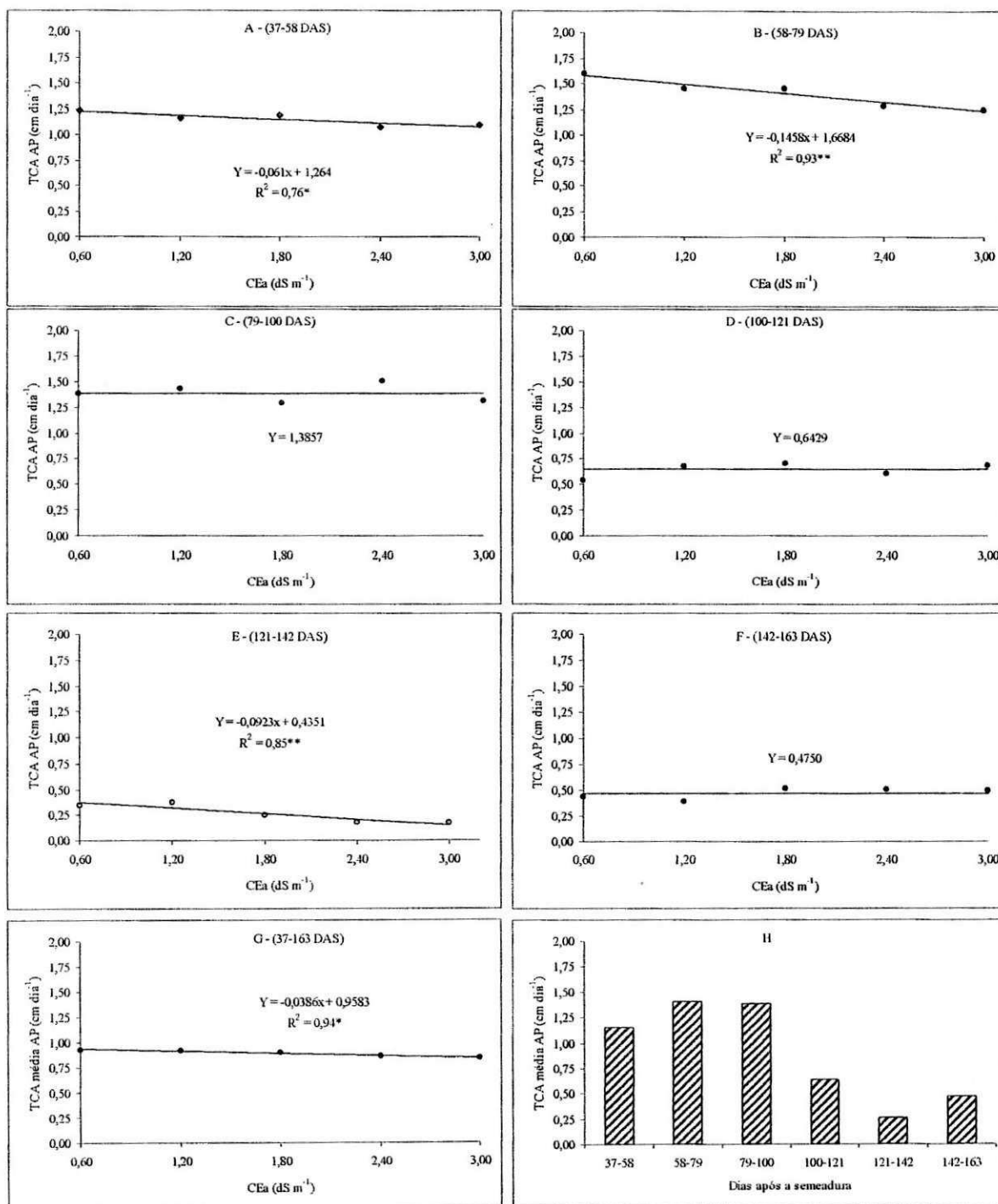


Figura 17 – Taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCA AP) do pinhão-mansó em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007

### 5.2.2 - Taxa de Crescimento Relativo da Altura de Plantas (TCR AP)

O crescimento relativo se relaciona com a eficiência da planta em formar tecidos novos a partir dos preexistentes, sendo um indicativo de grande importância na avaliação de materiais genéticos sob diferentes condições de estresse (BENINCASA, 2003).

Conforme os resultados das análises de variância apresentados na Tabela 15, não houve significância dos níveis salinos da água de irrigação (N) sobre a TCR AP; entretanto, mediante análise de regressão, a taxa foi afetada linearmente, ao nível de 0,05 de probabilidade, em dois períodos, 58-79 e 121-142 DAS; de acordo com as equações lineares (Figura 18B e 18E), nesses períodos ocorreram decréscimos de 11,81 e 56,38 % na TCR entre  $N_1$  (0,60 dS  $m^{-1}$ ) e  $N_5$  (3,00 dS  $m^{-1}$ ), respectivamente, mas, ao se considerar a TCR AP de todo o período experimental, 37-163 DAS (Figura 18G), observa-se, pouca variação na TCR entre os níveis  $N_1$  e  $N_5$ , evidenciando que a TCR foi pouco afetada pela salinidade da água de irrigação, denotando que o pinhão-manso possui boa eficiência em formar novos tecidos, mesmo sob condições salinas. Carneiro et al. (2007) observaram, em cajueiro anão precoce, que o crescimento relativo das plantas em altura foi reduzido linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação, havendo decréscimos superiores a 23,0% por incremento unitário da CEa; já pela Figura 18H, se verifica grande variação entre os períodos ocorrendo redução nas taxas em função dos dias após a semeadura, notadamente a partir dos 100 dias, quando as plantas já se encontravam na fase de floração.

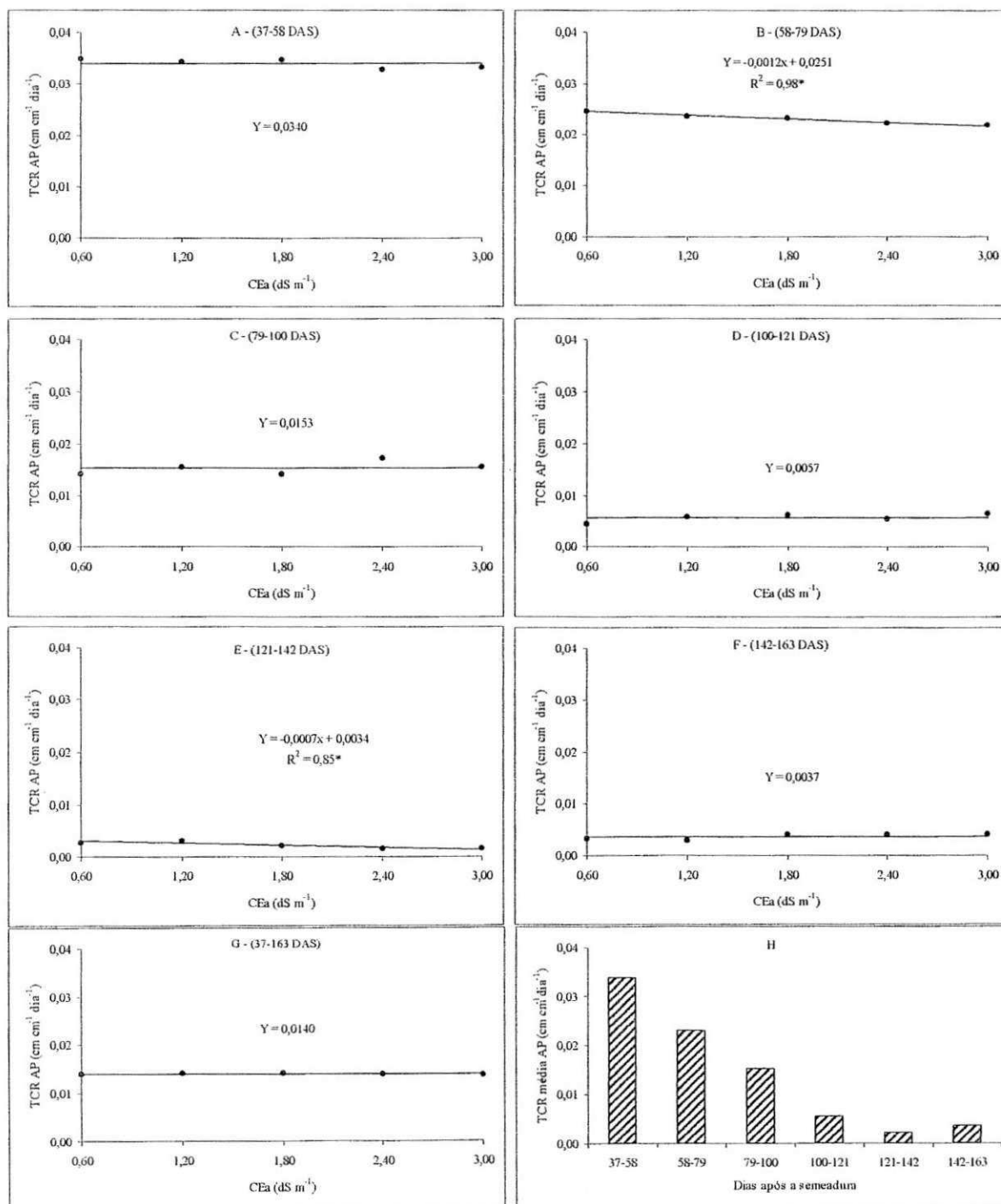
Observa-se, na Tabela 15, que a TCR AP diminui com a idade da planta variando, em média, entre 0,0340  $cm\ cm^{-1}\ dia^{-1}$ , no primeiro período (37-58 DAS), a 0,0037  $cm\ cm^{-1}\ dia^{-1}$ , no último período (142-163 DAS).

Viana (2000) observou na cultura da alface, ao contrário deste trabalho, ausência de efeito da salinidade para a produção de material novo ao longo do ciclo; ausência de efeito ao longo do ciclo, entre tratamentos, também foi constatada por Dantas & Escobedo (1998) estudando índices morfo-fisiológicos e rendimento de alface, em ambiente natural e protegido, no verão e no inverno, sem registrar influências sobre a TCR.

**Tabela 15** – Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansão em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		37-58 DAS	58-79 DAS	79-100 DAS	100-121 DAS	121-142 DAS	142-163 DAS	37-163 DAS
<b>N. Salino (N)</b>	<b>4</b>	4,0E-06 <sup>NS</sup>	5,0E-06 <sup>NS</sup>	6,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	9,3E-07 <sup>NS</sup>	1,0E-07 <sup>NS</sup>
R. linear	1	1,1E-05 <sup>NS</sup>	<b>2,0E-05*</b>	8,0E-06 <sup>NS</sup>	5,0E-06 <sup>NS</sup>	<b>7,0E-06*</b>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	1,7E-07 <sup>NS</sup>
R. quadrática	1	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,3E-07 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	1,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-07 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	4,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,5E-05 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	9,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	1,6E-05 <sup>NS</sup>	5,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	2,8E-07 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	4,0E-06	4,0E-06	6,0E-06	3,0E-06	1,0E-06	2,0E-06	1,5E-07
CV(%)		5,80	8,49	16,10	31,67	52,05	37,26	2,80
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias (cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)</b>						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		0,03493	0,02448	0,01420	0,00443	0,00278	0,00333	0,01403
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		0,03428	0,02355	0,01553	0,00585	0,00300	0,00298	0,01418
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		0,03480	0,02323	0,01420	0,00623	0,00208	0,00398	0,01410
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		0,03275	0,02213	0,01728	0,00550	0,00155	0,00398	0,01389
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		0,03308	0,02168	0,01553	0,00645	0,00145	0,00405	0,01373
<b>Média (cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)</b>		0,03397	0,02301	0,01535	0,00569	0,00217	0,00366	0,01399

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 18** – Taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCR AP) do pinhão-mansó em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007

### 5.2.3 - Taxa de Crescimento Absoluto do Diâmetro Caulinar (TCA DC)

Observa-se, na Tabela 16, significância dos níveis salinos sobre a TCA DC no período 100 a 121 DAS; entretanto, com a decomposição dos componentes de regressão só não se verificaram efeitos significativos entre 79 e 100 DAS; então, exceto este período, pelas análises estatísticas houve efeitos significativos dos níveis de salinidade sobre a TCA DC, a níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F.

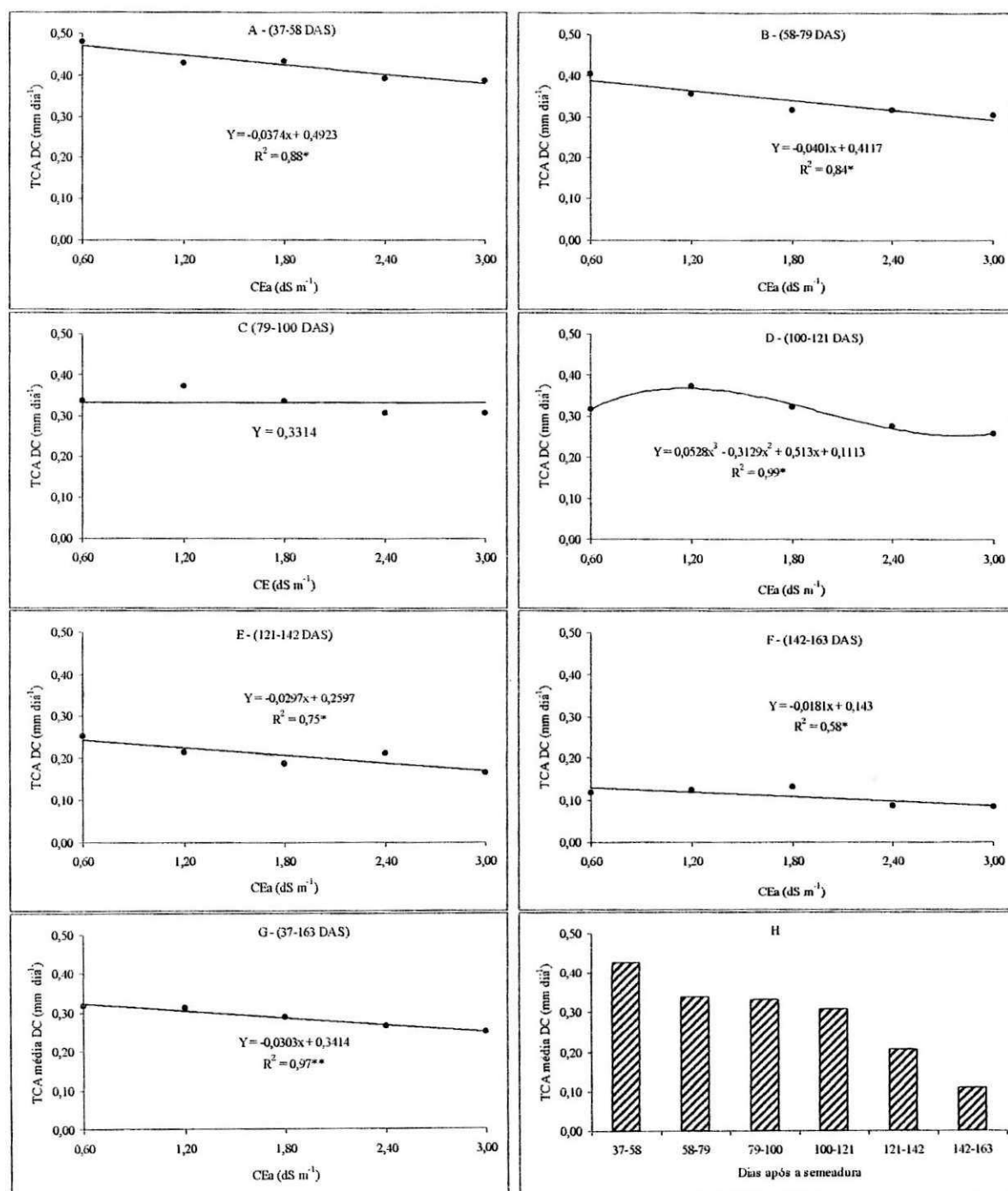
Com base nas equações contidas na Figura 19A e 19B, os decréscimos verificados na taxa de crescimento entre  $N_1$  ( $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $N_5$  ( $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ ) foram 19,10 e 24,83% para os dois períodos iniciais, respectivamente; no terceiro período (79-100 DAS), como já relatado, não se notou efeito da salinidade (Figura 19C), enquanto no período sucessor os dados se ajustaram ao modelo cúbico (Figura 19D), havendo incremento de 15,64% entre  $N_1$  e  $N_2$  e redução a partir desse nível, período em que também houve efeito linear, resultando, entretanto, em baixo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,58$ ); já nos últimos períodos, 121-142 DAS (Figura 19E) e 142-163 DAS (Figura 19F), o comportamento foi semelhante ao dos dois períodos iniciais porém se verificam, com base nas equações, decréscimos mais acentuados, 29,47 e 32,87%, respectivamente. Na Figura 19G estão plotadas as taxas médias de todo o período experimental (37-163 DAS); observa-se, com base na equação linear, redução de 22,50% na TCA entre os níveis  $N_1$  e  $N_5$ , evidenciando que a taxa de crescimento caulinar em diâmetro, comparada com a da altura, foi mais afetada pela condutividade elétrica da água de irrigação. Pela Tabela 16 e Figura 19, tem-se que as maiores taxas ocorreram no primeiro período; nota-se que o diâmetro caulinar cresceu em média aproximadamente  $0,287 \text{ mm dia}^{-1}$ , decrescendo entre os períodos estudados, de  $0,425 \text{ mm dia}^{-1}$  (37-58 DAS) a  $0,110 \text{ mm dia}^{-1}$  (142-163 DAS). Carneiro et al. (2007) verificaram decréscimos superiores a 20% por incremento unitário da CEa sobre a TCA do cajueiro em diâmetro caulinar, dependendo do período.



Tabela 16 – Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansão em sete períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		37-58 DAS	58-79 DAS	79-100 DAS	100-121 DAS	121-142 DAS	142-163 DAS	37-163 DAS
N. Salino (N)	4	0,0057 <sup>NS</sup>	0,0069 <sup>NS</sup>	0,0030 <sup>NS</sup>	0,0080 <sup>**</sup>	0,0042 <sup>NS</sup>	0,0020 <sup>NS</sup>	0,0034 <sup>**</sup>
R. linear	1	0,0201 <sup>**</sup>	0,0231 <sup>**</sup>	0,0062 <sup>NS</sup>	0,0184 <sup>**</sup>	0,0127 <sup>*</sup>	0,0047 <sup>*</sup>	0,0132 <sup>**</sup>
R. quadrática	1	0,0007 <sup>NS</sup>	0,0037 <sup>NS</sup>	0,0012 <sup>NS</sup>	0,0056 <sup>NS</sup>	0,0003 <sup>NS</sup>	0,0015 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	0,0002 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>	0,0042 <sup>NS</sup>	0,0075 <sup>*</sup>	0,0025 <sup>NS</sup>	0,0008 <sup>NS</sup>	0,0003 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	0,0019 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0014 <sup>NS</sup>	0,0012 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>
Blocos	3	0,0096 <sup>*</sup>	0,0047 <sup>NS</sup>	0,0009 <sup>NS</sup>	0,0033 <sup>NS</sup>	0,0012 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0002 <sup>NS</sup>
Resíduo	12	0,0022	0,00218	0,0016	0,0013	0,0018	0,0009	0,0010
CV(%)		11,10	13,75	12,12	11,83	20,75	27,82	3,58
Nível salino (N)		Médias (mm dia <sup>-1</sup> )						
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		0,48155	0,40478	0,33570	0,31668	0,25238	0,11965	0,31845
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		0,42918	0,35598	0,37263	0,37258	0,21488	0,12680	0,31200
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		0,43395	0,31608	0,33570	0,32145	0,18810	0,13333	0,28810
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		0,39285	0,31665	0,30653	0,27500	0,21073	0,08750	0,26489
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		0,38753	0,30418	0,30655	0,25833	0,16548	0,08510	0,25118
Média (mm dia <sup>-1</sup> )		0,42501	0,33953	0,33142	0,30881	0,20631	0,11048	0,28692

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 19** – Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCA DC) do pinhão-mansão em sete períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007

### 5.2.4 - Taxa de Crescimento Relativo do Diâmetro Caulinar (TCR DC)

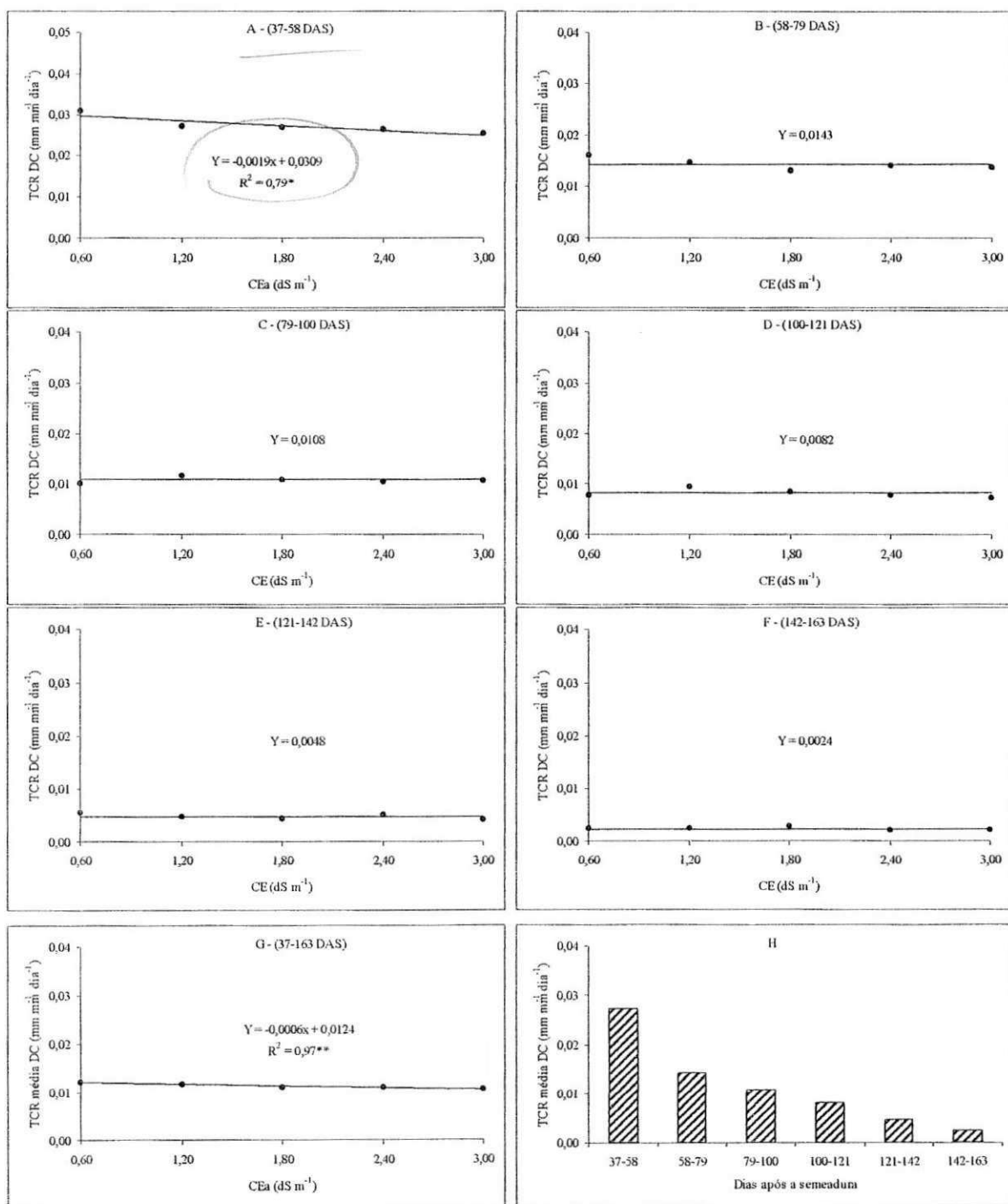
De acordo com os resultados da na Tabela 17, mesmo havendo significância estatística apenas no primeiro período (37-58 DAS), também se detectou, ao se analisar a TCR DC de todo o período (37-163 DAS), efeito linear significativo ( $P < 0,01$ ). Com base no modelo matemático apresentado na Figura 20A foram observados, no primeiro período, os seguintes decréscimos entre  $N_1$  e os demais tratamentos, 3,83, 7,66, 11,49 e 15,32%, enquanto para todo o período experimental (Figura 20G), os respectivos decréscimos foram 2,99, 5,98, 8,97 e 11,96%. Carneiro et al. (2007), da mesma forma como observaram em crescimento absoluto, o crescimento relativo do cajueiro em diâmetro foi reduzido linearmente com decréscimos que chegaram a 20,00% por incremento unitário da CEa, mais afetado portanto, que o pinhão-manso.

As taxas médias constatadas em cada período, estão apresentadas na Tabela 17 e, mediante observação da Figura 20H, verificam-se maiores taxas nas fases iniciais, decrescendo nas fases subseqüentes, notadamente do primeiro para o segundo período. Observa-se que a TCR do diâmetro caulinar resultou, em média,  $0,0113 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , decrescendo de 0,0274 a 0,0024  $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , ao longo do experimento.

**Tabela 17** – Resumos das análises de variância e médias para taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-manso em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142, 142-163 e 37-163 dias após a semeadura - DAS). Campina Grande, PB, 2007

F. Variação	GL	Quadrados Médios						
		37-58 DAS	58-79 DAS	79-100 DAS	100-121 DAS	121-142 DAS	142-163 DAS	37-163 DAS
N. Salino (N)	4	1,7E-05 <sup>NS</sup>	5,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	5,2E-07 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>**</sup>
R. linear	1	5,5E-05*	1,1E-05 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	6,0E-06 <sup>**</sup>
R. quadrática	1	7,0E-06 <sup>NS</sup>	6,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	4,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>
R. cúbica	1	6,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	2,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>
R. 4º grau	1	1,0E-06 <sup>NS</sup>	3,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	1,0E-06 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>
Blocos	3	8,0E-06 <sup>NS</sup>	1,7E-05*	2,0E-06 <sup>NS</sup>	4,0E-06 <sup>NS</sup>	3,1E-07 <sup>NS</sup>	1,8E-07 <sup>NS</sup>	3,4E-07 <sup>NS</sup>
Resíduo	12	8,0E-06	5,0E-06	2,0E-06	1,0E-06	8,3E-07	4,2E-07	1,5E-07
CV(%)		10,25	15,34	13,11	12,31	19,07	27,58	3,44
Nível salino (N)		Médias ( $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )						
$N_1$ (0,60 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,03085	0,01605	0,01013	0,00793	0,00548	0,00238	0,01213
$N_2$ (1,20 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,02710	0,01465	0,01168	0,00938	0,00468	0,00255	0,01170
$N_3$ (1,80 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,02705	0,01308	0,01090	0,00850	0,00433	0,00285	0,01110
$N_4$ (2,40 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,02638	0,01413	0,01053	0,00780	0,00520	0,00200	0,01100
$N_5$ (3,00 dS $\text{m}^{-1}$ )		0,02538	0,01375	0,01060	0,00735	0,00418	0,00203	0,01055
Média ( $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )		0,02735	0,01433	0,01077	0,00819	0,00477	0,00236	0,011296

(\*\*) Efeito significativo a 1% e (\*) a 5% de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F



**Figura 20** – Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCR DC) do pinhão-mansão em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 (F) e 37-163 dias após a semeadura – DAS (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e taxa média ao longo do tempo (H). Campina Grande, PB, 2007

### 5.2.5 - Fluorescência da Clorofila 'a' aos 109 e 159 DAS

As variáveis da fluorescência da clorofila foram avaliadas aos 109 (plantas em floração) e 159 DAS (plantas em floração, frutificação e maturação). De acordo com a Tabela 18, a salinidade da água de irrigação não exerceu qualquer influência sobre as variáveis da fluorescência da clorofila 'a'. Nota-se, nas Figuras 21 e 22, pouca variação entre os componentes da fluorescência entre os diferentes níveis de CEa, notadamente a eficiência quântica máxima do fotossistema II 'Fv/Fm' (Figura 21D e 22D); verificou-se, na primeira avaliação, média de 0,84, enquanto na segunda se observou 0,82. Em pesquisas com mamoneira, Cavalcanti et al. (2005b) concluíram que a eficiência quântica do fotossistema II não é influenciada pela salinidade da água, enquanto Rodrigues (2008) concluiu que não há danos fisiológicos ao aparelho fotossintético, decorrente dos baixos níveis de reposição da evapotranspiração.

Segundo Bolhàr-Nordenkamp et al. (1989), redução na eficiência quântica máxima do fotossistema II 'Fv/Fm', é indicio de injúrias na estrutura dos tilacóides; entretanto, se a relação estiver contida no intervalo 0,75 a 0,85, o aparelho fotossintético se mantém intacto, segundo os autores, sem qualquer dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII. A manutenção da relação Fv/Fm entre 0,80 e 0,85, como se verificou nesta pesquisa com o pinhão-manso (planta C3), é uma resposta positiva. Silva et al. (2006) observaram, em gramíneas forrageiras (plantas C4) submetidas a estresse hídrico, relação Fv/Fm abaixo de 0,75, indicando dano ao PSII.

Segundo Krause & Weiss (1991), condições extremas de estresse ambiental podem afetar os eventos nos tilacóides, interferindo na eficiência da fotossíntese e inativando o fotossistema II (P680) e a cadeia de transporte de elétrons que daria origem a ATP e NADPH<sub>2</sub>. Para Baker & Rosenqvist (2004), o aumento da fluorescência basal 'Fo', independe dos eventos fotoquímicos, reflete destruição do centro de reação do PSII (fotossistema II) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação. A ausência de efeitos sobre a Fo observada nesta pesquisa, reforça que o aparelho fotossintético do pinhão-manso não foi afetado pela salinidade da água de irrigação.

Rodrigues (2008), em pesquisa com a mamoneira sob estresse hídrico, observou que as variáveis fluorescência máxima (Fm) e variável (Fv), a eficiência quântica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) e a relação Fo/Fv foram afetadas linearmente com o incremento da reposição de água no solo; entretanto, o autor concluiu que não houve danos fisiológicos ao

aparelho fotossintético, uma vez que a relação  $F_v/F_m$  (rendimento máximo do fotossistema II – PII) esteve contida no intervalo 0,75 a 0,85, a exemplo desta pesquisa com pinhão-manso. Por outro lado, Silva et al. (2006) ao estudarem a eficiência fotoquímica em quatro espécies de gramíneas forrageiras (Plantas C4), observaram que, sempre que o déficit hídrico se acentuava com o decorrer dos dias, era evidente a redução nos valores de 'Fo', 'Fm' e 'Fv/Fm'.

Konrad et al. (2005) avaliaram o efeito do alumínio (Al) na fotossíntese de seis cultivares de cafeeiro e concluíram que este elemento causou queda em 'Fv/Fm' e aumento em 'Fo', indicando destruição da estrutura das membranas dos tilacóides.

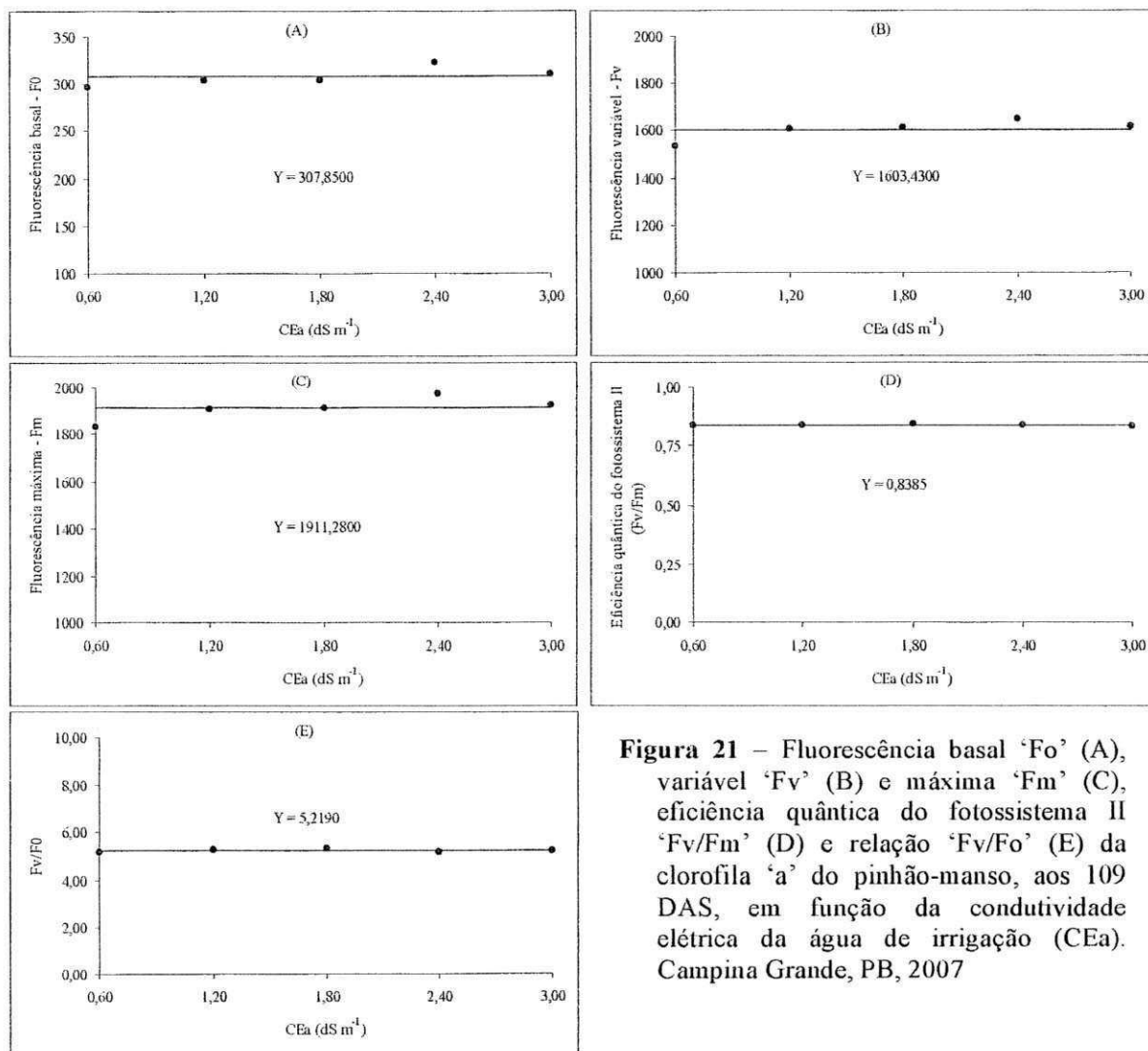
**Tabela 18** – Resumos das análises de variância e médias para fluorescência da clorofila (fluorescência basal – Fo; fluorescência variável – Fv; fluorescência máxima – Fm; eficiência quântica do fotossistema II – Fv/Fm; relação Fv/Fo) do pinhão-mansão aos 109 e 159 DAS. Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Fo 109 DAS	Fv 109 DAS	Fm 109 DAS	Fv/Fm 109 DAS	Fv/Fo 109 DAS
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	404,2000 <sup>NS</sup>	7068,5813 <sup>NS</sup>	10411,4188 <sup>NS</sup>	0,000033 <sup>NS</sup>	0,0191 <sup>NS</sup>
Regr. linear	1	864,9000 <sup>NS</sup>	16892,000 <sup>NS</sup>	25401,6000 <sup>NS</sup>	0,000023 <sup>NS</sup>	0,0014 <sup>NS</sup>
Regr. quadrática	1	114,2857 <sup>NS</sup>	8876,4464 <sup>NS</sup>	11116,4464 <sup>NS</sup>	0,000087 <sup>NS</sup>	0,0284 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	247,5062 <sup>NS</sup>	24,8062 <sup>NS</sup>	429,0250 <sup>NS</sup>	0,000003 <sup>NS</sup>	0,0319 <sup>NS</sup>
Regr. de 4º grau	1	390,1080 <sup>NS</sup>	2380,9723 <sup>NS</sup>	4698,6036 <sup>NS</sup>	0,000017 <sup>NS</sup>	0,0147 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	540,0833 <sup>NS</sup>	5958,1125 <sup>NS</sup>	4426,4125 <sup>NS</sup>	0,00026 <sup>NS</sup>	0,2713 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	320,6667	14753,9562	16291,7354	0,00011	0,1554
CV(%)		5,82	7,58	6,68	1,26	7,55
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias</b>				
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		297,0000	1534,8750	1831,8750	0,8375	5,1650
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		304,3750	1605,6250	1910,0000	0,8400	5,2750
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		303,6250	1611,2500	1914,8750	0,8425	5,3075
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		323,6250	1649,8750	1973,5000	0,8375	5,1500
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		310,6250	1615,5000	1926,1250	0,8350	5,1975
<b>Média</b>		307,8500	1603,4250	1911,2750	0,8385	5,2190

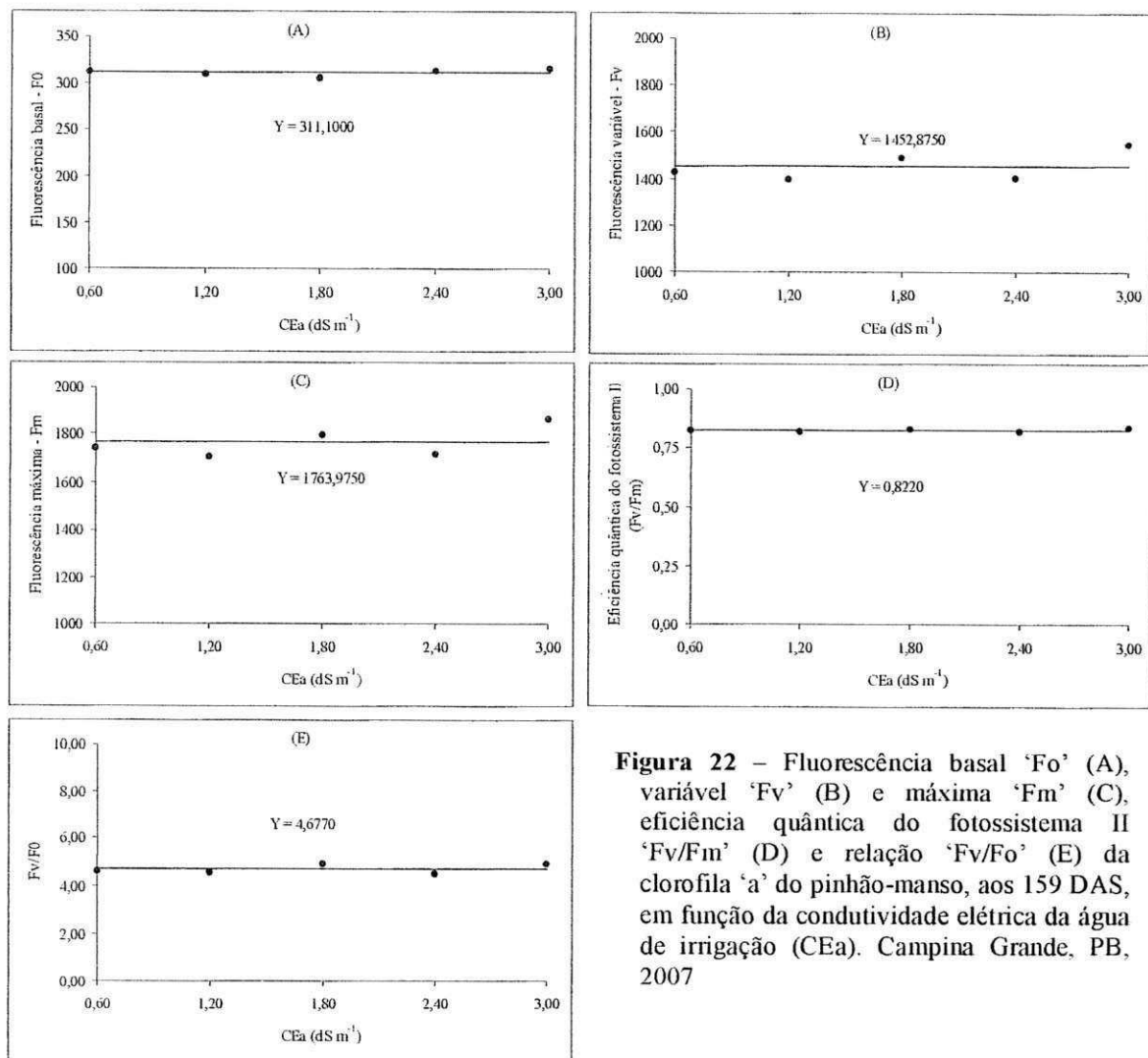
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Fo 159 DAS	Fv 159 DAS	Fm 159 DAS	Fv/Fm 159 DAS	Fv/Fo 159 DAS
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	63,8562 <sup>NS</sup>	16302,2813 <sup>NS</sup>	11717,1687 <sup>NS</sup>	0,00017 <sup>NS</sup>	0,1679 <sup>NS</sup>
Regr. linear	1	58,8062 <sup>NS</sup>	23401,4062 <sup>NS</sup>	5806,4000 <sup>NS</sup>	0,00020 <sup>NS</sup>	0,1369 <sup>NS</sup>
Regr. quadrática	1	130,5402 <sup>NS</sup>	12480,2187 <sup>NS</sup>	10152,0714 <sup>NS</sup>	0,00005 <sup>NS</sup>	0,0098 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	5,2562 <sup>NS</sup>	8550,1562 <sup>NS</sup>	3763,6000 <sup>NS</sup>	0,00001 <sup>NS</sup>	0,0697 <sup>NS</sup>
Regr. de 4º grau	1	60,8223 <sup>NS</sup>	20777,3437 <sup>NS</sup>	27146,6036 <sup>NS</sup>	0,00041 <sup>NS</sup>	0,4552 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	84,3333 <sup>NS</sup>	6586,4792 <sup>NS</sup>	6356,9792 <sup>NS</sup>	0,00016 <sup>NS</sup>	0,1033 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	116,0312	5453,2396	4878,5104	0,00011	0,1140 <sup>NS</sup>
CV(%)		3,46	5,08	3,96	1,30	7,22
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias</b>				
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		311,6250	1428,6250	1740,2500	0,8200	4,5850
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		309,5000	1395,6250	1705,1250	0,8150	4,5275
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		305,2500	1490,8750	1796,1250	0,8275	4,8925
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		313,3750	1403,7500	1717,1250	0,8175	4,4775
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		315,7500	1545,5000	1861,2500	0,8300	4,9025
<b>Média</b>		311,1000	1452,8750	1763,9750	0,8220	4,6770

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 21** – Fluorescência basal ‘Fo’ (A), variável ‘Fv’ (B) e máxima ‘Fm’ (C), eficiência quântica do fotossistema II ‘Fv/Fm’ (D) e relação ‘Fv/Fo’ (E) da clorofila ‘a’ do pinhão-mansão, aos 109 DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007





**Figura 22** – Fluorescência basal 'Fo' (A), variável 'Fv' (B) e máxima 'Fm' (C), eficiência quântica do fotossistema II 'Fv/Fm' (D) e relação 'Fv/Fo' (E) da clorofila 'a' do pinhão-mansão, aos 159 DAS, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.3. – Variáveis de Produção

#### 5.3.1 - Emissão das Primeiras Inflorescências

Ao se observar os resultados apresentados na Tabela 19, deduz-se que a salinidade da água de irrigação não afetou o início da floração do pinhão-mansão; nota-se, porém, efeito linear significativo dos níveis salinos ( $P < 0,05$ ) sobre o período da emissão da 3ª inflorescência. Mediante o uso da equação linear presente na Figura 23C, conclui-se que houve atraso de cerca de 8 dias na emissão da terceira inflorescência nas plantas irrigadas com água de CE de  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação às plantas irrigadas com água de CE de  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ . Em contraste com esta pesquisa, Silva (2004) verificou, em mamoneira, atraso no início da floração com o aumento da

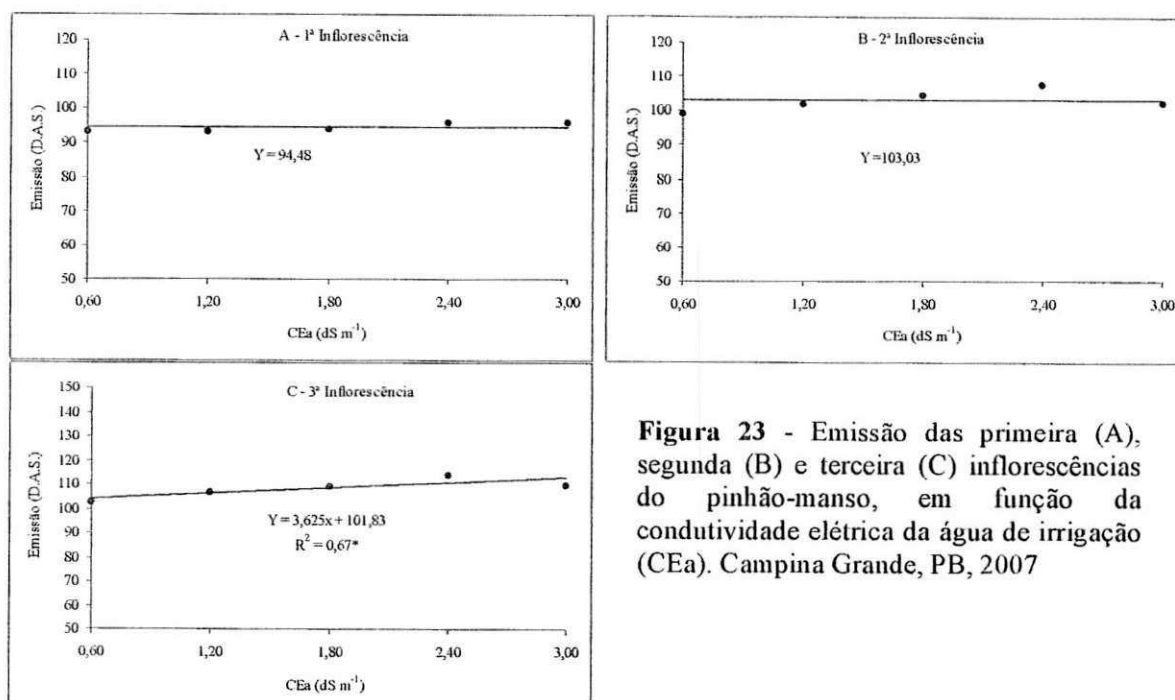
CEa e diferença significativa entre as cultivares estudadas. Rodrigues (2000), em pesquisa com arroz inundado, também notou atraso médio de 11 dias no início da floração das plantas irrigadas com água de CE de 5,00 dS m<sup>-1</sup> em relação às plantas irrigadas com 1,00 dS m<sup>-1</sup>. Em recente pesquisa com a mamoneira sob estresse hídrico, Rodrigues (2008) observou atraso de 10 dias no início da floração, ocorrendo aos 72 e 82 dias nas plantas irrigadas com 120 e 60% da evapotranspiração.

Pela Tabela 19, as três inflorescências iniciais surgiram, em média, aos 94, 103 e 108 dias após a semeadura; portanto, o tempo decorrido entre a primeira e a segunda inflorescência (9 dias) foi mais longo que o tempo entre esta e a terceira inflorescência (5 dias). Em análise mais detalhada da Figura 23, as plantas irrigadas com nível salino mais alto (3,00 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao nível imediatamente inferior (2,40 dS m<sup>-1</sup>) emitiram inflorescências na mesma época (Figura 23A) ou mais cedo (Figura 23B e 23C).

**Tabela 19** - Resumos das análises de variância e médias para a emissão das primeira, segunda e terceira inflorescências do pinhão-manso. Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		1ª inflorescência	2ª inflorescência	3ª inflorescência
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	8,2312 <sup>NS</sup>	41,6062 <sup>NS</sup>	70,3562 <sup>NS</sup>
Regressão linear	1	29,7562 <sup>NS</sup>	54,0562 <sup>NS</sup>	<b>189,2250*</b>
Regressão quadrática	1	0,5402 <sup>NS</sup>	76,6116 <sup>NS</sup>	52,0714 <sup>NS</sup>
Regressão cúbica	1	2,0250 <sup>NS</sup>	31,5062 <sup>NS</sup>	24,8062 <sup>NS</sup>
Regressão 4º grau	1	0,6036 <sup>NS</sup>	4,2509 <sup>NS</sup>	15,3223 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>68,2792*</b>	<b>81,3125*</b>	<b>131,2500*</b>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	14,5396	18,7396	31,5312
CV(%)		4,04	4,20	5,18
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias (D.A.S.)</b>		
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		93,1250	99,1250	102,6250
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		93,2500	101,7500	106,5000
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		94,0000	104,6250	108,8750
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		95,8750	107,6250	114,0000
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		96,1250	102,0000	109,7500
<b>Média (D.A.S.)</b>		94,4750	103,0250	108,3500

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 23** - Emissão das primeira (A), segunda (B) e terceira (C) inflorescências do pinhão-manso, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.3.2 - Componentes do Primeiro Cacho

Apresenta-se, na Tabela 20, os resumos das análises estatísticas dos componentes do primeiro cacho, incluindo-se o início da floração, variável discutida no subitem anterior. Observa-se que, de maneira geral, a salinidade da água de irrigação não afetou os componentes do primeiro cacho do pinhão-manso, exceção feita para o início da frutificação e para o período que decorre entre o início da floração e o início da frutificação; portanto, a salinidade da água de irrigação não afetou a fenologia do pinhão-manso.

Com base na equação contida na Figura 24A, deu-se atraso de 9 dias entre o início da frutificação nas plantas irrigadas com água de  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$  ( $\cong 137$  dias) em relação às plantas irrigadas com  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$  ( $\cong 128$  dias). Os dados do período compreendido entre o início e o final da frutificação se ajustaram melhor à regressão quadrática (Tabela 20) e, segundo a equação apresentada na Figura 24B, o ponto de máximo ocorre com  $2,30 \text{ dS m}^{-1}$ , que resulta no período de 40 dias.

Com base nas médias contidas na Tabela 20 e plotadas na Figura 24A, o início da floração e da frutificação ocorreu, em média, por volta dos 94 e 132 dias após a semeadura, respectivamente, resultando no intervalo médio de 38 dias; o início da maturação se deu, em

média, aos 169 DAS, enquanto o final ocorreu aos 180 DAS (Figura 24C), ou seja, dentro de 11 dias, em média, ocorreu o amadurecimento do primeiro cacho (Figura 24D), considerado quando a casca do fruto se encontrava completamente amarela.

Quanto ao número de frutos do primeiro cacho, observou-se pequena variação entre os tratamentos, variando entre 14 e 17 frutos (Tabela 20); tal comportamento está bem ilustrado na Figura 24E, na qual se verifica que o primeiro cacho produziu, em média, cerca de 15 frutos; através da Figura 24E e 24F, deduz-se que o número de frutos, as biomassas de frutos, das cascas e das sementes, não foram afetados pela condutividade elétrica da água de irrigação notando-se, inclusive, incremento dessas variáveis até o nível de  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ ; tem-se, também, que os efeitos de  $N_4$  ( $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ ) foram semelhantes aos observados com  $N_1$  ( $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ); portanto, os principais componentes do primeiro cacho não foram afetados quando irrigados com água de  $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ .

Ainda mediante análise da Tabela 20 e Figura 24F, deduz-se que a biomassa de frutos do primeiro cacho resultou em  $35,50 \text{ g}$  em média, sendo aproximadamente,  $29,60\%$  de casca ( $10,50 \text{ g}$ ) e  $70,40\%$  de semente ( $25,00 \text{ g}$ ).

Para Arruda et al., (2004), o início da produção do pinhão-manso é por volta do décimo mês após o plantio mas, a produção só atinge a plenitude por volta do terceiro ou quarto ano, podendo chegar aos 40 anos de idade produzindo. Segundo Sartunino et al. (2005), as sementes têm de 32 a 40% de casca e de 55 a 66% de amêndoa.

**Tabela 20** – Resumos das análises de variância e médias para os componentes do primeiro cacho do pinhão-mansão, Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios									
		Início Floração	Início Frutificação	Floração- Frutificação.	Início Maturação	Final Maturação	Duração Maturação	Nº Frutos	Peso Frutos	Peso Cascas	Peso Sementes
Nível salino (N)	4	8,2312 <sup>NS</sup>	63,0812 <sup>NS</sup>	<b>34,3938*</b>	35,0500 <sup>NS</sup>	53,2625 <sup>NS</sup>	12,6687 <sup>NS</sup>	3,8875 <sup>NS</sup>	52,4679 <sup>NS</sup>	3,3748 <sup>NS</sup>	29,7327 <sup>NS</sup>
Regr. linear	1	29,7562 <sup>NS</sup>	<b>213,9062*</b>	<b>84,1000**</b>	108,9000 <sup>NS</sup>	166,0562 <sup>NS</sup>	6,0062 <sup>NS</sup>	0,2250 <sup>NS</sup>	50,4564 <sup>NS</sup>	5,0162 <sup>NS</sup>	23,6544 <sup>NS</sup>
Regr. quadrática	1	0,5402 <sup>NS</sup>	33,7902 <sup>NS</sup>	<b>42,8750*</b>	25,7857 <sup>NS</sup>	0,2188 <sup>NS</sup>	21,2545 <sup>NS</sup>	11,1607 <sup>NS</sup>	126,9468 <sup>NS</sup>	7,5448 <sup>NS</sup>	72,5973 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	2,0250 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	2,0250 <sup>NS</sup>	0,7562 <sup>NS</sup>	25,6000 <sup>NS</sup>	17,5562 <sup>NS</sup>	1,0562 <sup>NS</sup>	6,8890 <sup>NS</sup>	0,0529 <sup>NS</sup>	5,7343 <sup>NS</sup>
Regr. 4º grau	1	0,6036 <sup>NS</sup>	4,6286 <sup>NS</sup>	8,5750 <sup>NS</sup>	4,7580 <sup>NS</sup>	21,1750 <sup>NS</sup>	5,8580 <sup>NS</sup>	3,1085 <sup>NS</sup>	25,5794 <sup>NS</sup>	0,8854 <sup>NS</sup>	16,9469 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>68,2792*</b>	97,6333 <sup>NS</sup>	14,2458 <sup>NS</sup>	<b>89,5125*</b>	84,300 <sup>NS</sup>	7,4125 <sup>NS</sup>	24,6125 <sup>NS</sup>	130,2952 <sup>NS</sup>	11,1803 <sup>NS</sup>	65,3239 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	14,5396	31,7896	6,6937	32,5333	48,8625	12,1104	11,6542	49,7546	5,0279	23,9132
CV(%)		4,04	4,26	6,84	3,37	3,87	31,00	22,42	19,89	21,36	19,59

Nível salino (N)	Médias									
	D.A.S.		...dias...		D.A.S.		...dias...		--	.....g.....
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )	93,1250	126,2500	33,1250	164,2500	175,1250	10,8750	14,1250	34,5788	10,4900	24,0888
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )	93,2500	130,2500	37,0000	169,0000	181,1250	12,1250	15,5000	37,7063	11,0650	26,6413
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )	94,0000	134,6250	40,6250	169,7500	178,8750	9,1250	16,7500	40,2813	11,5675	28,7138
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )	95,8750	134,8750	39,0000	171,7500	182,0000	10,2500	15,0000	33,8000	10,2113	23,5888
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )	96,1250	135,5000	39,3750	171,1250	184,8750	13,7500	14,7500	30,9163	9,1463	21,7700
<b>Média</b>	94,4750	132,3000	37,8250	169,1750	180,4000	11,2250	15,2250	35,4565	10,4960	24,9605

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

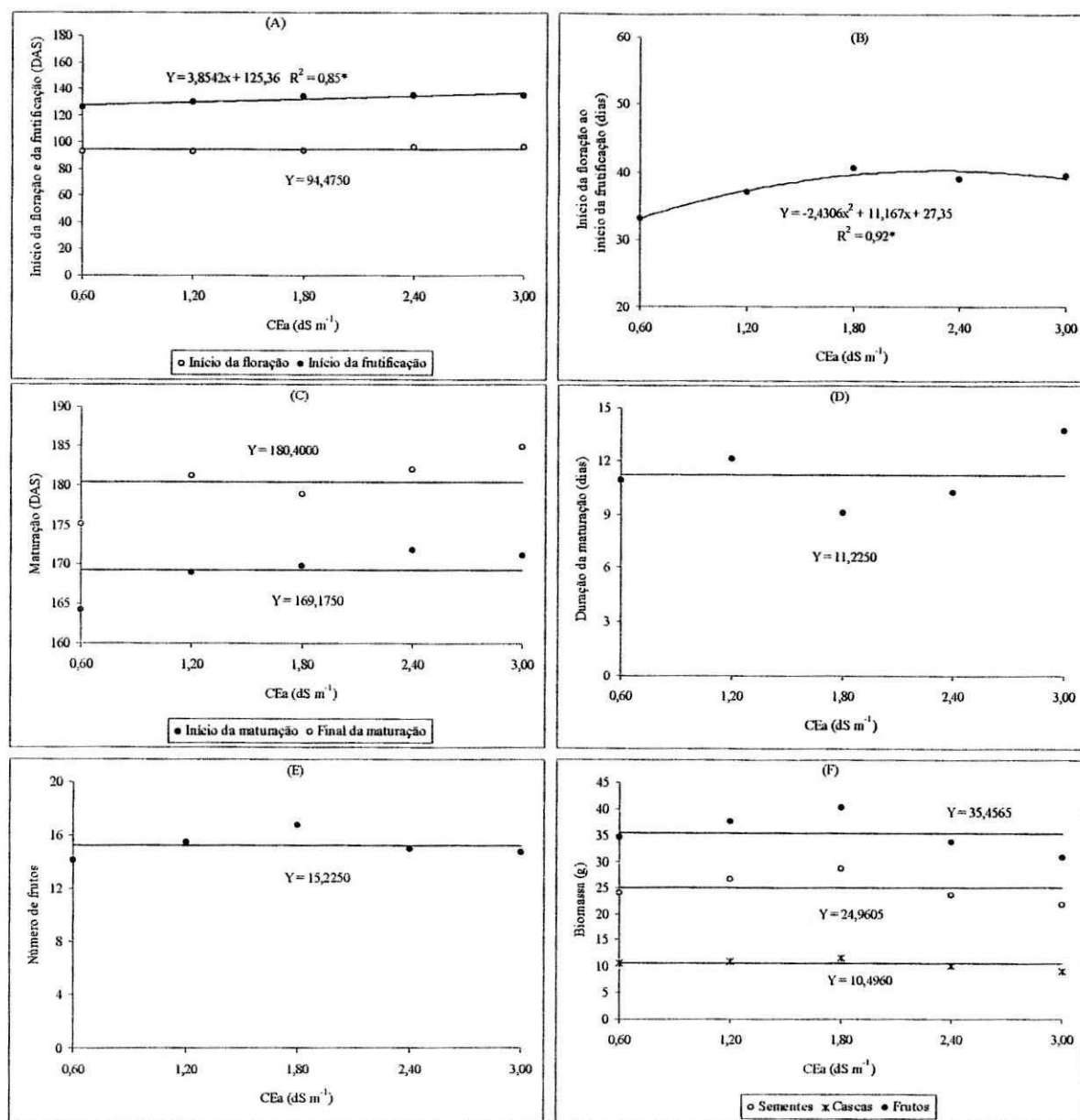


Figura 24 – Componentes do primeiro cacho do pinhão-mansão, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.3.3 - Componentes de Produção

Com base nos resumos das análises de variância, apresentados na Tabela 21 e embora não havendo significância dos níveis salinos sobre os componentes de produção do pinhão-mansão verificaram-se, mediante decomposição dos graus de liberdade, efeitos significativos sobre o número de cachos e sobre o total de frutos por planta, avaliados aos 200 dias após o plantio. Por

outro lado, pelas estimativas das médias se observa que até o nível de  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$  foi pouca a variação, tanto no número de cachos (média de 10,67 até este nível) como no total de frutos produzidos por planta (média de 91,38), razão por que se optou pela curva segmentada. Pelos resultados obtidos para essas variáveis,  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ , pode ser considerada a salinidade limiar da água de irrigação, uma vez que CE maiores contribuíram decisivamente para a queda de produção. Mediante análise da Figura 25A e 25B, em termos de rendimento relativo, acima do limiar ( $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ ), o número médio de cachos e o número de frutos por planta foram reduzidos linearmente, 30,86 e 36,59 respectivamente, para cada incremento unitário da CEa.

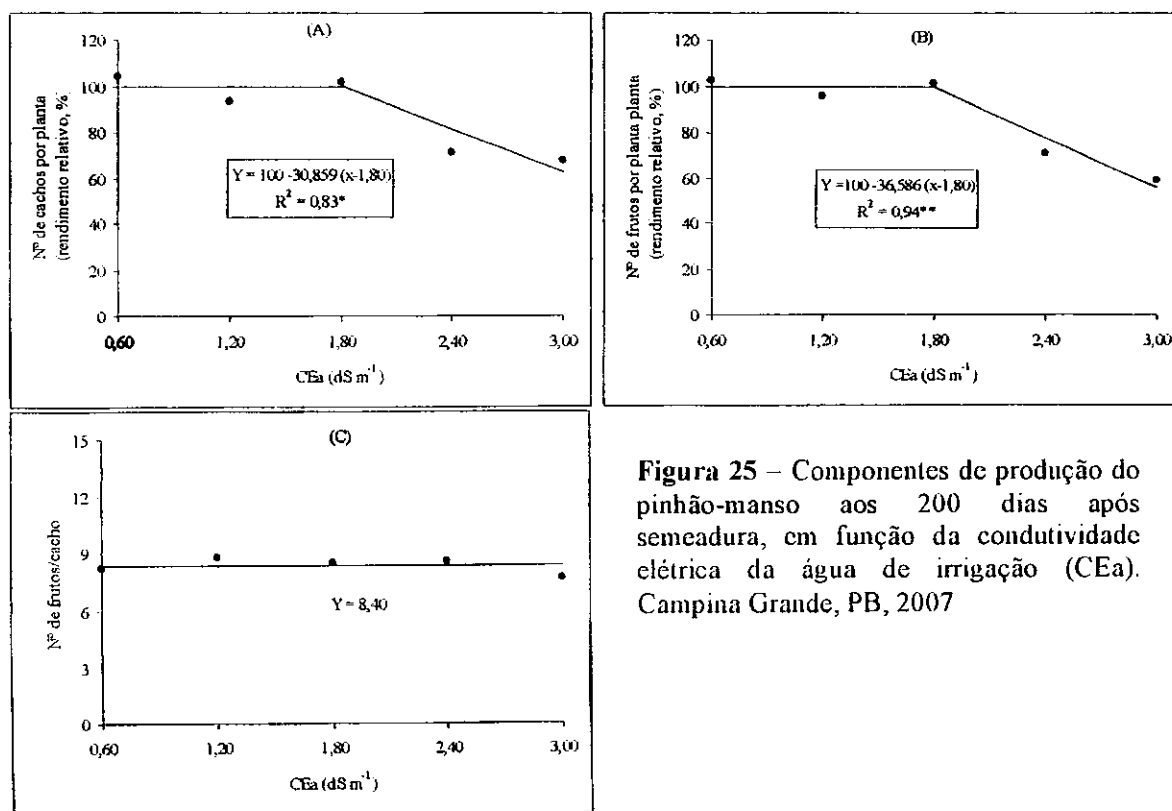
Segundo Larcher (2000) e Munns (2002), plantas irrigadas com águas salinas têm a área destinada à produção de fotoassimilados limitada, redução da área foliar, como foi verificado nesta pesquisa.

As plantas de pinhão-manso produziram cachos contendo 8,4 frutos, sem serem afetadas pela salinidade da água de irrigação, ocorrendo pouca variação entre os tratamentos (Figura 25C). Ao se confrontar o número médio de frutos do primeiro cacho (15,23 frutos), variável já discutida, verifica-se que o cacho de primeira ordem é muito mais produtivo. Por outro lado, Silva (2004) observou sensibilidade da mamoneira ao registrar redução do número de frutos por cacho com o incremento da CEa; inclusive, a cultivar BRS Paraguaçu não chegou a frutificar quando irrigada com água de  $4,70 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Tabela 21** – Resumos das análises de variância e médias para os componentes de produção do pinhão-mansó (número de cachos, total de frutos e número de frutos por cacho) aos 200 dias após a semeadura - DAS. Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Nº Cachos	Total de Frutos	Nº Frutos/Cacho
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	13,2812 <sup>NS</sup>	1299,6250 <sup>NS</sup>	0,7963 <sup>NS</sup>
Regressão linear	1	41,0063*	4141,2250**	0,7023 <sup>NS</sup>
Regressão quadrática	1	1,9688 <sup>NS</sup>	540,6429 <sup>NS</sup>	2,1216 <sup>NS</sup>
Regressão cúbica	1	0,3063 <sup>NS</sup>	14,4000 <sup>NS</sup>	0,0040 <sup>NS</sup>
Regressão de 4º grau	1	9,8438 <sup>NS</sup>	502,2321 <sup>NS</sup>	0,357 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	14,8125 <sup>NS</sup>	1320,5458 <sup>NS</sup>	1,2893 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	4,5312	441,2750	1,0623
CV(%)		22,71	26,72	12,27
<b>Nível salino (N)</b>			<b>Médias</b>	
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		11,1250	93,5000	8,2500
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		10,0000	87,7500	8,8500
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		10,8750	92,8750	8,5750
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		7,6250	65,0000	8,6250
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		7,2500	54,0000	7,7000
<b>Média</b>		9,3750	78,6250	8,4000

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 25** – Componentes de produção do pinhão-mansó aos 200 dias após semeadura, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007



## 5.4 – Variáveis do Balanço Hídrico

### 5.4.1 - Consumo de Água (C.A.)

Apresenta-se, na Tabela 22, os resumos das análises de variância para o consumo de água pelo pinhão-manso, calculado a partir do balanço hídrico (Eq. 11, em Material e Métodos). Verificaram-se efeitos significativos lineares ocorrendo reduções no consumo de água com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 26); pelos coeficientes angulares das equações lineares, os decréscimos por incremento unitário da CEa variaram entre 0,60 litros de água no primeiro período (37-58 DAS) a 16,75 litros no último período (142-163 DAS). Conforme as equações apresentadas na Figura 26 verificaram-se, entre os níveis  $N_1$  e  $N_5$ , os seguintes decréscimos, 7,23, 12,14, 22,32, 49,03, 53,52 e 59,45% para os seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142 e 142-163 DAS), sucessivamente, resultados que evidenciam que o aumento da salinidade causa redução do consumo de água pelas plantas, sendo uma das causas o aumento da pressão osmótica (redução do potencial osmótico), condicionando a redução do crescimento; em outras palavras, a influência significativa da salinidade da água de irrigação sobre o consumo de água está relacionada à redução do potencial osmótico da solução do solo (torna-se mais negativo), causado pelo aumento da concentração de sais solúveis, resultando em diminuição da absorção de água pela planta (seca fisiológica).

Cavalcanti et al. (2005b), verificaram que a cada incremento unitário da CEa, a mamoneira diminuiu o seu consumo em 1,90 L, até os 80 dias após a germinação. Nesta pesquisa, se observou, no período 58-79 DAS, redução de 1,05 L por unidade CEa, denotando menor sensibilidade do pinhão-manso em relação à mamoneira. Com incremento da salinidade, o potencial total de energia da água no solo se torna cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá maior dificuldade para absorvê-la, apesar da sua presença no solo (AYERS & WESTCOT, 1999). Pesquisando cultivares de mamoneira e de amendoim em ambiente protegido, Silva (2004) e Correia (2005), respectivamente, também concluíram que o consumo de água decresceu progressivamente com o aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

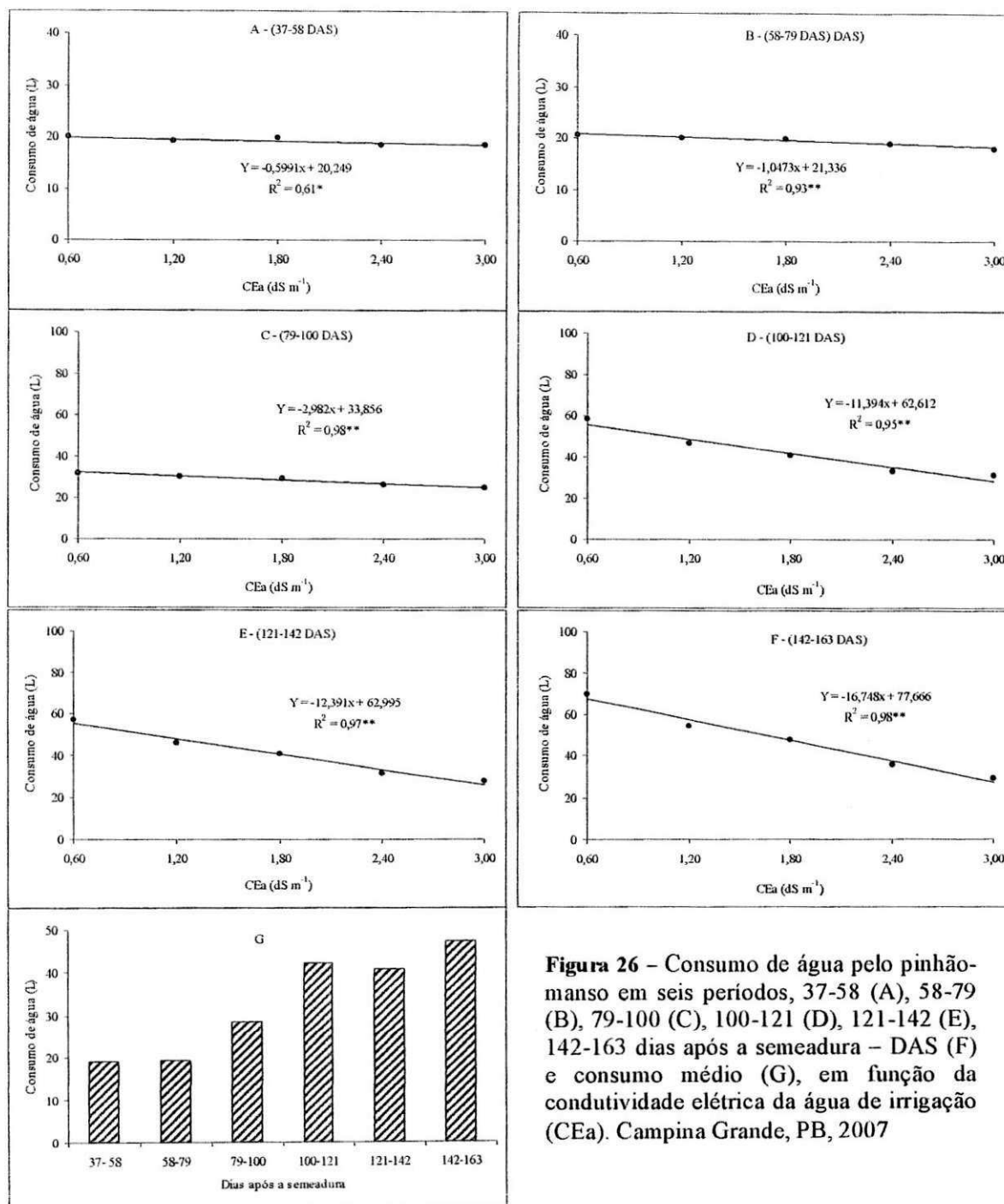
Na Tabela 22 se encontra o consumo médio em cada período, o qual está ilustrado na Figura 26G; observa-se que o consumo de água nos dois períodos iniciais é muito parecido (pouco mais de 19 litros por planta); nos períodos subseqüentes ocorre aumento do consumo, em virtude da fenologia da planta, atingindo aproximadamente 47,5 litros no último período, o que

representa cerca de 2,26 L/dia/planta. Do período 100-121 DAS para o período 121-142 DAS (06 a 27 de agosto de 2007) nota-se pequena redução devido, em parte, às menores temperaturas registradas neste período (Figura 2).

**Tabela 22** – Resumos das análises de variância e médias para o consumo de água (C.A.) pelo pinhão-manso em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142 e 142-163 dias após a semeadura – DAS). Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios do C.A.					
		37-58	58-79	79-100	100-121	121-142	142-163
Nível salino (N)	4	2,1337 <sup>NS</sup>	4,2420*	32,6894**	491,2231**	567,5338**	1033,0301**
Regr. linear	1	5,1689*	15,7955**	128,0495**	1964,3452**	2269,3673**	4130,3147**
Regr. quadrática	1	0,0225 <sup>NS</sup>	0,8233 <sup>NS</sup>	1,0836 <sup>NS</sup>	0,1379 <sup>NS</sup>	0,4051 <sup>NS</sup>	0,8344 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	0,0117 <sup>NS</sup>	0,0822 <sup>NS</sup>	0,6543 <sup>NS</sup>	0,2316 <sup>NS</sup>	0,0146 <sup>NS</sup>	0,1148 <sup>NS</sup>
Regr. 4º grau.	1	3,3317 <sup>NS</sup>	0,2669 <sup>NS</sup>	0,9702 <sup>NS</sup>	0,1776 <sup>NS</sup>	0,3484 <sup>NS</sup>	0,8565 <sup>NS</sup>
Blocos	3	3,6796*	4,2855*	2,1793 <sup>NS</sup>	1,3826 <sup>NS</sup>	0,1230 <sup>NS</sup>	0,4412 <sup>NS</sup>
Resíduo	12	0,7432	0,8061	0,7993	0,4023	0,3831	0,8241
CV(%)		4,50	4,62	3,14	1,51	1,52	1,91
Nível salino (N)		Médias de C.A. (L)					
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		19,94150	20,54150	31,72000	58,50275	57,44375	70,27400
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		19,14800	19,98650	30,43750	46,76200	46,10950	54,48500
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		19,86525	19,87875	29,12025	40,85025	40,92200	47,67425
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		18,36075	18,91100	26,34750	33,39400	31,31725	35,78350
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		18,53775	17,93725	24,81900	31,00575	27,66800	29,38150
Média (L)		19,1707	19,4510	28,4889	42,1030	40,6921	47,5197

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 26** – Consumo de água pelo pinhão-manso em seis períodos, 37-58 (A), 58-79 (B), 79-100 (C), 100-121 (D), 121-142 (E), 142-163 dias após a semeadura – DAS (F) e consumo médio (G), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

#### 5.4.2 - Evapotranspiração da Cultura (ETc)

Os resumos das análises de variância e médias da ETc estão contidos na Tabela 23, ocorrendo efeito linear significativo da salinidade nos seis períodos. As taxas de evapotranspiração da cultura (calculadas a partir da Eq. 12) diminuíram, proporcional e

linearmente, com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 27 A, B, C, D, E, F); os decréscimos verificados entre  $N_1$  e  $N_5$  (em função dos modelos matemáticos), nos sucessivos períodos de avaliação, foram 7,22, 12,14, 22,32, 49,03, 53,52, e 59,44%, respectivamente; portanto, os efeitos se foram intensificando ao longo do tempo. Com base nos coeficientes angulares das equações contidas na Figura 27, houve redução de 0,10 a 2,88 mm dia<sup>-1</sup> dS m<sup>-1</sup>.

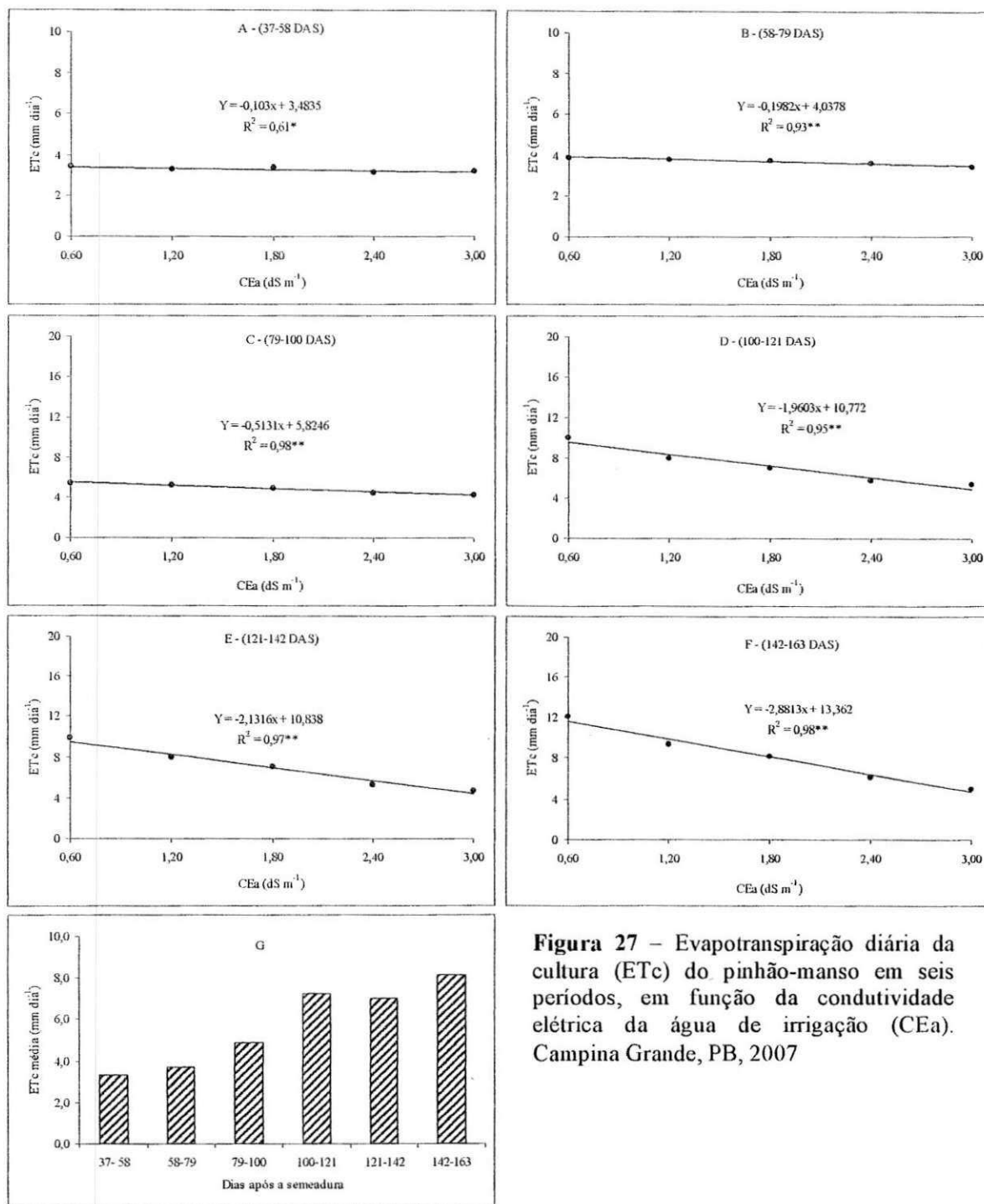
Nota-se, na Figura 27G, que a intensidade da evapotranspiração aumenta com a idade da planta (crescimento e desenvolvimento) e que a taxa média diária variou entre 3,30 mm (no primeiro período) a 8,17 mm (no último período), com média geral de 5,72 mm dia<sup>-1</sup>, denotando baixo consumo de água, mesmo em ambiente protegido, em que a demanda atmosférica é mais intensa. Pela mesma razão que o consumo de água diminuiu no penúltimo período (121-142 DAS), em relação ao período anterior, fato anteriormente discutido, também se verificou o mesmo comportamento para a ETc.

Vê-se claramente, que o estresse salino influenciou na extração da água do solo pelas raízes, na evapotranspiração e, conseqüentemente, nas diversas variáveis anteriormente discutidas. Rodrigues (2008), em estudo de estresse hídrico com a mamoneira em ambiente protegido, registrou taxas maiores, que oscilaram entre 5,00 e 17,00 mm dia<sup>-1</sup>. Salienta-se que nesta pesquisa se registrou maior área foliar do pinhão-mansão (subitem 5.1.4) em relação à mamoneira que chegou, em média, a 1,60 m<sup>2</sup>/planta, segundo o último autor; deduz-se, daí, que o pinhão-mansão cresce e se desenvolve com menor consumo de água, se comparado com a mamoneira.

**Tabela 23** – Resumos das análises de variância e médias para a evapotranspiração da cultura (ETc) do pinhão-mansão em seis períodos (37-58, 58-79, 79-100, 100-121, 121-142 e 142-163 dias após a semeadura – DAS). Campina Grande, PB, 2007

F. de Variação	GL	Quadrados Médios da ETc					
		37-58	58-79	79-100	100-121	121-142	142-163
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	0,0631 <sup>NS</sup>	<b>0,1520*</b>	<b>0,9678**</b>	<b>14,5404**</b>	<b>16,7966**</b>	<b>30,5743**</b>
Regr. linear	1	<b>0,1528*</b>	<b>0,5660**</b>	<b>3,7909**</b>	<b>58,1532**</b>	<b>67,1611**</b>	<b>122,2431**</b>
Regr. quadrática	1	0,0007 <sup>NS</sup>	0,0296 <sup>NS</sup>	0,0322 <sup>NS</sup>	0,0006 <sup>NS</sup>	0,0144 <sup>NS</sup>	0,0259 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0030 <sup>NS</sup>	0,0193 <sup>NS</sup>	0,0068 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>NS</sup>	0,0034 <sup>NS</sup>
Regr. 4º grau	1	0,0987 <sup>NS</sup>	0,0096 <sup>NS</sup>	0,0287 <sup>NS</sup>	0,0011 <sup>NS</sup>	0,0104 <sup>NS</sup>	0,0250 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>0,1089*</b>	<b>0,1536*</b>	0,0646 <sup>NS</sup>	0,0410 <sup>NS</sup>	0,0037 <sup>NS</sup>	0,0131 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	0,0220	0,0289	0,0236	0,0119	0,0113	0,0244
CV(%)		4,50	4,62	3,14	1,51	1,52	1,91
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias da ETc (mm dia<sup>-1</sup>)</b>					
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		3,4305	3,8873	5,4570	10,0650	9,8825	12,0898
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		3,2943	3,7823	5,2363	8,0450	7,9328	9,3740
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		3,4178	3,7620	5,0098	7,0280	7,0400	8,2018
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		3,1588	3,5788	4,5328	5,7450	5,3880	6,1560
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		3,1893	3,3943	4,2695	5,3343	4,7600	5,0550
<b>Média da ETc (mm dia<sup>-1</sup>)</b>		3,2981	3,6809	4,9011	7,2435	7,0007	8,1753

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 27** – Evapotranspiração diária da cultura (ETc) do pinhão-manso em seis períodos, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

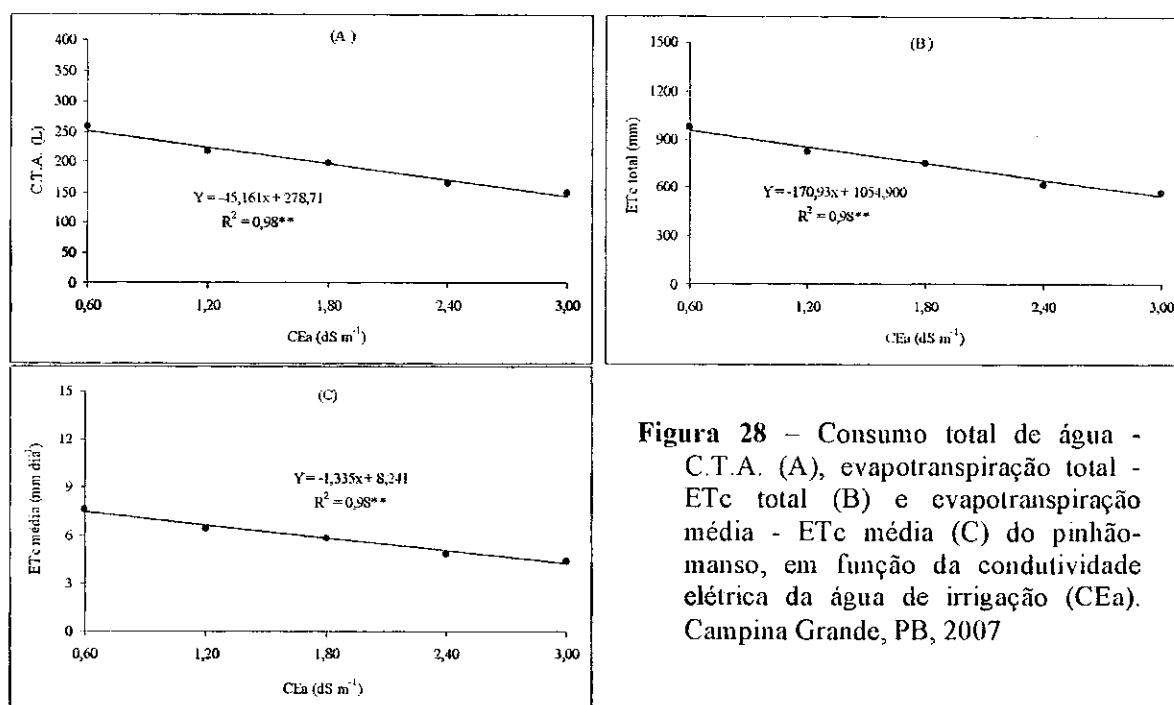
### 5.4.3 - Consumo Total de Água (C.T.A.), Evapotranspiração Total da Cultura (ETc total) e Evapotranspiração Média (ETc média)

Os resumos das análises de variância das variáveis C.T.A., ETc total e ETc média, estão apresentados na Tabela 24. Essas variáveis foram afetadas pela salinidade da água de irrigação, a nível de 0,01 de probabilidade, com reduções lineares (Figura 28 A, B, C). Com base nas equações matemáticas verificou-se decréscimo de 43,10% sobre o C.T.A., ETc total e ETc média das plantas de pinhão-mansão irrigadas com água de 3,00 dS m<sup>-1</sup> em relação àquelas irrigadas com água de 0,60 dS m<sup>-1</sup>, efeito que corresponde a uma redução de aproximadamente 18,0% para cada incremento na unidade de condutividade elétrica; tal como para os coeficientes angulares, houve redução de 45 litros de água (Figura 28A), 171 mm de água (Figura 28B) e 1,34 mm dia<sup>-1</sup> de água por planta por deciSiemens (Figura 28C). Verificou-se que a redução do consumo de água está correlacionada com os decréscimos do número de folhas e da área foliar, variáveis também afetadas linearmente pela salinidade da água. Devido ao efeito osmótico que reduz a água disponível, a planta teve dificuldade em absorver água salina, apesar desta estar presente no solo.

**Tabela 24** – Resumos das análises de variância e médias para consumo total de água (C.T.A.), evapotranspiração total da cultura (ETc Total), evapotranspiração média (ETc média) do pinhão-mansão, entre 37 e 163 DAS (128 dias). Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		C.T.A.	ETc Total	ETc média
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	<b>7522,9690**</b>	<b>107769,2607**</b>	<b>6,5760**</b>
Regr. linear	1	<b>30068,7041**</b>	<b>430917,5300**</b>	<b>26,2940**</b>
Regr. quadrática	1	10,0131 <sup>NS</sup>	73,2545 <sup>NS</sup>	0,0016 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	4,7465 <sup>NS</sup>	67,9645 <sup>NS</sup>	0,0044 <sup>NS</sup>
Regr. 4º grau	1	8,4124 <sup>NS</sup>	18,2940 <sup>NS</sup>	0,0041 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>31,8113*</b>	<b>455,5945*</b>	<b>0,0272*</b>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	6,7564	96,7619	0,0056
CV(%)		1,32	1,32	1,28
		Médias		
<b>Nível salino (N)</b>		L	mm	mm dia <sup>-1</sup>
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		258,4228	978,0950	7,6425
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		216,9278	821,0425	6,4125
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		198,3095	750,5750	5,8650
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		164,1128	621,1425	4,8525
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		149,3480	565,2600	4,4175
<b>Média</b>		197,4242	747,2230	5,8380

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 28** – Consumo total de água - C.T.A. (A), evapotranspiração total - ETC total (B) e evapotranspiração média - ETC média (C) do pinhão-mansão, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.5 – Fenologia e Coeficiente de Cultivo (kc)

Os resultados obtidos para a fenologia e coeficiente de cultivo do pinhão-mansão estão apresentados na Tabela 25 e ilustrados na Figura 29. Notam-se altos valores de coeficiente de cultura devido à elevada demanda climática em ambiente protegido, condição que favorece a maior evapotranspiração do sistema solo-planta. Ao se considerar as temperaturas do ambiente externo para estimativa da ETo, verificaram-se que os valores de kc foram superestimados, notadamente quando se utilizou o método de Samani-Hargreaves. Comportamento semelhante também foi verificado quando se utilizou as temperaturas do ambiente protegido, porém os kc foram menores. Deduz-se, portanto, que a ETo estimada a partir do método de Penman-Monteith resulta em coeficiente de cultivo ( $kc = ETC/ETo$ ) menor, principalmente quando se utiliza as temperaturas em que as plantas estão expostas, ou seja do ambiente protegido.

Rodrigues (2008), em pesquisa com mamoneira em ambiente protegido, verificou que método de Samani-Hargreaves subestima a evapotranspiração de referência, resultando em kc elevado. Cavalcanti (2007) verificou que o Tanque Classe “A”, instalado no ambiente protegido onde se conduziu esta pesquisa, subestima ainda mais a ETo.

O kc de 0,32 para a fase de estabelecimento (apresentado na Tabela 25), não foi determinado experimentalmente nesta pesquisa; este valor foi determinado para a mamoneira, por



Bezerra (2004). Pela Figura 29, observa-se que os kc aumentaram com o crescimento e o desenvolvimento fenológico da planta, com tendência de equilíbrio a partir do início da maturação.

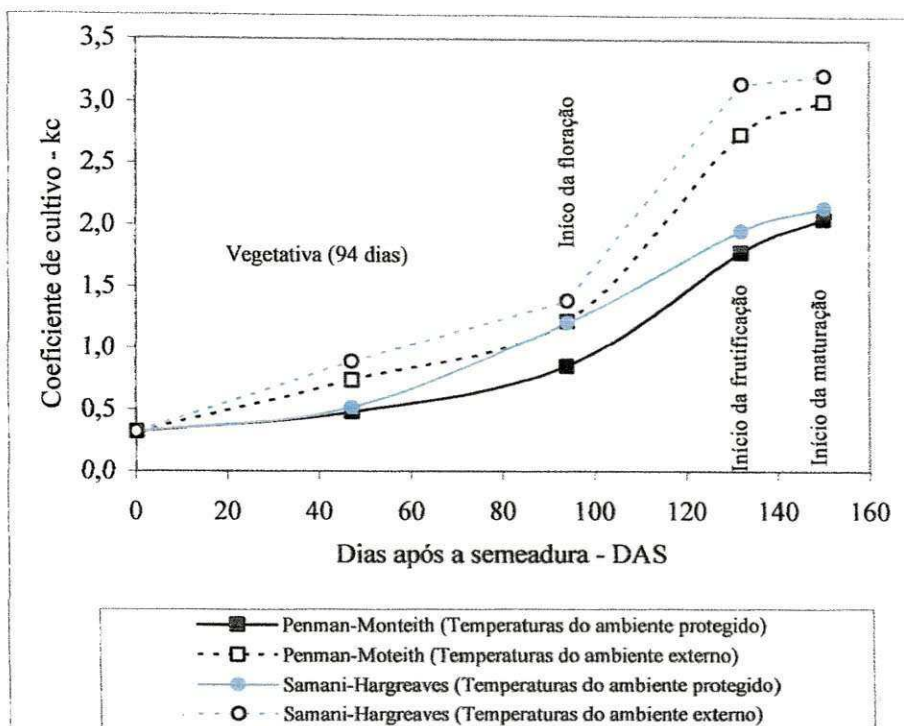
A fase vegetativa, incluindo a fase de estabelecimento, durou até 94 dias após a semeadura – DAS, quando se iniciou a floração. O início da frutificação e da maturação ocorreu aos 132 e 150 DAS, respectivamente (Tabela 25). Salienta-se que há concomitância do florescimento do pinhão-manso com as fases subsequentes, ocorrendo sobreposição dos estádios fenológicos. Com base na Tabela 25, verifica-se o período de 56 dias entre o início da floração e o início da maturação. Segundo Dias et al. (2007), da flor ao fruto maduro são decorridos cerca de 60 dias.

**Tabela 25** – Fenologia e coeficientes de cultivo (kc) obtidos do pinhão-manso irrigado com água de CEa de 0,60 dS m<sup>-1</sup>. Campina Grande, PB, 2007

Fase	DAS	Método de Penman-Monteith		Método de Samani-Hargreaves	
		Temperaturas do ambiente protegido	Temperaturas do ambiente externo	Temperaturas do ambiente protegido	Temperaturas do ambiente externo
Estabelecimento	0	0,32	0,32	0,32	0,32
Vegetativa (média)	47	0,48	0,74	0,52	0,89
Início Floração	94	0,85	1,22	1,21	1,39
Início da Frutificação	132	1,78	2,74	1,96	3,15
Início da Maturação/colheita	150	2,05	3,01	2,15	3,22

DAS – dias após a semeadura.

<sup>(1)</sup> Adaptado de Bezerra (2004)



**Figura 29** - Fenologia e coeficientes de cultivo (kc) do pinhão-mansó irrigado com água de CEa de  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ . Campina Grande, PB, 2007

### 5.6 - Fração de Lixiviação (FL) e Condutividade Elétrica da Água de Drenagem (CEad) e Fator de Concentração (FC)

Os resumos das análises de variância para essas variáveis são encontrados na Tabela 26, na qual se verificam efeitos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) dos níveis salinos. Verificaram-se as seguintes frações de lixiviação 6,00, 7,50, 8,25, 13,00 e 16,25% para os tratamentos 0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente e se planejaram as frações de lixiviação de 4,00, 8,00, 12,00, 16,00 e 20,00% para os níveis crescentes de CEa; portanto, a fração de lixiviação média obtida no tratamento  $N_1$  (6,00% com  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$ ) foi maior que a planejada, enquanto nos demais tratamentos a FL foi menor que a inicialmente planejada. Como função de resposta, o modelo quadrático ajustou melhor os dados da fração de lixiviação e da condutividade elétrica da água de drenagem (Figura 30A e 30B). Nota-se, na Figura 30B, tendência de diminuição da CEad a partir do tratamento com  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ , devido à maior lavagem dos sais em virtude das maiores frações de lixiviação.

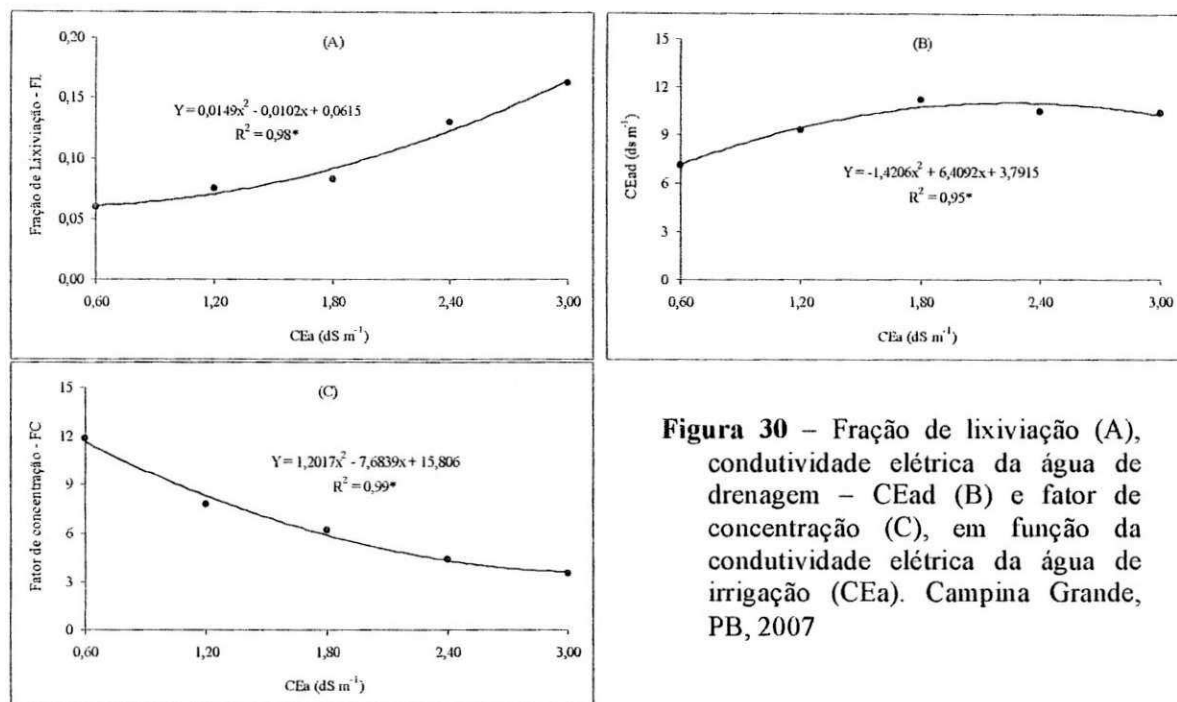
O fator de concentração de sais na água de drenagem ( $FC = CE_{ad}/CE_a$ ) relacionou-se inversamente com a fração de lixiviação, reduzindo como o incremento da CEa (Figura 30C);

com base nas médias obteve-se FC de 11,85, 7,76, 6,22, 4,37 e 3,47 para os tratamentos 0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Carneiro (2008), em estudos de salinidade em cajueiro anão precoce também observou relação inversa entre o fator de concentração e a fração de lixiviação.

**Tabela 26** – Resumos das análises de variância e médias para fração de lixiviação (FL), condutividade elétrica da água de drenagem (CEad) e fator de concentração de sais (FC), entre 37 e 163 DAS. Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		FL	CEad	FC = CEad/CEa
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	<b>0,0073**</b>	<b>10,2341**</b>	<b>43,7043**</b>
Regr. linear	1	<b>0,0270**</b>	<b>24,1482**</b>	<b>162,3588**</b>
Regr. quadrática	1	<b>0,0016*</b>	<b>14,6471*</b>	<b>10,4806**</b>
Regr. cúbica	1	0,0000 <sup>NS</sup>	0,3823 <sup>NS</sup>	1,0001 <sup>NS</sup>
Regr. 4º grau	1	0,0006 <sup>NS</sup>	1,7589 <sup>NS</sup>	0,9778 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	<b>0,0008*</b>	<b>13,5656**</b>	<b>5,7442*</b>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	0,0002	1,6256	0,9782
CV(%)		14,24	13,14	14,69
		Médias		
<b>Nível salino (N)</b>		--	dS m <sup>-1</sup>	--
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		0,0600	7,1071	11,8452
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		0,0750	9,3154	7,7628
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		0,0825	11,2008	6,2227
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		0,1300	10,4783	4,3659
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		0,1625	10,4106	3,702
<b>Média</b>		0,1020	9,7024	6,7334

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 30** – Fração de lixiviação (A), condutividade elétrica da água de drenagem – CEad (B) e fator de concentração (C), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

## 5.7 - Salinidade do solo aos 163 DAS

Com o objetivo de se avaliar os impactos da água de irrigação sobre a salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura (após 126 dias de tratamento), retirou-se uma amostra de solo de cada parcela, na profundidade de 0-20 cm para análise dos atributos concentração de íons solúveis ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), pH e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes).

### 5.7.1 - Cátions e Ânions Solúveis ( $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ )

Os cátions (exceto  $\text{K}^+$ ) e ânions solúveis foram influenciados significativamente ( $P < 0,01$ ) pelos níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 27). As concentrações médias de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Na}^+$  se ajustaram melhor ao modelo de regressão quadrática, crescendo com o incremento da salinidade da água (Figura 31A e 31C); as de  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Cl}^-$  também aumentaram, porém linearmente (Figura 31B e 31E), enquanto a concentração de  $\text{HCO}_3^-$  diminuiu (Figura 31F).

Com base nas equações matemáticas apresentadas na Figura 31 (A, B, C, E), os acréscimos verificados nas concentrações de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , entre  $N_1$  e  $N_5$  foram 392,24, 226,44, 505,59 e 808,58%, respectivamente; já a concentração de  $\text{HCO}_3^-$  foi decrescida em 41,27%.

A lixiviação pode ser praticada para prevenir ou corrigir os problemas de toxidez já existentes; a adoção de culturas mais tolerantes e o aumento da lixiviação implicam, em alguns casos, na realização de mudanças importantes no sistema de produção (AYERS & WESTCOT, 1999). Portanto, os incrementos acima reportados poderiam ser ainda maiores se não fossem adotadas as maiores frações de lixiviação para os tratamentos com maiores CE (subitem anterior). Uma vez que o acúmulo de sais provocado pela água de determinada salinidade é tanto maior quanto menor for a fração de lixiviação, notadamente na rizosfera. Coelho et al. (2007), por exemplo, verificaram que a aplicação de água salina ( $1,40 \text{ dS m}^{-1}$ ), com fração de lixiviação de 30% contribuiu para maior retenção de sais no solo comparada à aplicação de água com fração de lixiviação de 60%.

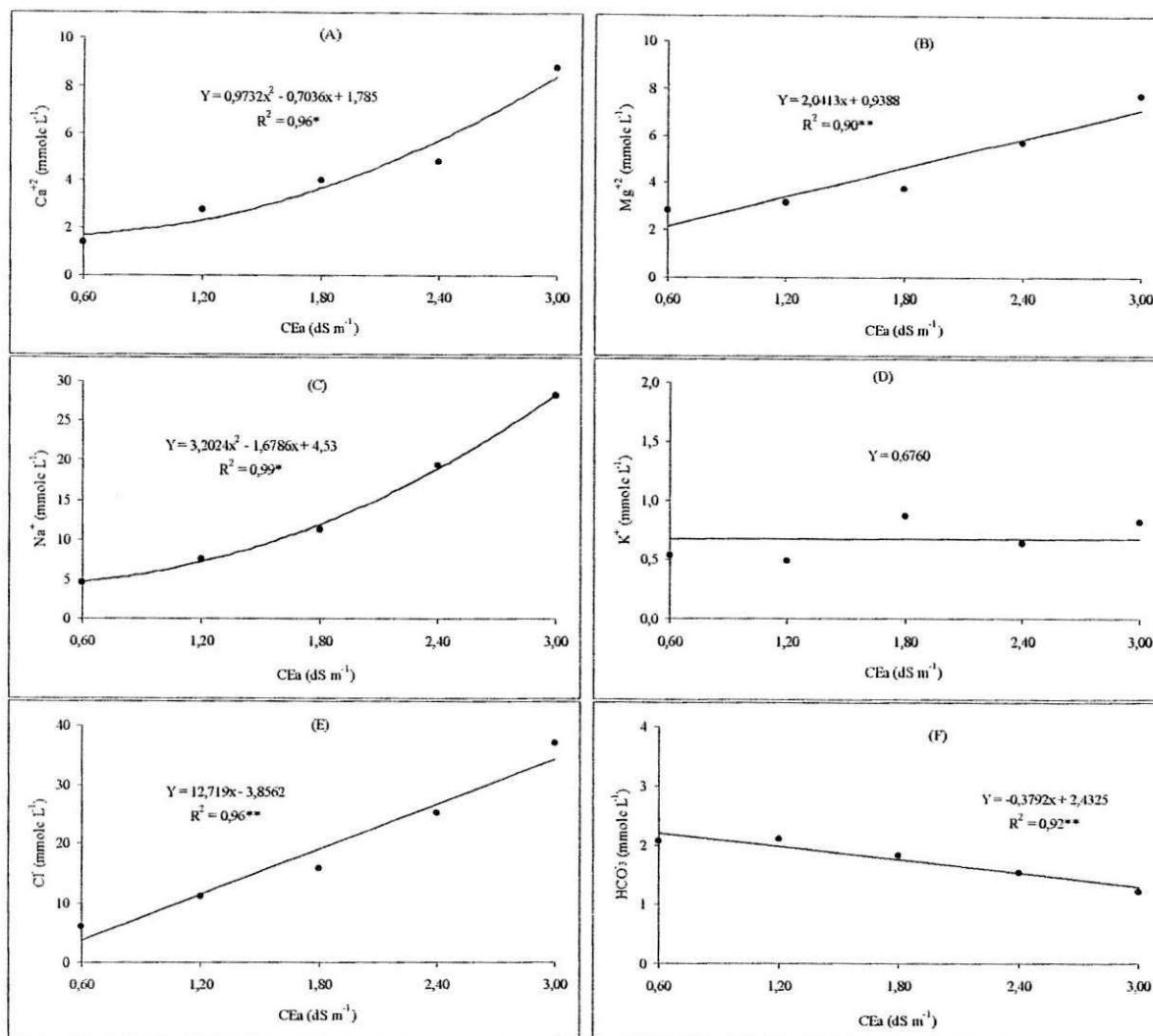
Observou-se, com base na média geral de cada variável (Tabela 27), a seguinte seqüência de concentração no solo:  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{HCO}_3^- > \text{K}^+$  ( $19,04 > 14,19 > 4,61 > 4,37 > 1,75 > 0,68 \text{ mmolc L}^{-1}$ ). Utilizaram-se dos sais  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  para se chegar às condutividades elétrica da água de irrigação, na qual os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  se encontravam na proporção 7:2:1 justificando, em parte, a seqüência acima relatada.

Tomé Júnior (1997) afirma que concentrações de sódio significativas podem afetar a produtividade das culturas, seja diretamente, dificultando a absorção de água e nutrientes pela planta, ou indiretamente, pelo efeito dispersante sobre as argilas, causando desestruturação do solo e prejudicando a infiltração de água, oxigênio e crescimento das raízes.

Tabela 27 - Resumos das análises de variância e médias para salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ ). Campina Grande, PB, 2007

F. de Variação	GL	Quadrados Médios					
		$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	<b>31,3276**</b>	<b>16,7445**</b>	<b>368,4644**</b>	0,1144 <sup>NS</sup>	<b>608,0359**</b>	<b>0,5600**</b>
Regr. linear	1	<b>112,8960**</b>	<b>60,0005**</b>	<b>1397,1240**</b>	0,2045 <sup>NS</sup>	<b>2329,4391**</b>	<b>2,0702**</b>
Regr. quadrática	1	<b>6,8740*</b>	6,6172 <sup>NS</sup>	<b>74,4285*</b>	0,0060 <sup>NS</sup>	97,1261 <sup>NS</sup>	0,1302 <sup>NS</sup>
Regr. cúbica	1	4,5562 <sup>NS</sup>	0,0319 <sup>NS</sup>	0,0010 <sup>NS</sup>	0,0000 <sup>NS</sup>	2,2562 <sup>NS</sup>	0,0360 <sup>NS</sup>
Regr. de 4º grau	1	0,9841 <sup>NS</sup>	0,3285 <sup>NS</sup>	2,3041 <sup>NS</sup>	0,2472 <sup>NS</sup>	3,3223 <sup>NS</sup>	0,0036 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	0,8849 <sup>NS</sup>	0,2287 <sup>NS</sup>	2,0172 <sup>NS</sup>	0,1742 <sup>NS</sup>	0,8031 <sup>NS</sup>	0,2140 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	1,2021	2,3241	9,1818	0,1808	23,6547	0,1507
CV(%)		25,07	33,05	21,35	62,90	25,55	22,18
<b>Nível salino (N)</b>		<b>Médias (<math>\text{mmol}_e \text{L}^{-1}</math>)</b>					
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		1,4350	2,8450	4,5800	0,5425	6,0625	2,0750
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		2,7800	3,1250	7,5000	0,4950	11,0000	2,1000
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		4,0275	3,7200	11,3400	0,8750	15,7500	1,8250
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		4,7900	5,6875	19,300	0,6400	25,3125	1,5250
N <sub>5</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		8,8300	7,6875	28,2300	0,8275	37,0625	1,2250
<b>Médias (<math>\text{mmol}_e \text{L}^{-1}</math>)</b>		4,3725	4,6130	14,1900	0,6760	19,0375	1,7500

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 31** – Salinidade do solo (0-20 cm) aos 163 dias após a semeadura - DAS (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

### 5.7.2 - pH, CEes, RAS e PST

Verifica-se, a partir do resumo contido na Tabela 28, que o potencial hidrogeniônico (pH) do solo não foi afetado pelos níveis salinos, resultando em 5,37, em média (Figura 32A), enquanto a condutividade elétrica do extrato (CEes), a relação de adsorção de sódio (RAS) e a percentagem de sódio trocável (PST) foram afetadas significativamente ( $P < 0,01$ ), com acréscimo linear (Figura 32 B, C e D).

Mediante aplicação das funções lineares apresentadas na Figura 32, verificaram-se acréscimos de 455,18% sobre a CEes, 239,32% sobre a RAS e 299,79% sobre a PST nas parcelas irrigadas com água de 3,00 dS m<sup>-1</sup>, em relação àquelas irrigadas com 0,60 dS m<sup>-1</sup>; neste caso,

para cada incremento unitário da CEa houve acréscimo de 189,66, 99,72 e 124,91% sobre a CEes, a RAS e a PST, respectivamente, indicando acúmulo progressivo de sais na solução do solo. Cavalcanti (2003), pesquisando a mamoneira irrigada com águas salinas (0,70 e 4,70 dS m<sup>-1</sup>), verificou acréscimo de 7,81 dS m<sup>-1</sup>, por aumento unitário da CEa, aos 80 dias após a germinação. Este acréscimo está relacionado diretamente com o acúmulo de sais na solução do solo, uma vez que toda a água drenada foi reutilizada para irrigação das plantas. Carneiro (2001) também obteve uma equação linear ao analisar o solo após irrigação com água salina em cajueiro anão-precoce.

Por outro lado e se considerando as médias experimentais das variáveis CEes (2,12 dS m<sup>-1</sup>), PST (7,22%) e pH (5,37) e contrastando com os valores contidos na Tabela 3 (CEes < 4,00 dS m<sup>-1</sup>, PST < 15,00% e pH < 8,50), conclui-se que a utilização de água com CEa até 3,00 dS m<sup>-1</sup> durante cerca de 4 meses (126 dias de tratamento) não foi suficiente para tornar o solo salino nem salino-sódico devido, provavelmente, às frações de lixiviação verificadas ao final da pesquisa (6,00, 7,50, 8,25, 13,00 e 16,25% para os tratamentos 0,60, 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente), que contribuíram para não ocorrer acúmulo de sais e sódio trocável no perfil do solo em níveis danosos; referidos resultados sugerem que a necessidade de lixiviação dos sais do perfil do solo se faz necessária, sob pena de ocorrer dano às plantas (fitotoxicidade) e ao ambiente edáfico ocasionado pela salinidade, principalmente pelo Na<sup>+</sup> solúvel, seja pela saturação da CTC e/ou degradação da estrutura do solo.

Assis Júnior et al. (2007) concluíram que a aplicação de água salina provocou aumento da salinidade e da sodicidade do solo, porém esses efeitos foram revertidos parcialmente pelo aumento da fração de lixiviação e totalmente pelas chuvas.

Ao se considerar a relação extraída de Rhoades, Kandiah & Mashali (2000), TSD (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>) = 10xCEa(dS m<sup>-1</sup>), em que a CEa (0,60; 1,20, 1,80, 2,40 e 3,00ds m<sup>-1</sup>) e as proporções 7:2:1 de Na:Ca:Mg, são obtidas como RAS das diferentes soluções salinas, os respectivos valores 4,43, 6,26, 7,67, 8,85 e 9,90 (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup>. Segundo Ayers & Westcot (1999) água com RAS > 9,00 é classificada como de risco severo, caso em que apenas a água de CEa de 3,00 dS m<sup>-1</sup> utilizada nesta pesquisa, é classificada como de risco moderado.

Freire et al. (2003), estudando os riscos de sodificação pelo uso de águas salinas, concluíram que o incremento da CEa e da RAS das soluções utilizadas em vários tipos de solo e

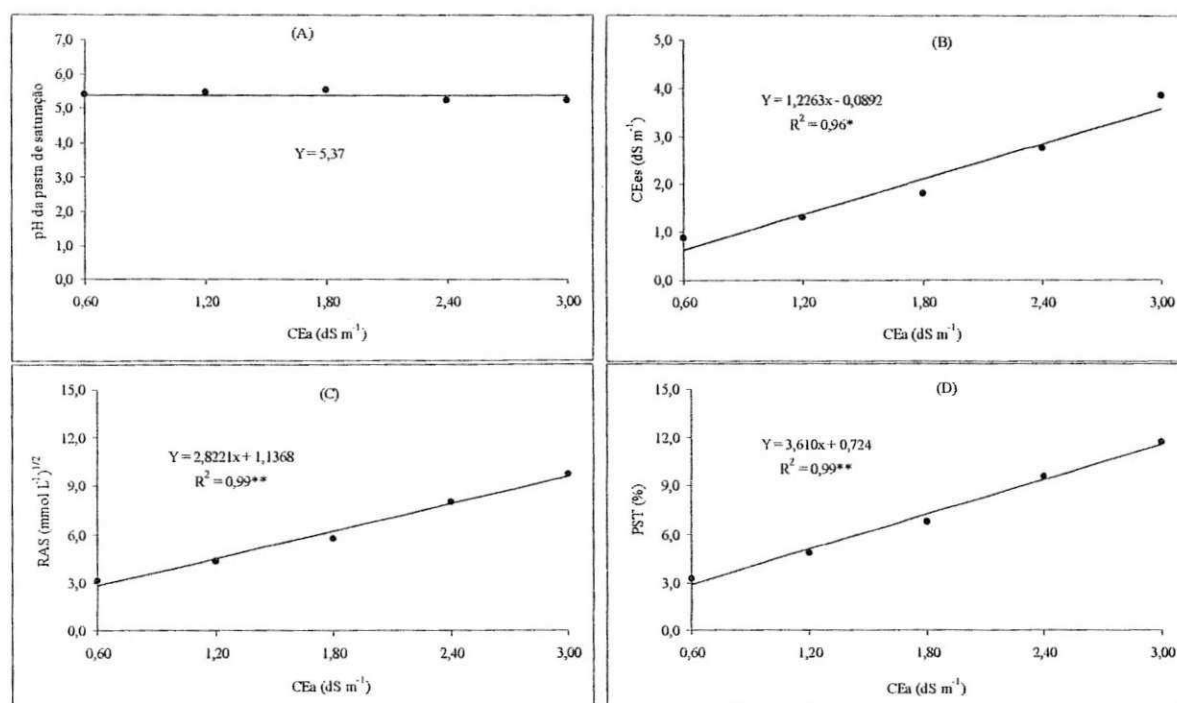


de diferentes texturas, elevou a relação de sódio trocável (RST) e a percentagem de sódio trocável (PST), indicando saturação crescente de sódio nos solos.

**Tabela 28** - Resumos das análises de variância, médias e equações de regressões para salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS (pH extrato, CEes, RAS e PST). Campina Grande, PB, 2007

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		$[H^+] = 10^{-pH}$	CEes	RAS	PST
<b>Nível salino (N)</b>	<b>4</b>	8,58E-12 <sup>NS</sup>	<b>5,6434**</b>	<b>29,0544**</b>	<b>47,4366**</b>
Regressão linear	1	0,00000 <sup>NS</sup>	<b>21,6531**</b>	<b>114,6838**</b>	<b>187,6622**</b>
Regressão quadrática	1	0,00000 <sup>NS</sup>	0,8976 <sup>NS</sup>	1,1229 <sup>NS</sup>	1,1832 <sup>NS</sup>
Regressão cúbica	1	0,00000 <sup>NS</sup>	0,0014 <sup>NS</sup>	0,1638 <sup>NS</sup>	0,6452 <sup>S</sup>
Regressão de 4º grau	1	0,0000 <sup>NS</sup>	0,0213 <sup>NS</sup>	0,2472 <sup>NS</sup>	0,2556 <sup>NS</sup>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>	1,60E-11 <sup>NS</sup>	0,0327 <sup>NS</sup>	0,5781 <sup>NS</sup>	0,9971 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	<b>12</b>	1,61E-11 <sup>NS</sup>	0,2812	0,4977	0,8072
CV(%)		72,53	25,04	11,35	12,44
			Médias		
<b>Nível salino (N)</b>		pH = - log [H <sup>+</sup> ]	dS m <sup>-1</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	%
N <sub>1</sub> (0,60 dS m <sup>-1</sup> )		5,3401	0,8850	3,1475	3,2775
N <sub>2</sub> (1,20 dS m <sup>-1</sup> )		5,3675	1,3025	4,3725	4,7775
N <sub>3</sub> (1,80 dS m <sup>-1</sup> )		5,3401	1,8125	5,7550	6,7500
N <sub>4</sub> (2,40 dS m <sup>-1</sup> )		5,1618	2,7500	8,0150	9,6175
N <sub>4</sub> (3,00 dS m <sup>-1</sup> )		5,1331	3,8400	9,7925	11,6875
<b>Média</b>		5,3709	2,1180	6,2165	7,2220

(\*\*) Efeito significativo a 1 % e (\*) a 5 % de probabilidade; (<sup>NS</sup>) não significativo a nível de 5 % de probabilidade pelo teste F



**Figura 32** – Salinidade do solo aos 163 dias após a semeadura - DAS (pH da pasta de saturação, CEs, RAS e PST), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Campina Grande, PB, 2007

## 6 – CONCLUSÕES

1. Aos 163 dias após a semeadura, a altura de plantas, o diâmetro caulinar, o número de folhas e área foliar do pinhão-mansão, são afetados linearmente, com decréscimos de 3,78, 7,35, 9,75 e 17,74%, respectivamente, por aumento unitário da CEa.
  2. As maiores taxas de crescimento absoluto e relativo da altura de plantas e do diâmetro caulinar do pinhão-mansão ocorrem na fase vegetativa.
  3. O número de frutos, a biomassa de frutos e a biomassa de sementes do primeiro cacho do pinhão-mansão não são afetados pela salinidade da água de irrigação até  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ .
  4. O número de cachos e o número de frutos por planta não são afetados até o nível salino de  $1,80 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo esse valor considerado como a salinidade limiar da água de irrigação para esses componentes de produção. ✕
  5. A eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) do pinhão-mansão não é afetada pela salinidade da água de irrigação até  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ .
  6. As variáveis de balanço hídrico, consumo total de água, evapotranspiração total da cultura e a evapotranspiração média do pinhão-mansão são reduzidas em cerca de 43% quando as plantas são irrigadas com água de  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação a  $0,60 \text{ dS m}^{-1}$  (aproximadamente 18% para cada  $\text{dS m}^{-1}$ ).
  7. A fenologia do pinhão-mansão não é afetada pela salinidade da água de irrigação. A fase vegetativa tem duração de 94 dias com coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) em torno de 0,50; as fases de floração, frutificação e maturação se iniciam aos 94, 132 e 150 dias após a semeadura – DAS, respectivamente.
  8. Após as irrigações, entre 37 e 163 DAS (126 dias de duração), com o aumento da CEa, com água até  $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ , houve aumento de salinização e sodificação do solo, porém sem ser suficiente para torná-lo salino, nem salino-sódico.
- ✕

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.16, p.139-180, 1964.

ABA - ANUÁRIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, Santa Cruz do Sul, Ed: **Gazeta**, 2007.

ARAÚJO, C.A.S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa-MG: UFV, 1994. 87p. Dissertação de Mestrado.

ARRUDA, F.P. de. **Emissão/abscisão de órgãos reprodutivos do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H, em função do sistema de manejo do solo e dos estresses hídricos e salino**. Areia: UFPB, 1999. 92p. Dissertação de Mestrado.

ARRUDA, F.P. de; BELTRÃO, N.E. de M.; ANDRADE, A.P. de; PEREIRA, W.E. ; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido Nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

ASSIS JÚNIOR, J.O.; LACERDA, C.F. de; SILVA, F.B. da; SILVA, F.L.B. da; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, P.V. de; RAMANA RAO, T.V.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J.R.C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28. n.7, p.863-870, 1993.

BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.

BELTRÃO, N.E.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 – PB, 2006. 4p. <http://www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910897.doc>. 20/02/2008.

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

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625p.

BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Plant Pathology**, Stanford, v.13, p.295-312, 1975.

BEZERRA, E.L. **Evapotranspiração na cultura da mamoneira**. Cuiabá: UFMT, 2004. 61p. Dissertação de Mestrado.

BEZERRA, F.M.L.; FREITAS, A.A.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima da acerola (*Malpighia glaba* L.) no primeiro ano de produção. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.671-672.

BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 104p. Dissertação de Mestrado.

BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341p.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R.; ÖQUIST, G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, New York, v.3, p.497-514, 1989.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985, 364p.

BROWN, J.W.; WADLEIGH, C.H. & HAYWARD, H.E. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Ithaca, v.61, p.49-55, 1953.

CÁCERES, D.R.; PORTAS, A.A.; ABRAMIDES, J.E. **Pinhão-manso**. [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/pinhaomanso](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/pinhaomanso). 17 fev. 2008.

CARNEIRO, P.T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande: UFPB, 2001. 85p. Dissertação Mestrado.

CARNEIRO, P.T. **Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino em diferentes fases fenológicas**. Campina Grande: UFCG, 2008. 111p. Tese de Doutorado.

CARNEIRO, P.T.; BRITO, M.E.B.; LIMA, A.N.L.; GOMES, A.H.S.; COSTA, F.A.M. da; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Taxas de crescimento do cajueiro anão precoce sob salinidade na pré-floração. In: Workshop Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada - Convivência em Busca da Sustentabilidade. **Anais...** Recife-PE: UFRPE/UFCG, 2007. 4p.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. <http://www.ufmg.br/boletim>. 20 fev. 2008.

CAVALCANTI, M.L.F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande: UFCG, 2003. 46p. Dissertação de Mestrado.

CAVALCANTI, M.L.F. **Estresse hídrico em fases fenológicas do cajueiro anão precoce em ambiente protegido**. Campina Grande: UFCG, 2007. 111p. Tese de Doutorado.

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

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

CLARK, G.A.; ALBERGTS, E.E.; STANLEY, C.D. Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v.39, n.3, p.905-912, 1996.

COELHO, E.F.; SANTOS, D.B.; VEIMROBER JUNIOR, L.A.A.; SANT'ANA, J.A.V. Distribuição de íons na solução do solo cultivado com mamoeiro sob a aplicação de água salina. In: Workshop Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada – Convivência em Busca da Sustentabilidade. **Anais...** Recife-PE: UFRPE/UFCG, 2007. 4p.

CORREIA, K.G. **Índices fenológicos e fisiológicos de amendoim sob estresse salino**. Campina Grande: UFCG, 2005. 7p. Dissertação de Mestrado.

CORREIA, K.G. FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; GURGEL, M.T.; RODRIGUES, L.N. Crescimento do amendoim irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.81-85, 2005.

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas**. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

DAKER, A. **Irrigação e Drenagem: A água na agricultura**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. v.3, 1988. 543p.

DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Índices morfo-fisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.27-31, 1998.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI, A. **Cultivo do pinhão-mauo (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível**. Viçosa – MG, 2007. 40p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, n.23, 1994. 193p

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H.R.; ETRI, J.E.C.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, n.24, 1997. 204p.

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. **Anais...** Uberlândia: ABMS, 2000. CD-Rom.

ELOI, W. M. **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ, 2007. 110p. Tese de Doutorado.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212p.

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

FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, p.37-68, 1997.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2.ed. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p.

FREIRE, M.B.G.S.; RUIZ, H.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, P.A.; VENEGAS, V.H.A.; FREIRE, F.J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.227-232, 2003.

FRIZZONE, J.A. Controle de irrigação. Piracicaba, ESALQ. Departamento de Engenharia Rural. 1990. 25p.

GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. In: Simpósio "Manejo e controle de salinidade na agricultura irrigada". Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel, 1982. 436p.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. **American Society of Agricultural Engineering**, Chicago, v.85, n.1, p.2517, 1985.

HAYWARD, H.E.; WADLEIGH, C.H. Plant growth on saline and alkali soils. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.1, p.1-38, 1949.

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

JÁCOME, A.G.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; GONÇALVES, A.C.A.; SILVA, F.F. Avaliação de genótipos de algodoeiro sob níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista**

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.365-369, 2005.

JAYAKUMAR, M., SASEENDRAN, S.A., HEMAPRABHA, M. Crop coefficient for coconut (*Cocos nucifera* L.): A lysimetric study. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.1, n.43, p.235-240, 1987.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.339-247, 2005.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v.42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A. São Carlos: Ed. RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.

LAUCHLI, A. EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K. (ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York: SCE, p.113-137, 1990.

LAW, J.P.Jr.; BERNARD, H. Impact of agricultural pollutants on water uses. **Transactions of the ASAE**, v.13, n.4, p.474-478, 1970.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, p.113-127, 1997.

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

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of Different Provenances of *Jatropha curcas*: **Journal of Agriculture Food Chemistry**, USA, v.45, n.8, p.3152-3157, 1997.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação de Mestrado.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. **A qualidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 60p.

MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; PEREIRA, A.R. Comparação entre evaporação em tanque classe A padrão e mini-tanque, instalados em estufas e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997. Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: SBA, p.228-230, 1997.



MELO, F.B; BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, P.H.S. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Semi-Árido.** Teresina: PI, Documentos 74, p.16-17, 2003.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant and Cell Environment**, Logan, v.25, n.2, p.239-50, 2002.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAUJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Coord.) **Métodos de pesquisa em ambiente controlado.** Brasília: Embrapa, Documentos 3, p.189-273, 1991.

PAVANI, L.C. **Evapotranspiração e produtividade em feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) sob três níveis de potencial de água no solo.** Piracicaba: ESALQ, 1985. 171p. Dissertação de Mestrado.

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

PENIDO FILHO, P.; VILLANO, F. O emprego éster da mamona nos motores dos veículos FIAT. In: CONGRESSOBRASILEIRO DE ENERGIA. **Anais...** Rio de Janeiro, 1984.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos.** 2.ed. Madri: Editorial Española S.A., 1985. 542p.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão-manso.** Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. 7p.

QUEIROZ, S.O.P. de.; BÜLL, L.T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo. **Irriga**, Botucatu, v.6, n.2, p.124-134, 2001.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Irrigation and sodicity. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.31, p.821-837, 1993.

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, n.48, 2000. 117p.

RICHARDS, L.A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos e sodicos.** United States Department of Agriculture (USDA), México, 1977. 172p.

RODRIGUES, L.N. **Estresse salina na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.).** Campina Grande: UFPB, 2000. 145p. Dissertação de Mestrado.

RODRIGUES, L.N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária.** Campina Grande: UFCG, 2008. 144p. Tese de Doutorado.

SANTOS, J.W.; MOREIRA, J.A.N.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação do emprego dos testes de comparação de médias na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) de 1980 a 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p.225-230, 1998.

SANTOS, J.W.; GHEYI, H.R. **Estatística experimental aplicada – Tópicos de engenharia agrícola e agrônômica**. Campina Grande: Ed. Gráfica Marccone Ltda, 2003. 213p.

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

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

SEDIYAMA, G. C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília, **ABEAS**, 1987. 143p.

SEVERINO, L.S.; VALE, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. **Anais...**, Brasília, p.73-77, 2006.

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

SILVA, F.C. **Uso de dispositivos lisimétrico para medida da evapotranspiração de referência**. Piracicaba: ESALQ. 1996. 68p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, S.M.S. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneiro irrigados com águas salinas**. Campina Grande: UFCG, 2004. 74p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, S.M.S.; ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E. de M.; SEVERINO, L.S.; SOARES, F.A.L. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.347-352, 2005.

SILVA, M.M.P.; VAZQUEZ, H.M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, F.C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v.35, n.1, p.67-74, 2006.

SILVA, V.P.R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande: UFCG, 2000. 126p. Tese de Doutorado.

SOUSA, A.P.; DANTAS NETO, J. **Manejo de irrigação através do balanço de água no solo**. Teresina: Embrapa – CPAMN, Documentos 23, 1997. 36p.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1995. 94p. Dissertação de Mestrado.

STIRPE, F; PESSION-BRIZZI, A; LORENZONI, E; STROCCHI, P; MONTANARO, L; SPERTI S. Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and of *Jatropha curcas*. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. **Biochemical Journal**, Londres, v.156, n.1, p.1-6, 1976.

STROGONOV, B. P. **Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various types of salinity**. Jerusalém, Israel: Israel Program for Scientific Translation Ltda. 1964. 279p.

SUMNER, M.E. Sodic soils: new perspectives. **Australian Journal of Soil Research**, v.31, p.683-750, 1993.

TAYER, J.N. **Effect of irrigation methods with saline waters o maize production and salt distribution in soil**. International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Bari, 1987. 285p. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA, A. H.C.; BASSOI, L.H.; COSTA, W.P.L.B.; SILVA, J.A.M; SILVA, E.E.G. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.45 – 50, 2002.

TEIXEIRA, A.H.C., BASSOI, L.H., REIS, V.C.S., DA SILVA, T.G.F., FERREIRA, M.N.L., MAIA, J.L.T. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.457-460, 2003.

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

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247p.

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

VALE, L.S.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão-mansô. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. **Anais...**, Brasília. p.87-90, 2006.

VIANA, S.B.A. **Estresse salino na germinação, fase de muda e produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Campina Grande: UFPB, 2000. 127p. Dissertação de Mestrado.

## 8 - APÊNDICES

Apêndice 1 - Planilha eletrônica para o manejo das irrigações

CEa (dS m <sup>-1</sup> ) (FL)	BLOCO	I (37DAS) planta 'a' (L)	I (37DAS) planta 'b' (L)	D (38DAS) (L)	D (38DAS) (L)	ETC planta 'a' (L/dia)	ETC planta 'b' (L/dia)	ETC planta 'a' (mm/dia)	ETC planta 'b' (mm/dia)	I (39DAS) planta 'a' (L)	I (39DAS) planta 'b' (L)
0,60 (4,0%)	1					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,96	(I-D)/0,96
	2					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,96	(I-D)/0,96
	3					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,96	(I-D)/0,96
	4					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,96	(I-D)/0,96
1,20 (8,0%)	1					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,92	(I-D)/0,92
	2					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,92	(I-D)/0,92
	3					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,92	(I-D)/0,92
	4					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,92	(I-D)/0,92
1,80 (12,0%)	1					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,88	(I-D)/0,88
	2					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,88	(I-D)/0,88
	3					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,88	(I-D)/0,88
	4					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,88	(I-D)/0,88
2,40 (16,0%)	1					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,84	(I-D)/0,84
	2					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,84	(I-D)/0,84
	3					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,84	(I-D)/0,84
	4					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,84	(I-D)/0,84
3,00 (20,0%)	1					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,80	(I-D)/0,80
	2					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,80	(I-D)/0,80
	3					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,80	(I-D)/0,80
	4					(I-D)/TR	(I-D)/TR	ETc(L/d)/S	ETc(L/d)/S	(I-D)/0,80	(I-D)/0,80

I = volume aplicado na irrigação (L)

D = volume Drenado (L)

TR = turno de rega (2 dias)

DAS = dias após a semeadura

ETc = Evapotranspiração da cultura




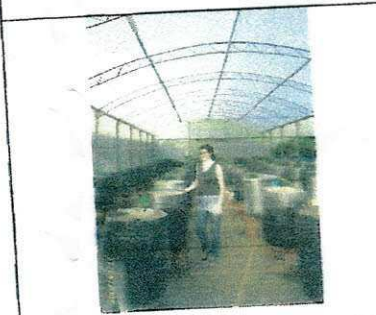








ETc (mm/dia) = ETc (L/dia)/S

S = Área de exposição do vaso, d=0,58m (0,26421 m<sup>2</sup>)

Apêndice 2 – Primeiro evento de irrigação

CEa (dS m <sup>-1</sup> ) (FL)	BLOCO	I (37DAS) planta 'a' (L)	I (37DAS) planta 'b' (L)	D (38DAS) (L)	D (38DAS) (L)	ETC planta 'a' (L/dia)	ETC planta 'b' (L/dia)	ETC planta 'a' (mm/dia)	ETC planta 'b' (mm/dia)	I (39DAS) planta 'a' (L)	I (39DAS) planta 'b' (L)
<b>0,60 (4,0%)</b>	1	2,000	2,000	0,390	0,610	<b>0,805</b>	<b>0,695</b>	3,05	2,63	1,678	1,448
	2	2,000	2,000	0,420	0,350	<b>0,790</b>	<b>0,825</b>	2,99	3,12	1,646	1,719
	3	2,000	2,000	0,295	0,310	<b>0,853</b>	<b>0,845</b>	3,23	3,20	1,776	1,760
	4	2,000	2,000	0,130	0,340	<b>0,935</b>	<b>0,830</b>	3,54	3,14	1,948	1,729
<b>1,20 (8,0%)</b>	1	2,000	2,000	0,275	0,225	<b>0,863</b>	<b>0,888</b>	3,26	3,36	1,875	1,929
	2	2,000	2,000	0,415	0,320	<b>0,793</b>	<b>0,840</b>	3,00	3,18	1,723	1,826
	3	2,000	2,000	0,160	0,170	<b>0,920</b>	<b>0,915</b>	3,48	3,46	2,000	1,989
	4	2,000	2,000	0,320	0,260	<b>0,840</b>	<b>0,870</b>	3,18	3,29	1,826	1,891
<b>1,80 (12,0%)</b>	1	2,000	2,000	0,420	0,170	<b>0,790</b>	<b>0,915</b>	2,99	3,46	1,795	2,080
	2	2,000	2,000	0,315	0,080	<b>0,843</b>	<b>0,960</b>	3,19	3,63	1,915	2,182
	3	2,000	2,000	0,240	0,000	<b>0,880</b>	<b>1,000</b>	3,33	3,78	2,000	2,273
	4	2,000	2,000	0,120	0,100	<b>0,940</b>	<b>0,950</b>	3,56	3,60	2,136	2,159
<b>2,40 (16,0%)</b>	1	2,000	2,000	0,215	0,300	<b>0,893</b>	<b>0,850</b>	3,38	3,22	2,125	2,024
	2	2,000	2,000	0,420	0,210	<b>0,790</b>	<b>0,895</b>	2,99	3,39	1,881	2,131
	3	2,000	2,000	0,325	0,310	<b>0,838</b>	<b>0,845</b>	3,17	3,20	1,994	2,012
	4	2,000	2,000	0,210	0,000	<b>0,895</b>	<b>1,000</b>	3,39	3,78	2,131	2,381
<b>3,00 (20,0%)</b>	1	2,000	2,000	0,400	0,420	<b>0,800</b>	<b>0,790</b>	3,03	2,99	2,000	1,975
	2	2,000	2,000	0,380	0,340	<b>0,810</b>	<b>0,830</b>	3,07	3,14	2,025	2,075
	3	2,000	2,000	0,300	0,230	<b>0,850</b>	<b>0,885</b>	3,22	3,35	2,125	2,213
	4	2,000	2,000	0,000	0,230	<b>1,000</b>	<b>0,885</b>	3,78	3,35	2,500	2,213

Apêndice 3 – Imagens ilustrativas da pesquisa

		
<p><b>A - Germinação</b></p>	<p><b>B - Plântulas</b></p>	<p><b>C - Muda transplantada aos 19 dias após a semeadura - DAS</b></p>
		
<p><b>D - Vista parcial por ocasião do ransplantio (19 DAS)</b></p>	<p><b>E - Vista parcial aos 58 DAS</b></p>	<p><b>F - Vista parcial aos 142 DAS</b></p>
		
<p><b>G - Planta atacada por ácaro branco aos 116 DAS</b></p>	<p><b>H - Planta atacada por ácaro branco aos 119 DAS</b></p>	<p><b>I - Planta se recuperando do ataque de ácaro branco aos 153 DAS</b></p>
		
<p><b>J - Planta no início da floração aos 96 DAS</b></p>	<p><b>L - Planta no início da frutificação aos 134 DAS</b></p>	<p><b>M - Planta no início da maturação aos 148 DAS</b></p>