



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



**ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE FITOMASSA DO MAMOEIRO CULTIVADO
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

MÔNICA SHIRLEY DA SILVA SOUSA

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO – 2015**



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



MÔNICA SHIRLEY DA SILVA SOUSA

**ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE FITOMASSA DO MAMOEIRO CULTIVADO
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doutor (a) em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES:

Prof^ª. D. Sc. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA

Prof. D. Sc. MARCOS ERIC BARBOSA BRITO

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO – 2015**



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

MÔNICA SHIRLEY DA SILVA SOUSA

**ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE FITOMASSA DO MAMOEIRO CULTIVADO
SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINIZADAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Profª. D. Sc. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA
Orientadora (CTRN/UFCG)

Prof. D. Sc. MARCOS ERIC BARBOSA BRITO
Orientador (CCTA/UFCG)

Prof. D. Sc. REGINALDO GOMES NOBRE
Examinador (CCTA/UFCG)

Prof. D. Sc. JANIVAN FERNANDES SUASSUNA
Examinador (UEPB)

Profª. D. Sc. LEDA VERONICA BENEVIDES D. SILVA
Examinadora (CTRN/UFCG)

Profª. D. Sc. JOELMA SALES DOS SANTOS
Examinadora (CDSA/UFCG)

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
JULHO – 2015**

Ofereço

Aos meus pais Joaquim Antônio de Sousa e Maria Gorete da Silva, meus melhores amigos e incentivadores, razão de minha existência, a eles devo tudo o que sou.

Dedico

A Deus por estar sempre ao meu lado, me guiando e me dando forças pra superar as dificuldades enfrentadas.

Aos meus irmãos Marcos Aurélio, Marta Maria, Jairo, Jandiêr, Jôse, Josué pelo estímulo e por sempre estarem ao meu lado me dando forças para superar os momentos difíceis transcorridos neste trabalho.

Ao meu noivo Tony Maia pela dedicação, amor, carinho e compreensão estando comigo em todos os momentos abraçando esse sonho como se fosse dele.

A Márcia Mirele pelo apoio e incentivo sempre.

Agradecimentos

A DEUS, pelo propósito de vida traçado por Ele para mim e por sua presença forte e constante em minha vida, estando sempre ao meu lado me ajudando na superação de todos os obstáculos enfrentados.

Aos meus pais, meus irmãos, e a todos os meus familiares pela dedicação, amizade sincera, companheirismo e pelo amor incondicional demonstrado a cada dia.

Aos meus avós José Rosa e Arlinda pelos conselhos valiosos e pelas experiências transmitidas.

Ao meu noivo Tony Maia, amigo e companheiro de todos os momentos; sou grata pela confiança e pelo apoio, ajudando-me a seguir em frente e a superar as minhas limitações.

Ao amigo Janivan, pela amizade, pelos dias e noites de estudos, discussões, brincadeiras e incentivo.

A Luderlândio pelo apoio imprescindível durante a pesquisa, pelas mãos calejadas a cada dia de trabalho, por todas as experiências vivenciadas e pela amizade sempre.

À Professora Vera Lúcia Antunes de Lima pela orientação e apoio, pelo conhecimento repassado e pela amizade cultivada.

Ao Professor Marcos Eric Barbosa Brito pela orientação, confiança e amizade e por me oferecer algo valiosíssimo que é o conhecimento, serei grata eternamente.

As amigas Roberta Chaiene e Joice, pessoas indispensáveis, pela amizade, apoio, atenção e contribuições para o sucesso pessoal e acadêmico.

Aos amigos do Curso de Agronomia do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da UFCG, Campus de Pombal, Rômulo Carantino, Luciano, Jardel, Lizaiane, Ilkelan e Giuliana pelo companheirismo, apoio, incentivo e dedicação no decorrer da pesquisa e pela amizade, me transmitindo a certeza de que não enfrentaria essa batalha sozinha.

Aos alunos do curso de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Izaac e Geane que carinhosamente sempre se dispuseram a nos ajudar.

Aos técnicos dos laboratórios do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar pela disponibilidade e pelo apoio dado sempre que precisei.

A Flaviana, Lisiane, Aline e Lidiane pelo apoio, companheirismo e amizade, sempre me ajudando a superar as dificuldades.

A Rayanna, Adriana e Anna Karla pelas contribuições durante toda a minha trajetória acadêmica e pela amizade sempre.

A Aldemir e Alberto Calado, pelas contribuições e amizade cultivada.

Aos colegas de curso Rodrigo, Lauriane e Giovani pelo apoio nas horas difíceis e parceria nas horas alegres.

A todos os funcionários da UFCG, Campus de Pombal, principalmente Sérgio, Rodolfo, Cláudio, Juraci, Lucielma e Lucy, meus sinceros agradecimentos.

À Rafaela e Rafael pela amizade e pelo incentivo para concretização deste trabalho.

Ao professor Reginaldo Gomes Nobre pelo apoio concedido, pelos conselhos imprescindíveis durante a pesquisa e pelas contribuições para melhoria deste trabalho.

À Leda e Joelma que contribuíram de forma expressiva com este trabalho, meus singelos agradecimentos.

Ao professor Hans Raj Gheyi pelo auxílio e atenção prestados sempre que solicitado.

À professora Josivanda pelo incentivo durante o curso.

Aos funcionários da Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, D. Cida, Sr. Gilson, Isaías e Aldaniza pela ajuda e incentivos

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande por mais esta oportunidade de qualificação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

Ao Professor Pedro Dantas Fernandes pelo apoio e por sempre me transmitir segurança para percorrer, com fé, essa longa estrada que é a vida.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campus de Pombal, pelo fornecimento da área experimental para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal) pelas contribuições para a realização deste trabalho.

Aos professores que contribuíram para minha qualificação profissional e formação humana.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização dessa conquista.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTAS DE APÊNDICES.....	XV
RESUMO	XVI
ABSTRACT0.....	XVIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1 A cultura do mamão.....	4
3.1.1 Origem e utilização.....	4
3.1.2 Botânica e morfologia	5
3.1.3 Aspectos edafoclimáticos	5
3.1.4 Importância socioeconômica	6
3.2 Recursos hídricos no semiárido brasileiro e salinidade na agricultura	7
3.3 Efeitos dos sais nos solos	8
3.4 Efeitos dos sais nas plantas.....	9
3.5 Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade	10
3.6 Irrigação no mamoeiro com água salina.....	11
3.7 Salinidade x adubação orgânica	12
3.8 Comportamento fisiológico	14
4 METODOLOGIA	16
4.1 Localização da pesquisa.....	16
4.2 Tratamentos e delineamento estatístico	16
4.3 Instalação e condução do experimento.....	17
4.3.1 Manejo de irrigação	22
4.3.2 Monitoramento climático e balanço de sais no solo.....	23
4.3.3 Variáveis analisadas	24
a) Crescimento das plantas	24
- <i>Altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e taxa de crescimento.....</i>	<i>24</i>

- Número de folhas mortas	24
- Comprimento da nervura central	25
- Comprimento da raiz principal e ramificada	25
- Produção de fitomassa	26
b) Variáveis fisiológicas	27
- Trocas gasosas.....	27
- Fluorescência da clorofila.....	27
- Pigmentos cloroplastídeos.....	28
- Potencial osmótico da seiva foliar	29
- Extravasamento de eletrólitos	30
- 'Status' hídrico da planta	31
c) Características do solo	32
- pH	32
- Condutividade elétrica do extrato de saturação	32
- Porcentagem de sódio trocável (PST)	32
- Classificação dos solos afetados por sais	33
4.4 Análise estatística	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Monitoramento climático, número de plantas floradas e balanço de sais no solo ...	35
5.2 Crescimento das plantas	40
- Altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e taxa de crescimento....	40
- Número de folhas mortas.....	44
- Comprimento da nervura central	45
- Produção de fitomassa	49
5.3 Variáveis fisiológicas	56
- Trocas gasosas – 1 dia de estresse salino	56
- Trocas gasosas – 57 dias de estresse salino.....	63
- Fluorescência da clorofila.....	69
- Pigmentos cloroplastídeos.....	75
- Potencial osmótico da seiva foliar	81
- Extravasamento de eletrólitos	83
- 'Status' hídrico da planta	85
5.4 Características do solo	86

- <i>Classificação dos solos afetados por sais</i>	90
6 CONCLUSÕES	92
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE	114

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento antes da aplicação dos tratamentos, com amostras coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, Pombal - PB, 2015 **17**
- Tabela 2** - Características da água de abastecimento da cidade de Pombal. Pombal - PB, 2015..... **19**
- Tabela 3** - Características físicas e químicas do solo após a adição do esterco bovino. Pombal - PB, 2015..... **20**
- Tabela 4** - Variáveis climatológicas do período de março a outubro de 2014. Pombal - PB, 2015..... **23**
- Tabela 5** - Classificação dos solos afetados por sais..... **33**
- Tabela 6** - Resumo da análise de variância para a altura de plantas (ALT) (m), diâmetro caulinar (DC) (mm), número de folhas (NF) aos 157 dias após transplantio e as taxas de crescimento relativo em altura de planta (TCRALT) ($\text{m m}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e diâmetro caulinar (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) referente ao período de 70 DAT até 157 DAT do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015..... **41**
- Tabela 7** - Resumo da análise de variância para comprimento da nervura central (CNC) (cm), comprimento da raiz principal (CRP) (m) e comprimento da raiz ramificada (CRR) (cm) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **46**
- Tabela 8** - Resumo da análise de variância para as fitomassas do pecíolo (FSP) (g), da folha (FSF) (g), do caule (FSC) (g), da parte aérea (FSPA) (g), da raiz principal (FSRP) (g), da raiz ramificada (FSRR) (g), da raiz total (FSRT) (g), total (FST) (g) e relação raiz/parte aérea (FSR/FSPA) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **50**
- Tabela 9** - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (g_s) ($\text{mol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água ($EIUA$) [$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]/[$\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$] $^{-1}$ e eficiência instantânea da carboxilação (EIC_i) [($\text{mmol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$)]/[$\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$] $^{-1}$ de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal - PB, 2015..... **57**
- Tabela 10** - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (g_s) ($\text{mol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A)

($\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água ($EIUA$) [$(\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1})/[\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}]^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (EIC_i) [$(\text{mmol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1})/[\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}]^{-1}$] de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal - PB, 2015..... **64**

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para as fluorescências inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), F_v/F_m , F_v/F_0 e F_0/F_m de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **70**

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para clorofila *a* (C_a) (g m^{-2}), clorofila *b* (C_b) (g m^{-2}), clorofila total (CT) (g m^{-2}), relação C_a/C_b , carotenóides totais (CRT) (g m^{-2}), relação CT/CRT de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal **76**

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para potencial osmótico (Ψ_s) (MPa), extravasamento de eletrólitos (EE) (%), teor relativo de água (TRA) (%) e déficit de saturação hídrica (DSH) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **82**

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para pH do extrato de saturação (pH_{es}), condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e percentagem d sódio trocável (PST) de solo cultivado com mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **87**

Tabela 15 - Classificação do solo quanto à salinidade baseada na CE_{es} , PST e pH. Pombal – PB, 2015..... **91**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Visão parcial do experimento de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **16**
- Figura 2** – Exposição das mudas de mamoeiro cultivadas em ambiente protegido. Pombal - PB, 2015..... **18**
- Figura 3** – Preparo do solo (A) e preenchimento dos lisímetros (B). Pombal - PB, 2015..... **19**
- Figura 4** – Realização de tratos culturais em mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **22**
- Figura 5** – Manejo de irrigação no mamoeiro cultivado sob níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **23**
- Figura 6** – Mensuração de altura de planta (ALT) (A) e diâmetro caulinar (DC) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **25**
- Figura 7** – Avaliação do comprimento da raiz principal (CRP) e ramificada (CRR) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **26**
- Figura 8** – Mensuração do comprimento da nervura central (CNC) (A) e partição da planta (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **26**
- Figura 9** – Avaliação das trocas gasosas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **27**
- Figura 10** – Avaliação da fluorescência da clorofila *a* de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **28**
- Figura 11** – Quantificação dos pigmentos clorosplátídeos de folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **29**
- Figura 12** – Análise do potencial osmótico da seiva de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **30**
- Figura 13** – Avaliação do extravasamento de eletrólitos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica.

Pombal - PB, 2015.....	31
Figura 14 – Avaliação do teor relativo de água em folhas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.....	32
Figura 15 – Avaliação das características físicas e químicas do solo. Pombal - PB, 2015.....	33
Figura 16 – Variação da temperatura no período do experimento. Pombal - PB, 2015.....	35
Figura 17 - Variação da umidade relativa do ar no período do experimento (A) e número de plantas floradas (B, C) nas diferentes salinidades da água de irrigação e níveis de esterco. Pombal - PB, 2015.....	37
Figura 18 - Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE _{es}) no período do experimento, para os níveis de salinidade na água de irrigação de 0,6 (S1) (A), 1,2 (S2) (B), 1,8 (S3) (C), 2,4 (S4) (D) e 3,0 (S5) (E) dS m ⁻¹ nos dois níveis de esterco bovino. Pombal - PB, 2015.....	39
Figura 19 - Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE _{es}) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE _a) nos dois níveis de esterco. Pombal - PB, 2015.....	40
Figura 20 - Análise de regressão para altura de planta (A), diâmetro caulinar (B) e número de folhas (C) de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.....	43
Figura 21 - Análise de regressão para taxa de crescimento relativo em altura de planta (A) e diâmetro caulinar (B) de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.....	44
Figura 22 - Número de folhas mortas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) nas diferentes salinidades da água de irrigação e nos dois níveis de esterco. Pombal - PB, 2015.....	45
Figura 23 - Análise de regressão para comprimento da nervura central de folhas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.....	47
Figura 24 - Análise de regressão para comprimento da raiz principal (A) e ramificada (B) de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.....	48
Figura 25 - Análise de regressão para as fitomassas do pecíolo (A), da folha (B), do	

- caule (C) e da parte aérea (D) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... 52
- Figura 26** - Análise de regressão para as fitomassas da raiz principal (A), ramificada (B) e total (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... 54
- Figura 27** - Análise de regressão para a fitomassa total (A) e relação raiz parte aérea (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... 56
- Figura 28** - Análise de regressão para condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese líquida (C) e concentração interna de CO₂ (D) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal - PB, 2015..... 60
- Figura 29** - Análise de regressão para eficiência intrínseca no uso da água (A) e eficiência instantânea da carboxilação (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal - PB, 2015..... 63
- Figura 30** - Análise de regressão para condutância estomática (A), transpiração (B), fotossíntese líquida (C) e concentração interna de CO₂ (D) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal - PB,..... 67
- Figura 31** - Análise de regressão para eficiência instantânea no uso da água (A) e eficiência instantânea da carboxilação (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal - PB, 2015..... 69
- Figura 32** - Análise de regressão para as fluorescências inicial (F_0) (A), máxima (F_m) (B) e variável (F_v) (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... 72
- Figura 33** - Análise de regressão para as relações F_v/F_m (A), F_v/F_0 (B) e F_0/F_m (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... 74
- Figura 34** - Análise de regressão para clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 165 após o transplante. Pombal - PB, 2015..... 78
- Figura 35** - Análise de regressão para relação CA/CB (A), carotenóides totais (B) e

- relação CT/CRT (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 165 após o transplante. Pombal - PB, 2015..... **81**
- Figura 36** - Análise de regressão para potencial osmótico (A) e extravasamento de eletrólitos (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **85**
- Figura 37** - Análise de regressão para o teor relativo de água e déficit de saturação hídrica de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **86**
- Figura 38** - Análise de regressão para pH do extrato de saturação (A), condutividade elétrica do extrato de saturação (C) e percentagem de sódio trocável (C) de solo cultivado com mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015..... **90**

LISTAS DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Países produtores de mamão do mundo. Campina Grande – PB, 2015.....	119
Apêndice 2 – Área, produção e rendimento de mamão no Brasil, no período de 1970-2010. Campina Grande – PB, 20.....	119
Apêndice 3 – Produção brasileira de mamão por região em 2012. Campina Grande – PB, 2015.....	119
Apêndice 4 – Produção brasileira de mamão em 2012. Campina Grande – PB, 2015.....	120

SOUSA, M. S. S. **Ecofisiologia e produção de fitomassa do mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica.** 2015. **100f.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

RESUMO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) tem grande importância sócioeconômica, devido ao seu potencial de uso na indústria têxtil, farmacêutica, de alimentos, de cosméticos e na medicina, sendo cultivado em quase todos os países do mundo. É uma cultura considerada sensível à salinidade, e tendo em vista a existência de problemas relacionados à presença de sais no solo, bem como de águas salinas nas áreas de produção, torna-se importante à adoção de tecnologias que viabilizem o seu cultivo. Uma alternativa para amenizar os impactos negativos da salinidade pode ser a adição de matéria orgânica no solo, com intuito de melhorar as características físicas, químicas e biológicas, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a tolerância do mamoeiro à irrigação com águas salinizadas e o efeito da adubação orgânica, como amenizador do efeito dos sais. A pesquisa foi desenvolvida nas instalações do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal, Paraíba, onde foram estudados dois fatores: ‘Salinidade’ (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹); e ‘Adubação Orgânica’ (dois níveis - 10 e 20 Litros de esterco bovino por planta). Fatorialmente combinados resultaram em dez tratamentos, organizados num delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, constituindo 30 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por duas plantas de mamoeiro do grupo Formosa, cultivadas em vasos com capacidade de 150 Litros. Foram avaliadas variáveis de crescimento, fisiologia e características do solo. Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância (teste F até 5% de significância) e regressões polinomiais (linear e quadrática). Para o fator qualitativo, adubação orgânica, foi empregado o teste de comparação de médias (Tukey, p<0,05) nos casos de significância pelo teste ‘F’, usando-se o *software* SISVAR 4.0. Verificou-se que o aumento da salinidade da água de irrigação prejudicou o crescimento do mamoeiro, principalmente no número de folhas, diminuindo de 14 para 9, quando se aumentou a CE de 0,6 para 3,0 dS m⁻¹. Quanto à produção de fitomassa, constatou-se que o aumento de esterco bovino atenua os efeitos degenerativos da salinidade, com exceção da fitomassa do pecíolo e da folha, reduzindo 58 e 49%, indicando sensibilidade dessas variáveis ao excesso de sais. Quanto à fisiologia, pôde-se concluir que as trocas gasosas do mamoeiro são extremamente alteradas pela salinidade, sendo os efeitos negativos mais evidentes com o aumento no período de estresse.

Por outro lado, os parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, teor de clorofila e carotenóides, danos celulares e teor relativo de água não foram influenciados pelos fatores avaliados. Conclui-se ainda que, a CE do extrato de saturação do solo aumenta linearmente com o aumento da CE das águas de irrigação, elevando a PST ao ponto de tornar o solo salino-sódico, sendo necessário adotar medidas de manejo e controle, mesmo no nível mais baixo de salinidade ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$).

Palavras-chave: *Carica papaya*, estresse salino, matéria orgânica, aspectos fisiológicos

ABSTRACT

Papaya (*Carica papaya* L.) has great socioeconomic importance due to its potential use in the textile, pharmaceutical, food, cosmetics and medicine, being cultivated in almost every country in the world. It is a culture considered sensitive to salinity, and in view of the existence of problems related to the presence of salts in the soil, and saline waters in the areas of production, it is important to the adoption of technologies that enable its cultivation. An alternative to mitigate the negative impacts of salinity may be the addition of organic matter in the soil, aiming to improve the physical, chemical and biological, creating a favorable environment for the development of plants. Thus, the aim of this research was to evaluate the papaya tolerance to irrigation with salted water and the effect of organic fertilization, as reliever of the salts effect. The research was conducted on the premises of the Science and Technology Centre Agrifood - CCTA Federal University of Campina Grande - UFCG, Campus Pombal, Paraíba, which were studied two factors: 'Salinity' (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹); and 'Organic Fertilization' (two levels - 10:20 liters of manure per plant). Combined factorial result in ten treatments, organized in a randomized block design with three replications, constituting 30 plots, each plot was composed of two papaya plants of Formosa group, grown in pots with a capacity of 150 liters. Growth variables were evaluated, physiology and soil characteristics. Data were evaluated by analysis of variance (F test up to 5% significance) and polynomial regression (linear and quadratic). For the qualitative factor, organic fertilizer, we used the mean comparison test (Tukey, p <0.05) in cases of significance for the 'F' test, using the SISVAR software 4.0. It was found that the increase in water salinity impaired growth papaya, especially in the number of leaves falling from 9 to 14, when the EC has increased from 0.6 to 3.0 dS m⁻¹. As for biomass production, it was found that the increase of manure attenuates the degenerative effects of salinity, with the exception of biomass and leaf petiole, reducing 58 to 49%, indicating the sensitivity of these variables excess salts. Regarding the physiology, it could be concluded that the gas exchange of papaya are extremely altered by salinity, the most obvious negative effects with the increase in the stress period. On the other hand, the fluorescence parameters Chlorophyll a, Chlorophyll and carotenoid content, cell damage and relative water content were not influenced by the factors evaluated. It also concludes that the CE saturation extract of the soil increases linearly with increasing EC of irrigation water, increasing the PDT as to make the saline-sodic soil being necessary to adopt measures management and control, even in lower salinity (0.6 dS m⁻¹).

Keywords: *Carica papaya*, salt stress, organic matter, physiological aspects

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura de expressiva importância econômica e social, notadamente pela possibilidade de incremento da renda do homem do campo, resultando em melhor qualidade de vida (VENTURINI et al., 2012). O Brasil destaca-se como o segundo maior produtor dessa fruta, chegando a 1,87 milhão de toneladas em 2010, com área colhida de 34,3 mil hectares e rendimento médio de 54,47 t/ha (IBGE, 2012), sendo os estados da Bahia, Espírito Santo, Ceará e Rio Grande do Norte os principais produtores (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010). A Comunidade Europeia e os Estados Unidos são os principais importadores do mamão brasileiro, representando 80% e 14%, respectivamente (BRAPEX, 2010).

No Nordeste do Brasil, onde o cultivo de mamão é expressivo, mais de 60% do território são ocupados por áreas com clima semiárido (MEDEIROS et al., 2012), caracterizado assim por haver irregularidade na pluviosidade e alta taxa de evaporação, ocasionando, naturalmente, um déficit hídrico, o que limita o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Saliente-se que a escassez de recursos hídricos em regiões semiáridas envolve ainda aspectos qualitativos, sobretudo no que diz respeito à presença de sais na água em açudes, lagos e poços (MEDEIROS et al., 2003), o que poderá se tornar um entrave para o cultivo da mamão irrigado. Ressalte-se que essa problemática tem sido estudada em espécies distintas, ao longo tempo (AYERS; WESTCOT, 1999; AZEVEDO et al., 2003; ASHRAF et al., 2008), visando à identificação de estratégias e alternativas de manejo de irrigação, pois com a expansão do seu uso para atender a demanda da produção de alimentos, será iminente o risco de ampliação das áreas salinizadas e sódicas (PINHEIRO et al., 2013).

Em conformidade a essas informações, Brito et al. (2008) afirmam que práticas de manejo de solo, da água e da planta tornam-se imprescindíveis na tentativa de amenizar os impactos negativos causados pela salinidade. Uma das alternativas pode ser a adição de matéria orgânica no solo com a finalidade de melhorar as características físicas, químicas e biológicas, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas. Trindade et al. (2000) obtiveram aumentos no crescimento, em altura e peso de matéria seca, à medida que se adicionou em até 30% de esterco, evidenciando atuação positiva do seu uso no cultivo do mamoeiro. Tal fato tem despertado o interesse de produtores a utilizarem esse método, que tem como alternativa o uso de material orgânico, muitas vezes disponível na propriedade, além da valorização do produto.

Para tanto, Stewart e Robinson (1997) relatam que a falta de manutenção da matéria orgânica no solo torna-se um fator limitante para o desenvolvimento das culturas e da

sustentabilidade nas regiões Semiáridas. Todavia, encontram-se divergências na literatura, quanto ao comportamento do mamoeiro sob salinidade, em que Ogden (1981) atribuiu nenhuma tolerância, Maxwell et al. (1984) atribuem baixa tolerância e, Ayers e Westcot (1999) relatam como moderadamente sensível à salinidade, necessitando assim de estudos complementares. Neste contexto, Azevedo Neto (2005) reporta que o estresse salino limita o crescimento e a produtividade das culturas e que os mecanismos de tolerância à salinidade ainda não estão bem esclarecidos, pelo fato de ser um fenômeno extremamente complexo, podendo envolver alterações morfológicas e de desenvolvimento, bem como processos fisiológicos e bioquímicos.

Além do crescimento e produção, outras práticas rápidas e eficazes têm sido utilizadas na avaliação da tolerância à salinidade como as mudanças no aparato fotossintético das plantas, por meio da cinética da fluorescência da clorofila que sofre mudanças em resposta aos estresses abióticos (AZEVEDO NETO et al., 2011). Outro método comumente adotado é o estudo das trocas gasosas da planta com o ambiente, considerado ferramenta importante na verificação dos efeitos da salinidade nos vegetais, visto serem os mecanismos estomáticos os primeiros a serem afetados, devido à redução na disponibilidade de água (MUNNS, 2005; NEVES et al., 2009).

Para Gulzar et al. (2003) a redução no crescimento em resposta ao aumento da salinidade pode ser atribuída a um efeito direto dos íons Na^+ e Cl^- sobre processos fisiológicos importantes da planta (efeito tóxico) e um efeito indireto, devido à redução do potencial osmótico, o qual pode induzir condições de estresse hídrico. Os estresses provocados pelo excesso de íons, em geral, diminuem a assimilação do CO_2 , condutância estomática e transpiração das plantas.

Portanto, a planta sob estresse salino sofre alterações no metabolismo, com consequentes respostas fisiológicas dentre as quais se destacam alterações no status hídrico, acúmulo de solutos e eficiência fotossintética, além da ocorrência de efeito tóxico e interferência na absorção de alguns nutrientes do solo. Cabe salientar que além de contraditórias, são escassas as informações de caráter científico com o mamoeiro sob salinidade em condições de campo, bem como ainda não há comprovação do nível crítico de salinidade tolerado pela cultura, tornando assim imperativo o desenvolvimento de estudos que explorem os efeitos da salinidade no mamoeiro e os benefícios da utilização da matéria orgânica, em face da expressiva importância dessa frutífera no Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a tolerância do mamoeiro sob irrigação com águas salinizadas e os efeitos da adubação orgânica como amenizador do estresse, sob condições do Semiárido brasileiro.

2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar os efeitos dos níveis de salinidade da água de irrigação e dois níveis de matéria orgânica sobre o crescimento do mamoeiro.
- b) Avaliar os aspectos fisiológicos relativos à abertura e ao fechamento de estômatos, transpiração e fotossíntese, assim como da eficiência quântica do fotossistema II do mamoeiro em função da salinidade e dois níveis de matéria orgânica;
- c) Analisar parâmetros bioquímicos do mamoeiro em função os níveis de salinidade e dos níveis de matéria orgânica por meio da concentração de pigmentos;
- d) Identificar o maior nível de salinidade da água de irrigação tolerado pelo mamoeiro, sem perda significativa na formação de matéria seca;
- e) Quantificar o nível de matéria orgânica a ser utilizado no cultivo do mamão, capaz de amenizar os efeitos causados pela salinidade;
- f) Avaliar o acúmulo de sais e classificar o solo cultivado com mamoeiro, nos diferentes níveis de salinidade e nos níveis de matéria orgânica.
- g) Analisar a interação salinidade da água de irrigação e níveis de matéria orgânica no cultivo do mamoeiro.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A cultura do mamão

3.1.1 Origem e utilização

O mamoeiro é uma das fruteiras mais comuns em quase todos os países da América Tropical, sendo descoberto pelos espanhóis na região compreendida entre o sul do México e o norte da Nicarágua. Após a descoberta, o mamoeiro foi amplamente distribuído em várias regiões tropicais, estendendo-se a 32 ° de latitude norte e sul, com possível introdução no Brasil em 1587. É considerada como uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, onde seus frutos são excelentes fontes de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C (ácido ascórbico), por isso são amplamente utilizados em dietas alimentares (SERRANO; CATTANEO, 2010).

Aproveita-se do mamoeiro o fruto maduro ou na forma de purê, mamão em calda, cristalizado, desidratado, polpa, ou verde na forma de doce, sendo que alguns itens são também exportados. Além de grande espectro de uso, sua difusão é facilitada por suas características próprias, dentre as quais o pequeno espaço que ocupa, rápido desenvolvimento, fácil propagação e grande rendimento obtido, uma vez que produz sem parar o ano todo (CARVALHO et al., 2008).

Vale salientar que das folhas, dos frutos e das sementes do mamoeiro é extraído também um alcalóide denominado carpaína, utilizado como ativador cardíaco. Além disso, o mamão é boa fonte de cálcio e excelente fonte de pró-vitamina A e de ácido ascórbico (vitamina C), sendo que o teor deste último aumenta com a maturação do fruto, como também fonte importante de papaína, enzima proteolítica de ação semelhante à da pepsina e tripsina, empregada para os mais variados usos nas indústrias têxteis, farmacêutica, de alimentos e de cosméticos. A papaína é produzida nos laticíferos distribuídos no corpo da planta, encontrada em grande quantidade principalmente nos frutos imaturos (KOEHLER, 2004).

O fruto do mamoeiro é suculento e apresenta sabor agradável, características que atraem a preferência de muitos consumidores. Além de ser ingerido *in natura*, o fruto também é utilizado em saladas, sucos, doces e em uma variedade de bebidas (ABREU, 2010). Independente da forma, o consumo do mamão é recomendado por ser um alimento rico nutricionalmente. Constitui-se numa das principais fontes de vitaminas A, C e do complexo B (folato, tiamina, niacina, riboflavina), fósforo, potássio, ferro, cálcio e fibra (MING et al., 2007).

3.1.2 Botânica e morfologia

O mamoeiro cultivado comercialmente insere-se na classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero *Carica* (MANICA, 1982). O segundo esquema de taxonomia para a família Caricaceae identifica-se 34 espécies distribuídas em cinco gêneros: *Jacaratia*, com sete espécies encontradas desde o México até o norte da Argentina; *Jarilla*, compreendendo três espécies no México e Guatemala; *Cylicomorpha*, com duas espécies da África Equatorial; *Horovitzia*, gênero mais novo, com uma espécie no México; e o gênero *Carica*, que possui duas seções: *Vasconcella*, com 20 espécies, e *Carica*, com uma espécie (DANTAS; LIMA 2001).

A planta de mamoeiro tem sistema radicular pivotante, com raiz principal bastante desenvolvida. As raízes são distribuídas em maior quantidade nos primeiros 30 cm do solo, no entanto, podem se desenvolver em até duas vezes a altura da planta, sendo capazes de explorar uma camada de solo com profundidade de 1 m. O caule é cilíndrico, com 10 a 30 cm de diâmetro, herbáceo, fistuloso, ereto, encimado por uma coroa de folhas, dispostas de forma espiralada. As folhas são grandes, com 20 cm a 60 cm, glabras, com longos pecíolos fistulosos, geralmente de 50 cm a 70 cm de comprimento. As flores podem ser divididas basicamente em três tipos bem diferenciados: pistilada ou feminina típica, hermafrodita e estaminada ou masculina típica. O fruto é uma baga de forma variável de acordo com o tipo de flor, podendo ser arredondado, oblongo, alongada, cilíndrico e piriforme. A casca é fina e lisa, de coloração amarelo-clara a alaranjada, protegendo uma polpa com 2,5 a 5 cm de espessura. O fruto pode atingir até 50 cm de comprimento e pesar desde alguns gramas até 10 quilos. As sementes são pequenas, redondas, rugosas e recobertas por camada mucilaginosa (MATOS, 2006).

3.1.3 Aspectos edafoclimáticos

O mamoeiro é uma planta tropical que se adapta mais adequadamente em região de clima quente e úmido. A temperatura média ideal para o cultivo situa-se em torno de 26 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 85% (GARCIA et al., 2007). Em temperaturas abaixo de 15 °C, o mamoeiro paralisa o seu desenvolvimento vegetativo, reduz o florescimento, atrasa a maturação e produz frutos de qualidade inferior (OLIVEIRA et al., 1994; MARIN et al., 1995). Portanto, a temperatura exerce influência no desenvolvimento da cultura, sobretudo na formação das flores e dos frutos. A duração de cada estágio do mamoeiro varia com a espécie e as condições climáticas (ESPÍNDULA NETO et al., 2007).

A altitude mais indicada é de até 200 m acima do nível do mar, embora a planta produza bem em áreas mais altas, podendo adaptar-se a clima subtropical e produzir em climas

temperados. Temperaturas excessivamente baixas (abaixo de 0 °C) causam danos nos frutos e morte das plantas (MATOS, 2006).

O mamoeiro se desenvolve praticamente em quase todos os tipos de solos, desde que sejam profundos e bem drenados, sendo essenciais os de textura areno-argilosas, ricos em matéria orgânica, com pH variando entre 5,5 a 6,7 (CENTEC, 2004). Solos onde existe a presença de camadas compactadas, na superfície ou subsuperfície, podem caracterizar limitação na cultura do mamoeiro, pois constitui impedimento físico ao crescimento das raízes, diminuindo o volume de solo a ser explorado pelas plantas e, conseqüentemente, restringindo o acesso à água (TRINDADE, 2000).

Para obter alta produtividade e boa qualidade dos frutos do mamoeiro, é necessário um conjunto de fatores, como luz, temperatura, solo, CO₂, água e nutrientes. A ação conjunta desses fatores influenciará nas taxas de crescimento e de produtividade, garantindo o desenvolvimento e a qualidade dos frutos (MARINHO et al., 2008).

3.1.4 Importância socioeconômica

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, sendo que a produção nacional é de aproximadamente 40 milhões de toneladas produzidas em 2,2 milhões de hectares. A fruticultura gera um retorno de 4 milhões de empregos, com diversos níveis de qualificação de mão de obra, o que permite a obtenção de um faturamento bruto que oscila entre R\$ 1 mil a R\$ 20 mil por hectare (SEAGRI-BA, 2006).

Neste cenário está inserido o cultivo do mamoeiro, por ser uma frutífera de grande importância econômica para o agronegócio brasileiro, possuindo ótima aceitação no mercado mundial (SANTOS et al., 2009), se destacando de maneira significativa, o que permite que o mamão seja uma das frutas mais consumidas no país, representando 10% da produção mundial de frutas tropicais (IBRAF, 2010). Em 2010 o país lucrou em torno de US\$ 35,12 milhões com as exportações da fruta, sendo que no ano seguinte (2011) houve incremento de 10% nas vendas de mamão para o mercado externo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

A Índia é o principal produtor mundial, seguido do Brasil e Indonésia com produção em 2012 de 5.160.390, 1.517.696 e 906.312, respectivamente (FAO, 2014). No Brasil a região Nordeste possui maior participação na produção (60,45%), com uma quantidade produzida de 917.38 toneladas numa área colhida de 18,57 hectares, sendo os principais estados produtores a Bahia, seguida do Espírito Santo, Ceará e Rio Grande do Norte (IBGE, 2012). Conforme dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX, 2014), o volume de mamão exportado pelo Brasil

de janeiro a abril de 2014 foi 11% maior que o do mesmo período de 2013, totalizando 10,9 mil toneladas. A receita obtida foi de US\$ 15,9 milhões, 17% maior na mesma comparação, sendo Portugal, Espanha, Alemanha e Reino Unido os maiores compradores da fruta brasileira, importando 1,7; 1,6; 1,4 e 1,4 mil toneladas de mamão, respectivamente.

Além de importante em termos econômicos, o cultivo do mamoeiro gera empregos diretos e indiretos, tendo em vista que os tratos culturais, colheita e a comercialização ocorrem durante o ano todo, garantindo a permanência do homem do campo na zona rural e diminuindo significativamente o êxodo rural (LUCENA, 2013).

3.2 Recursos hídricos no semiárido brasileiro e salinidade na agricultura

A salinidade das terras aráveis e agricultáveis tem sido crescente em todo o mundo, notadamente em regiões áridas e semiáridas onde a precipitação pluviométrica é insuficiente e irregular, de modo que não ocorra a lixiviação de íons presentes na zona radicular, sendo este um fator que interfere diretamente na produção agrícola. Frente a isso o aumento populacional e a necessidade de maior produção mundial de alimentos, fez aumentar a demanda de água, o que contribui para a redução da disponibilidade hídrica na natureza, tanto em quantidade como em qualidade. Vale salientar que a água tem importância vital para as plantas, participando de todos os processos físicos, químicos e biológicos para o seu desenvolvimento, por ser o principal componente da célula vegetal (média de 95% do peso total) (HOLANDA et al., 2010).

Sob essa perspectiva, uma das alternativas para amenizar os problemas decorrentes desses processos, é recorrer ao uso de águas de qualidade inferior para os mais variados setores da sociedade, como, por exemplo, na agricultura, ou ainda, incluir o uso da mistura de águas não salinas com águas de elevada salinidade (DIAS et al., 2011). Por outro lado, nem sempre os sistemas produtivos são adequados, contribuindo cada vez mais para degradação dos solos, da vegetação e da biodiversidade; por exemplo, a irrigação e drenagem mal conduzidas têm contribuído para um aumento considerável das áreas salinizadas (AZEVEDO et al., 2003).

No mundo, cerca de 19,5% das terras irrigadas (45 milhões de hectares) e 2,1% das não irrigadas (32 milhões de hectares) estejam afetadas pelos sais. Este problema é mais evidente nas regiões áridas e semiáridas, atingindo cerca de 25% das áreas irrigadas. Atualmente, estima-se que ocorra uma perda de cerca de 1,5 milhões de hectares de terras aráveis a cada ano devido ao acúmulo de sais. Dessa forma, a salinização tem sido identificada como o principal processo de degradação dos solos (FAO, 2006).

Embora as informações sobre as áreas salinas no Brasil não estejam bem definidas, estima-se que 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentem problemas de salinização (FAO, 2006), principalmente em áreas da região Nordeste, onde as chuvas são irregulares e de baixa intensidade, sendo a irrigação a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança no semiárido. Portanto, o desenvolvimento de pesquisas que venham a possibilitar um melhor manejo do solo e da água, face às projeções futuras de aumento da população e da demanda por alimentos são indispensáveis (HOLANDA et al., 2010).

3.3 Efeitos dos sais nos solos

Em solos brasileiros, uma maior importância em relação à salinidade é dada a região semiárida, onde a evapotranspiração supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, conseqüentemente, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE; FREIRE, 2007). Nestes ambientes, há tendência de acúmulo de sais, liberados dos minerais do material de origem, predominantemente, os cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , K^{+} e os ânions Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} e CO_3^{2-} (RIBEIRO et al., 2009).

A salinidade pode variar com o tempo e espaço, da profundidade do lençol freático, das práticas de manejo utilizadas, da taxa de evapotranspiração, da salinidade da água, da pluviosidade e de outros fatores hidrogeológicos (D'ALMEIDA et al., 2005). O excesso de sais, além de trazer prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo, provoca a redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas provocando sérios prejuízos à atividade agrícola (CAVALCANTE et al., 2010). Contudo, o grau ou a concentração de sais que determinam essa redução varia com a espécie, podendo esse fato estar relacionado com a tolerância de cada espécie à salinidade (FERREIRA et al., 2001).

Para Prado (2008), o excesso de sais influencia a estrutura do solo, provocando redução na capacidade de armazenar água e, conseqüentemente, sua absorção. Neste caso, afeta também a absorção dos nutrientes em que o mecanismo de contato íon-raiz ocorre em solução aquosa (fluxo em massa) e, assim, interferindo na absorção principalmente de N, S, Ca e Mg, efeito semelhante foi encontrado por Novais e Mello (2007) em solos compactados. Deste modo, a salinidade pode afetar a fisiologia das plantas cultivadas devido às alterações químicas e físicas do solo (SERTÃO, 2005).

Deste modo, o problema da salinidade nos solos agricultáveis está relacionado às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o desenvolvimento vegetal desde a germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (FARIAS, 2008).

3.4 Efeitos dos sais nas plantas

As plantas estão sempre sujeitas às condições adversas constituindo o que, na ecofisiologia vegetal, é denominado de estresse, podendo ser causado por diversos fatores, afetando o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Isso ocorre devido ao desvio de parte do metabolismo das plantas para a adaptação ou sobrevivência ao fator limitante, das mais variadas formas, em detrimento da produção, pois parte da energia é destinada para este processo (FERNANDES, 2005). Taiz e Zeiger (2009) definem o estresse como sendo um fator externo que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta.

Dentre os estresses, a salinidade é um dos fatores que merece destaque por afetar a disponibilidade de água, causando distúrbios nutricionais na planta, dependendo do sal e do genótipo vegetal. (TESTER; DAVENPORT, 2003). Inicialmente o efeito da salinidade foi explicado pela teoria da seca fisiológica. A água é osmoticamente retida em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração dos sais torna a água cada vez menos disponível para a planta (LARCHER, 2000). Deste modo, devido à redução do gradiente de potencial hídrico provocado pelo excesso de solutos no solo, ocorrerá a diminuição na absorção de água e, conseqüentemente, déficit hídrico, levando a planta a sofrer injúrias ou até mesmo a morte (AQUINO, 2005).

Os sais, além de afetarem a disponibilidade de água, causam distúrbios nutricionais na planta, onde o excesso de íons pode impedir a absorção de elementos essenciais ao crescimento, levando ao desbalanceamento nutricional (TESTER; DAVENPORT, 2003). Porém, Ayers e Westcot (1999) relatam que algumas espécies conseguem produzir rendimentos economicamente viáveis, mesmo em altos níveis de salinidade no solo, devido a maior capacidade de ajuste osmótico, o que as permite absorver quantidade suficiente de água, mesmo em condições salinas. Essa adaptação é muito útil, possibilitando a identificação de espécies mais tolerantes, quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (TESTER; DAVENPORT, 2003).

As alterações morfofisiológicas da planta aos estresses em geral variam enormemente com a espécie e seu estágio de desenvolvimento, além da intensidade e duração do estresse ao qual a planta é submetida (WILLADINO; CÂMARA, 2004). Desta forma, a análise de crescimento pode ser muito útil no estudo da resposta do vegetal, servindo também para selecionar cultivares ou espécies que apresentem características funcionais mais apropriadas aos objetivos do estudo (BENINCASA, 2003). Vale citar que essas análises foram realizadas nesta pesquisa, assegurando utilidade na identificação dos efeitos causados pela salinidade na cultura do mamoeiro.

Neste contexto Tester e Davenport (2003) citam que as espécies de crescimento lento são mais tolerantes quando comparadas com as de crescimento mais rápido. Conforme Ayers e Westcot (1999), algumas culturas podem alcançar valores de tolerância oito a dez vezes maiores que a de outras. Saliente-se que a amplitude da tolerância relativa permite um uso maior de águas com salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas para irrigação (BRITO et al., 2008). Complementando, Fageria (1989) relata que a resposta da planta à salinidade não depende apenas da concentração de sais, sendo necessário um estudo rigoroso da tolerância da planta aos sais, considerando, além da quantidade de sais solúveis totais, outros fatores que, frequentemente, interferem na produção, como planta, solo e clima.

3.5 Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade

A tolerância das culturas aos sais solúveis e ao sódio é variável. Segundo Rhoades e Loveday (1990), são múltiplas as alterações existentes nas plantas com esse objetivo, entre as quais citam-se adaptações morfológicas (maior suculência devido à presença de um grande parênquima paliádico) e anatômicas (estrias de Caspary mais largas e segunda endoderme no córtex). Conforme Flowers e Flowers (2005) e Epstein e Bloom (2006), o mais evidente mecanismo de tolerância aos sais é a adaptação morfológica das plantas, decorrente da redução da disponibilidade de água,

Para Richards (1954), a tolerância à salinidade pode ser analisada de acordo com os seguintes critérios: (a) capacidade da cultura em sobreviver em solos salinos; (b) o rendimento da cultura em solos salinos; e (c) o rendimento da cultura em solo salino, comparado ao de um solo não salino, sendo este último critério o melhor para estudos comparativos. Acrescente-se que, na seleção de culturas para solos salinos, Rhoades et al. (1992), reportam que deve ser dada atenção particular à sua tolerância à salinidade, durante o desenvolvimento inicial, pois baixas produções, frequentemente resultam de falhas na obtenção de densidades satisfatórias de plantas.

Neste contexto alguns autores citam que, na primeira fase, o crescimento da planta é afetado pelos sais que estão no exterior da mesma e é regulado por sinalização proveniente da raiz, sobretudo pelo ácido abscísico (ABA). A segunda fase caracteriza-se pela redução do crescimento resultante do acúmulo de sais no interior da planta. A causa desta injúria é função da elevada quantidade de sal absorvida, a qual ultrapassa a capacidade da planta de compartimentalizá-lo no vacúolo. Conseqüentemente, a concentração de sais aumenta no citoplasma e inibe a atividade de enzimas de várias rotas metabólicas (WILLADINO et al., 1996; PRISCO; GOMES FILHO, 2010). Alternativamente à compartimentalização no vacúolo,

os sais podem ser transportados para a parede celular, o que, por sua vez, pode resultar na desidratação da célula (MUHLING; LAUCHLI, 2002).

Acrescente-se que, os resultados referentes à tolerância de plantas a elevados níveis de salinidade devem ser analisados e interpretados adequadamente antes de serem aplicados na prática. Os critérios de avaliação podem envolver mecanismos morfológicos (folhas mortas, redução em peso de matéria seca da parte aérea) e mecanismos fisiológicos (KOZLOWSKI; PALLARDY, 2002), variáveis estas analisadas nesta pesquisa.

Descrições de Taiz e Zeiger (2009) citam que as plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de ajustar o potencial osmótico das células, o que envolve tanto a absorção e a acumulação de íons como a síntese de solutos orgânicos. A importância relativa de muitos mecanismos varia entre espécies de planta, entre cultivares da mesma espécie e, em alguns casos, entre partes da planta (FAGERIA; GHEYI, 1997). Quanto a taxa de absorção de íons, o Cl^- contribui muito mais para o ajustamento osmótico que o SO_4^- , pois a absorção do Cl^- é muito mais rápida. Quando a salinidade consiste predominantemente de cátions monovalentes e ânions bivalentes, como Na_2SO_4 , a taxa de cátions absorvidos é maior que a de ânions. Nessa situação, o balanço iônico é alcançado através da síntese e da acumulação de ácidos orgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Vale salientar que, as plantas que acumulam sais em ajustamento osmótico são denominadas de eualofíticas e aquelas que acumulam mais solutos, em comparação aos sais, são chamadas glicolofíticas. Por exemplo, em cenoura, o aumento de concentrações de sacarose, sob condições salinas, é o componente principal de ajustamento osmótico, mas, em beterraba, os sais são o principal componente, em lugar de sacarose (TAIZ; ZEIGER, 2009). Nas eualofíticas, geralmente há acumulações de sais é na forma de NaCl . Estas plantas possuem mecanismo de adaptação para alta concentração de sais pelo aumento da suculência, pelo acúmulo em partes menos sensíveis, pela exclusão do excesso de sais de seus órgãos ou por várias combinações deste mecanismo (FAGERIA; GHEYI, 1997).

3.6 Irrigação no Mamoeiro com Água Salina

O mamoeiro é considerado moderadamente tolerante à salinidade, mas seu cultivo irrigado na zona semiárida brasileira apresenta riscos, devido ao aumento da concentração salina das águas durante o período de maior demanda atmosférica, trazendo prejuízos ao desenvolvimento das plantas através da inibição de germinação de sementes, crescimento em altura e diâmetro e acúmulo de biomassa (AYERS; WESTCOT, 1999). Neste sentido, Carvalho e Nakagawa (1998) relatam que a água é o fator que exerce maior influência desde a

germinação, principalmente devido à reidratação dos tecidos, seguido da intensificação da respiração e todas as outras atividades metabólicas, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários aos processos de crescimento e desenvolvimento.

Os efeitos do sal sobre as plantas são evidenciados por sintomas de toxicidade, como clorose ou necrose foliar, acompanhados pela acumulação excessiva de Na^+ ou de Cl^- nos tecidos (WAHOME et al., 2001; GARCÍA-SÁNCHEZ et al., 2002). O aumento da concentração de Na^+ nos tecidos foliares pode afetar processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K^+ , como a abertura estomática, a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteínas, em virtude da similaridade físico-química entre esses íons (MAATHUIS; AMTMANN, 1999; APSE; BLUMWALD, 2007).

Neste contexto, Maas e Hoffman (1977) reportam que o efeito acumulativo dos sais no solo faz com que a disponibilidade de água para a cultura do mamoeiro diminua à medida que a salinidade aumenta, provocando assim alterações fisiológicas. Essa inconveniência resulta na inibição do crescimento em altura, diâmetro caulinar, área foliar e acúmulo de biomassa e de produção das frutíferas, em geral, inclusive o mamoeiro (CAVALCANTE et al., 2006). Resultados encontrados por Cavalcante et al. (2010) comprovaram que o nível de salinidade da água de irrigação mais adequado para o crescimento do mamoeiro é até $0,4 \text{ dS m}^{-1}$, sendo afetado negativamente quando irrigado com águas de condutividade elétrica mais elevada.

Considerando a importância da cultura do mamoeiro para a economia brasileira, o aumento significativo das áreas plantadas sob condições de irrigação no Nordeste e as poucas informações referentes ao crescimento e produção de biomassa do mamoeiro irrigado com água de restrição para a agricultura pelo excesso de sais, se faz necessário à realização de pesquisas que apresentem alternativas para redução dessa problemática (FIGUEREDO, 2010). Salienta-se que a escassez de recursos hídricos em regiões semiáridas envolve aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente no que diz respeito à presença de sais na água (MEDEIROS et al., 2003).

3.7 Salinidade x Adubação Orgânica

O cultivo irrigado na região semiárida brasileira apresenta riscos devido, principalmente, ao aumento da concentração de sais, tanto de terras quanto de recursos hídricos. A alta concentração de sais em níveis superiores aos tolerados pelas plantas, em reservatórios de água e em solos agrícolas, tem gerado preocupação em todo o mundo por comprometer o crescimento, desenvolvimento, rendimento e a qualidade da produção de várias culturas. Ressalte-se que essa problemática tem sido exaustivamente estudada em espécies distintas

(AYERS; WESTCOT, 1999; TESTER; DAVENPORT, 2003; ASHRAF et al., 2008), no sentido de encontrar estratégias de manejo, pois com a expansão do uso de irrigação, previsto para o futuro a fim de atender à demanda da produção de alimentos, aumentarão os riscos de ampliação das áreas salinizadas e sódicas (PINHEIRO et al., 2013).

Nessa perspectiva, torna-se fundamental o uso de um conjunto de práticas que envolvam o manejo do solo, da água e da planta e, entre tais práticas, inclui-se a adição de matéria orgânica que atua na otimização das propriedades do solo, uma vez que a transformação da matéria orgânica em húmus potencializa a ação de microrganismos, resultando no melhor aproveitamento dos nutrientes do próprio solo, de maneira gradativa e contínua, resultando em maior equilíbrio nutricional (GALBIATTI et al., 2011).

É importante citar que em solos salinizados surgem problemas físicos, químicos e biológicos devido à carência de matéria orgânica, dentre os quais se destacam a redução da capacidade de retenção de água, da agregação do solo, baixa capacidade de troca de cátions e da atividade microbiana (SILVA JÚNIOR et al., 2009), sendo a prática da adubação orgânica uma alternativa que proporciona excelente resposta no desenvolvimento e produção do mamoeiro, trazendo como vantagens a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (OLIVEIRA et al., 2004). Oliveira et al. (1996), estudando o efeito da adubação foliar no mamoeiro, com e sem matéria orgânica, observaram que o esterco de curral proporcionou bom desenvolvimento das plantas. Lima et al. (1996) observou que a adição de esterco bovino à mistura de substrato proporcionou melhores resultados no desenvolvimento do mamoeiro.

Neste sentido, Filgueira (2000) reporta que o esterco bovino eleva a CTC do solo, proporciona retenção de umidade e de nutrientes, como o nitrogênio, elemento responsável pelo crescimento das plantas. Conforme já citado isso se deve não somente pelo suprimento de nutrientes, mas também por promover a melhoria da fertilidade e estrutura do solo, resultando em melhor aproveitamento da água e de nutrientes originalmente presentes (FILGUEIRA, 2000). Mendonça et al. (2006) verificaram que a adição de 40% de composto orgânico no substrato para o mamão Formosa pode ser uma alternativa viável.

Ressalte-se que os compostos orgânicos conferem ao solo e às plantas grande quantidade de nutrientes, promovendo o controle de doenças, refletindo no desenvolvimento da cultura. Isso ocorre por que quando são disponibilizados às plantas colonizam a rizosfera e promovem crescimento, por aumentar o fornecimento de nutrientes primários. Assim, a planta nutrida torna-se tolerante ao ataque de patógenos, além da liberação de compostos voláteis pelos mesmos, que podem ocasionar a antibiose (VESSEY, 2003).

3.8 Comportamento fisiológico

A estrutura do maquinário fotossintético das plantas é muito complexa e, constantemente, está submetida à estresses ambientais, com susceptibilidade a alterações durante o seu desenvolvimento (TORRES NETTO, 2005). As folhas são submetidas à variação estacional da disponibilidade de água, de radiação solar, de temperatura do ar e do solo. No decorrer de um ano, as variações no ambiente condicionam o desenvolvimento fenológico das plantas e causam alterações significativas nos processos fisiológicos (MAGALHÃES FILHO et al., 2009).

A disponibilidade de CO₂ para a fotossíntese depende diretamente das taxas de difusão de CO₂ da atmosfera para a câmara subestomática, e desta para os cloroplastos. A entrada de gás carbônico atmosférico na folha dar-se principalmente através dos estômatos que, por sua vez, tem seu processo de abertura e fechamento controlado de forma muito eficiente pela disponibilidade de água (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O funcionamento dos estômatos compõe um comportamento fisiológico. Quando abertos, permitem a assimilação de gás carbônico e, fechando-se, conservam água e reduzem o risco de desidratação. Pela regulação da demanda transpirativa das folhas, a condutância estomática influenciará diretamente o potencial de água da planta. Dessa forma, o potencial de água das folhas, por sua vez, também influencia a condutância estomática, particularmente durante as condições de deficiência hídrica. Entre os fatores ambientais, a luz, a umidade do ar, a concentração de gás carbônico, o potencial de água da folha e a temperatura, influem, significativamente, na condutância estomática (TENHUNEN et al., 1987; SILVA et al., 1998).

Medina et al. (1999) ao estudarem trocas gasosas e fotossíntese em laranja, cultivada sob deficiência hídrica, constataram queda da taxa fotossintética, e atribuíram esse fato ao fechamento estomático, causado pela restrição hídrica. Endres et al. (2010) estudando os efeitos a deficiência hídrica nas trocas gasosas no feijoeiro, verificaram reduções nas taxas fotossintéticas, e atribuíram esse fato não só a resistência estomática, aumentada pela restrição hídrica, mas também a diminuição da eficiência de carboxilação.

Para Foyer e Galtier (1996) a produtividade é influenciada por características morfológicas e fisiológicas da fonte (órgãos fotossintetizantes) e do dreno (órgãos consumidores dos metabólitos fotossintetizados, carboidratos principalmente) e que a produção de fitomassa depende da atividade fotossintética da fonte, porém a assimilação do CO₂ é apenas um dos muitos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Os estudos sobre as trocas gasosas e potencial da água da folha em frutíferas, envolvendo a fixação de CO₂, transpiração e resistência foliar à difusão de vapor ampliaram-se a partir da

década de 80, em trabalhos direcionados para culturas tropicais, como caju e goiaba (SENA et al., 1995). Portanto, quando se visa ganhos em produtividade, informações sobre assimilação de CO₂ como também a eficiência do uso da água para esta assimilação são extremamente importantes.

Embora as medidas de trocas gasosas (CO₂ e O₂) sejam importantes para determinar as taxas fotossintéticas, podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos, ocasionados pelas diversas formas de estresse abiótico (DURÃES, 2003). Uma alternativa às medidas de trocas gasosas é a avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese, obtida por meio das diversas variáveis da fluorescência da clorofila *a*. O rendimento da fluorescência da clorofila revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (PSII) (BOLHÁR-NORDENKAMPF et al., 1989). Além disso, é uma técnica rápida, não-destrutiva e sensível, constituindo importante avanço em estudos fisiológicos e em ecologia de plantas (KRAUSE; WEIS, 1991).

Cavalcanti et al. (2008), ao estudarem a fisiologia do cajueiro anão cultivado sob estresse hídrico, averiguaram que o estresse não causou dano ao funcionamento do fotossistema, mantendo a eficiência fotossintética em níveis adequados. Comportamento contrário foi proposto por Melo et al. (2010) estudando o crescimento e a fisiologia da cultura da melancia, submetida a diferentes quantidades de água, onde observaram que a eficiência quântica do fotossistema II foi afetada de forma negativa, quando a cultura foi irrigada com níveis de água inferiores e superiores ao seu consumo. Neste sentido, o estudo de variáveis fisiológicas é importante no esclarecimento de efeitos das condições osmóticas e hídricas sobre a eficiência fotossintética nos vegetais. Acrescente-se que a diminuição da eficiência fotossintética causada por fatores estomáticos ou não-estomáticos, provoca redução no potencial de desenvolvimento dos vegetais (PEREIRA et al., 2000).

4 METODOLOGIA

4.1 Localização da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida nas instalações do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal, PB (Figura 1), localizado sob coordenadas geográficas 6°47'20" S e 37°48'01" W, a uma altitude de 194 m, no período de 25 de março a 16 de outubro de 2014. O clima da região é do tipo BSh, segundo classificação de Köppen, caracterizando-se por ser semiárido quente e seco, com pluviosidade média anual de 750 mm e evapotranspiração média anual de 2000 mm.



Figura 1 – Visão parcial do experimento de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

4.2 Tratamentos e delineamento estatístico

Foram estudados dois fatores: ‘Salinidade’ correspondente a cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹); e ‘Adubação Orgânica’, relativo a dois níveis de esterco bovino (10 e 20 Litros por vaso).

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados com tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 2, com três repetições, constituindo 30 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por duas plantas de mamoeiro do grupo Formosa, cultivadas em lisímetros/vasos com capacidade para 150 Litros (altura de 43 cm, diâmetro da base inferior de 0,61 cm e abertura superior de 87 cm), instalados em campo.

Em agosto de 2013 foram coletadas, antes do início do experimento, amostras para caracterização física e química do solo, sendo os dados dispostos na Tabela 1. Salienta-se que foram retiradas amostras nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e analisadas conforme metodologia descrita em EMBRAPA (2009).

Tabela 1 – Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento antes da aplicação dos tratamentos, com amostras coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, Pombal-PB, 2015.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR/RESULTADO	
	0-20 cm	20-40 cm
Granulometria (%)		
Areia	57,3	56,9
Silte	31,2	30,5
Argila	11,5	12,6
Classificação Textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Densidade aparente (ds) (g cm ⁻³)	1,26	1,26
Densidade real (dp) (g cm ⁻³)	2,66	2,67
Porosidade (E) (%)	53	53
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	0-20 cm	20-40 cm
Potássio (K ⁺) (cmol _c dm ⁻³)	0,32	0,32
Sódio (Na ⁺) (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,18
Cálcio (Ca ⁺²) (cmol _c dm ⁻³)	6,40	6,50
Magnésio (Mg ⁺²) (cmol _c dm ⁻³)	3,20	3,70
Alumínio (Al ⁺³) (cmol _c dm ⁻³)	Ausência	Ausência
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	Ausência	Ausência
Fósforo (P) (mg dm ⁻³)	3,00	3,00
Soma de bases trocáveis (cmol _c dm ⁻³)	9,92	10,52
Capacidade de troca catiônica efetiva (cmol _c dm ⁻³)	9,92	10,52
Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	10,10	10,70
Matéria orgânica (M.O) (%)	1,60	1,60
pH H ₂ O (1:2,5)	8,07	7,82
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,09	0,07
pH (Extrato de Saturação)	8,32	7,89
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	0,30	0,30
Sulfato (SO ₄ ⁻²) (mmol _c dm ⁻³)	Ausência	Ausência
Carbonato (CO ₃ ⁻²) (mmol _c dm ⁻³)	Ausência	Ausência
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mmol _c dm ⁻³)	1,88	1,88
Cloreto (Cl ⁻) (mmol _c dm ⁻³)	1,25	1,25
Cálcio (Ca ⁺²) (mmol _c dm ⁻³)	1,25	1,25
Magnésio (Mg ⁺²) (mmol _c dm ⁻³)	1,25	1,25
Potássio (K ⁺) (mmol _c dm ⁻³)	0,29	0,29
Sódio (Na ⁺) (mmol _c dm ⁻³)	0,89	0,80
Porcentagem de Saturação (%)	28,33	28,33
Salinidade	Média	Média
Relação de Adsorção do Sódio (RAS)	0,79	0,72
Índice de saturação de bases (%)	98,22	98,32
Índice de saturação de alumínio (%)	Ausência	Ausência
Índice de saturação de sódio (%)	1,78	1,78

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, CCTA/UFPG, Pombal - PB, 2015.

4.3 Instalação e condução do experimento

As mudas de mamoeiro do grupo Formosa foram produzidas em ambiente protegido tendo como recipientes sacos plásticos de polietileno com capacidade volumétrica de 500 mL,

apoiados em bancadas de alvenaria (Figura 2); os sacos foram preenchidos com areia e esterco bovino nas proporções 2:1. Para a fertilização do solo foi utilizado o fertilizante de liberação lenta Osmocote, seguindo recomendações de Yamanishi et al. (2004). Após serem preenchidos, os recipientes foram irrigados durante dois dias com água de abastecimento local e, com o conteúdo hídrico próximo à capacidade de campo, foram feitos 2 furos equidistantes, com profundidade de 2 cm; em seguida (25 de março de 2014), em cada recipiente, foram postas 2 sementes de mamoeiro Formosa. Ocorrendo a germinação, o desbaste foi realizado aos sete dias após a emergência das plântulas, permitindo que se desenvolva apenas a de maior vigor.



Figura 2 – Exposição das mudas de mamoeiro cultivadas em ambiente protegido. Pombal-PB, 2015.

A irrigação das mudas foi feita diariamente com água proveniente do sistema de abastecimento local (Tabela 2), de forma manual com uso de um becker graduado, estendendo-se até que as plantas estivessem com altura de 15 a 20 cm, tamanho ideal para o transplântio em local definitivo (RIGOTTI, 2013).

Tabela 2 - Características da água de abastecimento da cidade de Pombal.
Pombal - PB, 2015.

RESULTADOS ANALÍTICOS	VALOR/RESULTADO
pH	7,04
Condutividade Elétrica (dS m^{-1})	0,21
Sulfato (SO_4^{-2}) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,17
Carbonato (CO_3^{-2}) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	Ausência
Bicarbonato (HCO_3^-) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,80
Cloreto (Cl^-) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,25
Cálcio (Ca^{+2}) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,19
Magnésio (Mg^{+2}) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,63
Potássio (K^+) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,31
Sódio (Na^+) ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,42
Salinidade	Baixa
Relação de Adsorção do Sódio (RAS)	2,21

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, CCTA/UFCG, Pombal - PB, 2015.

O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros/vasos foi retirado próximo à área da pesquisa, posteriormente peneirado (Figura 3A) e adicionado dez (10) e vinte (20) Litros de esterco bovino como fonte de matéria orgânica, a fim de se obter as duas composições (Figura 3B). Este procedimento foi realizado 15 dias antes do transplântio das mudas com o auxílio de uma lona e de uma ferramenta apropriada (enxada) para melhor incorporação da matéria orgânica. Considerando que o volume do lisímetro corresponde a 150 Litros de solo, foram obtidos os dois substratos: Nível 1 (132 Litros de solo + 10 Litros de esterco bovino) e nível 2 (122 Litros de solo + 20 Litros de esterco bovino). Vale salientar que os lisímetros/vasos foram preenchidos com 142 Litros devido ao espaço restante destinado à brita e as irrigações. Na Tabela 3 estão os resultados da análise química e física do solo após a adição do esterco bovino em março de 2014, analisada conforme com metodologia recomendada da EMBRAPA (2009).

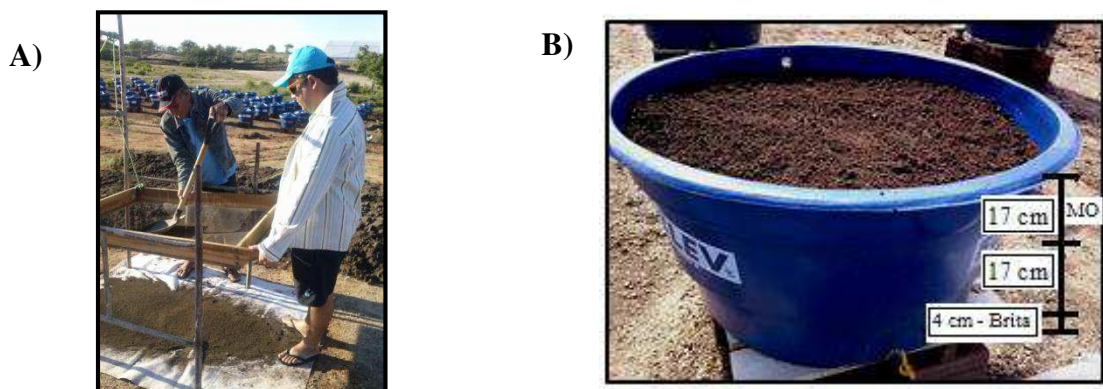


Figura 3 – Preparo do solo (A) e preenchimento dos lisímetros (B).
Pombal-PB, 2015.

Tabela 3 - Características físicas e químicas do solo após a adição do esterco bovino. Pombal-PB, 2015.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR/RESULTADO	
Granulometria (%)	Nível 1 M.O*	Nível 2 M.O*
Areia	66,4	71,6
Silte	15,6	16,5
Argila	18,0	11,0
Classificação Textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Densidade aparente (ds) (g cm ⁻³)	1,11	1,08
Densidade real (dp) (g cm ⁻³)	2,46	2,51
Porosidade (E) (%)	55	57
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Nível 1 M.O*	Nível 2 M.O*
Potássio (K ⁺) (cmol _c dm ⁻³)	0,75	1,46
Sódio (Na ⁺) (cmol _c dm ⁻³)	0,28	0,45
Cálcio (Ca ⁺²) (cmol _c dm ⁻³)	3,80	3,70
Magnésio (Mg ⁺²) (cmol _c dm ⁻³)	3,10	2,80
Alumínio (Al ⁺³) (cmol _c dm ⁻³)	0,40	Ausência
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,82	Ausência
Fósforo (P) (mg dm ⁻³)	725	739
Nitrogênio (N) (cmol _c dm ⁻³)	0,48	0,48
Soma de bases trocáveis (cmol _c dm ⁻³)	7,65	7,96
Capacidade de troca catiônica efetiva (cmol _c dm ⁻³)	7,65	7,96
Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	10,15	8,41
Matéria orgânica (M.O) (%)	8,30	8,30
pH H ₂ O (1:2,5)	6,57	7,14
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,08	0,12
pH (Extrato de Saturação)	7,49	8,05
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	1,03	1,40
Sulfato (SO ₄ ⁻²) (mmol _c dm ⁻³)	0,66	0,73
Carbonato (CO ₃ ⁻²) (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mmol _c dm ⁻³)	3,13	6,25
Cloreto (Cl ⁻) (mmol _c dm ⁻³)	22,50	10,00
Cálcio (Ca ⁺²) (mmol _c dm ⁻³)	2,50	1,88
Magnésio (Mg ⁺²) (mmol _c dm ⁻³)	3,75	5,00
Potássio (K ⁺) (mmol _c dm ⁻³)	2,12	4,51
Sódio (Na ⁺) (mmol _c dm ⁻³)	3,36	4,03
Porcentagem de Saturação (%)	27,43	31,33
Salinidade	Alta	Alta
Relação de Adsorção do Sódio (RAS)	1,90	2,18
Índice de saturação de bases (%)	75,39	94,64
Índice de saturação de alumínio (%)	3,94	Ausência
Índice de saturação de sódio (%)	2,78	5,36

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, CCTA/UFPG, Pombal - PB, 2015.

*Onde: Nível 1 M.O = 10 L de esterco bovino; Nível 2 M.O = 20 L de esterco bovino.

Logo após o preenchimento os lisímetros/vasos foram colocados em capacidade de campo com água não salinizada, através do método de saturação por capilaridade seguida por drenagem livre; após o solo ser previamente elevado à capacidade de campo, realizou-se o

transplântio (09 de maio de 2014 - 44 dias após a sementeira - DAS) na razão de três (3) plantas por lisímetro/vaso. Saliente-se que no início da floração (120 - DAS) foi realizada a sexagem, deixando apenas uma (1) planta por lisímetro/vaso (FRUTISÉRIES, 2000), pois a identificação do sexo de plantas de mamoeiro somente é possível após a emissão da floração, que ocorre a partir do quarto ou quinto mês do plantio. Então, para garantir alta porcentagem de plantas hermafroditas, em cultivos comerciais, planta-se de duas a três mudas (LOPES et al., 2008). Segundo Arango Wisner (2004), várias pesquisas têm sido realizadas para determinação precoce do sexo do mamoeiro, baseado em caracteres morfológicos, porém sem resultados satisfatórios. Em plantas juvenis, Medina et al. (1989) e Schmildt (2003) citam que não existe nenhum caráter morfológico visual que possa ser usado para distinguir o sexo do mamoeiro.

Vale citar que os lisímetros/vasos foram preenchidos respeitando-se as camadas em campo, 0-20 e 20-40 cm de profundidade, conforme a coleta, sob uma camada de 4 cm de brita (10 Kg), de forma a promover melhoria na drenagem; os lisímetros/vasos foram conectados a uma tubulação, com registros conectados a drenos para facilitar a coleta e medição da água de drenagem, bem como o acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumo de água pela cultura.

As soluções de água salina para irrigação foram preparadas com a adição dos sais NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. A partir da água do sistema de abastecimento local foram obtidos os níveis de salinidade, acrescentando-se os sais conforme cada tratamento, com aferição da condutividade elétrica da água (CEa) utilizando-se de um condutivímetro portátil. Após a preparação, as águas foram armazenadas em vasos de 500 L, um para cada nível de salinidade, sendo devidamente fechados, tomando-se o cuidado de mexer a solução e aferir a CEa a cada evento de irrigação. As adubações foram feitas de acordo com o indicado por Rigotti (2013), realizadas semanalmente com uréia, KCl e MAP. Já as aplicações de micronutrientes foram feitas via foliar, por meio de pulverizações com concentração de 1%, em intervalos de 15 dias.

O controle de brotações e plantas invasoras foi realizado conforme infestação. O controle de pragas foi feito de forma preventiva, quinzenalmente, por meio de pulverizações de inseticidas, de acordo com as recomendações para a cultura e aplicados de forma a evitar a proliferação, notadamente da mosca branca (*Bemisia* spp), sendo controlada sem causar maiores danos às plantas. Realizou-se, ainda, ao longo do experimento escarificações superficiais no solo, quando este se encontrava compactado (Figura 4). Acrescente-se que houve proteção com quebra-ventos (Cana-de-açúcar) para evitar o tombamento das plantas (FRUTISÉRIES, 2000) e a aplicação de calda bordalesa no colo da planta, de modo a prevenir o ataque de fungos (PENTEADO, 2000).



Figura 4 – Realização de tratamentos culturais em mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

4.3.1 Manejo de irrigação

A irrigação com água salinizada, conforme cada tratamento, foi realizada diariamente, de forma manual com uso de vasos graduados, tendo início 30 dias após o transplante (DAT), quando as plantas já estavam adaptadas ao ambiente. O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL), por 0,9 para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Equação 1). Para tanto, foi observado a cada evento de irrigação, o consumo de água em cada tratamento para reposição nas irrigações seguintes (Figura 5).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad (1.)$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10% (1-0,10).



Figura 5 – Manejo de irrigação no mamoeiro cultivado sob níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

4.3.2 Monitoramento climático e balanço de sais no solo

Foram analisados dados de temperaturas média, máxima e mínima do ar (°C) e umidade relativa do ar (UR). Os dados climáticos diários foram obtidos através da Estação Meteorológica localizada em Cajazeiras - PB, mediante plataforma de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2014). Na Tabela 4, encontram-se os valores médios (a cada 20 dias) dos fatores climatológicos no período do experimento.

Tabela 4 - Variáveis climatológicas do período de março a outubro de 2014. Pombal – PB, 2015.

Data	Temperatura média do ar (°C)*	Temperatura máxima do ar (°C)*	Temperatura mínima do ar (°C)*	Umidade relativo do ar (%)*
20/03/14	26,2	31,6	21,6	91,3
09/04/14	25,2	31,1	22,6	84,8
29/04/14	26,4	31,8	21,2	82,5
19/05/15	26,0	33,4	20,2	72,0
08/06/15	25,5	32,9	20,9	71,0
28/06/15	26,4	33,9	20,2	49,3
18/07/15	27,0	32,2	20,0	56,9
07/08/15	25,8	34,4	20,6	41,1
27/08/15	26,0	34,6	21,7	47,3
17/09/15	25,8	36,6	21,7	35,4
06/10/15	26,6	36,3	21,7	43,6
26/10/15	25,7	31	22,5	65,2
Média	26,0 + 0,5**	33,3 + 1,9**	21,4 + 0,87**	61,7 + 18,76**

*Representação média a cada 20 dias.

** Desvio padrão.

Para o monitoramento do balanço de sais no solo procedeu-se a mensuração da condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}), utilizando-se de um condutímetro

portátil, com condutividade corrigida, automaticamente, para 25 °C. Tais drenos consistiam de coletores (Garrafa PET), conectados aos lisímetros/vasos através de registros, com intuito de facilitar a coleta da água de drenagem sem haver perdas. A partir dos dados da condutividade elétrica da água de drenagem, calculou-se a estimativa da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), pela Equação 2 (AYERS; WESTCOT, 1999).

$$CE_{es} = \frac{CE_{ad}}{2} \quad (2.)$$

4.3.3 Variáveis analisadas

a) Crescimento das plantas

- *Altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e taxa de crescimento*

Mensalmente, iniciando-se dos 30 DAT, foram mensuradas variáveis de crescimento do mamoeiro como a altura das plantas (ALT) (m) (do solo até o início da coroa), usando-se uma régua milimetrada e o diâmetro caulinar (DC) (mm) (medido a 2 cm do nível do solo), usando-se de um paquímetro digital (Figura 6A e 6B), obtendo-se, a partir desses dados, a Taxa de Crescimento Relativo (TCR), que mede o crescimento em função da matéria pré-existente (Equação 3) (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004).

$$TCR = \frac{\ln M_2 - \ln M_1}{t_2 - t_1} \quad (3.)$$

Em que: M_2 : Medição final de altura de plantas e diâmetro caulinar; M_1 : Medição inicial de altura de plantas e diâmetro caulinar; T_2-T_1 : Intervalo de tempo; \ln : Logaritmo neperiano. Os valores da TCR em altura de planta foram expressos em $m\ m^{-1}\ dia^{-1}$ e diâmetro caulinar em $mm\ mm^{-1}\ dia^{-1}$.

- *Número de folhas mortas*

O número de folhas mortas foi determinado pela contagem desses órgãos. As folhas consideradas mortas ou não-funcionais apresentavam clorose total e ausência de turgescência, onde após a queda, as folhas foram contadas e colocadas em sacos de papel identificados e colados na parte lateral do lisímetro/vaso (PEÇANHA, 2010).

- Comprimento da nervura central

O comprimento da nervura central (CNC) (cm) foi obtido na folha-referência, na qual adotou-se a primeira folha contada da coroa para a base da planta, segundo metodologia de Peçanha (2010), sendo avaliado mensalmente, por meio de um régua milimetrada (Figura 8A).

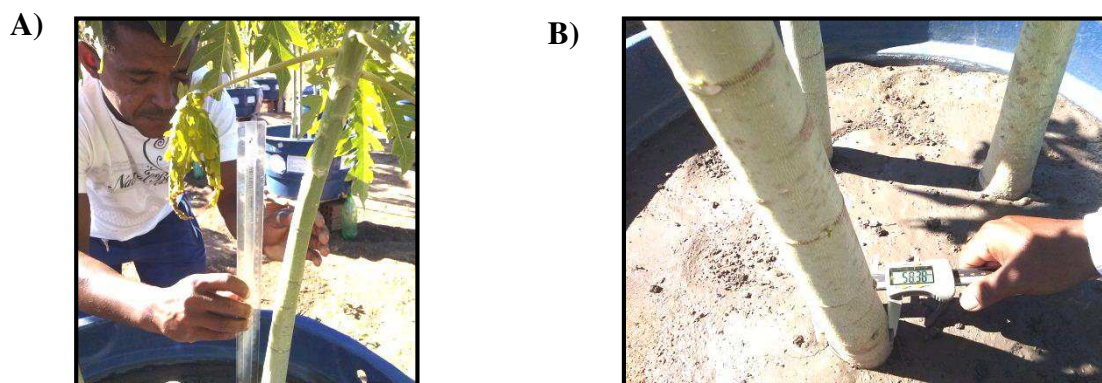


Figura 6 – Mensuração de altura de planta (ALT) (A) e diâmetro caulinar (DC) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Comprimento da raiz principal e ramificada

Foi quantificado, no final do experimento, o comprimento da raiz, sendo separada em raiz principal (m) e raiz (m) ramificada lavando-se, minuciosamente, em água corrente com uso de uma peneira para que não ocorra perda do material. Para separá-las utilizou-se de uma tesoura de poda e, em seguida, medidas com régua milimetrada. Saliente que foi escolhida a maior ramificação pra ser avaliada (Figura 7). Reichardt e Timm (2004) relatam que o sistema radicular das plantas desempenha papel fundamental nos estudos das interações entre água-solo-planta-atmosfera e que o conhecimento da sua distribuição permite o uso mais racional de práticas de cultivos tais como de manejo e adubação do solo.



Figura 7 – Avaliação do comprimento da raiz principal e ramificada de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Produção de fitomassa

A produção de fitomassa total da planta (g) e de suas partes separadamente foram também quantificadas no momento da coleta final do experimento (210 DAS), mediante análise destrutiva (Figura 8B). Para tanto, foram separadas de todas as plantas úteis, a parte aérea (folhas, pecíolos e caules) e as raízes com auxílio de uma tesoura de poda. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel identificados e colocados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até peso constante. As pesagens foram efetuadas em balança digital (precisão 0,001 g), para a obtenção das fitomassas do pecíolo (FSP) (g), das folhas (FSF) (g), do caule (FSC) (g), da parte aérea (FSPA) (g), da raiz (FSRT) (g) e a relação raiz parte aérea (FSR/FSPA) (CRUZ et al., 2004). Foram ainda avaliadas as fitomassas da raiz principal (FSRP) (g) e da raiz ramificada (FSRR) (g).

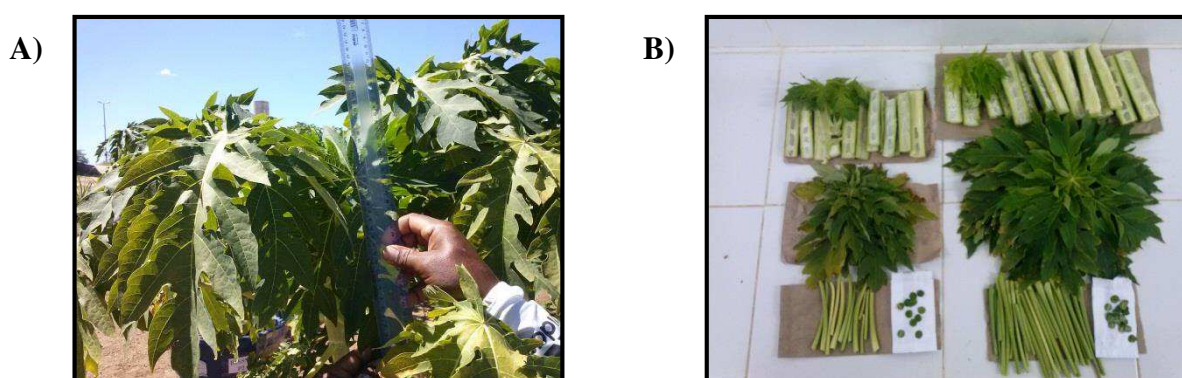


Figura 8 – Mensuração do comprimento da nervura central (A) e partição da planta (B) de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

b) Variáveis fisiológicas

- Trocas gasosas

Foram analisadas as trocas gasosas nas plantas de mamoeiro, mensurando-se a condutância estomática (g_s) ($\text{mol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água (A/E) [$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] [$\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] $^{-1}$ e a eficiência instantânea da carboxilação (A/C_i) [$\text{mmol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] [$\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$] $^{-1}$. Tais medidas foram realizadas entre 7:00 e 9:00 horas da manhã, com uso de um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo Lcpro – SD, da ADC Bioscientific, UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $995 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (KONRAD et al., 2005; MAGALHÃES-FILHO et al., 2008). As análises foram realizadas em folhas completamente expandidas e não sombreadas, escolhendo-se a terceira ou quarta folha contadas do ápice para a base, adaptado de Suassuna (2013), em duas épocas distintas, com 100 e 160 DAS (Figura 9).

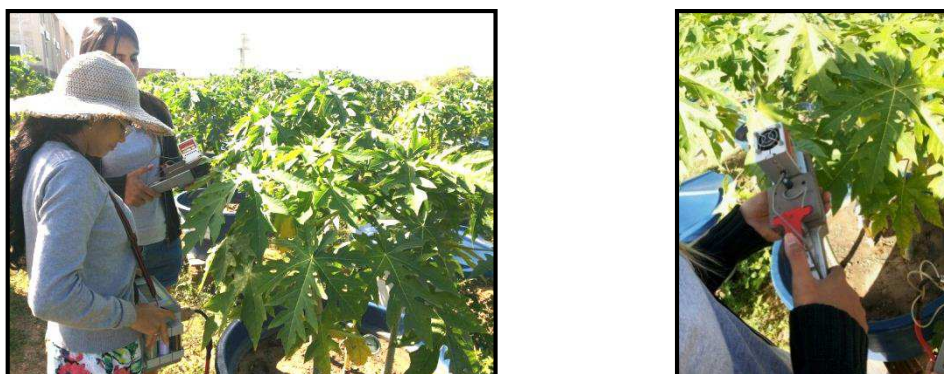


Figura 9 – Avaliação das trocas gasosas de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Fluorescência da clorofila

Foi determinada ainda, a fluorescência da clorofila a (100 DAS), usando-se de um fluorômetro portátil de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; a priori, utilizou-se o protocolo F_v/F_m , afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v); foram obtidas, a partir desses dados, as relações F_v/F_m (Eficiência quântica do fotossistema II), F_v/F_o e F_o/F_m (GENTY et al., 1989), em folhas pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos, usando-se de um clipe foliar, de modo a garantir que todos

os aceptores primeiros estejam oxidados, ou seja, os centros de reação estejam abertos (ZANANDREA et al., 2006; BAKER, 2008). As análises foram realizadas seguindo o mesmo critério quanto à padronização da escolha da folha utilizada nas avaliações das trocas gasosas (Figura 10).



Figura 10 – Avaliação da fluorescência da clorofila *a* de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Pigmentos cloroplastídeos

A determinação dos pigmentos cloroplastídeos foi realizada na fase final do experimento, utilizando-se folhas intactas, sadias e inseridas na terceira inserção contada do ápice para a base, sendo retirados discos foliares (1,34 cm de diâmetro); posteriormente os discos foram acondicionados em papel alumínio e transportados em uma caixa térmica até o laboratório de Fisiologia Vegetal do CCTA, onde foram armazenados à temperatura de 5 °C . Os discos foram macerados em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e cerca de 5 mL de acetona a 80% (Figura 11A), lavando-se o resíduo do almofariz três vezes, com 4 ml de acetona a 80%, filtrando o extrato em papel filtro diretamente num balão volumétrico de 25 mL (envolvido com papel alumínio) (Figura 11B); finalizando a filtragem, foi completado o volume do balão para 25 mL. A absorvância (ABS) das amostras foi registrada em espectrofotômetro (Thermo Scientific GENESYS 20) com três repetições em cada faixa de 470, 646, e 663 nm (Figura 11C), tendo-se os teores de clorofila e carotenóides de acordo com Lichthenthaler (1987), pela utilização das Equações 12, 13, 14 e 15.

$$\text{Clorofila Total (CT)}(\text{mg/L}) = 17,3\text{ABS}_{646} + 7,18\text{ABS}_{663} \quad (12.)$$

$$\text{Clorofila } a \text{ (Ca)}(\text{mg/L}) = 12,21\text{ABS}_{663} - 2,81\text{ABS}_{646} \quad (13.)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cb)}(\text{mg/L}) = 20,13\text{ABS}_{646} - 5,03\text{ABS}_{663} \quad (14.)$$

$$\begin{aligned} \text{Carotenóides Totais (CRT)}(\text{mg/L}) & \quad (15.) \\ & = (1000\text{ABS}_{470} - 1,82\text{Ca} - 85,02\text{Cb})/198 \end{aligned}$$

Saliente-se que todos os procedimentos foram realizados na ausência de luz, onde os valores foram convertidos para g m^{-2} em função da área dos discos foliares.

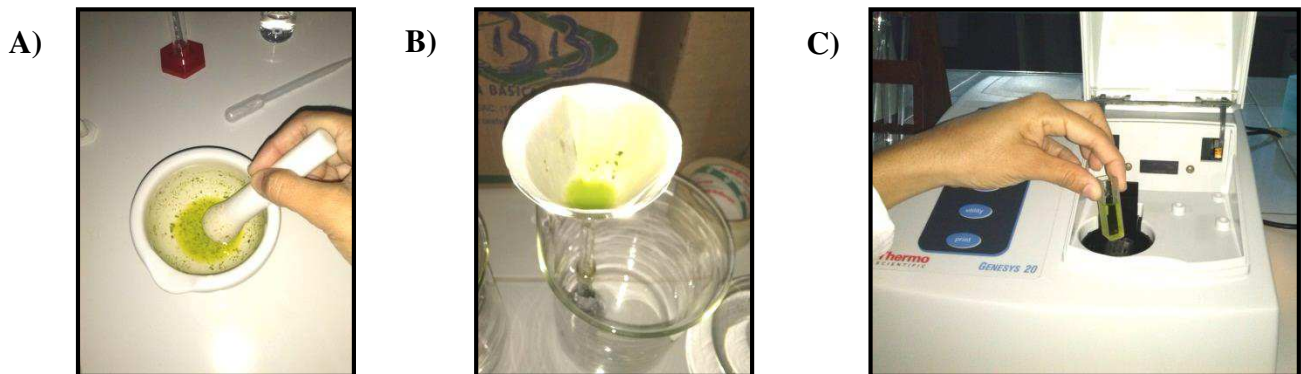


Figura 11 – Quantificação dos pigmentos cloroplastídeos de folhas de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Potencial osmótico da seiva foliar

Para determinação do potencial osmótico (ψ_s) foi utilizado o método crioscópico, ou ponto de congelamento do sulco celular, obtido através da prensagem de duas folhas (Figura 12A) coletadas em cada parcela experimental e acondicionadas em sacos plásticos fechados e, em seguida, transportados em uma caixa térmica até o laboratório de Fisiologia Vegetal do CCTA, onde foram armazenados a temperatura de 5°C . Para extração do sulco celular, as amostras foram colocadas em tubos para uma centrifugação a 10000 rpm durante 10 minutos (Figura 12B); uma alíquota de 5 ml do sobrenadante foi utilizado para determinação da osmolalidade do tecido foliar do mamoeiro, usando um osmômetro microprocessador (PZL 1000) (Figura 12C) encontrando-se dessa forma a osmolalidade da amostra em $\text{mOsm kg}^{-1} \text{H}_2\text{O}$, mediante o uso da equação de Van't Hoff (SOUZA et al., 2012) (Figura 11), sendo convertido em MPa (Mega pascal) de acordo com Bagatta et al. (2008) através da seguinte equação:

$$\Psi_s \text{ (MPa)} = -C(\text{mOsmol/Kg}) * 2,58 * 0,001 \quad (16.)$$

Em que: ψ_s (MPa) = Potencial osmótico e - C= osmolalidade da amostra encontrada na leitura do osmômetro.

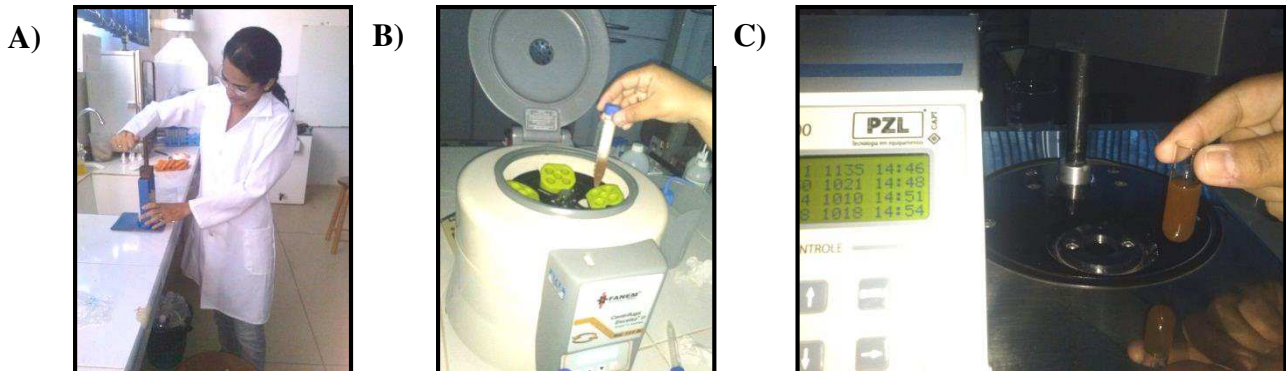


Figura 12 – Análise do potencial osmótico da seiva de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Extravasamento de Eletrólitos

Na avaliação de danos celulares foi utilizada a técnica do extravasamento de eletrólitos (BAJJI et al., 2001). No final do experimento foram coletados 8 discos foliares da 3ª folha contada a partir da coroa da planta, com diâmetro de 1,34 cm cada, posteriormente transportados para o laboratório, onde foram lavados imediatamente com água destilada para à retirada do conteúdo das células rompidas durante a remoção e de outros eletrólitos aderidos aos folíolos. Após a lavagem, os discos foram secados em papel absorvente e colocados em beckers contendo 25 ml de água destilada a 25 °C, por 4h; após este período com condutivímetro (Condutivímetro de bancada mCA 150), mensurou-se a condutividade elétrica (C1) e os beckers, contendo a solução com os discos, foram colocados em estufa à 90 °C, por 2 horas; em seguida, após o equilíbrio da temperatura, a condutividade elétrica máxima foi medida (C2) e o extravasamento de eletrólitos (E) (Figura 13) calculado através da Equação 17.

$$E = \left(\frac{C1}{C2} \right) * 100 \quad (17.)$$



Figura 13 – Avaliação do extravasamento de eletrólitos de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- *'Status' hídrico da planta*

O 'Status' hídrico da planta foi avaliado por meio do déficit de saturação hídrica (Δw_{sat}) (Equação 18) que é um excelente indicador do balanço hídrico da planta, pois representa a quantidade da água que ela necessita para alcançar a saturação (TAIZ; ZEIGER, 2009). Foi avaliado também por meio do teor relativo de água (\emptyset) (Equação 19) que expressa o conteúdo da água em relação ao observado na saturação. Essas duas variáveis são determinadas de forma idêntica e os seu resultados são complementares, obtidos através da retirada de folhas maduras, pesadas (Peso Fresco Foliar) (P1) e colocadas para hidratar por 12 horas então, pesadas novamente (Peso Túrgido Foliar) (P2) e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingir peso constante para a obtenção do peso matéria seca (Peso Seco Foliar) (P3) (Figura 14). Saliente que o peso túrgido pode sofrer alterações, principalmente, com o tempo de saturação, o qual varia entre espécies e com as condições do meio (Temperatura e umidade relativa do ar) (FERREIRA, 1992).

$$\Delta w_{\text{sat}} = \left(\frac{P2 - P1}{P2 - P3} \right) * 100 \quad (18.)$$

$$\emptyset = \left(\frac{P1 - P3}{P2 - P3} \right) * 100 \quad (19.)$$

Em que: P1 = Peso Fresco Foliar (g), P2 = Peso Túrgido Foliar (g) e P3 = Peso Seco Foliar (g).



Figura 14 – Avaliação do teor relativo de água em folhas de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

c) Características do solo

Antes e durante a realização do experimento foram coletadas amostras do solo para fins de análises físicas e químicas, com a finalidade da avaliação dos efeitos dos diferentes níveis de salinidade (EMBRAPA, 2009) (Figura 15A).

- *pH*

Para determinação do pH foi utilizada metodologia da EMBRAPA (2009), usando-se de um condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed) (Figura 15B).

- *Condutividade elétrica do extrato de saturação*

A condutividade elétrica do extrato de saturação foi avaliada conforme metodologia da EMBRAPA (2009), utilizando-se de um peagâmetro de bancada (pHmetro de Bancada Pack pH 21) (Figura 15C).

- *Porcentagem de sódio trocável (PST)*

A PST representa a porcentagem do sódio em relação aos demais cátions adsorvidos. Seu valor é dado conforme a Equação 18. O somatório dos cátions no denominador da Equação 20 é denominado Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e representa o total de cátions que o solo pode reter na superfície coloidal e está disponível à absorção pelas plantas (EMBRAPA, 2009).

$$PST = \frac{Na}{Ca + Mg + Na + H + Al} * 100 \quad (20.)$$

Segundo Pizarro (1978) os solos podem ser classificados como: a) não sódicos, PST < 7; b) ligeiramente sódicos, PST entre 7-10; c) mediante sódicos, PST entre 11-20; fortemente sódicos, PST entre 21-30; excessivamente sódicos, PST > 30.

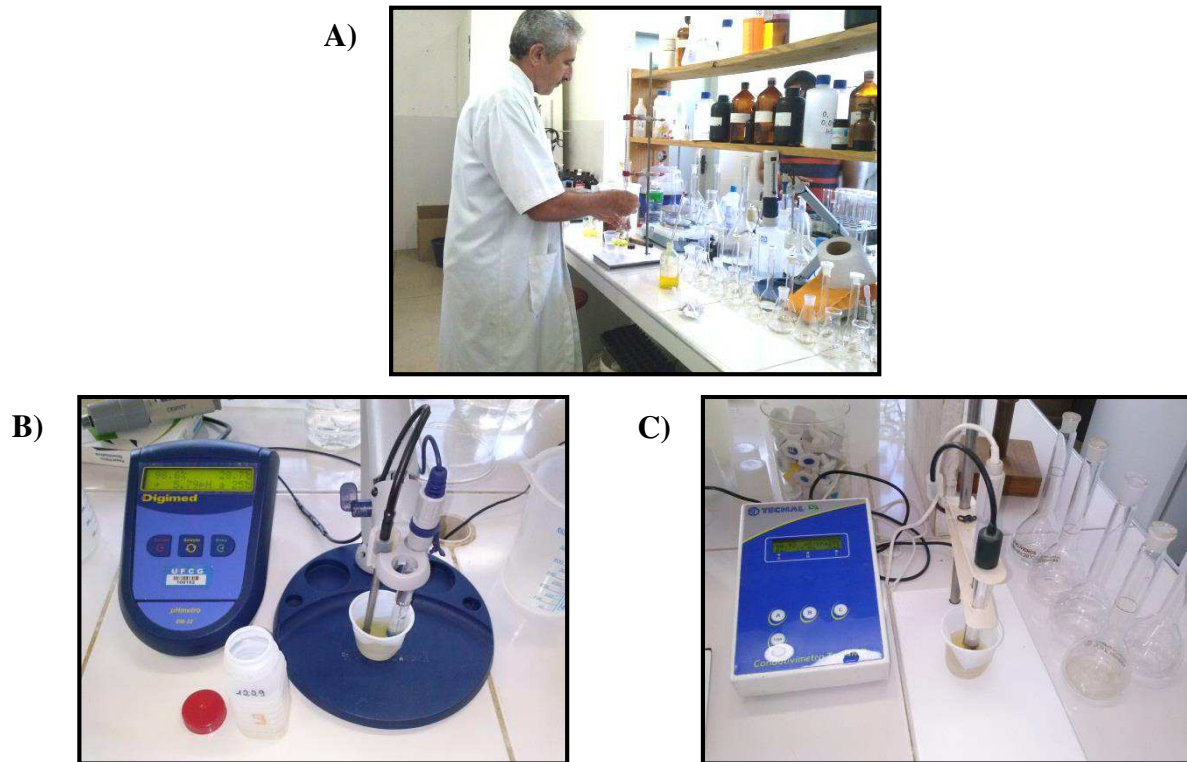


Figura 15 – Avaliação das características físicas e químicas do solo. Pombal-PB, 2015.

- Classificação dos solos afetados por sais

Para a avaliação e classificação dos solos afetados por sais, foi considerada metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954), baseada no pH em água, CE e PST (Tabela 5).

Tabela 5 – Classificação dos solos afetados por sais.

Classificação	CE _{es} (dS m ⁻¹ a 25 °C)	PST (%)	pH _{ps}
Solos sem problemas de sais	< 2	< 15	< 8,5
Solos salinos	> 2	< 15	< 8,5
Solos salinos sódicos	> 2	> 15	≤ 8,5
Solos sódicos	< 2	> 15	≥ 8,5

Fonte: Adaptado de Richards, 1954.

4.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância (teste F até 5% de significância) e regressões polinomiais (linear e quadrática), quando o fator em estudo for de natureza quantitativa. Para os fatores qualitativos, adubação orgânica, foi empregado o teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$) nos casos de significância pelo teste 'F' (FERREIRA, 2011), usando-se o *software* SISVAR 4.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Monitoramento climático, número de plantas floradas e balanço de sais no solo

Na Figura 16 estão expostos os dados referentes à temperatura média, máxima e mínima do ar, analisadas durante o período do experimento (Março a outubro de 2014), verificando-se variação entre 25 e 27 °C para a temperatura média do ar e de 31 e 36 °C para temperatura máxima do ar (Figura 16), faixa considerada alta para o desenvolvimento do mamoeiro, sendo ideal temperaturas entre 22 e 26 °C (FRUTISÉRIES, 2000). Quanto a temperatura mínima observa-se que os valores variaram entre 20 e 22 °C. Para Rigotti (2015), dependendo das condições ambientais, especialmente a temperatura, pode haver alterações na floração do mamoeiro. Já para Manica et al. (2006) locais com temperaturas na faixa de 22 a 27 °C são considerados excelentes para o rápido crescimento vegetativo, precocidade de florescimento e para a colheita dos primeiros frutos maduros, os quais apresentam excelente sabor, com altos teores de sólidos solúveis e com grande rendimento por planta e por hectare.

Dessa forma, pode-se afirmar que os valores de temperatura observados são altos, considerando dados indicados na literatura. Vale salientar que as plantas floraram dentro da faixa de tempo adequada (120 a 150 DAS) (LOPES et al., 2008), porém todas abortaram, ocorrendo, possivelmente, anormalidades que provocaram danos ao funcionamento da planta em função da alta temperatura associada a salinidade.

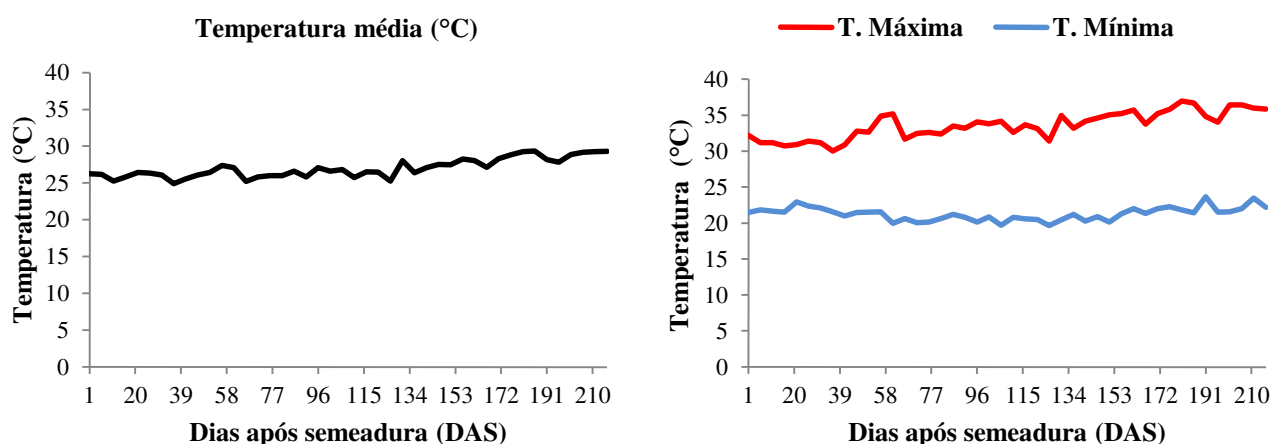


Figura 16 – Variação da temperatura no período do experimento. Pombal – PB, 2015.

Os valores de umidade relativa estão dispostos na Figura 17A, verificando-se oscilações entre 35 e 91%, com média de 61%, notando-se redução de seus valores no final do experimento (Figura 16A). O mamoeiro adapta-se bem em regiões com umidade relativa do ar

entre 60 a 85%, porém, umidades relativas elevadas (maior que 95%) afetam o produto final (SOUZA; NOGUEIRA, 2000). Os meses mais úmidos encontram-se entre os meses de março e abril, com valores médios próximos a 85% (Figura 17A). Apesar disso, acrescenta-se que foi verificado a incidência de doenças fúngicas nas plantas, sendo necessária a aplicação de produtos de controle (Fungicida Tairrel), o que pode estar associado à umidade relativa favorável aos microorganismos e à incidência solar, com temperatura elevadas. Saliente que não houve precipitação pluviométrica significativa no período do experimento.

Para o número de plantas floradas foi observado decréscimo com o aumento da salinidade no nível 1 de matéria orgânica (10 Litros de esterco bovino) (Figura 17B). Já no nível 2 de matéria orgânica (20 Litros de esterco bovino) obteve-se comportamento contrário, onde na salinidade mais alta (3,0 dS m⁻¹) o número de plantas floradas foi maior. Possivelmente este fato pode estar relacionado ao maior quantidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio, fornecida pela maior quantidade de matéria orgânica (ARAÚJO et al. 2010). Saliente que o problema da queda de flores em déficit hídrico pode ser agravado com a elevação de temperaturas acima de 28 °C e umidades relativas do ar abaixo de 60% (SILVA et al., 2003), fato comprovado neste trabalho, ocorrendo redução do número de plantas floradas com a diminuição da umidade relativa do ar (Figura 17C). No entanto, conforme já afirmaram Ronse e Smets (1999), os estudos relativos à biologia floral do mamoeiro cultivado no Brasil são restritos, considerando assim, imprescindíveis as informações encontradas nesta pesquisa.

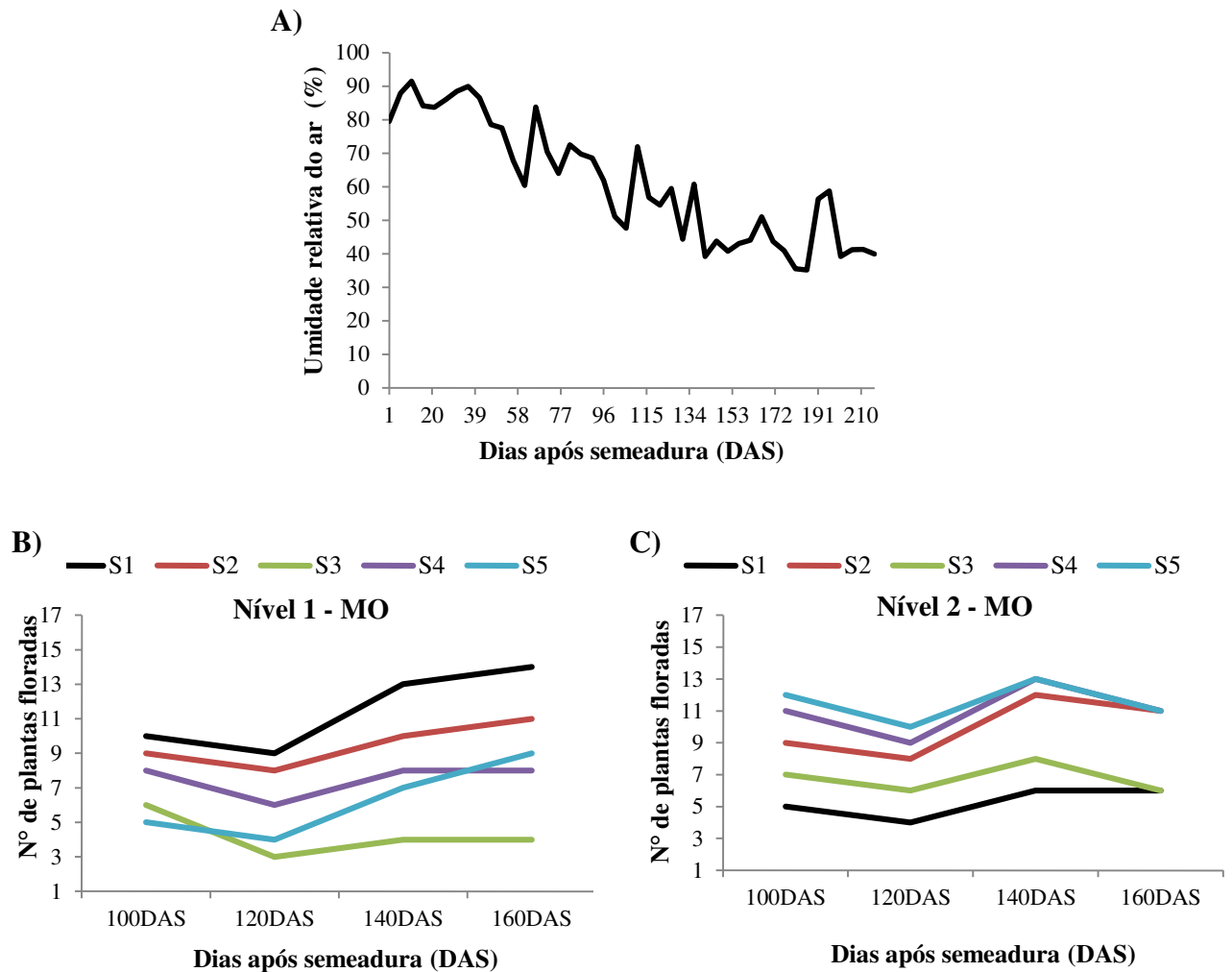


Figura 17 - Variação da umidade relativa do ar no período do experimento (A) e número de plantas floradas (B, C) nas diferentes salinidades da água de irrigação e níveis de esterco. Pombal – PB, 2015.

Quanto à salinidade do extrato de saturação em solos de textura média, a concentração de sais no extrato de saturação (CE_{es}) é metade da concentração da água de drenagem (CE_{ad}) (AYERS; WESTCOT, 1999). Sendo assim, nota-se que no final do experimento os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) de 5,10; 6,50; 6,25; 6,75 e 9,50 $dS\ m^{-1}$ para os tratamentos 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 $dS\ m^{-1}$, respectivamente, com a aplicação de 10 Litros de esterco bovino como fonte de matéria orgânica (N1), havendo um incremento de até 4,4 $dS\ m^{-1}$ do menor para o maior nível da salinidade da água de irrigação (Figura 18). Aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) aplicando-se água salinizada de 0,5 a 4,0 $dS\ m^{-1}$ foi relatado por Mesquita et al. (2012) avaliando o cultivo do mamoeiro com a aplicação de biofertilizante bovino, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Verificou-se, ainda, na Figura 18 superioridade dos valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) no final do experimento com a aplicação de 20 Litros de esterco bovino (N2), exceto com a aplicação de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$. Os valores da CE_{es} obtidos com a aplicação das águas de 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ foram de 5,25; 5,75; 7,50; 7,90 e $10,00 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Comparativamente ao tratamento com menos esterco bovino, isso corresponde a um incremento 2%, 16%, 10% e 5% na condutividade elétrica no extrato de saturação quando se irrigou com águas de 0,6; 1,8; 2,4 e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

A superioridade dos níveis salinos no solo com o maior volume de esterco, possivelmente é devido ao aumento da condutividade elétrica ($1,1 \text{ dS m}^{-1}$) (Tabelas 1 e 3) após a sua aplicação ao solo. O mamoeiro suporta níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo entre 3 e 6 dS m^{-1} (AYERS; WESTCOT, 1999), sendo assim todos os níveis de salinidade da água de irrigação, com exceção dos dois menores níveis de salinidade, proporcionaram condutividades elétricas no extrato de saturação maiores que a salinidade limiar da cultura em estudo.

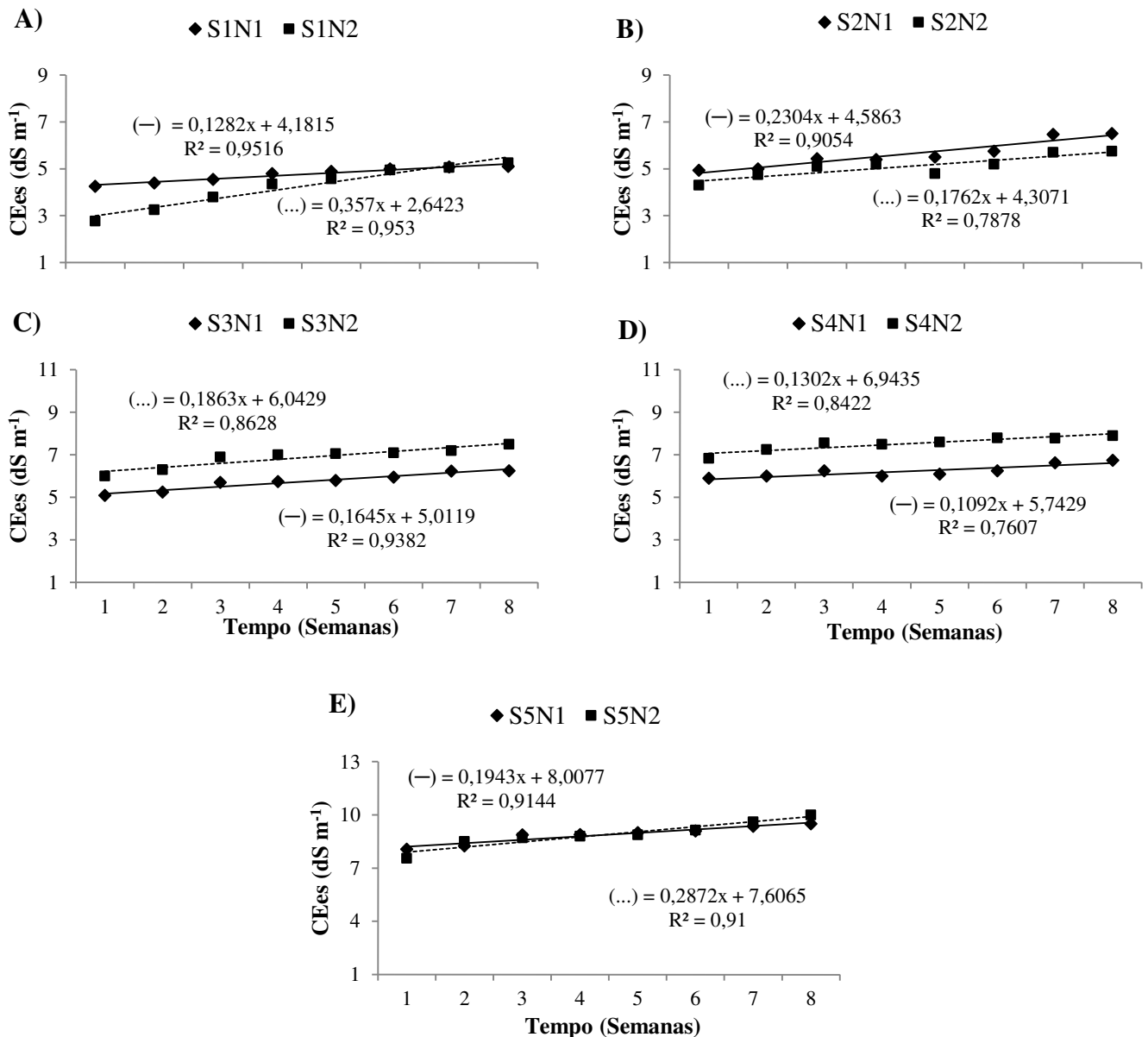


Figura 18 - Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) no período do experimento, para os níveis de salinidade na água de irrigação de 0,6 (S1) (A), 1,2 (S2) (B), 1,8 (S3) (C), 2,4 (S4) (D) e 3,0 (S5) (E) dS m^{-1} nos dois níveis de esterco bovino. Pombal-PB, 2015.

Para o fator de concentração de sais da água de drenagem, constatou-se incremento linear de $4,65 \text{ dS m}^{-1}$ para $7,49 \text{ dS m}^{-1}$ a medida que se aumentou os níveis da salinidade da água de irrigação aplicando-se 10 Litros de esterco bovino, o que corresponde a um aumento de 61% (Figura 19A). Quanto a aplicação de 20 Litros de esterco bovino verificou-se acréscimo linear $4,69 \text{ dS m}^{-1}$ do menor para o maior nível de salinidade da água de irrigação, equivalente a um aumento de 112% (Figura 19B). Sabendo-se que a concentração de sais presentes na zona radicular é diretamente proporcional a da água de drenagem (AYERS; WESTCOT, 1999), constata-se que o aumento na água de irrigação resultou no acréscimo de $1,63 \text{ dS m}^{-1}$ na água

de drenagem e, conseqüentemente, na zona radicular, acarretando no aumento da salinização do solo. Salienta-se que o excesso de sais provoca alterações metabólicas e bioquímicas nas plantas, devido a ação osmótica, que reduz a capacidade de absorção de água e pelo acúmulo de íons tóxicos, resultando em mudanças nas relações hídricas, na utilização de nutrientes e efeitos de toxicidade (MUNNS, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2009; AMORIM et al., 2010).

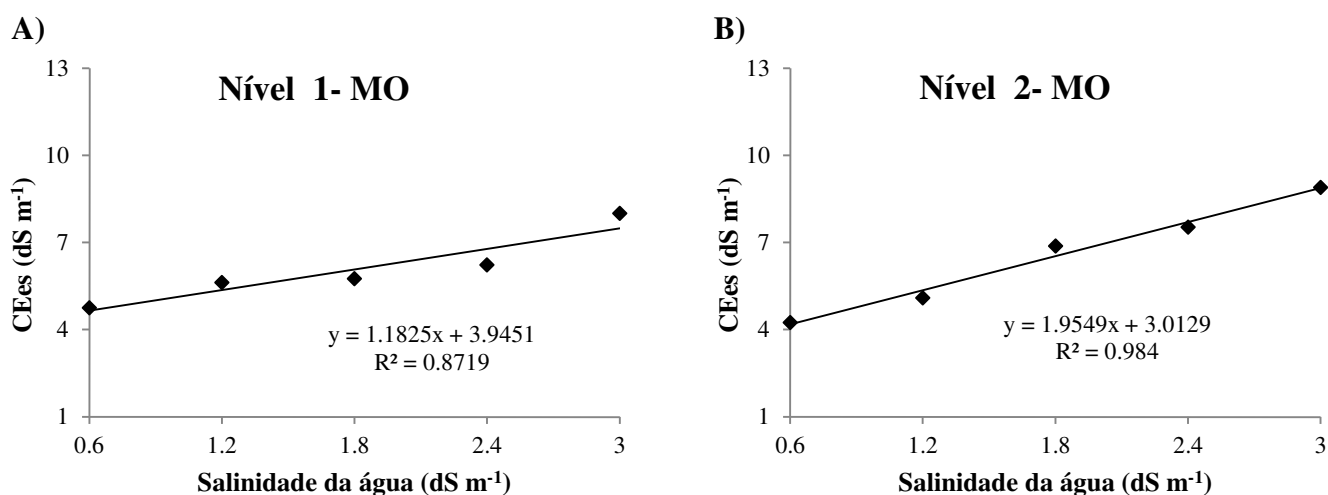


Figura 19 - Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a) nos dois níveis de esterco. Pombal-PB, 2015.

5.2 Crescimento das plantas

- *Altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas e taxa de crescimento*

Na Tabela 6 têm-se o resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) (m), diâmetro caulinar (DC) (mm), número de folhas (NF), taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRALT) (m m⁻¹ dia⁻¹) e taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRDC) (mm mm⁻¹ dia⁻¹) sob os níveis de salinidade e adubação orgânica.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para a altura de plantas (ALT) (m), diâmetro caulinar (DC) (mm), número de folhas (NF) aos 157 dias após transplante e as taxas de crescimento relativo em altura de planta (TCRALT) ($\text{m m}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e diâmetro caulinar (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) referente ao período de 70 DAT até 157 DAT do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		ALT	DC	NF	TCRALT	TCRDC
SAL	4	0,0066 ^{ns}	32,164 ^{ns}	17,312 [*]	8,8-08 ^{ns}	0,000005 [*]
NE	1	0,0009 ^{ns}	95,729 ^{ns}	2,408 ^{ns}	7,3-08 ^{ns}	0,00000026 ^{ns}
SAL x NE	4	0,0156 ^{ns}	55,502 ^{ns}	2,345 ^{ns}	4,3-08 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Bloco	2	0,0001 ^{ns}	10,516 ^{ns}	2,233 ^{ns}	0,2-0 6 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Erro	18	0,0089	39,148	4,307	6,7-08	0,000001
CV (%)		9,01	12,57	17,92	24,86	20,25
Média Geral		1,05	49,78	11,58	0,00033	0,00511
		MÉDIAS				
SAL		ALT	DC	NF	TCRALT	TCRDC
S1 (0,6 dS m^{-1})		1,06	48,63	14	0,0037	0,0059
S2 (1,2 dS m^{-1})		1,00	48,44	12	0,0037	0,0061
S3 (1,8 dS m^{-1})		1,02	48,04	11	0,0030	0,0044
S4 (2,4 dS m^{-1})		1,06	50,13	10	0,0031	0,0041
S5 (3,0 dS m^{-1})		1,08	53,67	9	0,0029	0,0048
NE		ALT	DC	NF	TCRALT	TCRDC
NE1		1,04 a	47,99 a	11,13 a	0,0034 a	0,0052 a
NE2		1,05 a	51,57 a	11,86 a	0,0031 a	0,0050 a

Onde: ns, * = não significativo e significativo a 5%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de esterco (Tukey, $p < 0,05$); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de esterco; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹ Valores transformados em raiz quadrada.

Não foi verificado efeito significativo da interação entre os fatores estudados, desta forma serão analisados de forma isolada (Tabela 6). Observa-se que não houve efeito significativo quanto ao fator nível de esterco (NE) em todas as variáveis de crescimento estudadas, porém, nota-se uma tendência de superioridade quando se aumentou o volume de esterco. Para Santana et al. (2012), a aplicação de matéria orgânica no solo proporciona elevado crescimento e desenvolvimento dos vegetais, beneficiando, ainda, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, confirmando os dados encontrados. Tais resultados corroboram com Pontes et al. (1991), que ao pesquisarem o efeito do esterco no mamoeiro, encontraram resultados favoráveis no crescimento das plantas, assim como neste trabalho.

Quanto ao fator salinidade da água de irrigação (SAL) nota-se que não houve efeito significativo nas variáveis altura de planta (ALT), diâmetro caulinar (DC) e taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRALT). Esse resultados indicam essas variáveis

menos sensíveis ao estresse salino, onde maiores valores de ALT (1,08) (Figura 20A), DC (Figura 20B) (53,67) e TCRAALT (0,0037) (Figura 21A) foram analisados com a aplicação de 3,0; 3,0 e 0,6 dS m⁻¹, respectivamente. Já para o número de folhas (NF) (Figura 20C) e taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TCRDC) (Figura 21B) constatou-se efeito significativo ($p < 0,05$), havendo decréscimo 18 e 32%, respectivamente, do menor para o maior nível de salinidade da água de irrigação, onde o NF variou entre 9 e 14 folhas, com menor valor (9) registrado com a aplicação de 3,0 dS m⁻¹ e maior valor (14) com a aplicação do menor nível de salinidade (0,6 dS m⁻¹) (Figura 20 e 21).

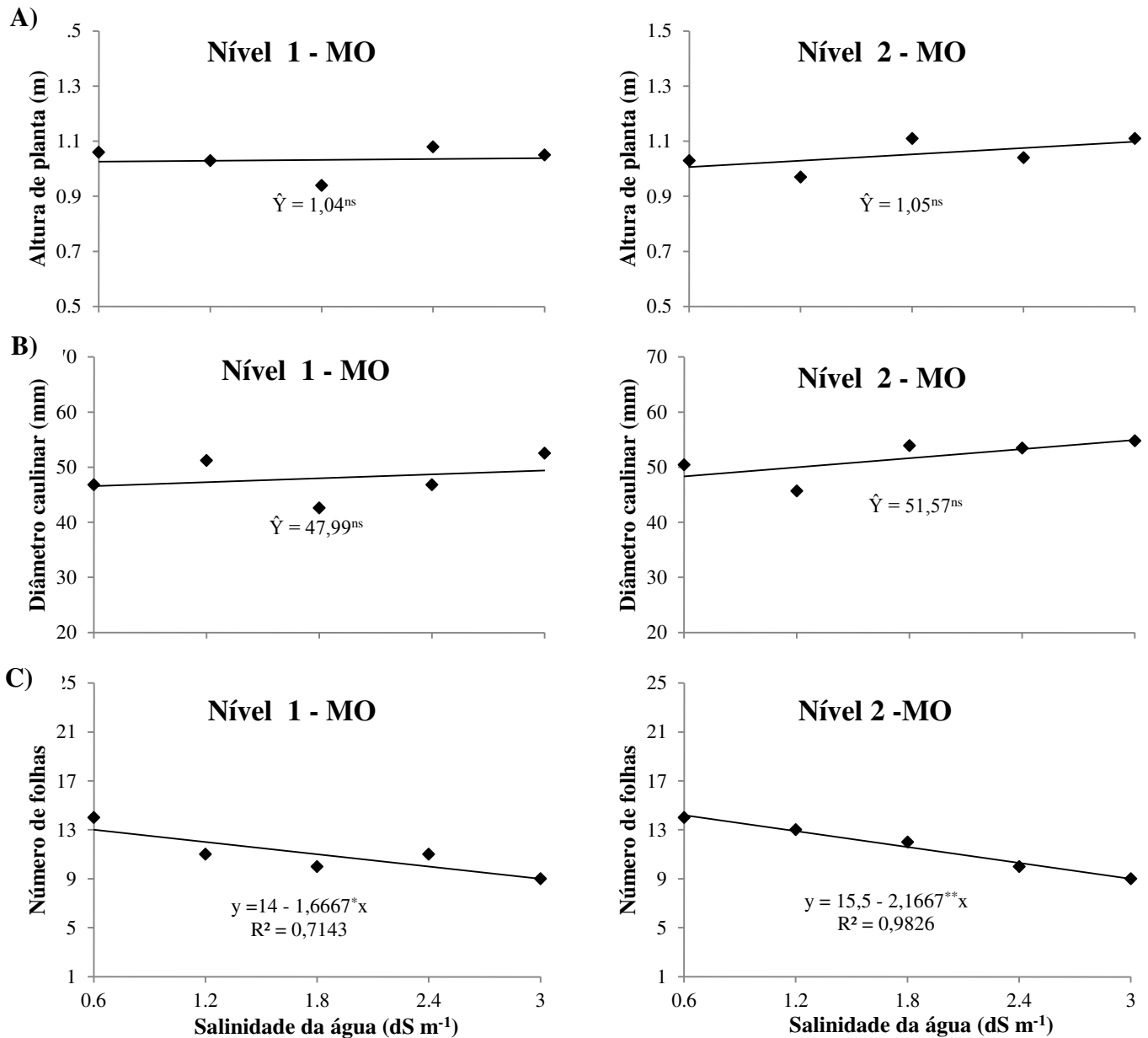


Figura 20 - Análise de regressão relativa à altura de planta (ALT) (A), diâmetro caulinar (DC) (B) e número de folhas (NF) (C) aos 157 DAT de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

Peçanha (2010), estudando o mamoeiro UENF/Caliman 01, encontrou valor máximo em número de folhas (14) com a aplicação de 2,2 dS m⁻¹, evidenciando menos sensibilidade ao estresse salino. Diante destas informações, pode-se afirmar que o estresse salino afeta, de forma negativa, a formação de folhas, o que pôde ser visto visualmente durante a condução do trabalho. Salienta-se que as respostas negativas da salinidade são mais desenvolvidas na parte aérea, como forma de decrescer o uso da água pela planta, sendo uma forma de conservação da umidade do solo (MUNNS; TESTER, 2008). Acrescente-se que variáveis como altura de

planta, diâmetro caulinar e número de folhas mortas, todas avaliadas nesta pesquisa, podem ser utilizadas como parâmetros de avaliação da salinidade (PEÇANHA, 2010).

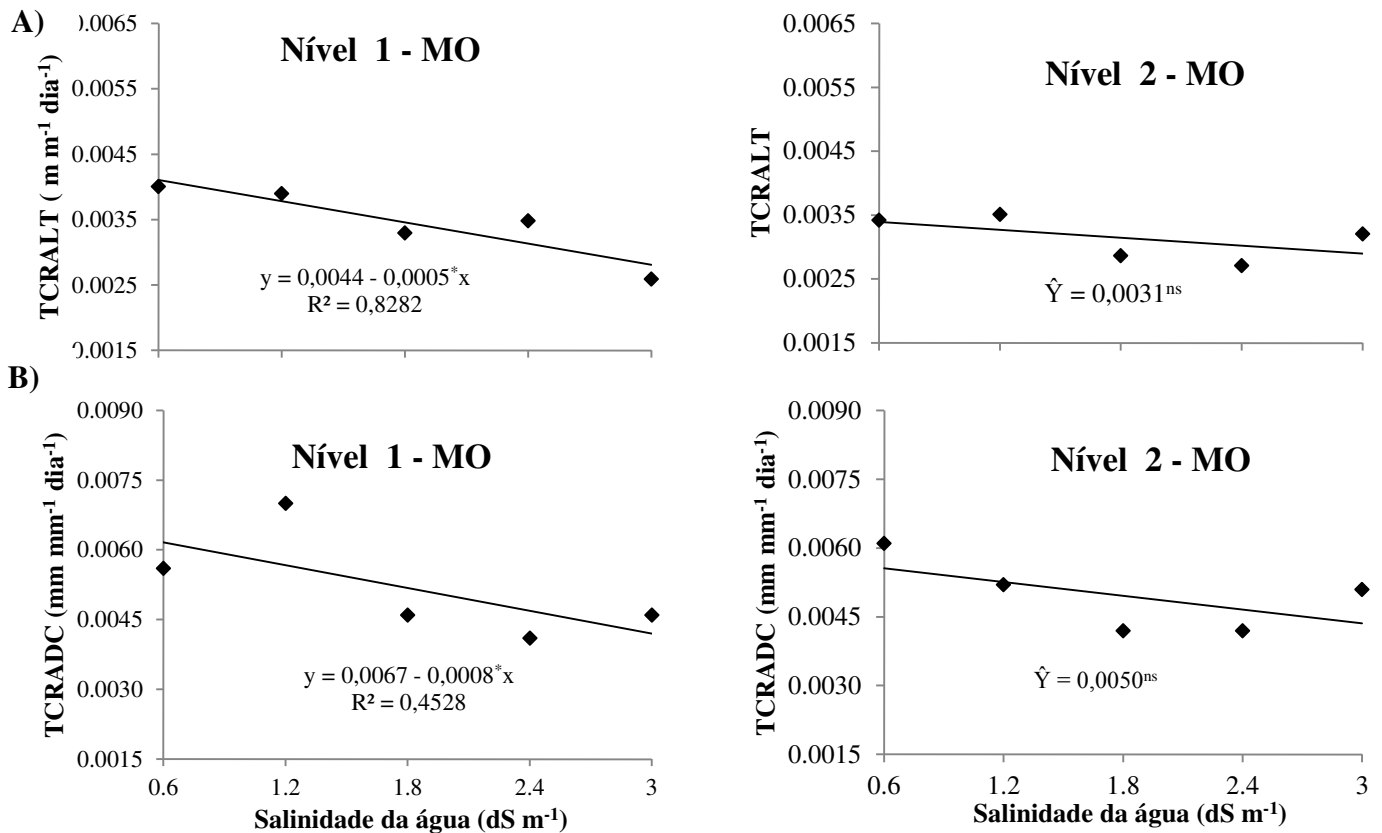


Figura 21 - Análise de regressão relativa à taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCRALT) (A) e diâmetro caulinar (TCRADC) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica referente ao período de 70 DAT até 157 DAT. Pombal-PB, 2015.

- Número de folhas mortas

Para o número de folhas mortas, a maior média (22 folhas) foi registrada com a aplicação de 1,2 dS m⁻¹ (S2) (Figura 22A), apresentando redução de seus valores após esse nível (18%). Ressalte-se que com o aumento do volume de esterco aplicado (20 Litros de esterco bovino), o número de folhas mortas teve um acréscimo de 23% do menor para o maior nível de salinidade (Figura 22B). Este fato revela que o efeito da CE foi mais evidenciado com a aplicação do maior nível de esterco bovino, possivelmente devido a maior condutividade elétrica deste insumo, além disso, pode estar relacionado ao aumento da temperatura, alcançando valores de até 36 °C, associada a alta demanda evaporativa durante o período experimental. Munns (2002) relata que, dentre as principais conseqüências observadas a partir do acúmulo de íons Na⁺ e Cl⁻ nas folhas pode-se citar necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas

maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese. Cabe citar que as informações referentes ao número de folhas mortas do mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica nas condições do semiárido brasileiro são escassas, revelando a importância dessa avaliação.

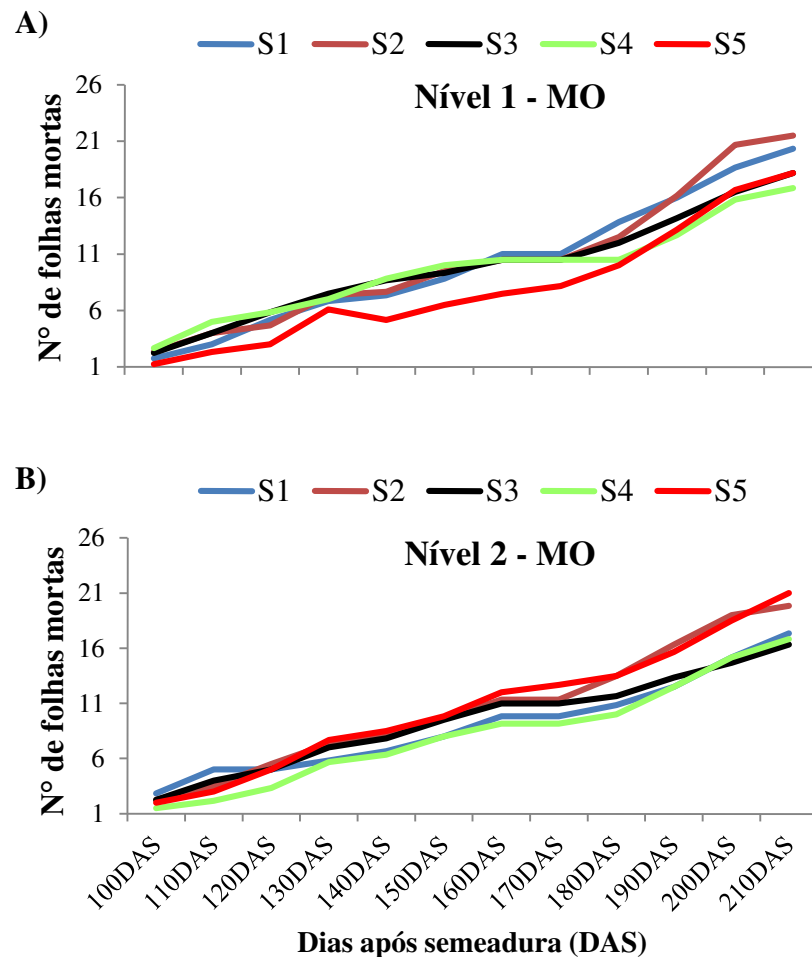


Figura 22 - Número de folhas mortas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) nas diferentes salinidades da água de irrigação e nos dois níveis de esterco. Pombal – PB, 2015.

- Comprimento da nervura central

Quanto as características do comprimento da nervura central da folha (CNC), os resultados obtidos não comprovaram diferença significativa da interação dos fatores, bem como do efeito isolado (Tabela 7), porém, ao comparar resultados com a aplicação de 10 e 20 Litros de esterco bovino, nota-se tendência crescente com o aumento do volume de esterco aplicado.

Possivelmente, os efeitos de sais sobre a expansão foliar possam acontecer, de forma significativa, em níveis maiores que os utilizados neste experimento, apesar de ter sido constatado decréscimo de seus valores quando se aumentou a salinidade da água de irrigação.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para comprimento da nervura central (CNC) (cm), comprimento da raiz principal (CRP) (m) e comprimento da raiz ramificada (CRR) (cm) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		CNC	CRP	CRR
SAL	4	8,748 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	0,0056 ^{ns}
NE	1	26,980 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
SAL x NE	4	26,164 ^{ns}	0,0072 ^{ns}	0,0061 ^{ns}
Bloco	2	0,622 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0020 ^{ns}
Erro	18	9,739	0,0026	0,0036
CV (%)		13,64	20,37	18,94
Média Geral		22,88	0,25	0,32
SAL		MÉDIAS		
		CNC	CRP	CRR
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		23,33	0,22	0,36
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		23,91	0,25	0,30
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		20,79	0,24	0,31
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		23,12	0,24	0,28
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		23,24	0,28	0,34
NE		CNC	CRP	CRR
NE1		21,91 a	0,24 a	0,31 a
NE2		23,83 a	0,25 a	0,32 a

Onde: ns, * = não significativo e significativo a 5%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de estercos (Tukey, p<0,05); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de estercos; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹ Valores transformados em raiz quadrada.

Ressalte-se que a redução de crescimento nas plantas submetidas ao estresse salino é, geralmente, associada ao efeito osmótico, causado pela redução da disponibilidade de água para a planta, devido à presença de sais na solução do solo, aos efeitos de toxicidade de íons específicos, principalmente, cloro, sódio e boro, ao desequilíbrio nutricional ou a uma combinação desses fatores (AL-YASSIN, 2005; DIAS; BLANCO, 2010). Portanto, tal redução do CNC (Figura 23) pode ser associada com a inibição da expansão celular, ocasionada pelo aumento da pressão osmótica na solução do solo e consequente plasmólise celular,

influenciando a divisão e o alongamento celular (ZHU, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2009), já que o nível de sais no solo ultrapassou a salinidade limiar do mamoeiro.

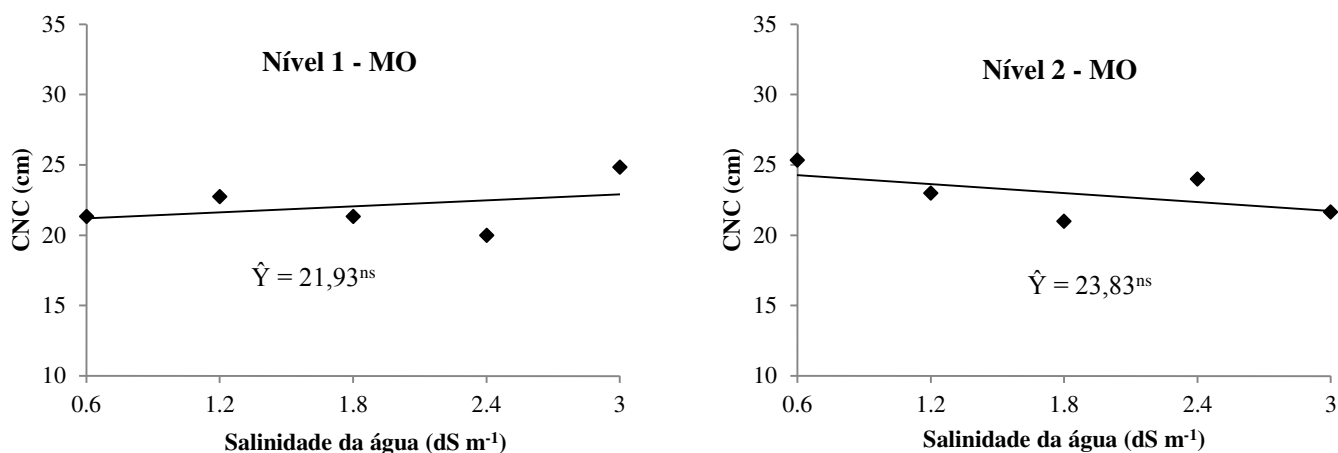


Figura 23 - Análise de regressão para comprimento da nervura central (CNC) de folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Comprimento da raiz principal e ramificada

Em relação ao comprimento da raiz principal (CRP) e ramificada (CRR), têm-se na Tabela 7 o resumo da análise de variância, onde os resultados foram semelhantes nas plantas que foram irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidade, não diferindo estatisticamente pelo teste F, não havendo interação significativa entre os dois fatores estudados. Portanto, as plantas irrigadas com o maior nível de salinidade não diferiram das irrigadas com o menor nível de salinidade (0,6 dS m⁻¹), revelando que a extensão do sistema radicular não foi influenciada pelos níveis de esterco (NE) e pela salinidade (SAL), tanto na profundidade quanto nas ramificações. Resultados opostos foram reportados por Mesquita et al. (2012), encontrando interação significativa da salinidade e aplicação de biofertilizantes da área das raízes do mamoeiro, aplicando-se água de até 4,0 dS m⁻¹.

O comprimento da raiz principal (CRP) do mamoeiro foi maior com a aplicação de 3,0 dS m⁻¹ (S5), atingindo o valor de 0,28 m, onde o menor (0,22 m) foi encontrado com a aplicação do menor nível de salinidade (S1), com incremento de 27% (Figura 24A). Esse comportamento revela uma estratégia da planta em aprofundar suas raízes, com intuito de manter a absorção de água, a medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, o que ocasiona o acúmulo de sais com conseqüente diminuição na disponibilidade hídrica para a cultura (MAAS; HOFFMAN, 1977). Comportamento oposto foi encontrado por Mesquita et al. (2012), verificando inibição no desenvolvimento das raízes do mamoeiro quando se aplicou

água com teor salino maior que $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. Neste sentido, Bahrami e Razmjoo (2012), reportam que o estudo de variáveis relacionadas ao sistema radicular é imprescindível em plantas submetidas a estresse salino visto que as raízes estão em contato com o solo para absorção de água e o seu crescimento é um indicador relevante do efeito dos sais sobre a planta.

Quanto ao comprimento da raiz ramificada (CRR), o mamoeiro atingiu o máximo valor (0,36 m) no caráter salino de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ e menor (0,28 m) com a aplicação de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 24B). Saliente que os valores de CRP e CRR expressaram superioridade no maior nível de esterco bovino. A maior expansão radicular das plantas no solo com maior volume de esterco bovino, deu-se, possivelmente a melhor caracterização física proporcionada pela matéria orgânica, o que condicionou a planta ter seu sistema radicular mais desenvolvido. Esses resultados estão de acordo com Cavalcante et al. (2009) ao constatarem superioridade no desenvolvimento radicular de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante e irrigadas com águas salinas.

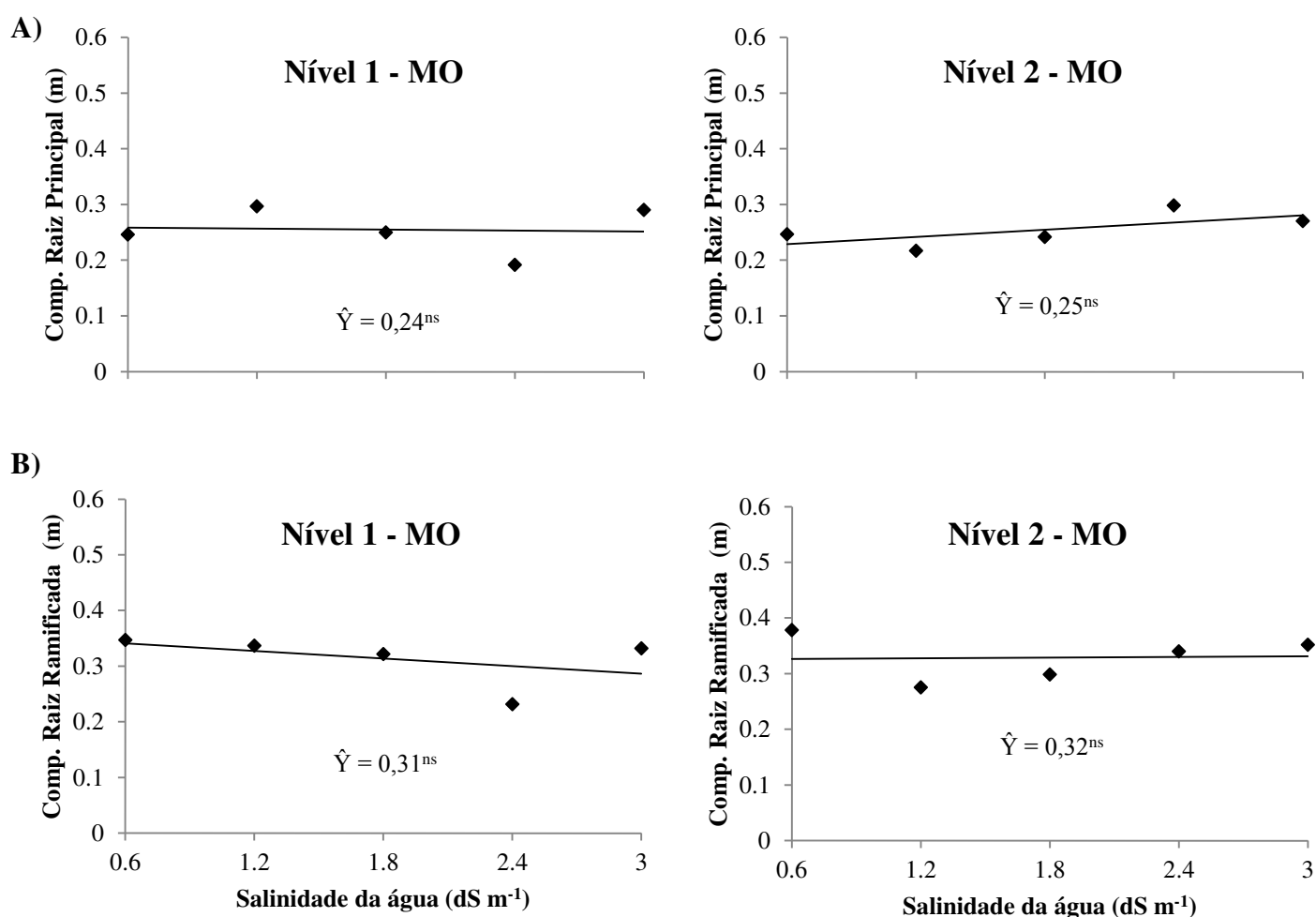


Figura 24 - Análise de regressão para comprimento da raiz principal (CRP) (A) e ramificada (CRR) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Produção de fitomassa

Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância para produção de fitomassa, em que se identificou efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade para a fitomassa do pecíolo (FSP) e fitomassa da folha (FSF), não diferindo entre os níveis de esterco avaliados para todas as variáveis. Assim, os valores de fitomassa, independente do volume de esterco, não sofreram diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também não foi verificado efeito significativo na interação entre os valores estudados, sendo estes avaliados isoladamente.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para as fitomassas do pecíolo (FSP) (g), da folha (FSF) (g), do caule (FSC) (g), da parte aérea (FSPA) (g), da raiz principal (FSRP) (g), da raiz ramificada (FSRR) (g), da raiz total (FSRT) (g), total (FST) (g) e relação raiz/parte aérea (FSR/FSPA) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS																
		FSP ¹	FSF ¹	FSC ¹	FSPA ¹	FSRP	FSRR ¹	FSRT	FST ¹	R/PA								
SAL	4	1,612**	3,670**	0,660 ^{ns}	3,450 ^{ns}	5,911 ^{ns}	0,383 ^{ns}	44,670 ^{ns}	6,996 ^{ns}	0,004 ^{ns}								
NE	1	0,209 ^{ns}	0,413 ^{ns}	0,226 ^{ns}	0,880 ^{ns}	13,068 ^{ns}	0,180 ^{ns}	47,502 ^{ns}	2,070 ^{ns}	0,0003 ^{ns}								
SAL x NE	4	0,170 ^{ns}	0,616 ^{ns}	0,520 ^{ns}	0,609 ^{ns}	34,827 ^{ns}	0,188 ^{ns}	84,512 ^{ns}	1,578 ^{ns}	0,003 ^{ns}								
Bloco	2	0,715 ^{ns}	0,078 ^{ns}	1,688 ^{ns}	2,021 ^{ns}	39,749 ^{ns}	0,575 ^{ns}	99,967 ^{ns}	4,857 ^{ns}	0,0004 ^{ns}								
Erro	18	0,296	0,466	1,465	1,888	16,884	0,320	50,399	3,817	0,006								
CV (%)		18,38	13,42	15,64	14,08	20,32	15,64	21,10	13,06	21,69								
Média Geral		2,96	5,08	7,73	9,75	20,22	3,62	33,64	14,96	0,35								
SAL		MÉDIAS																
		FSP	FSP ¹	FSF	FSF ¹	FSC	FSC ¹	FSPA	FSPA ¹	FSRP	FSRR	FSRR ¹	FSRT	FST	FST ¹	R/PA		
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		14,58	3,77	39,42	6,23	64,00	7,93	118,01	10,78	21,79	16,44	4,03	38,23	274,26	16,46	0,33		
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		9,94	3,13	30,98	5,55	66,40	8,09	107,33	10,31	20,50	13,42	3,62	33,93	248,59	15,70	0,31		
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		8,08	2,75	22,35	4,68	60,05	7,46	90,48	9,38	19,20	12,47	3,44	31,68	212,64	14,42	0,37		
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		7,58	2,69	21,25	4,55	53,56	7,22	82,40	8,98	19,72	11,92	3,37	31,64	196,46	13,86	0,37		
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		6,02	2,44	19,75	4,41	61,15	7,79	86,89	9,30	19,87	12,86	3,57	32,73	206,53	14,35	0,38		
NE		FSP		FSF		FSC		FSPA		FSRP		FSRR		FSRT		FST		R/PA
NE1		2,87 a		4,96 a		7,65 a		9,58 a		19,56 a		3,54 a		32,38 a		14,69 a		0,35 a
NE2		3,04 a		5,20 a		7,82 a		9,92 a		20,88 a		3,69 a		34,90 a		15,22 a		0,35 a

Onde: ns, ** = não significativo e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de estercos (Tukey, p<0,05); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de estercos; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹ Valores transformados em raiz quadrada.

Na Figura 25 são apresentadas as regressões das variáveis de fitomassa do pecíolo (A), da folha (B), do caule (C) e da parte aérea (D), observando-se efeito significativo para FSP e FSF ($p < 0,01$) em função do incremento da salinidade da água de irrigação, com decréscimo de 58 e 49%, respectivamente, assegurando sensibilidade ao aumento da salinidade, com menores valores 6,02 e 19,75g verificados com a aplicação do maior nível de salinidade (3 dS m^{-1}), respectivamente. Nota-se que essa redução foi mais expressiva com a aplicação de 10 Litros de esterco bovino (N1), evidenciando-se efeito positivo do aumento de matéria orgânica no solo para a FSP e FSF, apesar de não ter havido diferença significativa entre os níveis avaliados. Comportamento semelhante quanto à redução na formação de fitomassa foi obtida por Cruz et al. (2006), avaliando o efeito da salinidade na cultura do maracujazeiro, notando maior redução relativa na formação das folhas, confirmando os resultados encontrados nesta pesquisa.

Já para a FSC e FSPA não houve efeito significativo nos diferentes níveis de salinidade, no entanto, verificou-se redução na ordem de 4 e 26% nestas fitomassas, respectivamente. Dessa forma, induz-se que as altas concentrações de sais interagiram negativamente na fisiologia das plantas (HASEGAWA et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009), embora o efeito ocorra em diferentes intensidades conforme a tolerância das espécies vegetais com reflexo sobre a produção de massa das plantas (HASEGAWA et al., 2000; CHAVES et al., 2009). Reduções na fitomassa de algumas plantas frutíferas submetidas ao estresse salino foram observadas por Sousa et al. (2011) no cajueiro, Silva e Amorim (2009) no umbuzeiro e Nunes et al. (2012) na pinheira.

Quanto aos níveis de esterco, pôde-se verificar ganho de 7,5% da FSPA, aplicando-se o maior nível, o que pode ser atribuído a melhoria dos atributos do solo promovida pela ação dos microorganismos, agindo na diminuição dos efeitos degenerativos dos sais, proporcionando maior alocação de carboidratos para a parte aérea (KAYA et al., 2009; DAS; DANG, 2010; DINESH et al., 2010).

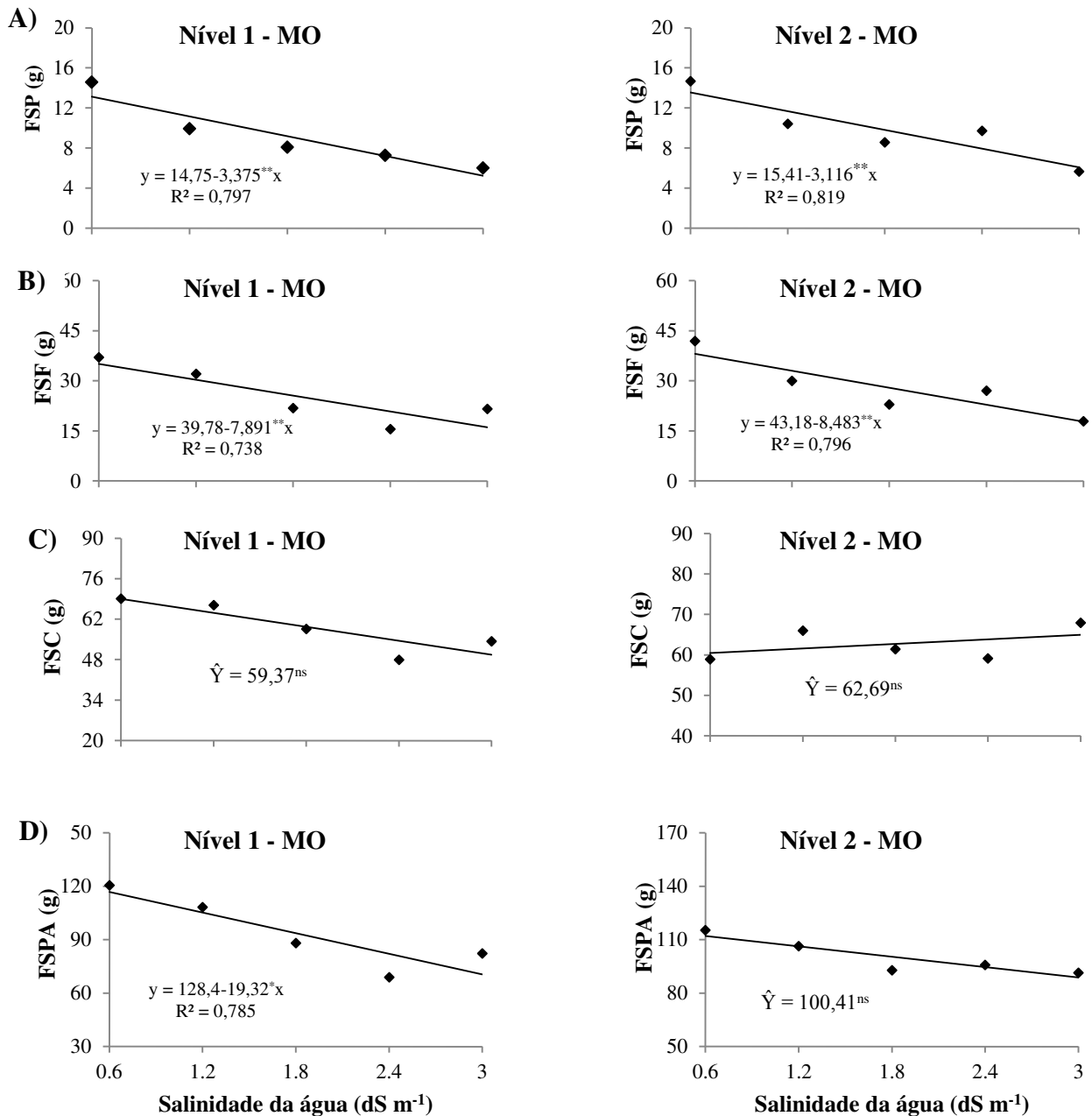


Figura 25 - Análise de regressão para as fitomassas do pecíolo (FSP) (A), da folha (FSF) (B), do caule (FSC) (C) e da parte aérea (FSPA) (D) de mamoeiro cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

Ainda no estudo da fitomassa do mamoeiro submetido a diferentes condições de salinidade da água, nota-se redução de 8%, 21% e 14% para FSRP (Figura 26A), FSRR (Figura 26B) e FSRT (Figura 26C), respectivamente, conforme o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, mesmo não havendo efeito significativo. Observou-se, ainda, que a aplicação do maior nível de esterco (N2) proporcionou maiores valores de fitomassa do sistema radicular, evidenciando-se resposta diereta das plantas de mamoeiro quando se eleva o conteúdo de matéria orgânica no solo. Pontes (1991) trabalhando com mudas de mamão,

verificou que a adição de esterco na composição do solo proporcionou efeitos benéficos para o crescimento das plantas e fitomassa das raízes, fato comprovado nesta pesquisa. Verifica-se que a formação de fitomassa no caule e no sistema radicular foram menos afetadas entre as variáveis relacionadas à fitomassa, mesmo que esta redução possa estar relacionada a mecanismos de defesa da planta, com intuito de diminuir a absorção de íons tóxicos, adquirindo assim maior resistência ao ambiente salino. Ressalte-se que o estresse salino pode ter ocasionado redução no turgor celular diminuindo o processo de crescimento, o qual depende da divisão e da expansão celular, como é descrito por Taiz e Zeiger (2009).

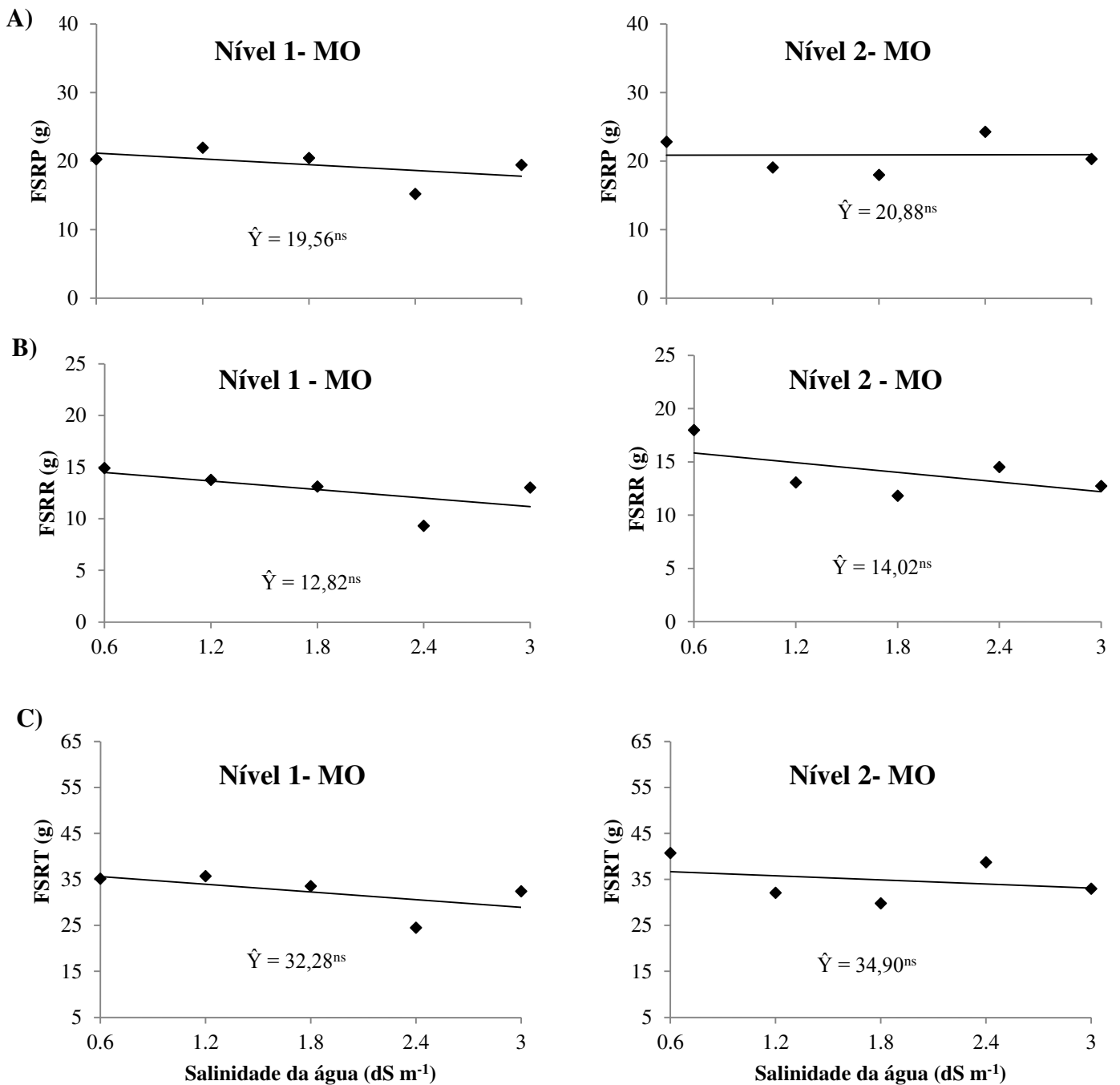


Figura 26 - Análise de regressão para as fitomassas da raiz principal (FSRP) (A), ramificada (FSRR) (B) e total (FSRT) (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

Quanto a FST, Fernandes et al. (2011), relatam que esta variável representa o potencial de acúmulo de matéria e, quanto maior seu valor, maior também a eficiência do vegetal em transformar energia luminosa em fotoassimilados. Assim, os resultados de fitomassa encontrados neste trabalho refletem as características de crescimento, principalmente no número de folhas, onde ocorre a formação de fotoassimilados, por ser o acúmulo de fitomassa resultante do processo de crescimento. Por isso, a redução na produção de fitomassa sob

determinado nível de salinidade em relação ao ambiente não-salino, é usada como critério para a avaliação da tolerância ao estresse salino.

Conforme a Figura 27A o aumento da condutividade elétrica da água reduziu a fitomassa total das plantas de mamoeiro com destaque até a aplicação de 2,4 dS m⁻¹ (S4) (28%), com acréscimo de 5% a partir desse nível de salinidade. Os efeitos da salinidade da água de irrigação na fitomassa total são resultados dos efeitos observados na massa seca da parte aérea e das raízes. Isso ocorre devido as altas concentrações de sais de sódio interagirem negativamente na fisiologia das plantas por promover interações iônicas, osmóticas e nutricionais deletéreas às plantas (HASEGAWA et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para Fageria e Gheyi (1997) a FST é uma variável significativa na avaliação da tolerância das culturas à salinidade, onde o decréscimo no seu rendimento relativo, baseado no percentual de perda na fitomassa total em condições salinas, comparadas à condição não salina, as culturas são classificadas em tolerantes (< 20%), moderadamente tolerantes (21 – 40%), moderadamente sensíveis (41 – 60%) e sensíveis (>60%). Mediante esse critério de avaliação, o mamoeiro foi classificado como tolerante à salinidade de 1,2 dS m⁻¹ e moderadamente tolerante à salinidade de 1,8, 2,4 e 3 dS m⁻¹ na água de irrigação. Salienta-se que o estresse salino pode provocar desequilíbrio nutricional e fisiológico com influência direta na conversão de carbono assimilado pelas plantas e promovendo reduções no acúmulo de fitomassa das culturas (TAIZ; ZEIGER, 2009), conforme observado nesta pesquisa, como também relatado por Távora et al. (2004) em plantas de gravioleira e por Fernandes et al. (2011) em porta-enxertos de citros.

Quanto a R/PA, mesmo submetida a diferentes níveis de salinidade da água, não foi significativa estatisticamente, portanto, as plantas de mamoeiro não apresentaram preferência quanto ao desenvolvimento da parte aérea ou radicular, ao serem submetidas a estresse salino (Tabela 8). Apesar da redução em FSPA (26%) ter sido maior do que a redução na FSR (14%) verificou-se que a R/PA não foi alterada de forma significativa, contudo, aumentou linearmente de (15%) quando se aumentou o nível de salinidade da água de irrigação (Figura 27B). Aumento da R/PA foi notado também em plantas de goiabeira quando submetidas a estresse salino, por Ferreira et al. (2001). Ressalte-se que o aumento da relação R/PA é tido como uma reação da planta ao estresse, seja diminuindo o acúmulo de fitomassa na parte aérea, o que vem possibilitar redução na área de transpiração ou aumentando a formação de fitomassa das raízes de modo a explorar um volume maior de solo para melhorar a absorção de água e nutrientes (SÁ et al., 2013), acreditando-se ter ocorrido esta primeira situação neste trabalho, sobretudo porque houve redução significativa no número de folhas. Daniel et al. (1997) mencionam que

essa razão deve ser de 0,50, entretanto, Fernandez (2002) detectou que a manutenção relativamente adequada do valor de relação raiz/parte aérea está relacionada às melhores condições químicas e físicas do solo, devido à presença do esterco ou húmus em sua constituição, sendo que, no presente trabalho, mesmo com o aumento do esterco bovino fornecido não foram revelados efeitos significativos pelas análises estatísticas para esta variável.

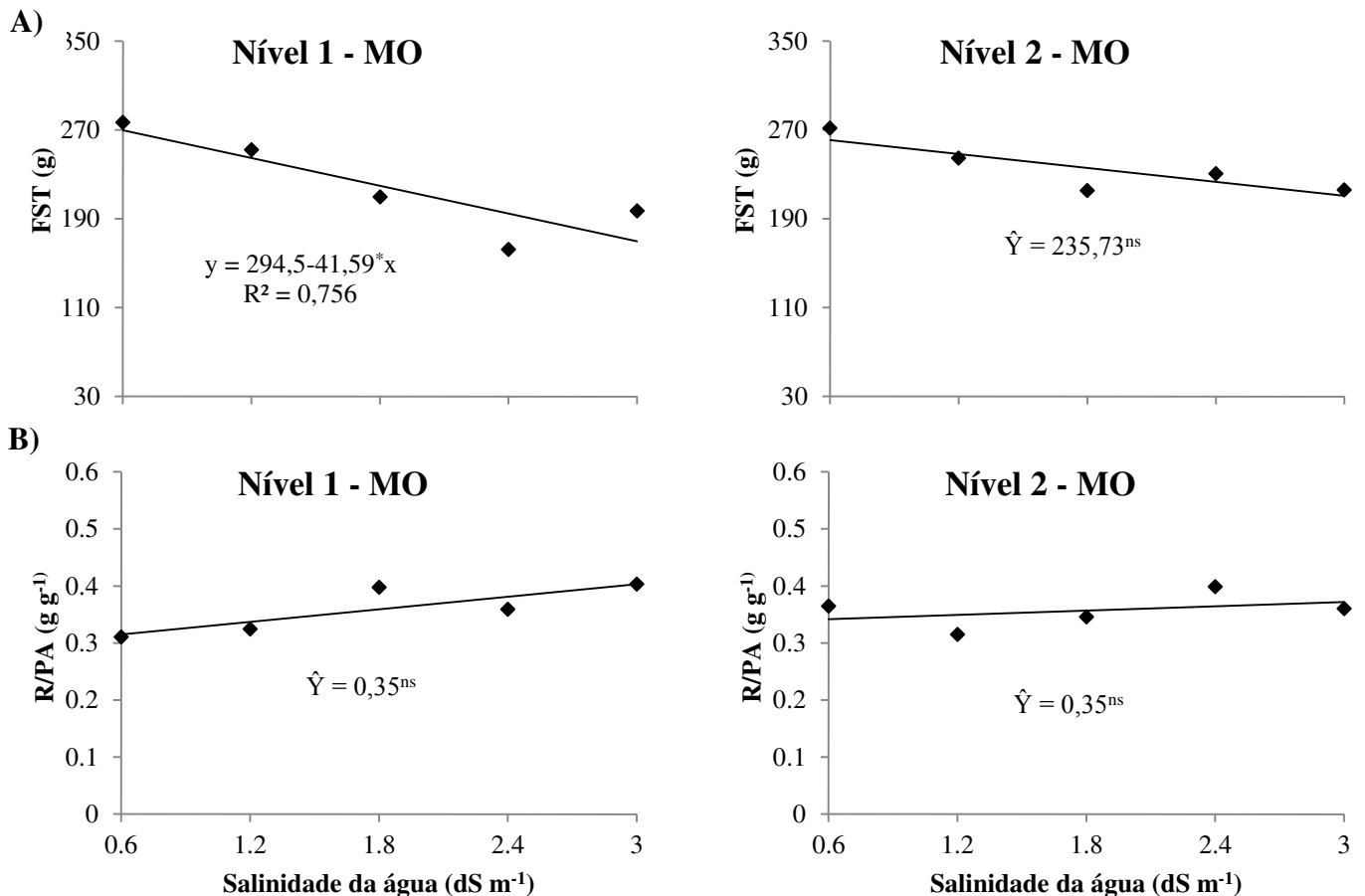


Figura 27 - Análise de regressão para a fitomassa total (FST) (A) e relação raiz parte aérea (R/PA) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

5.3 Variáveis fisiológicas

- Trocas gasosas – 1 dia de estresse salino

Com base na Tabela 9, nota-se diferenças significativas entre os níveis de esterco bovino ($p < 0,01$) para as variáveis condutância estomática (g_s) e transpiração (E). Já a fonte de variação, salinidade da água de irrigação influenciou, significativamente, a concentração interna de CO_2 (C_i), a eficiência instantânea no uso da água ($EIUA$) e a eficiência instantânea

da carboxilação ($EICi$) ($p < 0,01$), não havendo diferença significativa para as demais variáveis. Já quanto a interação entre os níveis de esterco bovino e de salinidade da água de irrigação ($dS\ m^{-1}$), o efeito foi significativo somente para a concentração interna de CO_2 (Ci). Possivelmente este fato pode estar relacionado ao curto tempo de exposição ao estresse (24 horas), o que possibilitou a capacidade das plantas de excluir os íons tóxicos.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (gs) ($mol\ (H_2O)\ m^{-2}\ s^{-1}$), transpiração (E) ($mmol\ (H_2O)\ m^{-2}\ s^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu mol\ (CO_2)\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu mol\ (CO_2)\ mol^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água ($EIUA$) [$(\mu mol\ (CO_2)\ m^{-2}\ s^{-1}) / (mmol\ (H_2O)\ m^{-2}\ s^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação ($EICi$) [$(mmol\ (CO_2)\ m^{-2}\ s^{-1}) / (\mu mol\ (CO_2)\ mol^{-1})^{-1}$] de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		Gs^1	E	A	Ci	$EIUA^1$	$EICi^1$		
SAL	4	0,010009 ^{ns}	0,287 ^{ns}	66,012 ^{ns}	10316,500 ^{**}	0,905 ^{**}	0,021 [*]		
NE	1	0,0405 [*]	1,713 [*]	95,533 ^{ns}	136,533 ^{ns}	0,114 ^{ns}	0,008 ^{ns}		
SAL x NE	4	0,0154 ^{ns}	0,430 ^{ns}	47,579 ^{ns}	333,658 ^{**}	0,077 ^{ns}	0,004 ^{ns}		
Bloco	2	0,0471 ^{**}	0,316 ^{ns}	8,671 ^{ns}	28675,433	0,042 ^{ns}	0,023 [*]		
Erro	18	0,0075	0,207	27,592	1236,118	0,157	0,005		
CV (%)		15,55	17,67	24,58	14,69	13,66	23,71		
Média Geral		0,55	2,58	21,36	239,333	2,90	0,31		
SAL		MÉDIAS							
	gs	gs^1	E	A	Ci	$EIUA$	$EIUA^1$	$EICi$	$EICi^1$
S1 (0,6 $dS\ m^{-1}$)	0,32	0,56	2,57	22,28	238,25	8,78	2,94	0,10	0,32
S2 (1,2 $dS\ m^{-1}$)	0,30	0,54	2,59	18,93	257,58	7,40	2,71	0,07	0,27
S3 (1,8 $dS\ m^{-1}$)	0,39	0,61	2,81	17,48	289,25	6,18	2,48	0,06	0,24
S4 (2,4 $dS\ m^{-1}$)	0,26	0,49	2,22	26,01	175,83	12,76	3,52	0,18	0,40
S5 (3,0 $dS\ m^{-1}$)	0,33	0,56	2,69	22,13	235,75	8,22	2,85	0,09	0,31
NE	gs^1	E	A	Ci	$EIUA^1$	$EICi^1$			
NE1	0,59 a	2,81 a	23,15 a	241,46 a	2,84 a	0,32 a			
NE2	0,52 a	2,34 b	19,58 a	237,20 a	2,96 a	0,29 a			

Onde: ns **, * e ns = significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de esterco (Tukey, $p < 0,05$); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de esterco; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹Valores transformados em raiz quadrada.

Tendo em vista a variabilidade da ocorrência de efeito significativo da salinidade entre as variáveis de trocas gasosas no período inicial de exposição ao estresse, realizar-se-á uma análise do efeito da salinidade em cada nível de esterco bovino, conforme a variável . Sendo assim, avaliando-se a gs , nota-se que a aplicação de 10 Litros de esterco bovino por planta (Figura 28A) proporcionou maiores valores ($0,37\ mol\ (H_2O)\ m^{-2}\ s^{-1}$) quando associados à aplicação de $3\ dS\ m^{-1}$, sendo o menor valor ($0,30\ mol\ (H_2O)\ m^{-2}\ s^{-1}$) verificado no S1 ($0,6\ dS$

m^{-1}). Possivelmente, a maior abertura estomática em resposta à salinidade deu-se a uma estabilização de g_s , fato que pode estar relacionado a uma maior necessidade de solutos para regularização dos efeitos ocasionados pelo estresse salino (TAIZ; ZEIGER, 2009), ou, ainda, devido ao baixo tempo de exposição ao estresse, permitindo a planta, desenvolver mecanismos de tolerância, não afetando a absorção de água. Neste sentido, Hussain et al. (2012) acrescentam que o acúmulo de sais na folha afeta, de forma significativa, processos essenciais para a sobrevivência das plantas, incluindo a g_s .

Ainda considerando a Figura 28, nota-se que ocorreu maior diferenciação entre os níveis de salinidade quando se aplicou 20 Litros de esterco bovino por planta, porém, insignificante, com declínio de 17% do menor para o maior nível de salinidade da água de irrigação. Para Taiz e Zeiger (2009) com o fechamento dos estômatos, as plantas buscam diminuir sua perda de água por transpiração, resultando em perda d'água e diminuição do turgor, o que caracteriza o fechamento hidropassivo dos estômatos. Tal situação também pode ocorrer através do fechamento hidroativo, que fecha os estômatos quando a folha inteira ou as raízes apresentam sinais de desidratação.

Quanto a transpiração (E), observou-se que os diferentes níveis de salinidade não influenciaram de forma significativa esta variável, com valores entre 2,57 e 2,81 mmol (H_2O) $m^{-2}s^{-1}$. Já quanto a aplicação de matéria orgânica, verificou-se que a redução de 39% quando se avaliou 20 Litros de esterco bovino por planta (N2) associado a aplicação de 2,4 dS m^{-1} (S4) (Figura 29B). Para Taiz e Zeiger (2009) a diminuição na transpiração está associada ao grau de fechamento estomático, que está diretamente relacionado a condutância estomática, mecanismo usado pela planta para manter seu status hídrico.

Quanto à fotossíntese líquida (A), nota-se que não houve influência significativa da salinidade da água de irrigação. Analisando a Figura 28C, observa-se que os valores médios de A nos diferentes níveis de salinidade variaram entre 17 e 26 $\mu\text{mol} (CO_2) m^{-2}s^{-1}$, com redução de 14% quando se aplicou 3 dS m^{-1} (S5). Em geral, a diminuição na fotossíntese é atribuída ao fechamento parcial dos estômatos, associado ao efeito osmótico e à toxidez iônica sobre o metabolismo da planta (NEVES et al., 2009), neste caso, como não houve efeito significativo da salinidade em g_s e E , nota-se coerência dos resultados. Para Larcher (2006), na maioria das plantas herbáceas, observa-se taxa de assimilação de CO_2 entre 10,0 e 20,0 $\mu\text{mol} m^{-2} s^{-1}$. Portanto, os valores de fotossíntese líquida encontrados neste trabalho são considerados altos, apesar da redução na condutância estomática. Neste sentido, alguns autores relatam que os efeitos causados pela salinidade variam de acordo com a intensidade e duração do estresse, assim como, o estágio fenológico, onde folhas mais velhas são mais afetadas pela seca e

acumulam grandes quantidades de sal (LAWLOR; CORNIC, 2002; MUNNS, 2002; CHAVES et al., 2003). Portanto, supõe-se que a atividade fotossintética não foi influenciada pela salinidade devido ao curto período de exposição ao estresse.

A concentração interna de CO₂ (*C_i*) foi influenciada pela salinidade da água ($p < 0,01$) (Tabela 9), não sofrendo efeito dos níveis de esterco, porém, com tendência superior no menor nível de matéria orgânica avaliado (Figura 28D). Os maiores valores de *C_i* (289,25 μmol (CO₂) mol⁻¹), foram registrados quando se aplicou 1,8 dS m⁻¹, possivelmente em função do decréscimo da atividade fotossintética neste nível de salinidade, o que resulta em maior concentração de CO₂ na câmara subestomática (MACHADO et al., 2010), fato este que pode indicar baixa atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco), assim como identificado por Machado et al. (2005), estudando citros sob diferentes condições ambientais, e por Konrad et al. (2005) avaliando cultivares de café sob estresse por alumínio, os quais relacionam essa resposta a uma baixa atividade dos estômatos, já que estes são responsáveis por regular os processos de trocas gasosas (TAIZ; ZAIGER, 2009). Assim, o *C_i* reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética (MELO et al., 2009). No presente estudo, houve redução de *A* quando se aplicou 1,8 dS m⁻¹, refletindo em maior valor de *C_i*, o que indica que a variação em *A* ocorreu de forma a alterar significativamente o valor de *C_i*, afetando negativamente esta atividade.

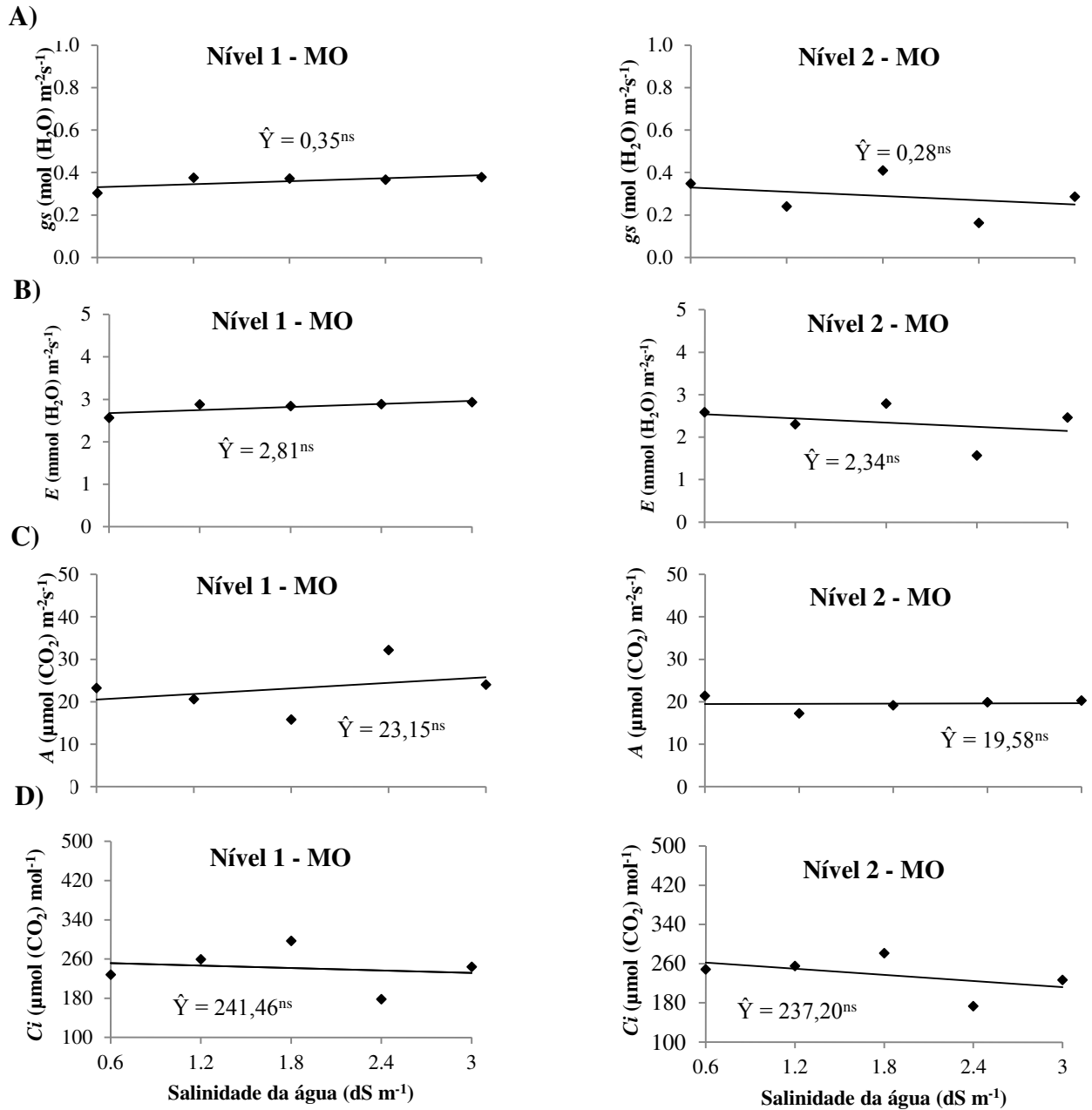


Figura 28 - Análise de regressão para condutância estomática (g_s) (A), transpiração (E) (B), fotossíntese líquida (A) (C) e concentração interna de CO_2 (C_i) (D) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal-PB, 2015.

Quanto à eficiência instantânea no uso da água (EIUA) [$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]/[$\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]⁻¹, que representa a razão entre a quantidade de CO_2 assimilada e a de água transpirada pela planta, verifica-se influência da salinidade ($p < 0,01$), com maior EIUA em plantas irrigadas com 2,4 dS m⁻¹ (S4), observando-se redução na ordem de 35% entre este e a maior salinidade da água de irrigação (3 dS m⁻¹) (Figura 29A), sem efeito significativos dos níveis de esterco aplicados. Neste sentido, é importante citar que durante o influxo do sal no ambiente das raízes, a redução da disponibilidade hídrica é o estresse inicial e as respostas são

semelhantes às de plantas sob déficit hídrico (CHAVES et al., 2009). As plantas minimizam o dano, reduzindo a exposição ao sal nos meristemas, principalmente no caule e nas folhas que estão crescendo ativamente e realizando fotossíntese, só que, à medida que o estresse aumenta, a desidratação das células do mesófilo inibe a fotossíntese, reduzindo a eficiência no uso da água (PEÇANHA, 2010). Para Lima et al. (2010), com apenas 1% do aumento da EUA na Região Nordeste, estima-se que haveria uma economia de 165 mil litros de água por hectare irrigado por ano. Salienta-se que a diminuição na eficiência do uso da água deu-se a partir da salinidade de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, até este nível a planta manteve maior EIUA, o que pode ser atribuído ao aumento de sais, com consequente desbalanço hídrico na epiderme das folhas.

Com relação à eficiência instantânea da carboxilação ($EICi$) [$(\text{mmol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1})/[\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ mol}^{-1}]^{-1}$], esse é um parâmetro que tem estreita relação com a concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (Ci) e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono (A) que é imprescindível no processo de formação de fotoassimilados (MELO et al., 2009; MACHADO et al., 2010); nesse sentido, conforme a Tabela 9, observou-se menor taxa fotossintética aplicando-se $1,8 \text{ dS m}^{-1}$, assim como baixa EiC (Figura 29B), resultado relacionado ao fato de se ter identificado maior Ci nas plantas irrigadas com este nível de salinidade (S3). É provável que este resultado seja reflexo de baixa assimilação de CO_2 , em relação ao CO_2 encontrado na câmara subestomática nesta salinidade, pois, se o Ci aumenta e há diminuição no consumo de CO_2 nos cloroplastos, devido à redução na atividade fotossintética, a relação A/Ci também sofrerá redução (SUASSUNA, 2013), fato comprovado nesta pesquisa.

Quanto aos níveis de esterco, não houve diferenças na relação A/Ci , porém, verificou-se comportamento de redução (9%) quando se elevou a quantidade de esterco aplicada. Vários autores estudando doses de esterco bovino no desenvolvimento das culturas, constataram decréscimo nos valores de algumas variáveis a partir das maiores quantidades do fertilizante testadas (OLIVEIRA et al., 2009; PEREIRA et al., 2008; SANTOS, 2005). Isto pode ser explicado com base em duas hipóteses, a primeira é a liberação de sais do esterco, ocasionando diminuição do potencial hídrico através do efeito osmótico e segundo pela condição de hipoxia causada pelo aumento da umidade na maior concentração de matéria orgânica, o que afeta a respiração das raízes.

A respiração radicular se altera para uma condição anaeróbica, ocorrendo aumento do ácido abscísico (ABA) induzindo, nas folhas, o fechamento parcial dos estômatos (LARCHER, 2000, TAIZ; ZEIGER, 2009) e diminuindo a atividade fotossintética em pouco tempo (PIMENTEL, 1998), fato observado nesta pesquisa nos valores de g_s e A , onde seus valores seguiram a mesma tendência de decréscimo em resposta ao aumento da adubação orgânica.

Acrescente-se que o risco de salinização do solo pela adição de resíduos orgânicos deve ser avaliado (PIRES; MATTIAZZO, 2008), confirmando resultados de Marinho et al., (2009), ao analisar o risco de salinização por composto orgânicos, encontrando elevado potencial de salinização do esterco bovino.

Quanto a redução de 18% em *EiC*, da aplicação de 2,4 dS m⁻¹ (S4) para o maior nível de salinidade (3 dS m⁻¹) e de 35% em EIUA nas mesmas condições nota-se que, esse decréscimo foi superior na eficiência no uso da água, dando e entender que a salinidade no mamoeiro exerceu maior efeito sobre os mecanismos estomáticos, em comparação com a carboxilação do CO₂ fixado pela planta. Possivelmente, esse efeito esteja mais relacionado com às limitações estomáticas que resultaram em reduções na condutância estomática, na fotossíntese líquida e na eficiência instantânea no uso da água do que no metabolismo enzimático de fixação de CO₂, causados pela toxidez iônica (SUASSUNA, 2013).

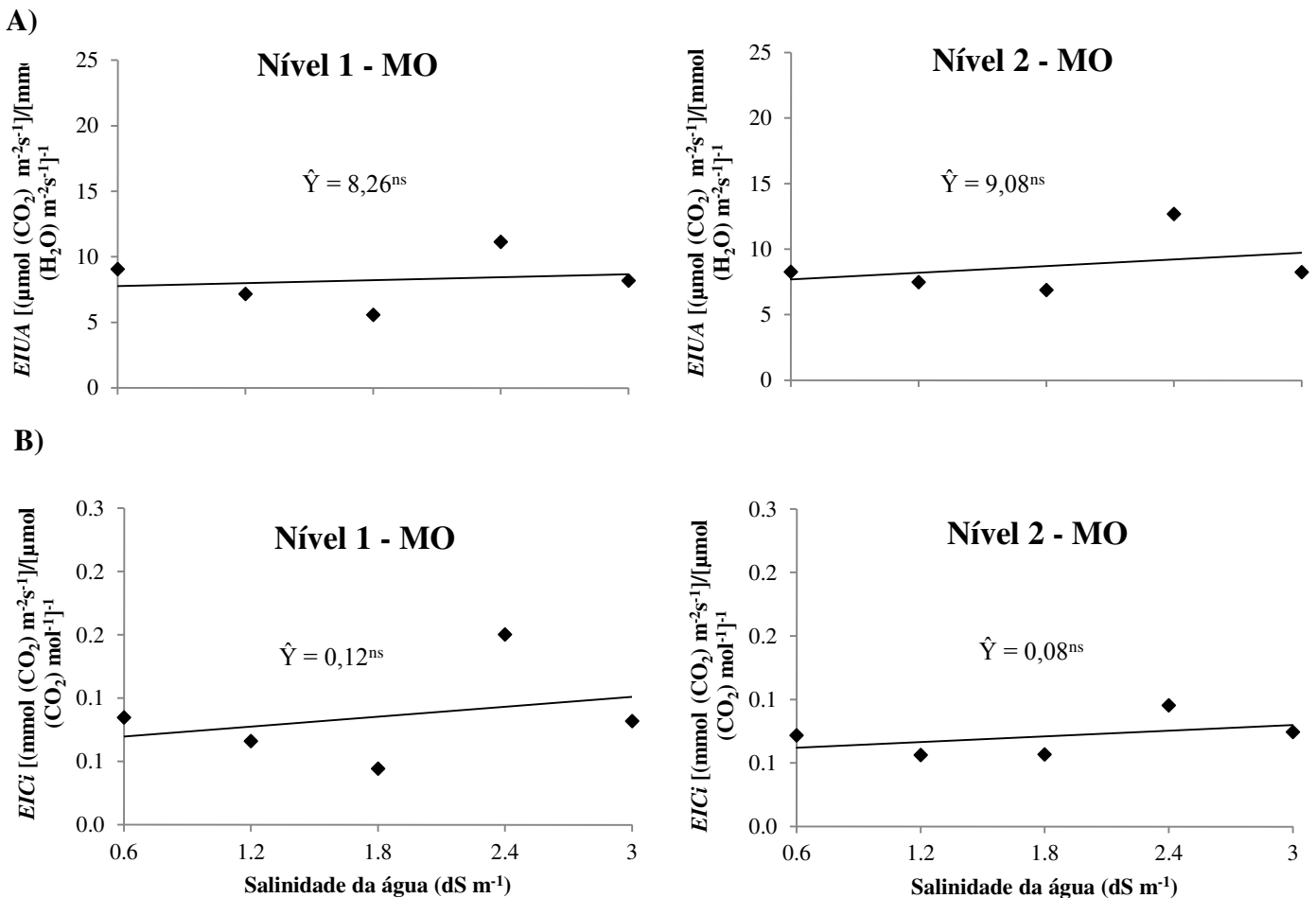


Figura 29 - Análise de regressão para eficiência intrínseca no uso da água (EIUA) (A) e eficiência instantânea da carboxilação (EICi) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 1 dia de estresse. Pombal-PB, 2015.

- Trocas gasosas – 57 dias de estresse salino

Na Tabela 10 encontram-se os resultados das análises de variância para os componentes de trocas gasosas em função dos níveis de salinidade e adubação orgânica, aos 57 dias de estresse, constatando-se efeito significativo da salinidade para todas as variáveis, no entanto, não foram verificadas diferenças quanto a aplicação dos níveis de esterco, de forma significativa. Constatou-se, ainda, que a interação SAL x NE promoveu efeito significativo sobre as variáveis *Ci* e *EIUA*.

Dessa forma, verifica-se que o estresse foi estabelecido com o tempo depois do início das aplicações dos tratamentos com salinidade, visto que foi evidenciado efeito mais nocivo aos 57 dias de estresse salino, com significância para todas as variáveis de trocas gasosas. Neste sentido, Munns (2002) relata que em situações de estresse em um curto período de tempo, geralmente é observada a predominância do efeito osmótico dos sais, fazendo com que o

potencial hídrico do ambiente radicular diminua e restrinja a absorção de água; já em estresses de longa duração, é possível que os íons se acumulem provocando toxidez, induzindo distúrbios nutricionais e metabólicos.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para a condutância estomática (g_s) ($\text{mol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água ($EIUA$) [$(\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1})/[\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}]^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação ($EICi$) [$(\text{mmol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1})/[\mu\text{mol (CO}_2\text{) mol}^{-1}]^{-1}$] de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		G_s	E	A	C_i	$EIUA$	$EICi^1$
SAL	4	0,005**	0,503**	124,194**	2606,866*	8,684**	0,041*
NE	1	0,001 ^{ns}	0,132 ^{ns}	23,328 ^{ns}	525,008 ^{ns}	3,223 ^{ns}	0,001 ^{ns}
SAL x NE	4	0,0002 ^{ns}	0,022 ^{ns}	3,633 ^{ns}	3014,508*	3,512*	0,030 ^{ns}
Bloco	2	0,003**	0,132 ^{ns}	29,068 ^{ns}	2490,475 ^{ns}	6,240**	0,040 ^{ns}
Erro	18	0,0004	0,043	8,057	704,428	0,939	0,013
CV (%)		18,08	13,80	18,11	24,56	9,6	28,40
Média Geral		0,111	1,510	15,672	108,050	10,096	0,40
SAL	MÉDIAS						
	g_s	E	A	C_i	$EIUA$	$EICi$	$EICi^1$
S1 (0,6 dS m^{-1})	0,13	1,76	19,78	85,00	11,17	0,23	0,47
S2 (1,2 dS m^{-1})	0,13	1,77	19,58	96,83	10,83	0,22	0,46
S3 (1,8 dS m^{-1})	0,11	1,57	16,82	102,16	10,65	0,18	0,42
S4 (2,4 dS m^{-1})	0,09	1,33	12,97	117,16	9,59	0,21	0,41
S5 (3,0 dS m^{-1})	0,07	1,10	9,19	139,08	8,22	0,07	0,26
NE	g_s	E	A	C_i	$EIUA$	$EICi^1$	
NE1	0,10 a	1,44 a	14,79 a	112,23 a	9,76 a	0,39 a	
NE2	0,11 a	1,57 a	16,55 a	103,86 a	10,42 a	0,41 a	

Onde: ns **, * e ns = significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de estercos (Tukey, $p < 0,05$); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de estercos; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹Valores transformados em raiz quadrada.

Conforme estudos de regressão para g_s (Figura 30A), o efeito da salinidade da água de irrigação foi linear decrescente, com redução de 46% do menor para o maior nível de salinidade. Observa-se que, quando as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,6 dS m^{-1} (S1), foi obtido um valor máximo de 0,13 mol (H₂O) $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que, quando se aplicou o maior nível de salinidade, obteve-se o valor mínimo de 0,07 mol (H₂O) $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O mecanismo de abertura e o fechamento dos estômatos se baseia no grau de turgescência das células-guarda; em folhas com estresse leve, os estômatos tendem a permanecer abertos; já em condição severa de estresse hídrico, ocorrerá o fechamento devido à

difusão do Ácido Abscísico para as células-guarda (MARENCO; LOPES, 2009). Para Nogueira et al., (2001), a diminuição da umidade no solo, provocada pelo aumento de solutos, tem diversos efeitos nos processos fisiológicos das plantas, diminuindo a condutância estomática, transpiração e, em contrapartida, o suprimento de CO₂ para a realização do processo de fotossíntese. Portanto, fica evidenciado que o nível de salinidade promoveu efeitos negativos na variável condutância estomática e, conseqüentemente, na assimilação líquida de CO₂, o que será comprovado posteriormente na discussão de A.

Quanto à transpiração (*E*) (Figura 30B), verificou-se decréscimo na condição de maior salinidade, conforme análise de regressão. Pode-se considerar que o fechamento parcial dos estômatos pelo decréscimo de *E* (37%), motivado pela redução de água, uma estratégia bem sucedida do mamoeiro, evitando assim, maior perda de vapor de água através da transpiração. Esses resultados podem ser explicados pela menor condutância estomática das folhas, quando as plantas foram irrigadas com água de 3 dS m⁻¹ (S5), verificando efeito mais intenso da salinidade em *gs* quando se aumentou a duração do estresse (57 dias de estresse). Taiz e Zeiger (2009) reportam que a diminuição na transpiração está associada ao grau de fechamento estomático, que está diretamente relacionado a condutância estomática, mecanismo usado pela planta para manter seu status hídrico.

Sabendo-se que os estômatos atuam como reguladores das trocas gasosas foliares (SHIMAZAKI et al., 2007), e ante o comportamento observado na *gs* em resposta aos níveis de salinidade aplicados às plantas de mamoeiro, espera-se que seja afetada também a fotossíntese líquida (*A*). Analisando a Figura 30C, observa-se que os valores médios de *A* reduziram 53% do menor para o maior nível de salinidade. Portanto, o comportamento de *A* observado seguiu as mesmas tendências de *gs*, deduzindo que diminuição na *gs* implicaram em menores influxos de CO₂ no mesófilo foliar, possibilitando baixas taxas de assimilação de dióxido de carbono, ou seja, os valores nas trocas gasosas estão relacionados diretamente nos valores de *gs*, tal como observado por Magalhães Filho et al. (2008) e Brito et al. (2012). Neste contexto, alguns autores mencionam que, em condições favoráveis à perda de água, a exemplo do estresse salino, há redução na *gs* como forma de minimizar a perda de água para a atmosfera por meio da transpiração, favorecendo assim, a redução na taxa de assimilação de CO₂ (MEDINA et al., 2005; MAGALHÃES FILHO et al., 2008), tal como identificado neste trabalho. Geralmente, a transpiração e a fotossíntese, apresentam a mesma tendência, já que, a assimilação de CO₂ está associada à perda de água da planta para o ambiente (FERNANDES et al., 2010; ANDRADE JÚNIOR et al., 2011).

Acrescente-se que, o decréscimo na taxa de assimilação de CO_2 e na condutância estomática pode estar relacionado à deficiência hídrica do solo, isso em decorrência do incremento dos sais, resultando em menor abertura estomática, alterando, negativamente, as trocas gasosas entre o mamoeiro e o ambiente. Ainda, o déficit hídrico afeta a bioquímica, a fisiologia, a morfologia e os processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo a fotossíntese de três maneiras: pela redução na área foliar disponível para interceptar a radiação solar, pela redução da difusão do CO_2 para dentro da folha e pela redução da habilidade dos cloroplastos para fixar o CO_2 que neles penetra (JONES, 1985). Neste contexto, Amaral et al., (2006) reportam que a maior resistência difusiva dos estômatos reduz a fotossíntese, notadamente pela restrição da condução gasosa na folha.

Quanto à concentração interna de CO_2 (C_i), nota-se, na Tabela 10, que os níveis de esterco não exerceram efeito significativo sobre esta variável, no entanto, verificou-se ascensão (38%) de seus valores médios quando se aumentou a salinidade. O acréscimo da concentração interna de carbono reflete os valores de A , que reduziu com o aumento do nível de salinidade, já que o processo da fotossíntese depende, de forma intrínseca, de C_i . Neste sentido, Farquhar e Sharkey (1982) reportam que durante as trocas gasosas, os estômatos atuam como reguladores da concentração subestomática de CO_2 (C_i), mantendo-a relativamente estável. Para Melo et al., (2009) a concentração interna de carbono reflete o substrato disponível para a fotossíntese e pode indicar se o fechamento estomático está afetando essa atividade. Acrescente-se que a diminuição da perda de água pela transpiração através do fechamento estomático pode prejudicar o fluxo de dióxido de carbono da atmosfera para a câmara subestomática (TAIZ; ZEIGER, 2009), fato ocorrido nesta pesquisa com a diminuição de g_s e, conseqüentemente, em A , o que acarretou em interferência na concentração interna de CO_2 .

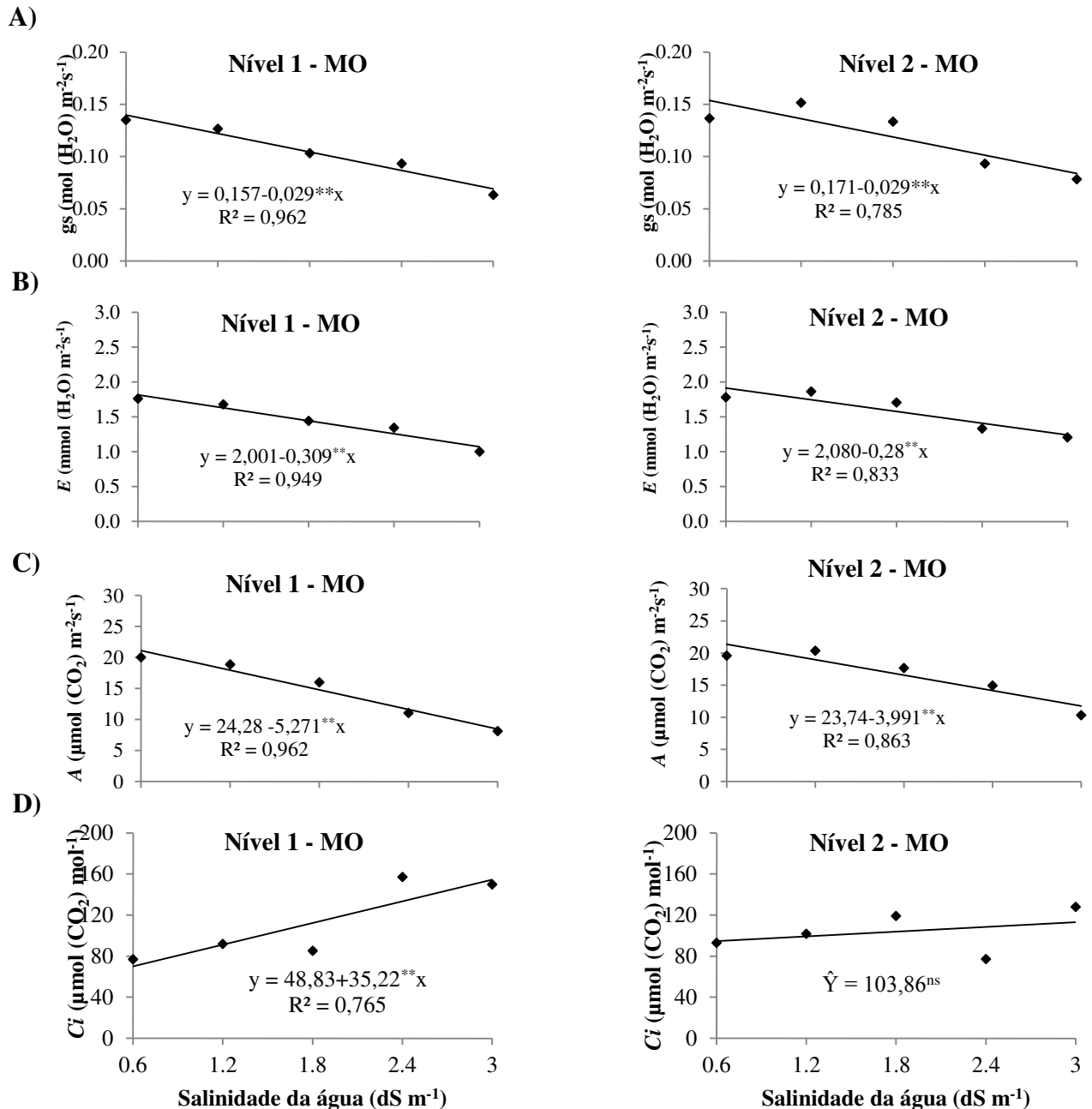


Figura 30 - Análise de regressão para condutância estomática (g_s) (A), transpiração (E) (B), fotossíntese líquida (A) (C) e concentração interna de CO_2 (C_i) (D) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal-PB, 2015.

Quanto a EIUA, Shimazaki et al., (2007) relatam que durante as trocas gasosas, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água e a diminuição dessa perda também restringe a entrada de CO_2 . Essa interdependência expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração, indica a eficiência instantânea no uso da água (EIUA), na qual os valores observados indicam a quantidade de carbono que a planta fixa, pela quantidade de água que a planta perde no processo transpiratório (TAIZ; ZEIGER, 2009), sendo importante absorver o máximo de CO_2 com o mínimo de perda de água. Fernandes et al. (2010) afirmam

que plantas que apresentam maior eficiência do uso da água podem apresentar maior tolerância à salinidade não somente devido à maior regulação das perdas de água, como também por haver o retardamento na acumulação de sais nas folhas ao limitar o fluxo de sais para a parte aérea devido a menor taxa de transpiração.

Na Figura 31A observa-se que, à medida que houve aumento na concentração de sais na água de irrigação ocorreu efeito decrescente na EIUA (26%), com maiores valores verificados na salinidade de 0,6 dS m⁻¹, enquanto que, menores valores foram registrados quando se aplicou a maior nível de salinidade (3 dS m⁻¹). Diante dessa situação constatou-se que os mamoeiros se mostraram mais eficientes no uso da água disponível quando irrigados com a menor salinidade. Pode-se inferir, também, que no início do estresse ocorre redução na condutância estomática e aumento na eficiência no uso da água, ou seja, a planta absorve mais CO₂ por unidade de água transpirada, pois, o fechamento estomático limita mais a transpiração do que a concentração interna de CO₂. Já em condições de estresse mais severo, há uma redução na eficiência no uso da água, devido à inibição da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009), assim como foi observado neste trabalho aos 57 dias de estresse, já que os valores de *C_i* aumentaram pela salinidade, havendo redução na fotossíntese.

A eficiência instantânea da carboxilação (*EIC_i*), variável que permite avaliar a atividade bioquímica da fotossíntese, relacionada com a assimilação de CO₂ (TAIZ; ZEIGER, 2009) foi afetada pela salinidade, sendo verificado redução de 25% por aumento unitário da *CE_a*, o que demonstra sensibilidade das plantas de mamoeiro ao estresse salino, não conseguindo manter estabilidade em *EIC_i*, possivelmente, devido às limitações na absorção de água (Figura 32B). Para que a assimilação fotossintética ocorra, o CO₂ difunde-se da atmosfera até o cloroplasto no mesófilo da folha, no sítio de carboxilação da rubisco (rubilose-1,5-bisfosfato) (MEDINA et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2009), dessa forma, a eficiência instantânea da carboxilação avalia a influência de fatores não estomáticos na fotossíntese, ou seja, mesmo na presença de CO₂ na câmara substomática, pode ocorrer redução na assimilação por fatores não estomáticos (BARBOSA, 2013).

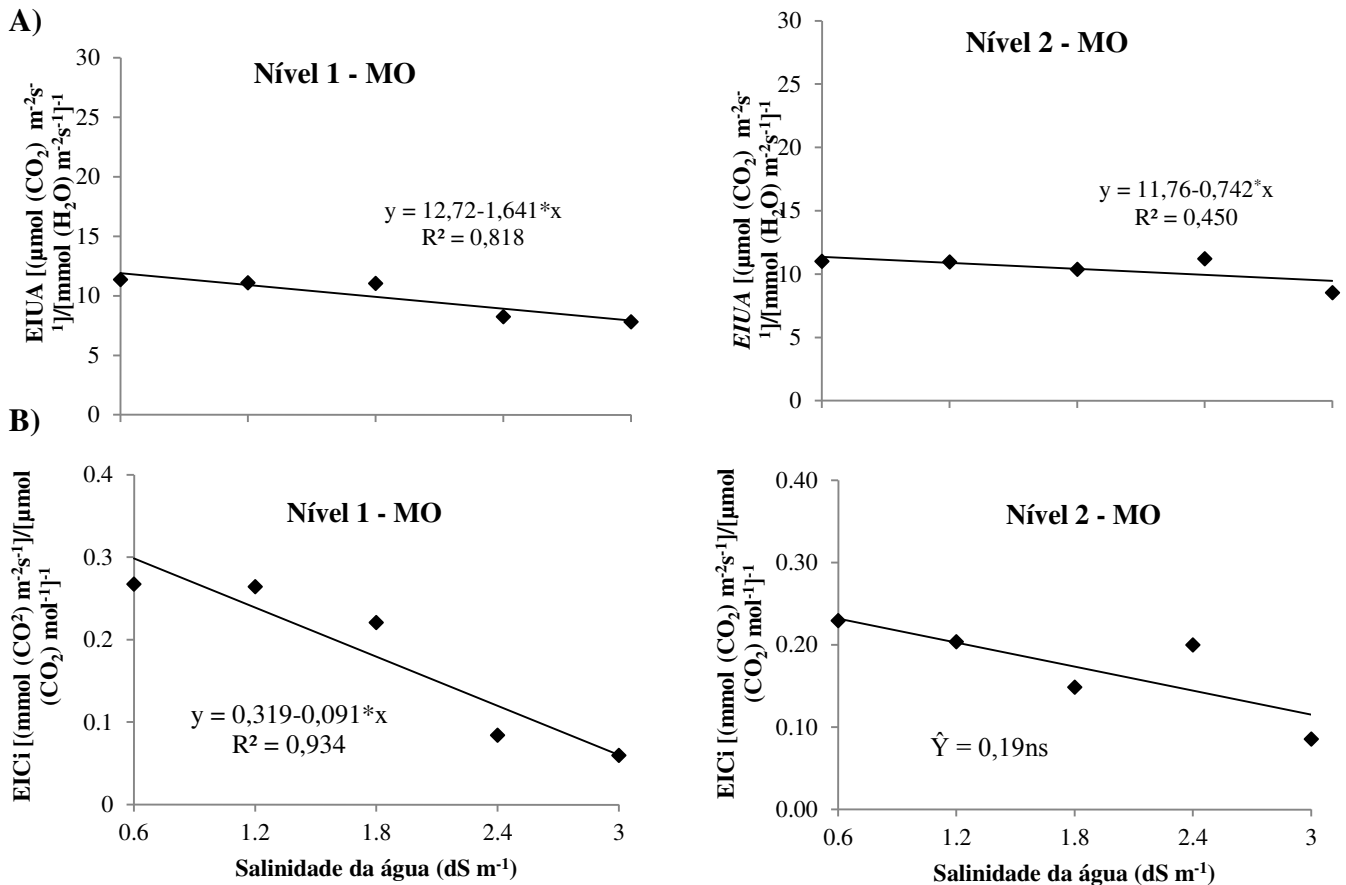


Figura 31 - Análise de regressão para eficiência instantânea no uso da água (EIUA) (A) e eficiência instantânea da carboxilação (EICi) (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica com 57 dias de estresse. Pombal-PB, 2015.

- Fluorescência da clorofila – 1 dia de estresse

Na Tabela 11 é apresentado o resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e as relações F_v/F_m , F_v/F_0 e F_0/F_m . Não foram constatados efeitos significativos dos níveis de salinidade e de esterco bovino nas variáveis de fluorescência, possivelmente devido ao baixo tempo de exposição ao estresse salino.

No processo fotossintético, as plantas absorvem luz através de pigmentos verdes localizados nos cloroplastos e transferem essa energia absorvida aos centros de reações dos Fotossistemas I e II por meio do complexo antena (TAIZ; ZEIGER, 2009), portanto, cada planta tem sua capacidade de armazenamento da energia absorvida e de transportar os elétrons, sendo o excedente eliminado na forma de fluorescência, dissipação de energia por meio da luz e calor (MEDINA et al., 2005). Considerando-se que não houve efeito significativo, pode-se

inferir que a salinidade e os níveis de esterco aplicados em plantas de mamoeiro não vem afetar a atividade da clorofila.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para as fluorescências inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), F_v/F_m , F_v/F_0 e F_0/F_m de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica aos 65 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	F_v/F_0	F_0/F_m
SAL	4	75,146 ^{ns}	4548,913 ^{ns}	4920,158 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	0,1193 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
NE	1	35,570 ^{ns}	1768,448 ^{ns}	2305,633 ^{ns}	0,00089 ^{ns}	0,0564 ^{ns}	0,0030 ^{ns}
SAL x NE	4	302,049 ^{ns}	5109,121 ^{ns}	4620,883 ^{ns}	0,00035 ^{ns}	0,1264 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Bloco	2	320,762 ^{ns}	9251,795 ^{ns}	8353,900 ^{ns}	0,00115 ^{ns}	0,1564 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Erro	18	259,934	6634,412	6829,427	0,000742	0,1688	0,0008
CV (%)		6,99	8,79	11,88	3,63	13,56	11,66
Média Geral		230,58	926,28	695,70	0,75	3,03	0,25
		MÉDIAS					
SAL		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	F_v/F_0	F_0/F_m
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		236,58	927,00	690,41	0,74	2,96	0,25
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		230,50	880,00	649,50	0,74	2,82	0,26
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		228,33	936,41	708,08	0,75	3,10	0,24
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		229,86	935,11	705,25	0,75	3,07	0,24
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		227,66	952,91	7725,25	0,75	3,19	0,24
		NE					
NE1		229,50 a	933,96 a	704,46 a	0,75 a	3,07 a	0,24 a
NE2		231,67 a	918,61 a	686,93 a	0,75 a	2,98 a	0,25 a

Onde: ns = não significativo pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de esterco (Tukey, p<0,05); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de esterco; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

Em relação a fulorescência inicial (F_0), presume-se que sua emissão, que ocorre dentro do estádio rápido da fluorescência, representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II, antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P 680 (PSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (MATHIS; PALLOTIN, 1981). De acordo com a Tabela 11, durante o período experimental não foram observadas diferenças significativas, porém o valores decresceram em função do aumento da salinidade (Figura 32A), com maior F_0 registrada com a aplicação de 0,6 dS m⁻¹ (S1) e a menor verificada no maior nível de salinidade (3 dS m⁻¹). Campostrini (2001), estudando a fluorescência da clorofila *a*, percebeu que os níveis de F_0 não possuem comportamento constante e podem variar a qualquer análise, devido às condições ambientais e fisiológicas da planta, ou seja, seu valor pode diminuir caso os centros de reações do PSII estejam comprometidos. Desta forma, o decréscimo em F_0 no mamoeiro com o aumento da salinidade, pode estar relacionado ao

fechamento estomático, fato comprovado pela diminuição da g_s , com possíveis danos no aparato fotossintético.

Já a F_m ocorre mais lentamente que F_o e representa a energia liberada ou perdida pelos elétrons que, ejetados dos seus átomos, podem alcançar o extintor QA (Quinona, receptora primária estável de elétrons do PSII), mas, pela presença de algum bloqueador do fluxo eletrônico, retornam às suas moléculas de origem (MATHIS; PALLOTIN, 1981; BAKER, 2008). A F_m não foi influenciada pela salinidade da água de irrigação, porém houve tendência crescente de 2,7% ao se compararem os valores do menor com os do maior nível de salinidade (Figura 32B). De acordo com Baker e Rosenqvist (2004), a F_m indica a intensidade máxima de fluorescência quando os centros de reações do FSII são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, atingindo sua capacidade máxima. Portanto, entende-se que o estresse salino não afetou a redução da Quinona, não ocorrendo perdas de energia nem alterações na eficiência fotoquímica, atingindo sua capacidade máxima com a aplicação de 3 dS m⁻¹.

Para a fluorescência variável (F_v) (Figura 32C), não houve diferença estatística em relação à salinidade da água de irrigação (Tabela 11), contudo, apresentou aumento de 5%, com valores de 690,41 e 725,25 elétrons quantun⁻¹ no menor e maior nível de salinidade, respectivamente. Baker (2008) e Roháček (2002) relatam que a resposta mais importante da planta, em se tratando de fluorescência de folhas adaptadas ao escuro, por pelo menos 30 minutos, é a F_v . Quanto maior a F_v maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH e ATP, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese. Neste sentido, o mamoeiro alcançou maior capacidade de transferência de energia e, conseqüentemente, a formação do redutor NADPH e ATP com aplicação de 3 dS m⁻¹.

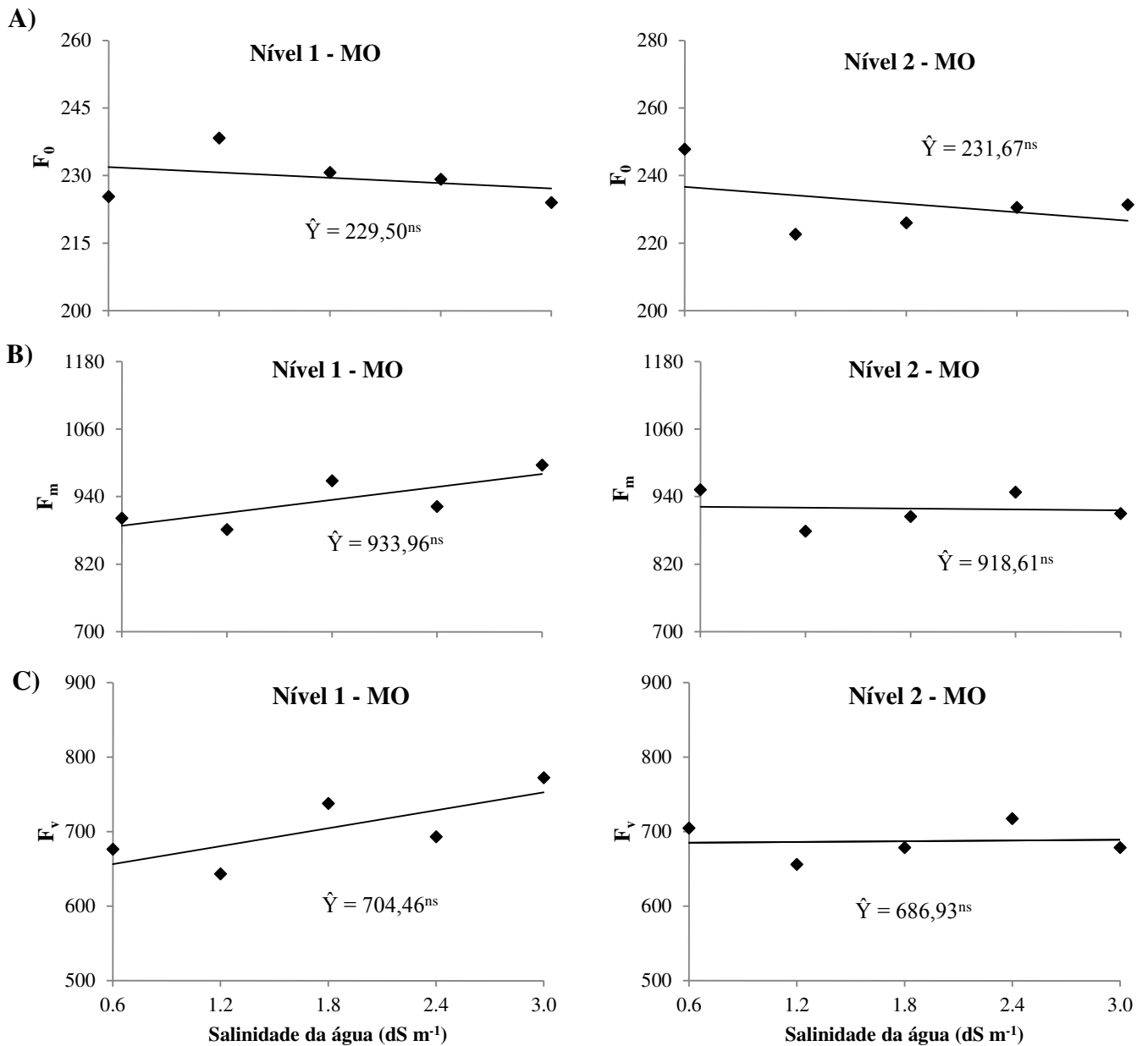


Figura 32 - Análise de regressão para as fluorescências inicial (F_0) (A), máxima (F_m) (B) e variável (F_v) (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

Em relação a F_v/F_m Baker (1991), Krause e Weis (1991) relatam que o rendimento quântico máximo do PS II, indica a dissipação fotoquímica de energia e expressa a eficiência da captura desta energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII. De acordo com a Figura 33A não foram observadas reduções significativas na máxima eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), possivelmente, devido a estabilidade nos teores de clorofila e carotenóides, uma vez que estes pigmentos participam diretamente na captura de energia luminosa que é utilizada nas reações fotossintéticas. Conforme Loggini et al. (1999), as variações nos teores de pigmentos fotossintéticos implicam em alterações da atividade fotossintética e no

comprometimento da eficiência do FSII. Saliente que os teores de clorofila e carotenóides serão discutidos posteriormente.

Nas plantas de mamoeiro, registrou-se eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) de 0,75 no maior nível de salinidade, sendo esse valor limitante, abaixo do qual, se considera haver alterações na funcionalidade ao FSII. Osmond (1994) menciona que, sob condições normais (não estressante), o valor da eficiência quântica máxima F_v/F_m , para a maioria das espécies, varia entre 0,78 e 0,83.

Quanto à relação F_v/F_o , cita-se sua relevância para detectar mudanças induzidas pelo estresse nos vegetais, pois embora forneça informações similares de F_v/F_m , amplia as pequenas variações, caso houver (LICHTENTHALER et al., 2005). Os dados de F_v/F_o encontrados nesta pesquisa variaram de 2,96 a 3,19 (Figura 33B), indicando anormalidade, visto que as médias dentro da faixa normal situam-se entre 4 e 6 (ZANANDREA et al., 2006). Nesse aspecto, os níveis de salinidade foram suficientes para promover injúrias ao PSII, tendo por referência a relação F_v/F_o .

Já na relação F_o/F_m foi observado decréscimo quando as plantas foram expostas ao estresse salino (Figura 33C). Essa relação é tida, como a produção quântica fotoquímica efetiva do PSII ou eficiência de transporte de elétrons do PSII por quantum absorvido pelo complexo FSII ou ainda, produção quântica da conservação de energia fotoquímica no PSII (ROHÁCEK, 2002; ZANANDREA et al., 2006). A avaliação deste parâmetro é de grande utilidade, pois seu aumento é indicativo de estresse nas plantas, sendo a faixa de valores normais situada entre 0,14 e 0,20 (ROHÁCEK, 2002). Diminuição em F_o/F_m foi confirmado nas plantas de mamoeiro sob salinidade no presente estudo, porém as médias entre os níveis de salinidade variaram de 0,24 a 0,26, portanto, não está dentro da faixa citada como padrão, resultando em possíveis alterações na conservação de energia fotoquímica no PSII, alterando diretamente o fluxo de elétrons.

Quanto aos níveis de esterco, o aumento desse insumo não afetou de forma significativa as variáveis de fluorescência, entretanto, observou-se diminuição em F_m , F_v , F_v/F_o , F_o/F_m e F_v/F_m . Tester e Bacic (2005) mencionam que o funcionamento do fotossistema II é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica e, conseqüentemente, na assimilação de carbono pelas plantas, auxiliando no diagnóstico da integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais. Ressalte-se que, a baixa variação dos dados, mesmo nas condições mais altas de salinidade nas plantas tratadas com biofertilizante bovino, principalmente, no que se refere a F_v/F_m , alcançando valores de 0,77, reforça as afirmações de Cavalcante *et al.* (2007) de que o insumo orgânico, por ser fonte de compostos bioativos, exerce ação positiva na

nutrição das plantas e estimula a liberação de substâncias húmicas no solo, favorecendo maior atividade da enzima redutase e redução de aminoácidos livres, proporcionando maior acúmulo de N nas plantas, diminuindo o efeito do estresse hídrico e salino. Chaum e Kirdmanee (2011) asseguram que a matéria orgânica mitiga os efeitos deletérios dos sais à plantas.

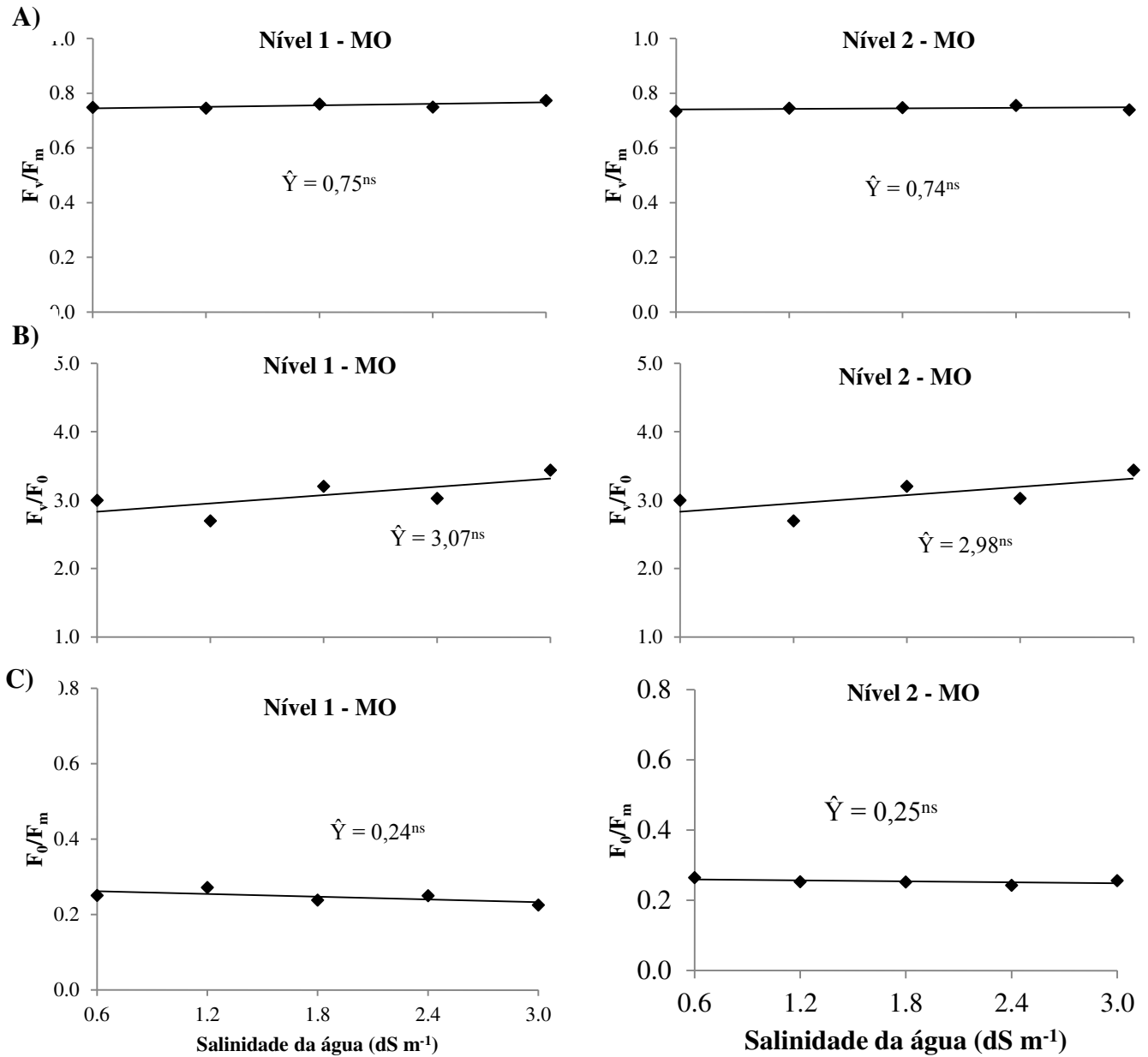


Figura 33 - Análise de regressão para as relações F_v/F_m (A), F_v/F_0 (B) e F_0/F_m (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 65 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

- Pigmentos cloroplastídeos

Conforme dados dispostos na Tabela 12, não houve influência significativa dos níveis de salinidade sobre todas as variáveis de clorofila e carotenóides. Correlacionado esses dados com as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, percebe-se que o estresse foi de ordem osmótica, não iônica, sendo assim, os pigmentos cloroplastídeos não sofreram danos, bem como, a fluorescência da clorofila, revelando coerência dos dados.

Parida e Das (2005) relatam que para lidar com os efeitos nocivos do estresse salino, as plantas desenvolvem mecanismos bioquímicos, como a acumulação seletiva de sal ou sua exclusão da célula, o que pode ter ocorridas nas plantas de mamoeiro, no que diz respeito aos pigmentos cloroplastídeos. Mesmo não havendo efeito significativo, em plantas submetidas aos níveis mais elevados de salinidade foi verificado decréscimo nas concentrações de clorofilas, quando comparadas com as concentrações na menor salinidade, que registrou os maiores teores destes pigmentos. A tendência dos dados está em consonância com o verificado por Pak et al. (2009), destacando que o aumento da salinidade das águas comprometem a produção de fotoassimilados em plantas de trigo. Quanto a interação SAL x NE, o efeito foi significativo ($p < 0,05$) no teor de CRT, indicando comportamento diferenciado dos níveis de estercos nas diferentes salinidades da água de irrigação.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para clorofila *a* (*Ca*) (g m⁻²), clorofila *b* (*Cb*) (g m⁻²), clorofila total (CT) (g m⁻²), relação *Ca/Cb*, carotenóides totais (CRT) (g m⁻²), relação CT/CRT de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		<i>Ca</i>	<i>Cb</i>	CT	<i>Ca/Cb</i>	CRT	CT/CRT
SAL	4	0,015 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,027 ^{ns}
NE	1	0,001 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,004 ^{ns}
SAL x NE	4	0,019 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,004*	0,044 ^{ns}
Bloco	2	0,0004 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,180*	0,00007 ^{ns}	0,055 ^{ns}
Erro	18	0,012	0,0014	0,021	0,041	0,0013	0,061
CV (%)		14,73	15,02	14,59	6,69	12,76	6,97
Média Geral		0,75	0,25	1,01	3,03	0,28	3,55
SAL		MÉDIAS					
		<i>Ca</i>	<i>Cb</i>	CT	<i>Ca/Cb</i>	CRT	CT/CRT
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		0,79	0,25	1,04	3,15	0,28	3,52
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		0,79	0,27	1,06	2,93	0,29	3,62
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		0,76	0,25	1,01	2,97	0,29	3,57
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		0,76	0,25	1,02	3,00	0,28	3,59
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		0,67	0,21	0,89	3,11	0,25	3,45
NE		<i>Ca</i>	<i>Cb</i>	CT	<i>Ca/Cb</i>	CRT	CT/CRT
NE1		0,75 a	0,24 a	0,99 a	3,07 a	0,28 a	3,54 a
NE2		0,76 a	0,25 a	1,02 a	2,99 a	0,28 a	3,56 a

Onde: ns e *= não significativo e significativo a 5%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de esterco (Tukey, p<0,05); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de esterco; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

Conforme já citado, as plantas irrigadas com o maior nível de salinidade proporcionaram menores valores de clorofila *a* (Figura 34A) e *b* (Figura 34B), com redução de 15 e 16%, respectivamente, com o aumento de 0,6 a 3 dS m⁻¹. Salienta-se que foi constatado comportamento semelhante na taxa fotossintética, sendo esses efeitos, provavelmente, atribuídos aos íons Na⁺ e Cl⁻, podendo interferir nos processos fisiológicos das plantas e reduzindo o potencial osmótico do solo, induzindo condições de estresse hídrico (CRUZ et al, 2009). Como consequência, as plantas reduzem a *gs* e a taxa fotossintética, devido a limitação na disponibilidade de CO₂ ou por interferir na síntese de pigmentos fotossintéticos (JAMIL et al., 2007). Acrescenta-se que os declínios nos teores de clorofila, conforme Santos (2004) e Munns e Tester (2008), são resultados dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas em culturas sensíveis à salinidade. Para os respectivos autores, o excesso de sais estimula a atividade enzimática da clorofilase que degrada as moléculas de pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos, provocando também o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação.

Os resultados decrescentes com o aumento da salinidade constatados nas clorofilas *a* e *b* foram refletidos na clorofila total (Figura 34C), porém, a redução não foi significativa. A clorofila é o principal agente responsável pela fotossíntese e sob circunstâncias adversas, a concentração total de pigmentos é um bom indicador da atividade fotossintética (XINWEN et al., 2008). Desta forma, pode-se inferir que a taxa de fotossíntese do mamoeiro diminuiu devido a algum fator não relacionado com a concentração de pigmentos, visto que, os valores de clorofila não sofreram efeitos significativos. Apesar disso, notou-se redução na CT na ordem de 16% com o aumento da salinidade de 0,6 a 3 dS m⁻¹, corroborando com outros trabalhos (CENTRITTO et al., 2003; NETONDO et al., 2004). A maioria dos estudos sobre plantas submetidas à diferentes concentrações de salinidade tem como resultado o decréscimo dos pigmentos fotossintéticos (JAMPEETONG; BRIX 2009; AGHALEH et al., 2009; CHAVES et al., 2009).

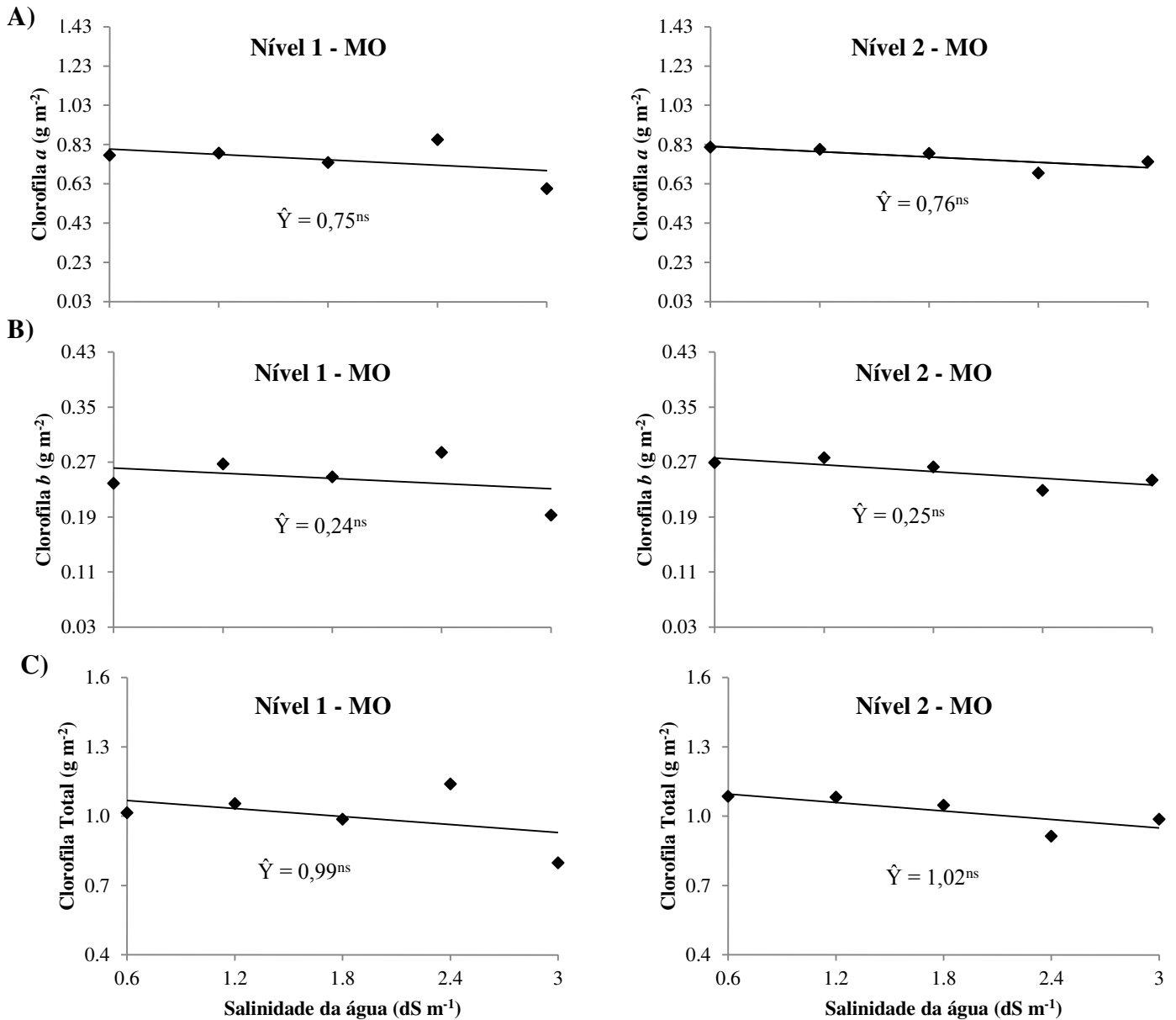


Figura 34 - Análise de regressão para clorofila *a* (*Ca*) (A), clorofila *b* (*Cb*) (B) e clorofila total (*CT*) (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

Quanto à relação *Ca/Cb*, observou-se redução no nível de 1,2 dS m⁻¹ (S2), explicado pelo acréscimo da clorofila *b* (Figura 35A). Em situações de estresse, verifica-se o aumento ou a manutenção do teor desse tipo de clorofila que possui papel importante na proteção do aparelho fotossintético, principalmente no fotossistema II onde é encontrada em maior proporção (HUDAK, 1997; LOGGINI et al, 1999). Além disso, a clorofila *b*, que transfere energia para a clorofila *a*, tem uma taxa de fotooxidação muito mais baixa do que a clorofila *a*, provavelmente, porque sua forma de transferência de energia exerce maior efeito protetor

(CARPENTIER, 1997). Portanto, a clorofila *b* exerceu seu efeito protetor até a salinidade de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$, evidenciado pela redução da relação *Ca/Cb*.

O teor de carotenóides totais (Figura 35B), em vista da concentração de NaCl, foi similar ao das clorofilas. Assim, o teor dos carotenóides totais ficou praticamente constante quando se aumentou a salinidade da água de irrigação. No entanto, quando se aumentou a CE_a de 2,4 para 3 dS m^{-1} ocorreu uma redução de 12%. Para Sharma e Hall (1991), Taiz e Zeiger (2009) e Lima et al. (2004) o estresse salino induz a degradação de β -caroteno causando o decréscimo no teor de carotenóides, que são considerados como pigmentos acessórios na absorção e transferência da energia radiante, atuantes como agentes protetores do aparato fotossintético contra danos causados por excesso de irradiância. Desta forma, a degradação na síntese de carotenóides pode implicar na degradação de clorofilas, confirmando os resultados encontrados nesta pesquisa, com redução de carotenóides totais e, conseqüentemente, diminuição nas clorofilas *a* e *b*. Ressalte-se que, apesar da diminuição no teor de carotenóides, a aplicação dos tratamentos não exerceu efeitos suficientes para provocar a degradação de β -caroteno, considerando que a variação entre os dados foi baixa, ou seja, insignificante.

O efeito protetor ao aparelho fotossintético também pode ser observado com o aumento na relação CT/CRT no tratamento de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ (S3) (Figura 35C), evidenciado pelo aumento da clorofila *b*. Andrade et al. (2012) avaliando o feijão sob irrigação com água salina constatou aumento da relação CT/CRT quando se aumentou os níveis de sais. Saliente que o conteúdo de clorofila e carotenóides é um dos fatores que estão associados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes (RÊGO; POSSAMAI, 2004), por serem responsáveis pela captura da energia solar incidente necessária à fotossíntese (NASCIMENTO, 2009).

Quanto aos níveis de matéria orgânica, verificou-se que incrementos nos níveis de esterco melhoraram o processo fotossintético do mamoeiro, aumentando os teores de pigmentos. As maiores concentrações de clorofila *a*, *b* e total, foram obtidas em função da quantidade máxima de esterco (20 Litros de esterco bovino), obtendo-se 0,76; 0,25 e $1,02 \text{ g m}^{-2}$. Essa situação comprova que as substâncias húmicas não eliminam, mas atenuam os efeitos negativos da salinidade às plantas, pois atuam como fonte de energia para a microbiota (SILVA JÚNIOR et al., 2009), melhorando a estrutura e aeração do solo (MELLEK et al., 2010), estimulando a redução do potencial osmótico no interior do sistema radicular e contribuindo para a absorção de água e ajustamento osmótico das plantas no meio salino (BAALOUSHA et al., 2006; LACERDA et al., 2010).

Para os valores de carotenóides, a diminuição do composto orgânico não interferiu de forma significativa nos seus teores, porém, a interação dos fatores foi significativa ($p < 0,05$) (Tabela 12). Quanto a aplicação de 10 Litros de esterco bovino, a variação foi 0,29 a 0,32 g m⁻², com redução de 27% do menor para o maior nível de salinidade. No entanto, quando se aumentou a quantidade de esterco bovino (20 Litros de esterco bovino) a redução foi menor (3%), comprovando superação dos carotenóides com o aumento de matéria orgânica, possivelmente pela melhoria nas características do solo associadas ao suprimento de nutrientes, como exemplo, o nitrogênio. Os pigmentos cloroplastídeos, conforme Viana e Kiehl (2010), são influenciados pelo estado nutricional das plantas; o que significa declínios ou incrementos se estão com carência ou adequadamente supridas de nutrientes. Saliente que diversos trabalhos têm identificado uma relação positiva e significativa entre a concentração foliar de nitrogênio e a taxa fotossintética líquida (EVANS, 1989), visto que esse elemento é parte integrante dos principais componentes do sistema fotossintético, tais como, clorofila e carboxilase/oxigenase da ribulose 1,5 bisfosfato (RubisCO). Além disso, sob deficiência de nitrogênio, a atividade carboxilativa da RubisCO é seriamente reduzida (CRUZ, 2001).

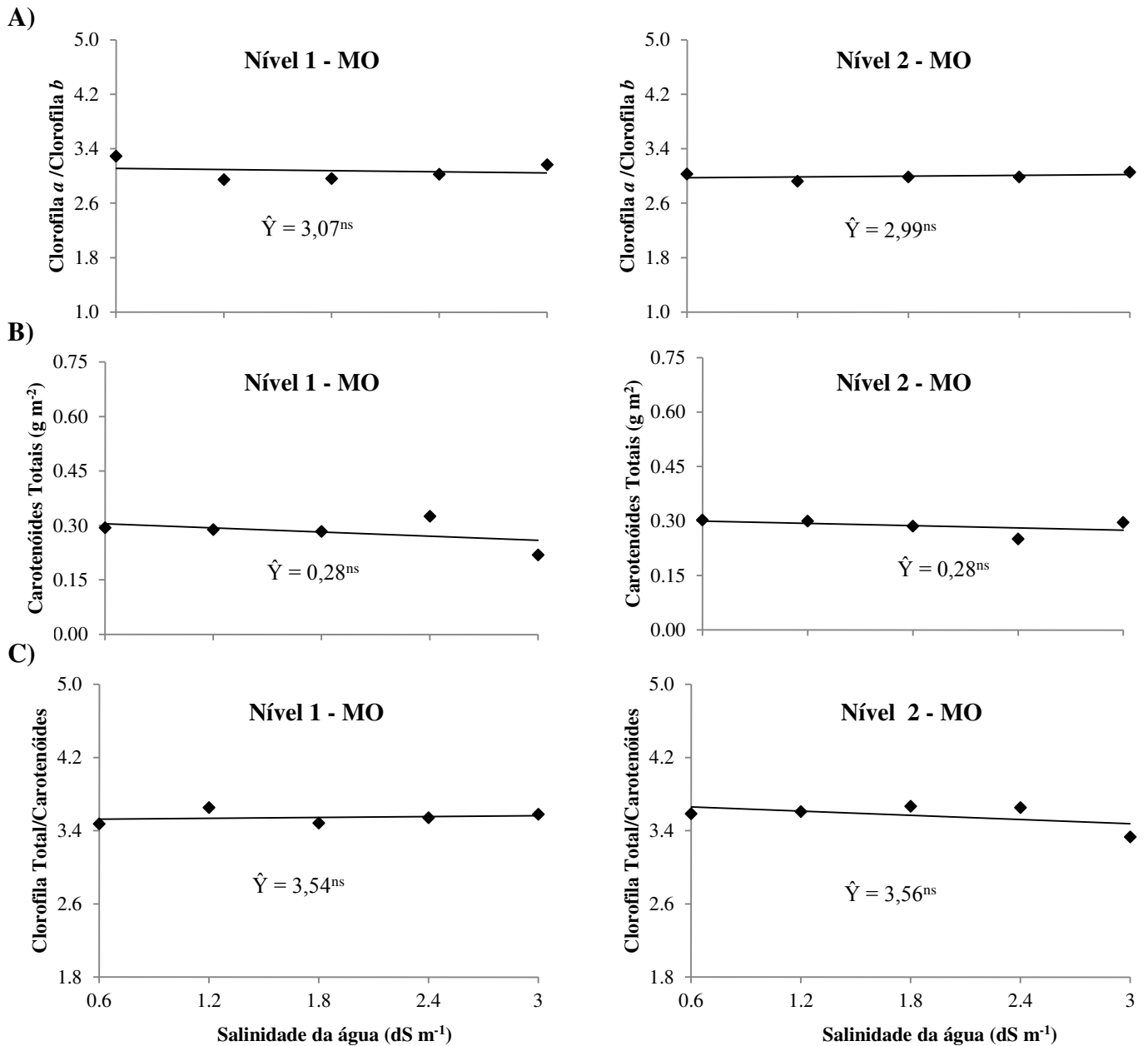


Figura 35 - Análise de regressão para relação CA/CB (A), carotenóides totais (CRT) (B) e relação CT/CRT (C) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

- Potencial osmótico da seiva foliar

O estudo do potencial osmótico das plantas é imprescindível, pois esta variável é considerada o principal componente do potencial hídrico em ambientes salinos. BenGal et al. (2009) e Souza et al. (2012) relatam que a salinidade de águas e solos, tem sido frequentemente relacionada com a condutividade elétrica, por ser um método de determinação prático e rápido porém a apresentação e a interpretação de respostas da planta à salinidade, em termos de potencial osmótico, é mais adequada haja vista que possibilita diferenciar entre os efeitos

tóxicos e osmóticos da salinidade. Na Tabela 13 consta a análise de variância para o potencial osmótico, verificando-se que os níveis de salinidade e de adubação orgânica não influenciaram de forma significativa esta variável, quando avaliados isoladamente, porém, a interação SAL x NE sofreu alterações significativas.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para potencial osmótico (Ψ_s) (MPa), extravasamento de eletrólitos (EE) (%), teor relativo de água (TRA) (%) e déficit de saturação hídrica (DSH) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		Ψ_s	EE	TRA	DSH ¹	
SAL	4	0,028468 ^{ns}	6,977 ^{ns}	25,067 ^{ns}	0,202 ^{ns}	
NE	1	0,023871 ^{ns}	12,670 ^{ns}	319,812 [*]	2,224 ^{ns}	
SAL x NE	4	0,137252 [*]	30,674 ^{**}	88,058 ^{ns}	0,823 ^{ns}	
Bloco	2	0,015782 ^{ns}	18,575 ^{ns}	705,065 ^{**}	6,65 ^{**}	
Erro	18	0,010631	6,401	68,972	0,56	
CV (%)		7,01	16,41	10,89	15,70	
Média Geral		-1,47	15,40	72,24	4,77	
		MÉDIAS				
SAL		Ψ_s	EE	TRA	DSH	DSH ¹
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		-1,42	13,66	75,53	24,47	4,82
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		-1,42	15,93	78,36	21,64	4,61
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		-1,41	15,14	73,47	26,53	5,60
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		-1,52	16,45	78,17	21,83	4,55
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		-1,56	15,80	75,67	24,33	4,85
NE						
NE1		-1,44 a	16,05 a	79,50 a	4,49 a	
NE2		-1,49 a	14,75 a	72,97 a	5,04 a	

Onde: ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de estercos (Tukey, p<0,05); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de estercos; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹Valores transformados em raiz quadrada.

Conforme a Figura 36A, pode-se constatar efeito linear decrescente do potencial osmótico foliar do mamoeiro, em função da salinidade da água de irrigação, com variação de 10% quando se aplicou 10 Litros de estercos bovino. Maior valor de Ψ_s (1,37 MPa) foi registrado com a aplicação de 2,4 dS m⁻¹ (S4), enquanto que o menor (1,51 MPa) foi verificado no maior nível de salinidade (3 dS m⁻¹). Possivelmente, a diminuição do potencial osmótico ocorreu em resposta a uma situação de déficit hídrico, provocado pelo aumento da salinidade, caracterizando a ocorrência de ajuste osmótico, permitindo a manutenção dos

processos metabólicos nessa condição adversa. Neste sentido, Patakas et al. (2002) relatam que, na presença de déficit hídrico, as plantas podem utilizar mecanismos de tolerância, como o ajuste osmótico, para que a célula absorva água e mantenha o potencial de pressão em níveis adequados. A diminuição do potencial osmótico, em resposta ao déficit hídrico, pode resultar de uma concentração passiva de solutos, consequência da desidratação da célula, ou da acumulação ativa de solutos, ocorrendo o ajuste osmótico.

Quanto a aplicação de 20 Litros de esterco bovino (N2), pode-se inferir que o aumento do insumo ocasionou uma variação dos valores de 0,29 MPa, alcançando menor Ψ_s (1,68 MPa) quando se elevou a salinidade da água de irrigação. Sugere-se que, possivelmente, este tipo de comportamento, possa estar relacionado aos sais liberados pelo esterco, proporcionando aumento da concentração salina na solução do solo, induzindo a planta ao ajustamento osmótico (PIMENTEL, 1998; ROZA, 2010; SANTOS et al., 2012), mantendo a abertura estomática por mais tempo, devido a formação de potenciais hídricos mais baixos (DIAS, 2008; COELHO, 2012). Acrescente-se que, se o decréscimo do potencial hídrico das folhas não ultrapassar -1,0 MPa, ou o teor relativo de água não decrescer mais que 10%, considera-se condições de estresse suave. Portanto, a diminuição do potencial osmótico nas folhas de mamoeiro por ocasião do aumento das concentrações de esterco bovino, não se configura uma condição de estresse severo para a cultura.

- Extravasamento de Eletrólitos

Em relação ao extravasamento de eletrólitos, não foram verificados danos estatisticamente significativos na membrana celular do mamoeiro, quando a cultura foi submetida aos diferentes níveis de salinidade, bem como, aos níveis de esterco, porém a interação entre fatores foi significativa ($p < 0,05$) (Tabela 13). Segundo Hall (2001), membranas mais estáveis apresentam vazamento de eletrólitos mais lento, o que pode ter ocorrido nesta pesquisa, ou seja, os níveis de salinidade de 0,6 a 3,0 dS m^{-1} , não foram suficientes para provocar efeitos na membrana celular do mamoeiro ao ponto de ocorrer vazamento de eletrólitos, porém, os valores foram crescentes quando se aumentou o nível de salinidade (15%). Neste sentido, Roza (2010) relatam que danos em membranas a nível foliar podem ser um dos primeiros sinais ao estresse. Creissen et al. (1994) acrescentam que, diante do estresse a integridade da membrana é alterada, afetando a atividade de enzimas importantes. Para Carvalho (2010), maiores extravasamentos ocorrem devido às limitações na fotossíntese devido ao déficit hídrico intenso, imposto pelo aumento da salinidade. Para tanto, é sabido que a estrutura de membranas e organelas celulares é alterada com o aumento da disponibilidade de

CO₂, levando a mudanças morfológicas e fenológicas na planta (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009), fato comprovado nesta pesquisa, com o aumento do extravasamento de eletrólitos e na disponibilidade de CO₂, com efeito redutor na fotossíntese.

Quanto aos níveis de esterco, observou-se menor variação nos valores de extravasamento de eletrólitos quando se aumentou a quantidade desse insumo no solo. No nível 1 de esterco bovino (10 Litros) ocorreu aumento dos valores desta variável de 14,81 para 18,93%, do menor para o maior nível de salinidade (Figura 36B). Já com a aplicação de 20 Litros de esterco bovino (N2) o extravasamento de eletrólitos aumentou de 44% quando a salinidade variou de 0,6 a 1,8 dS m⁻¹, reduzindo após esse nível (30%), dando a entender que o aumento do esterco no solo pode ter condicionado a planta ao estresse por sais. Acrescente-se que o aumento na fluidez da membrana celular ocorre em função das injúrias provocadas pelo estresse salino (BEM-AMOR, 2006), sendo este inibido, possivelmente, pela maior disponibilidade de esterco.

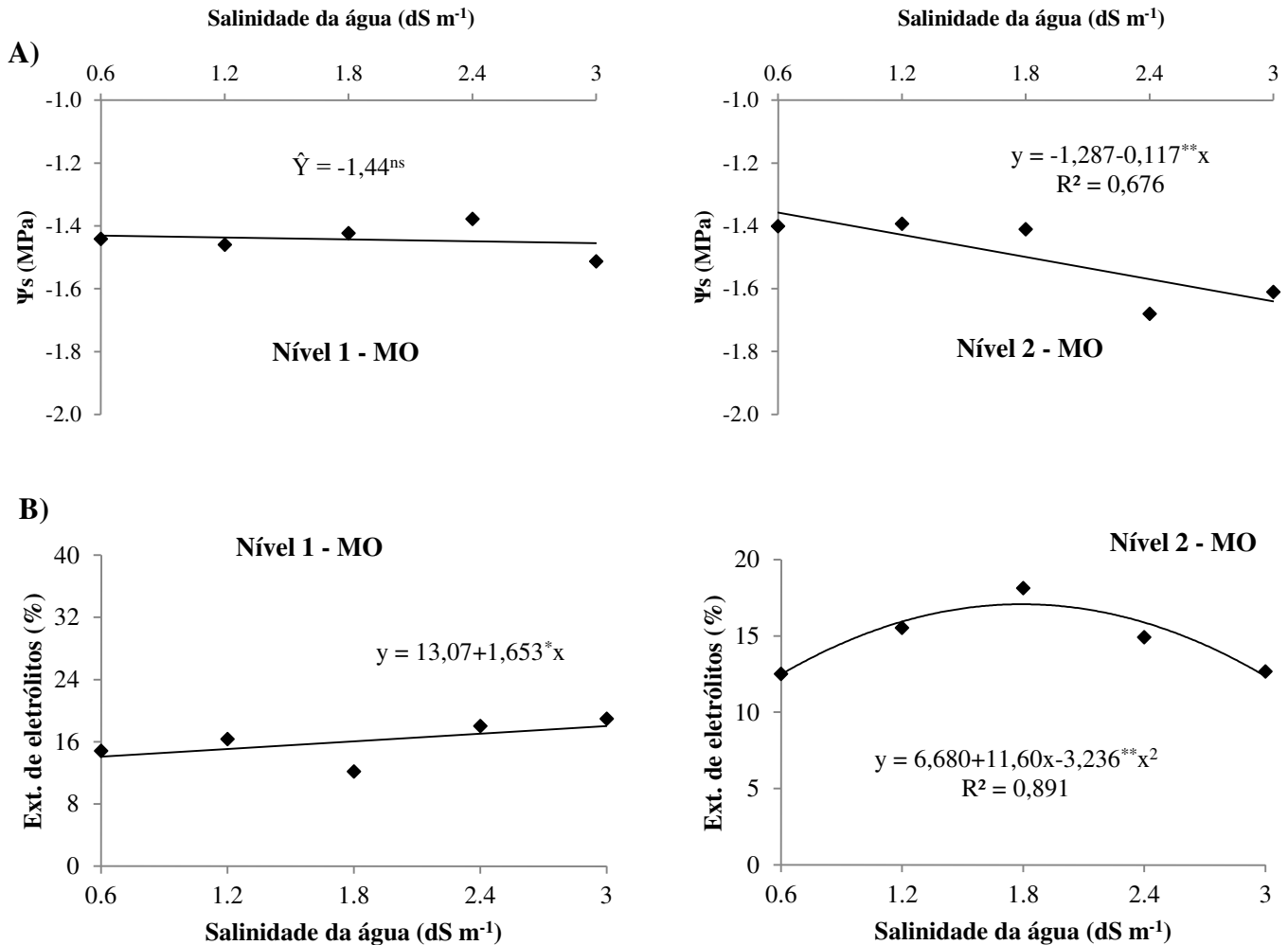


Figura 36 - Análise de regressão para potencial osmótico (A) e extravasamento de eletrólitos (B) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- 'Status' hídrico da planta

O 'Status' hídrico da planta foi avaliado por meio do teor relativo de água (\emptyset) e do déficit de saturação hídrica (Δw_{sat}) verificando a ausência de efeito significativo dos níveis de salinidade sobre as variáveis (Tabela 13). Sugere-se que mesmo condições adversas, as plantas de mamoeiro parecem possuir certa tolerância ao estresse, não diminuindo o conteúdo de água foliar, o que pode estar relacionado a capacidade de aumentar o conteúdo de íons, o que pode contribuir para o ajustamento osmótico (MAHOUACHI et al., 2006). Considerando o TRA, os valores diminuíram quando se aplicou 1,8 dS m⁻¹, com recuperação após esse nível (Figura 37). O decréscimo do TRA em função do estresse têm sido relatado em vários trabalhos (BERGONCI et al., 2000; ENNAHLI; EARL, 2005; KRAMER; BOYER, 1995; LAWLOR; CORNIC, 2002; SANTOS et al., 2008; WU et al., 2008). Saliente que o uso da água deve ser

feito pelas culturas de maneira racional e equilibrada, para que se evitem perdas na qualidade e na produção pelo seu uso em excesso ou por sua escassez (REIS, 2006), sendo o teor relativo de água (TRA) um dos indicadores das relações hídricas da planta, que corresponde à quantidade de água no tecido num dado instante, comparando com a capacidade máxima de água que ele poderá reter (CAIRO, 1995).

Quanto ao DSH, este é determinado de forma idêntica ao TRA, e como seus resultados são complementares, se comportaram de forma contrária, portanto, inversamente proporcional. Quanto aos níveis de matéria orgânica, houve efeito significativo no TRA, com decréscimo de 9% quando se aumentou o nível de esterco. Logicamente, com a redução de TRA, os valores de DSH aumentaram de 20,5% para 27,3%.

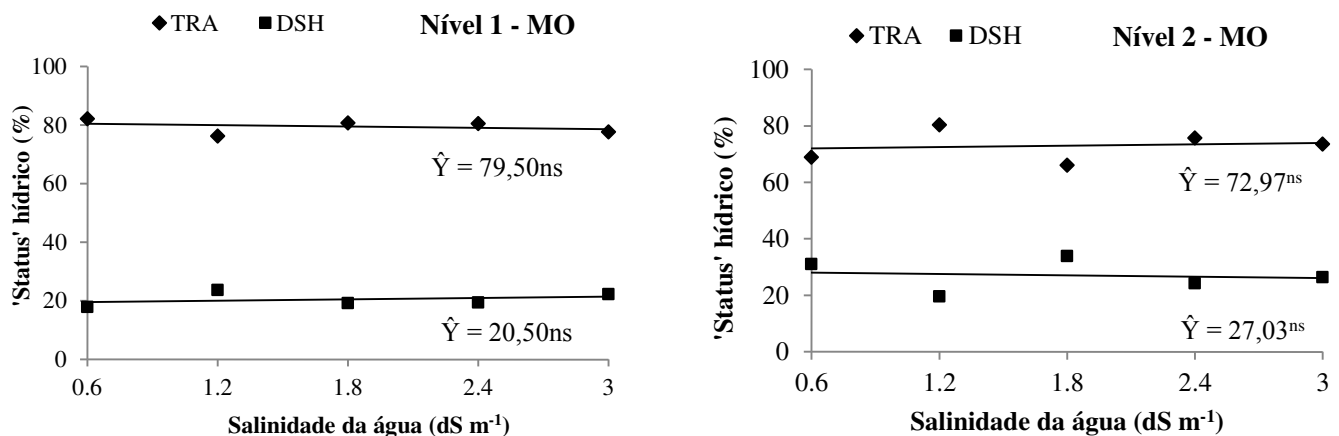


Figura 37 - Análise de regressão para o teor relativo de água (θ) e déficit de saturação hídrica (Δw_{sat}) de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica aos 165 dias após o transplante. Pombal-PB, 2015.

5.4 Características do solo

Ao final do experimento, os valores de pH e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) (Tabela 14) não diferiram de forma significativa nos tratamentos avaliados, bem como, na interação SAL x NE. Em relação a PST foi verificado efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade, notando-se incremento na PST para valores acima de 15 no maior nível de salinidade (3 dS m⁻¹). Quando isso ocorre, a estrutura de muitos solos deteriora-se rapidamente, conforme demonstrado pelos resultados de Marciano et al. (2000) e Aguiar Netto et al. (2005). Os solos salinos podem ser identificados pela presença de uma crosta branca e por encontrarem-se normalmente floculados, devido à presença de sais em excesso (GHEYI, 2000). Acrescenta-se que um dos inconvenientes da irrigação é salinizar o solo, devido a água conter

sais dissolvidos que, mesmo em baixa concentração, podem ser incorporados ao solo, o qual pode se tornar salino em poucos anos (MEDEIROS, 2001).

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para pH do extrato de saturação (pH_{es}), condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e percentagem de sódio trocável (PST) de solo cultivado com mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob irrigação com águas salinizadas e adubação orgânica. Pombal - PB, 2015.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		pH_{es}	CE_{es}^1	PST	
SAL	4	0,015 ^{ns}	0,484 ^{ns}	92,065 ^{**}	
NE	1	0,012 ^{ns}	12,670 ^{ns}	0,032 ^{ns}	
SAL x NE	4	0,024 ^{ns}	30,674 ^{**}	2,186 ^{ns}	
Bloco	2	0,147 ^{**}	18,575 ^{ns}	0,384 ^{ns}	
Erro	18	0,014	6,401	2,847	
CV (%)		2,09	16,34	16,78	
Média Geral		5,79	2,87	10,05	
		MÉDIAS			
SAL		pH_{es}	CE_{es}	CE_{es}^1	PST
S1 (0,6 dS m ⁻¹)		5,79	6,83	2,59	5,63
S2 (1,2 dS m ⁻¹)		5,81	6,92	2,57	7,18
S3 (1,8 dS m ⁻¹)		5,70	9,60	3,03	10,00
S4 (2,4 dS m ⁻¹)		5,80	8,90	2,95	11,91
S5 (3,0 dS m ⁻¹)		5,83	10,60	3,22	15,54
NE					
NE1		5,81 a	2,73 a		10,08 a
NE2		5,77 a	3,01 a		10,02 a

Onde: ns, ** = não significativo e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; Médias seguidas da mesma letra indicam não haver diferença significativa entre os níveis de estercos (Tukey, $p < 0,05$); SAL – Níveis de Salinidade; NE – Níveis de estercos; GL – Grau de Liberdade; CV – Coeficiente de Variação.

¹Valores transformados em raiz quadrada.

Conforme a Figura 38A, percebe-se que o pH obteve pouca variação nos diferentes níveis de sais, com valores de 5,79 e 5,83 encontrados com a aplicação da menor (0,6 dS m⁻¹) e maior (3 dS m⁻¹) salinidade, respectivamente. No solo, o excesso de sais pode elevar os valores de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e comprometer as relações Na/Ca, Na/Mg e Na/Ca + Mg às plantas (PEREIRA et al., 2006). Saliente que sob condições de pH elevado, ocorre a mudança de cargas líquidas das argilas, que passam de positivas para negativas, ocorrendo um aumento no valor da floculação do solo, com conseqüente dispersão das argilas (RICHARDS, 1954) e baixa permeabilidade do solo (SHAINBERG; LETEY, 1984). Além disso, a elevação do pH resulta na alteração da disponibilidade de nutrientes no solo (BAILEY,

1996), o que pode levar à deficiência ou ao excesso de determinados macro ou micronutrientes nas plantas.

Quanto a condutividade elétrica do extrato de saturação, os valores se ajustaram ao modelo linear crescente (Figura 38B), com incremento de 55% na variação dos níveis de salinidade (0,6 a 3 dS m⁻¹). Freire et al. (2003), avaliando solos de Pernambuco irrigados com águas de salinidade variáveis, verificaram que as águas de maiores valores de CE promoveram a salinização dos solos. A alta condutividade elétrica verificada em solos salinos se deve as altas concentrações de sais, podendo restringir a absorção de nutrientes, interferir no desenvolvimento das plantas, em função da elevação do potencial osmótico (MENDES et al., 2008). Klar (1988) afirma que as culturas se comportam diferentemente às concentrações salinas, podendo ser quantificadas de acordo com os valores da CE_{es}. Os efeitos nas plantas são negligenciáveis entre 0 e 2 dS m⁻¹; de 2 a 4 dS m⁻¹, pode ocorrer restrição do desenvolvimento de algumas culturas; de 4 a 8 dS m⁻¹, muitas culturas diminuem a produção; de 8 a 16 dS m⁻¹, só algumas plantas produzem satisfatoriamente e, acima de 16 dS m⁻¹, somente as culturas tolerantes produzem satisfatoriamente.

O aumento da salinidade resultou em um significativo acréscimo na percentagem de sódio trocável (Figura 38C), observando valores de 5,63 e 15,54 com a aplicação do menor (0,6 dS m⁻¹) e maior (0,6 dS m⁻¹) nível de salinidade, respectivamente, o que representa um incremento de 170%. Os valores de PST são indicadores do acúmulo potencial de sódio trocável (BRESLER et al., 1982) o que indica o grau de dispersão das argilas. Para Ferreira et al. (2010) o efeito do sódio sobre as propriedades físicas do solo é bem reconhecido na literatura, principalmente por ser um elemento que afeta negativamente a agregação do solo, por promover a dispersão das argilas e, conseqüentemente, as propriedades físico-hídricas, com destaque para estrutura e condutividade hidráulica.

Ademais, com o aumento da PST, a salinidade provoca a desestruturação do solo, aumenta a densidade e reduz as taxas de infiltração de água no solo pelo excesso de íons sódicos (RHOADES et al., 2000), induzindo o aumento da espessura da dupla camada iônica (RIBEIRO et al., 2009), tendo como características a expansão da argila quando umedecida e a concentração quando seca (SERTÃO, 2005). Assim, seu excesso na solução do solo provoca a dispersão da argila e, desta forma, acarreta em uma camada adensada que dificulta o crescimento, respiração, expansão radicular, além da absorção de água e fixação de CO₂ pela planta (TÁVORA et al., 2001).

Em relação aos níveis de matéria orgânica, não foram verificados efeitos significativos nas características do solo avaliadas (Tabela 14), porém, o pH e a PST reduziram com o

aumento do esterco bovino, concordando com Gomes et al. (2000), após verificarem que o uso de condicionadores orgânicos reduziu os valores da percentagem de sódio trocável (PST) do solo. Para Freire e Freire (2007), a matéria orgânica, em geral, atua como agente floculante nas características dos solos, interferindo positivamente em suas propriedades físicas e químicas, aumentando a condutividade hidráulica, a infiltração de água no solo e a CTC. Esse efeito positivo também é esperado em solos afetados por sais, ao promover maior agregação das partículas do solo, com diminuição da dispersão promovida pelo Na^+ .

Quanto a CE_{es} , houve um acréscimo de 24% com o aumento da quantidade de esterco bovino. Medeiros et al. (2011) verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação aumenta a salinidade do solo, independentemente da adição ou não do esterco bovino.

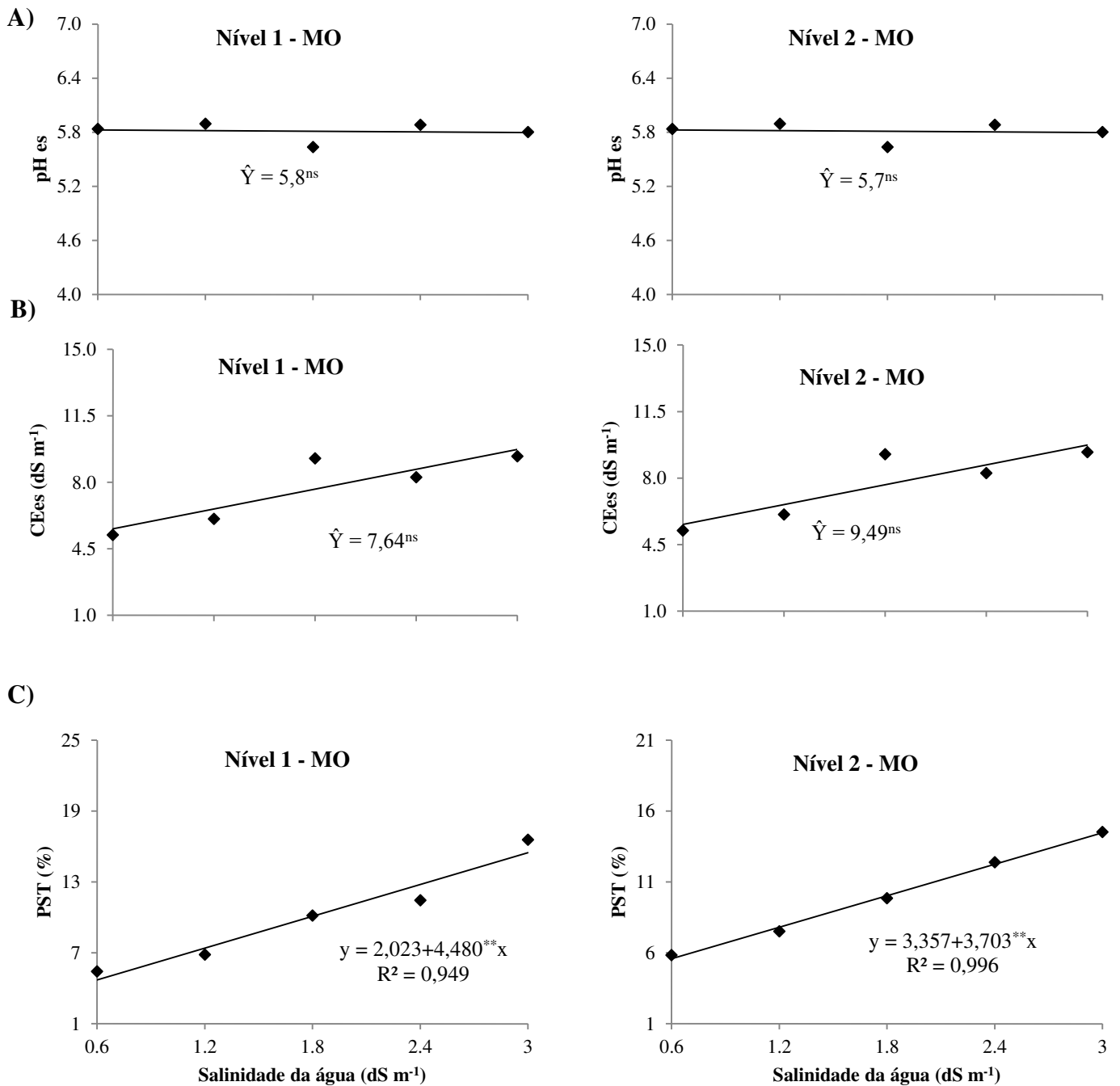


Figura 38 - Análise de regressão para pH do extrato de saturação (pH) (A), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) (B) e percentagem de sódio trocável (PST) (C) de solo cultivado com mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função dos diferentes níveis de salinidade e adubação orgânica. Pombal-PB, 2015.

- Classificação dos solos afetados por sais

Para a classificação dos solos afetados por sais, algumas propriedades químicas do solo são empregadas, como condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), percentagem de sódio trocável (PST) e pH (RIBEIRO et al., 2003). No presente estudo os valores de pH, CEes

e PST foram alterados em função do aumento da salinidade, de forma suficiente para tornar o solo salino e salino-sódico, conforme a classificação adaptada de Richards (1954) (Tabela 15).

Tabela 15 – Classificação do solo quanto à salinidade baseada no pH, CEes e PST. Pombal – PB, 2015.

Características do solo	CE da água de irrigação (dS m ⁻¹)				
	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
pH	5,79	5,81	5,70	5,80	5,83
CEes (dS m⁻¹)	6,83	6,92	9,60	8,90	10,60
PST (%)	5,63	7,18	10,00	11,91	15,54
Classificação do solo	Salino	Salino	Salino	Salino	Salino -Sódico

As altas concentrações de sais e de sódio no solo geram efeitos adversos e preocupantes sobre o próprio solo (BARROS et al., 2009) refletindo, especialmente, no equilíbrio entre a dispersão e a floculação de colóides, que interfere na estruturação das partículas constituintes, distribuição de poros, condutividade hidráulica e na movimentação de partículas ao longo do perfil do solo (FREIRE; FREIRE, 2007).

6 CONCLUSÕES

A concentração da água de drenagem tem incremento do triplo da concentração da água salina aplicada.

O aumento da salinidade da água de irrigação prejudica o crescimento do mamoeiro, principalmente no número de folhas, com conseqüente aumento na senescência, independentemente do aumento do esterco bovino.

O aumento da salinidade altera o sistema radicular do mamoeiro, possibilitando ampliação e permitindo maior exploração de área do solo.

O esterco bovino atenua os efeitos degenerativos da salinidade no que se refere a produção de fitomassa, com exceção da fitomassa do pecíolo e da folha, indicando sensibilidade dessas variáveis ao excesso de sais.

Há redução nas trocas gasosas do mamoeiro pela salinidade, sendo os efeitos negativos mais evidentes com o aumento no período de estresse.

A quantificação dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com base na análise das relações F_v/F_m , F_v/F_o e F_o/F_m é uma importante ferramenta na avaliação da eficiência fotoquímica do mamoeiro sob salinidade.

Os níveis de salinidade não influencia a produção de clorofila e carotenóides nas folhas de mamoeiro, nem provoca o extravazamento do conteúdo eletrolítico celular, mantendo intacta a estruturação de membranas, denotando tolerância dos tecidos.

A CE do extrato de saturação do solo aumenta linearmente com o aumento da CE das águas de irrigação, elevando a PST ao ponto de tornar o solo salino-sódico, sendo necessário adotar medidas de manejo e controle, mesmo no nível mais baixo de salinidade ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$).

A interação da salinidade da água de irrigação e dos níveis de matéria orgânica não promoveu efeitos significativos no mamoeiro cultivado na região Semiárida brasileira.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, I. S. **Monitoramento da embriogênese somática de *Carica papaya* L. por técnicas citogenéticas de citometria de fluxo.** 2010. 43f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2010.
- AESA (2014) Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 12 de Abril de 2015.
- AGHALEH, M., NIKNAM, V., EBRAHIMZADEH, H., RAZAVI, K. Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. **Biologia Plantarum**. 53 (2): 243-248, 2009.
- AGUIAR NETTO, A.O.; MACHADO, R.; BARRETO, M. C. V.. Diagnóstico do processo de salino-sodificação no perímetro irrigado Jabiberi-SE. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. V.1, p.1-6. (CD-ROM).
- AL-YASSIN, A. Adverse effects of salinity on citrus. **International Journal of Agriculture e Biology**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 668-680, 2005.
- AMARAL, J. A. T ; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.377–384, 2006.
- AMORIM, V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Resposta fisiológicas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 110-119, 2011.
- ANDRADE, J. R.; NASCIMENTO, R.; MAIA JÚNIOR, S. O. M.; SILVA, F. V.; BARBOSA, J. W. S. Teores de pigmentos fotossintéticos em caupi inoculado com rizóbio e em condições salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.7, n. 3 p. 10-13, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA.** Gazeta: Santa Cruz do Sul, RS. 129p, 2010.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA.** Gazeta: Santa Cruz do Sul, RS. 129p, 2012.
- APSE, M.P.; BLUMWALD, E. **Na⁺ transport in plants.** FEBS Letters, v.581, p.2247-2254, 2007.

- AQUINO, A. J. S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 2005. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2005.
- ARANGO WISNER, L. V. **Determinação precoce do sexo do mamoeiro por caracteres físicos das sementes e padrões iso-enzimáticos das mudas**. 2004. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2004.
- ARAÚJO, W.B.M.; ALENCAR, R.D.; MENDONÇA, V. MEDEIROS, E.V.; ANDRADE, R.C.; ARAÚJO, R.R. Esterco caprino na composição de substratos para formação de mudas de mamoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.68-73, 2010.
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T.R. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy**, v.97, n.7, p.45-110, 2008.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M. PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.2, p.167-172, 2003.
- AZEVEDO NETO, A.D. Estresse salino, estresse oxidativo e tolerância cruzada em plantas de milho. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTI, U.M.T. Recife: UFRPE, **Imprensa Universitária**, 2005. 500 p.
- AZEVEDO NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.
- BAALOUSHA, M.; MOTENICA-HEINO, M.; COUSTUMER, P.L. Conformation and size of humic substances: Effects of major cation concentration and type, pH, salinity and residence time. **Colloids and surfaces A: physicochemical and engineering aspects**, New York, v.272, n.1-2, p.48-55, 2006.
- BAHRAMI, H.; RAZMJOO, J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n. 6, p. 529-537, 2012.
- BAILEY, D.A. Alkalinity, pH and acidification. In: REED, D.W. **Water, media, and nutrition for greenhouse crops**. Batavia: Ball Publishing, 1996. Cap.4, p.69-91.
- BAJJI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat, **Plant Growth Regulation**, v. p. 1-10, 2001.

- BAKER, N.R. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.81, n.4, p.563-70, 1991.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n.403, p.1607-1621, 2004.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.
- BARBOSA, R. C. A. **Tolerância à salinidade de genótipos de citros recomendados como porta-enxertos**. 2013. 82f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, 2013.
- BARROS, M. de F. C.; BEBÉ, F. V; SANTOS, T. O. dos; CAMPOS, M. C. C. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão caupi. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 9, n. 1, p. 77 – 82, 2009.
- BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. **Physiol. Plant**. 126:446-457, 2006.
- BEN-GAL, A.; H, YERMIYAHU, U.; SHANI, U. Is osmotic potential a more appropriate property than electrical conductivity for evaluating whole-plant response to salinity? **Environmental and Experimental Botany**, v.65, p.232-237, 2009.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1531-1540, 2000.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P., BAKER, N.R.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology*, **Oxford**, v. 3, p. 497-514, 1989.
- BRAPEX (2010). Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya. Disponível em: <http://www.brapex.net>. Acesso em 25 de fevereiro de 2015.
- BRESLER, E.; MCNEAL, B. L.; CARTER, D. L. Saline and Sodic Soils. **Principles-Dynamics-Modeling**. New York: Springer-Verlag, 1982. 236p.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p 343-353, 2008.

- CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquitas: UESB, p. 31, 1995.
- CAMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila a: Considerações teóricas e aplicações práticas. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Apostila, 2001.
- CARPENTIER, R. Influence of high light intensity on photosynthesis: Photoinhibition and energy dissipation. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap 4, p. 443-450.
- CARVALHO, F. W. A.; SOUZA, I. H.; NOGUEIRA, D. H.; BARBOSA, M. A. G.; ALVES, F. D. D. Estudo do mercado de mamão no estado do ceará de 1974 a 1993, In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura 54th Annual Meeting of the Society for Tropical Horticulture**, Vitória: ES, 2008.
- CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). UESC. Ilhéus – BA, p95, 2010.
- CARVALHO, N.M.; NACAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, p.429, 1998.
- CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; MESQUITA, E. F.; ARAÚJO, F. A. R.; DANTAS, T. A. G.; RAPOSO, R. W. C. **Mamoeiro e a salinidade**. In: CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. (Ed.). Algumas frutíferas tropicais e a salinidade. Jaboticabal: Funep, 2006. 148 p.
- CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, G. D.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, M. Z. B. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 15-19, 2007.
- CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 414-420, 2009.
- CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M. do; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.
- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G. Fisiologia do Cajueiro Anão precoce submetido à estresse hídrico em fases fenológicas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1. p. 42-53, 2008.

- CENITEC (Instituto Centro de Ensino Tecnológico), Produtor de mamão, 2ª Ed. rev. Fortaleza: edições Demócrito Rocha, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004, 72p.
- CENTRITTO, M., LORETO, F., CHARTZOULAKIS, K. The use of low [CO₂] to estimate dissusional and non-diffusional limitatíons of photosynthetic capacity of salt- stressed olive saplings. **Plant Cell Environ.** 26: 585-94, 2003.
- CHAUM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agricola.** v. 68, n. 4, p. 406-410, 2011.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n.4, p.551-560, 2009.
- CHAVES, M.M.; MAROCO, J.P; PEREIRA J.S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30: 239-264, 2003.
- COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados.** Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE, 71p, 2012.
- CREISSEN, G. P.; BROADBENT, P.; KULAR, B.; REYNOLDS, H.; WELLBURN, A.R.; MULLINEAUX, P. M. Manipulation of glutathione-reductase in transgenic plants– implications for plants responses to environmental-stress. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B – **Biological Science**, v. 102, p. 167-175, 1994.
- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q. de; QUEIROZ, J. R. de. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Bragantia*, v.65, p.275-284, 2006.
- CRUZ, J.L. **Efeitos de níveis de nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO₂ e fluorescência da clorofila a em mandioca.** 2001. 87f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2001.
- CRUZ, M. do C. M.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C; CECON, P. R. Fluorescência da clorofila *a* em folhas de tangerineira ‘Ponkan’ e limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 896-901, 2009.
- D’ALMEIDA, D. M. B. A. D.; et al. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.615- 621, 2005.

- DANIEL, O., A. C. T. VITORINO, A. A. ALOVISI, L. MAZZOCHIN, A. M. TOKURA, E. R. PINHEIRO & E. F. SOUZA. Aplicação de fósforo em mudas de Acácia mangium Willd. **Revista Árvore**, 21 (2): 163-168, 1997.
- DANTAS, J. L. L.; LIMA, J. F. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro - avaliação de linhagens e híbridos, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p. 617-621, 2001.
- DAS, K.; DANG, R. Influence of biofertilizers on stevioside content in *Stevia rebaudiana* grown in acidic soil condition. **Archives of Applied Science Research**, v. 2, n. 4, p. 44-49, 2010.
- DIAS, L. B. **Água nas plantas**. CAEP Desing. UFLA.53p, 2008.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F de (Ed). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129-141.
- DINESH, R.; SRINIVASAN, V.; HAMZA, S.; MANJUSHA, A. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 4697-4702, 2010.
- DURÃES, F.O.M. 2003. **Fotossíntese e fluorescência da clorofila: Parâmetros indicadores de tolerância a estresses** Disponível em: www.cnpms.embrapa.br/nucleos/nea/pesquisa/gest002.html. Acesso em: 26/01/2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. ver. e amp. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 628p.
- ENDRES, L. E.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; MARROQUIN, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITO, J. E. D.. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 11-16, 2010.
- ENNAHLI, S.; EARL, H. J. Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. **Crop Science**. v, 45, p. 2374–2382, 2005.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2ªed. Londrina: Editora Planta, 2006, 403p.
- ESPÍNDULA NETO, D. **Resposta do mamoeiro a diferentes lâminas de irrigação, sistemas de microirrigação e manejo do solo utilizados na região norte do Espírito Santo**. 2007. 133f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2007.

- EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. *Oecologia*, Berlim, v.78, n.1, p.9-19, 1989.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. EMBRAPA - CNPAF. Documento, 18.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Eds). Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, p. 363-383.
- FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.))**. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande – PB,2008.
- FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.317-345, 1982.
- FERNANDES, O. B.; PEREIRA, F. H. F.; ANDRADE JÚNIOR, W. P.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de cálcio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 93-103, 2010.
- FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. 2005, Salvador. **Anais... V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, 2005.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M.E.B.; GHEYI, H.R.; SOARES FILHO, W.S.; MELO, A.S.; CARNEIRO, P.T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FERNANDEZ, J. R. C. **Efeito de substratos, recipientes e adubação na formação de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá – MT, 65 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema de análise estatística em computador. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, L.G.R. **Fisiologia Vegetal: Relações hídricas**. Fortaleza: Edições UFC, 1992. 131p.
- FERREIRA, P.A.; J.B.L. SILVA.; H.A. RUIZ. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas, 2010.
- FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

- FIGUEREDO, L. F. **Crescimento e partição de biomassa de mudas de mamoeiro UENF/Caliman sob salinidade da água**. 2010. **Monografia** (Licenciatura em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2010.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, 2000, 402 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Water in agriculture: opportunity untapped**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The agricultural production**. 2014. Disponível em: <http://www.faostat.org/> Acesso em: 02 de janeiro de 2015.
- FLOSS, E.L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo: **Editora da UPF**. 2004. 536p.
- FLOWERS, T.J.; FLOWERS, S.A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.
- FOYER, C.H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E; SCHAFFER, A.A. (eds.) **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. New York. p. 331-340, 1996.
- FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.
- FREIRE, M. B. G. s.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R. FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H.; FREIRE, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 07, n. 02, p. 227-232, 2003.
- FRUTISÉRIES. **Mamão**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2000. 8 p.
- GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.167-177, 2011.
- GARCIA, F. C. H.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodí, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, 136-141, 2007.
- GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; JIFON, J.L.; CAVAJAL, M.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different Rootstocks. **Plant Science**, v.78, p.127-157, 2002.

- GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.990, p.87-92, 1989.
- GHEYI, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA et al. (Orgs.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFS/SBCS, 2000. p.123-145.
- GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. DE FRANÇA. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.4, p.355-361, 2000.
- GULZAR, S.; KHAN, M. A. & UNGAR, L. A. 2003. **Salt tolerance of a coastal salt marsh grass**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34: 2595-2605.
- HALL, A. E. Heat Stress and its Impact. 2001. Disponível em: <http://www.plantstress.com/Articles/heat_i/heat_i.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2015.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, n.1, p.463-499, 2000.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, CE: INCT Sal, v. 1, p. 43-61, 2010.
- HUDÁK, J. Photosynthetic apparatus. In: Pessaraki, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.1, p.27-48.
- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, [S.L.], v. 81, p. 103-112, 2012.
- IBGE (2012) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2015.
- IBRAF – **INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS**. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/> Acesso em: 17 de fevereiro de 2015.
- JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agrícola**, v.64, p.111-118, 2007.
- JAMPEETONG, A. BRIX, H. Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. **Aquatic Botany**.91:181-186, 2009.

- JONES, C. A. **C4 Grasses and Cereals: growth, development and stress response**. New York: John Wiley & Sons, 1985. 419 p.
- KAYA, C.; ASHRAF, M.; SONMEZ, O.; AYDEMIR, S.; TUNA, A. L.; CULLU, M. A. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticultura*, v. 121, n. 1, p. 1-6, 2009.
- KLAR, A.E. **A água no sistema solo–planta–atmosfera**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p.
- KOEHLER, A. D. **Embriogênese somática em mamoeiro (*Carica papaya* L.): anatomia, histoquímica e influência de ACC, AVG e STS e de pulsos de 2,4-D**. 2004. 73f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2004.
- KONRAD, M.L.F.; SILVA, J. A. B.; FURLANE, 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.339-347, 2005.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. *Botanical Review*, v.68, p.270-334, 2002.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant and soils**. Academic Press, New York. 1995.
- KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.
- LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEUI, H.R. Estrategia de manejo para o uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 303-318.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C.H.B.A. e Franco. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.
- LAWLOR, D.W., CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 25:275-294, 2002.
- LICHTENTHALER, H. K.; BUSCMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFD of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, v. 43, n. 3, p. 379-393, 2005.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, **Methods Enzymology**, v,148, p,350-382, 1987.

- LIMA, M.L.F.N.; PEIXOTO, J.R.; KORNDORFER, G.H.; BORGES, E.N.; ANGELIS, B. & MELO, B. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de mamoeiro cv Sunrise solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAPAR, 1996. p. 295.
- LIMA, MGS.; LOPES, NF.; BACARIN, MA., MENDES, CR. 2004. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas.63 (3): 335-340.
- LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRIS-TOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. FAO. Disponível em: <www.cf.org.br/cf2004/irriga-cao.doc>. Acesso em: 20 de maio de 2015.
- LONGGINI, B.; SCARTAZZA, A.; BRUGNOLI, E.; NAVARI-IZZO, F. Antioxidative Defense System, Pigment Composition, and Photosynthetic Efficiency in Two Wheat Cultivars. **Plant Physiology**, Rockeville, v.119, p.1091–1099, 1999.
- LOPES, J. C.; COELHO, R. I.; BREGONCI, I. S.; MACEDO, C. M. P.; MAIA, L. R. Brotação de mamoeiro Tainung1 submetido a diferentes alturas de corte do caule. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 360-365, 2008.
- LUCENA, R. S. **Caracterização agrônômica de novas linhagens e híbridos de mamoeiro (Carica Papaya L.)**. 2013. 122f. Dissertação (Mestrado em Recursos genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, 2013.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, New York, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.
- MAATHUIS, F.J.M.; AMTMANN, A. K¹ nutrition and Na¹ toxicity: the basis of cellular K¹/Na¹ ratios. **Annals of Botany**, v.84, p.123-133, 1999.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1161- 1170, 2005.
- MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E.C.; MACHADO, R. S; RIBEIRO, R.V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira ‘valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘valência’ sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.
- MAGALHÃES FILHO, J. R.; MACHADO, E. C.; MACHADO, D. F. S. P.; RAMOS, R. A.; RIBEIRO, R. V. Variação da temperatura do substrato e fotossíntese em mudas de

- laranjeira 'Valência', **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1118-1126, 2009.
- MAHOUACHI, J., SOCORRO, A.R., TALON, M. Responses of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) to water stress and re-hydration: growth, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. **Plant and soil**: 281: 137-146, 2006.
- MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional, In: **Elementos de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Ceres, 1980. p.219-251.
- MANICA, I. Fruticultura Tropical: 3. Mamão. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 276p. 1982.
- MANICA, I., MARTINS, D. dos S., VENTURA, J. A. **Mamão: Tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. 361p.
- MARCIANO, C.R. et al. Infiltração da água em luvissole salinizado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. **Resumos...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 2000. p.449-450.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**, 3 ed, UFV. 2009, cap 4, p. 227.
- MARIN, S. L. D., GOMES, J. A., SALGADO, J. S., MARTINS, D. S., FULLIN, E. A. Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo. 4.ed. Vitória: EMCAPA, 1995. 57p. **Circular Técnica 3**.
- MARINHO, A. B.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; PEREIRA, M. G.; MONNERAT, P. H. Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar 'golden' sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte do Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 417-423, 2008.
- MARINHO, F. J. L.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; TAVARES, A.C.; SOUZA, G. A. V. S. Comparação da mistura de componentes de origem orgânica e mineral para uso como biofertilizantes. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 4, n.2, p 4143- 4146, 2009.
- MATHIS, P.; PALLOTIN, G. Primary process of photosynthesis. In: HATCH, M.D.; BOARDMAN, N. K. (Ed.). **The biochemistry of plants**. New York: Academic Press, 1981. p.97-161.
- MATOS, D. S. S. de. **Nematofauna associada ao cultivo comercial de mamoeiro e considerações sobre amostragem em campos infestados com *meloidogyne sp.* e *rotylenchulus sp.*** 2006. 59f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2006.
- MAXWELL, L.S.; KREZDORN, A.H.; WILL, A.A.; GOLBY, E.V.; (1984). Florida Fruit, Tampa.
- MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. DE A.; OLIVEIRA, M. DE; SILVA JÚNIOR, M. J. DA; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área

- produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.
- MEDEIROS, J.F. Salinização em áreas irrigadas: manejo e controle. In: FOLEGATTI, M.V. et al. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. V.2, cap.2, p.201-240.
- MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.
- MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. Condutância estomática, Transpiração e Fotossíntese em laranja 'valência' sob Deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 1, p. 29-34, 1999.
- MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. R.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundag, 2005. p. 149-195.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão**. 2. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989. p. 1-177.
- MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M.; SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v 110, p. 69–76, 2010.
- MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética, rendimento de fruto, rendimento de fruto de melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.32, n.1, p.73-79. 2010.
- MELO, A.S. de; SILVA JÚNIOR, C.D.; FERNANDES, P.D.; SOBRAL, L.F.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.
- MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. **Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.1, p.13-19, 2008.
- MENDONÇA, V.; ABREU, N. A. A.; SILVA, R. L.; FERREIRA, E. A.; ORBES, M. Y.; TOSTA, M. S. Crescimento de mudas de mamoeiro formosa em substratos com utilização de composto orgânico e superfosfato simples. **Ciênc. agrotec.** Lavras, v. 30, n. 5, p. 861-868, 2006.

- MESQUITA, O. F.; RODRIGUES, M. R.; MEDEIROS, F. R.; CAVALCANTE, L. F.; BATISTA, R. O. Crescimento inicial de *Carica Papaya* sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizante bovino. **Revista Semina – Ciências Agrárias**. Londrina, v. 33, n. 1, p. 2689-2704. 2012.
- MING R, YU Q, MOORE PH. Sex determination in papaya. **Seminars in Cell and Developmental Biology**, 18: 401-408, 2007.
- MÜHLING, K.H.; LAUCHLI, A. Effect of salt stress on growth and compartmentation in leaves of two plants species differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, p. 137-146, 2002.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, [S. L.], v. 25, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New phytologist**, Canberra, p. 645-663, 2005.
- MUNNS, R., TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. 59: 651-81, 2008.
- NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Crescimento e teores de clorofila e carotenoides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **CERES**. V. 56, p. 364-369, 2009.
- NETONDO, G.W., ONYANGO, J.C., BECK, E. Sorghum and salinity.II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Sci**. 44: 806-11, 2004.
- NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 p.758-765, 2009.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13, n.1, p. 75-87. 2001.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, A. W. V. de. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F.; et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 133-204. 2007.
- NUNES, R. L. C.; DIAS, N. S.; LIMA, M. V. S; ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, J. M. Produção de mudas de pinha (*Annona squamosa* L.) Utilizando água de rejeito salino. **Revista Verde**, v.7, n.1, p.01-06, 2012.
- OGDEN M, A, H; JACKSON L, K; CAMPBELL C, W. (1981) **Florida tropical fruit culture via master gardener**. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 94:222-225.

- OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B.; OLIVEIRA, M. A.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A.; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. Mamão para exportação: aspectos técnicos de produção. Brasília: EMBRAPA - SPT, 1994. 52p. **Série Publicações Técnicas FRUTEX, 9.**
- OLIVEIRA, C.M.; PEIXOTO, J.R.; ANGELIS, B.; SANTANA, D.G.; JULIATTI, F.C. Efeito da adubação foliar com e sem matéria orgânica na formação de mudas do mamoeiro cv Sunrise solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAPAR, 1996. p.294.
- OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.F. da; VAN RAIJ, B.; MAGALHÃES, A.F. de J.; BERNARDI, A.C. de C. Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 10p. (**Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica 69**).
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J.F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: BAKER, N.R.; BOWYER, J.R. (Ed.). **Photoinhibition of photosynthesis, from molecular mechanisms to the field.** Lancaster: Scientific Publishers, 1994. p.1-24.
- PAK, V.A.; NABIPOUR, M.; MESKARBASHEE, M. Effect of Salt Stress on Chlorophyll Content, Fluorescence, Na⁺ and K⁺ Ions Content in Rape Plants (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Agricultural Research*, Malaysia, v.2, n.2, p.28-37, 2009.
- PARIDA, A., DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60: 324-349, 2005.
- PATAKAS, A.; NIKOLAOU, N.; ZIOZIOIU, E.; RADOGLU, K.; NOITSAKIS, B. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. **Plant Science**, v.163, p.361-367, 2002.
- PEÇANHA, A. L. **Metabolismo fotossintético, crescimento e estado nutricional do mamoeiro (*Carica Papaya* L.) em resposta à condutividade elétrica da solução de cultivo.** 2010. 131f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes - RJ, 2010.
- PENTEADO, S. R. **Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas Bordaleza, Sulfocálica e Viçosa.** Produzir alimentos saudáveis sem afetar o homem e a natureza. Campinas: Bueno Mendes, 2000. 89 p.
- PEREIRA, D. C.; SILVA, T. R.B.; COSTA, L.A.M. Doses de esterco bovino na cultura do girassol em consórcio com feijoeiro. **Rev. Cultivando o Saber**. v.1, n.1, p.58-71, 2008.

- PEREIRA, K. S. N.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; SILVA, G. F.; GONDIM, S. C. Goiabeira e a salinidade. In: CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 37-54.
- PEREIRA, W.E.; SIQUEIRA, D.L.; MARTINEZ, C.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal of Plant Physiology**, Oxford, v. 157, p. 513-520, 2000.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.
- PINHEIRO, G. G.; ZANOTTI, R. F.; COSTA PAIVA, C. E. C.; LOPES, J. C.; GAI, Z. T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.16, p. 902-912, 2013.
- PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. EMBRAPA, **Circular técnico**. n.19, p9, Jaguariúna-SP, 2008.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid: **Editorial Agrícola Española**, 1978. 525 p.
- PONTES, H. M. Substratos para a produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na Amazônia Ocidental. **Revista da Universidade do Amazonas, Série Ciências Agrárias**, Manaus, v. 1, n. 1, p. 57-64, 1991.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. In: Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E.; Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudas do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). **Comunicado Técnico**. ISSN 1517-5030. Colombo, PR. Dezembro, 2004.
- REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 2004, 478p.
- REIS, L. S. **Balço de energia e evapotranspiração do tomateiro em ambiente protegido**. 2006. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campo Grande, Campo Grande - MS, 2006.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. 2000. 117p.
- RHOADES, J.D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. (Agronomy, 30).

- RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p.449- 484, 2009.
- RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.165-208, 2003.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USSL, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- RIGOTTI, M. Cultura do Mamoeiro, 2013. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/169412129/Cultura-Do-Mamoeiro>. Acesso em: 08 de abril de 2015.
- ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definition, photosynthetic meaning, and mutual relationship. **Photosynthetica**, Prague, v.40, n.1, p.13-29, 2002.
- RONSE, L., SMETS, E. The floral development and anatomy of *Carica papaya* (Caricaceae). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.77, p.582-598, 1999.
- ROZA, F. A. **Trocas gasosas foliares e crescimento de *Jatropha curcas* L. na fase reprodutiva sob estresse hídrico**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Ilhéus, Bahia, Brasil – UESC, 2010. 78p.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, nº 10, p. 1047-1054, 2013.
- SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 22-29, 2012.
- SANTOS, A. B. A.; KLAR, A. E.; JADOSKI, C. J. Parâmetros fisiológicos de cultivares de cevada sob déficits hídricos. **Irriga**, v.13, n.4, p. 438-448, 2008.
- SANTOS, C.V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.103, p.93-99, 2004.
- SANTOS, J. F.; BRITO L. M. P.; GRANJEIRO, J. I. T.; ALMEIDA, F. A. C.; OLIVEIRA, M. E. C. Componentes de produção e rendimentos de batata-doce, em função de doses de esterco de bovino. **Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7, n.2, p.115-121, 2005.
- SANTOS, S. A.; SILVA, R. F.; PEREIRA, M. G.; ALVES, E.; MACHADO, J. C.; BORÉM, F. M.; GUIMARÃES, R. M.; MARQUES, E. R. Estudos morfo-anatômicos de sementes

- de dois genótipos de mamão (*Carica Papaya L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, nº 2, p. 116-122, 2009.
- SCHMILDT, E. R. Considerações sobre biotecnologia em mamoeiro (*Caricapapaya L.*). **Revista da SEAHORTES**, Alegre, v. 1, n. 1, p. 55-59, out. 2003.
- SEAGRI – BA - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária: <http://www.seagri.ba.gov.br/Mamao.htm> Acesso em 13/02/2015.
- SECEX – Secretaria de Comércio Exterior. Sistema Aliceweb. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/135/mamao.pdf> . Acesso em: 16/03/2015.
- SENA, J.O.A.; MEDINA, C.L.; VIRGENS FILHO, A.C.; CASTRO, P.R.C. Variações na transpiração e na resistência estomática de culturas perenes tropicais sob condições de disponibilidade e deficit de água. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL**, 5., 1995. Resumos. Lavras: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1995. p.351.
- SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.3, 2010.
- SERTÃO, M. A. J. **Uso de corretivos e cultivo do capim Urocloa (*Urocloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semiárido**. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2005.
- SHAINBERG, I.; LETEY, J. Response of soils to sodic and saline conditions. **Hilgardia**, v.52, n.2, p.1-57, 1984.
- SHARMA, PK.; HALL, DO. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in Bailey and sorghun. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart.138 (5): 614-619, 1991.
- SHIMAZAKI, K.I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, p. 219-247, 2007.
- SILVA JUNIOR, TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.
- SILVA, M. G.; AMORIM, S. M. C. Estresse salino em plantas de *Spondias Tuberosa* Arruda (Câmara) colonizada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.91-96, 2009.
- SILVA, T. S. M.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A. Efeito da temperatura do ar e de diferentes lâminas de irrigação sob o índice de floração e pegamento de frutos do mamoeiro. In: **CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABID, 2003. 1 CD-ROM.

- SILVA, W.; SEDYAMA, A. A.; FERREIRA, F. A.; Condutância estomática de *Eucalypto citriodora* e *E. grandis*, em resposta a diferentes níveis de água no solo e convivência com *Brachiaria brizantha*. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, 1998.
- SILVA JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.378- 382, 2009.
- SOUZA, I. F. NOGUEIRA, L. C. Comparação de dados meteorológicos obtidos em estações convencional e automática do Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, 11, Rio de Janeiro. **CD-ROM...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000.
- SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.390-394, 2011.
- SOUZA, E. R. DE; FREIRE, M. B. G. DOS S.; CUNHA, K. P. V. DA; NASCIMENTO, C. W. A. DO; RUIZ, H. A.; LINS, C. M. T. Biomass, anatomical change and osmotic potential in *Atriplex nummularia* L. incl. cultivated in sodic saline soil under water stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.82, p.20- 27, 2012.
- STEWART, B.A.; ROBINSON, C.R. Are agroecosystems sustainable in semiarid regions. *Advances in Agronomy*, v.60, p.191-228, 1997.
- SUASSUNA, J. F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. 2013. 137f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4^a.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TÁVORA, F. J. A. F.; et al. **Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, p. 441-446, 2001.
- TÁVORA, F. J. A. F.; LIMA, E. DA C. C.; HERNANDEZ, F. F. F. Composição mineral das raízes caules e folhas em plantas jovens de graviola submetidas a estresse salino. **Ciência Agrônômica**, v.35, p.44-51, 2004.
- TENHUNEN, J.D.; PEARCY, R.W.; LARANCE, O.L. **Diurnal variation in leaf conductance and gas exchange in natural environments**. In: ZEIGER, E.; FARQUHAR, G. & COWAN, I., eds. *Stomatal function*. Stanford, Stanford University Press, 1987. p.323-351.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

- TESTER, M.; BACIC, A. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v. 137, p. 791-793, 2005.
- TORRES NETTO, A. **Atributos fisiológicos e relações hídricas em genótipos de mamoeiro (*Carica papaya L.*) na fase juvenil**. 2005, 140p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Campo dos Goytacazes – RJ, 2005.
- TRINDADE, A. V. Mamão, Produção: aspectos técnicos; Série Frutas do Brasil, **Embrapa Mandioca e Fruticultura** (Cruz das Almas, BA); Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, 77p.
- TRINDADE, A.V.; FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. de. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.7, p.1389-1394, 2000.
- VENTURINI, T.; BENCHIMOL, L. R.; BERTUOL, D. A.; ROSA, M. B. da; MEILI, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica Papaya L.*). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria. v. 5, n. 5, p. 950 - 959, 2012.
- VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, n. 2, p. 571-586, 2003.
- VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.975-982, 2010.
- WAHOME, P.K.; JESCH, H.H.; GRITNER, I. Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rosa chinensis Major* and *R. rubiginosa*. **Scientia Horticulturae**, v. 87, p. 207-216, 2001.
- WILLADINO, L.G.; CAMARA, T.R.; BOGET, N.; SANTOS, M.; TORNE, J.M. Polyamines and free amino acid variation in NaCl-treated embryogenic maize callus from sensitive and resistant cultivars. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.149, p.179- 185, 1996.
- WILLADINO, L.; CÂMARA, T. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. La Ecofisiología Vegetal, Una ciência de síntesis. Madri, Espanha. **Editora Thomsom**, p.303-329, 2004.
- WU, F.; BAO, W.; LI, F.; WU, N. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 248–255, 2008.
- XINWEN, X., HAILIANG, X., YANGLING, WANG., XIAOJING, W., YONGZHI, Q., BO, X. The effect of salt stress on the chlorophyll level of the main sandbinding plants in the shelterbelt along the Tarim Desert Highway. *Chinese Science Bulletin*. 53: 109-111, 2008.

YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; MACHADO FILHO, J. A.; VALONE, G. V. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 276-279, 2004.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, [S. L.], v. 6, p. 66-71, 2001.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Países produtores de mamão do mundo. Campina Grande – PB, 2015.

País	Área colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento (t/ha)
Índia	129.130	5.160.390	39,96
Brasil	31.310	1.517.696	48,47
Indonésia	10.450	906.312	86,73
República Dominicana	2.608	815.499	312,69
Nigéria	95.000	775.000	8,16
Outros	166.287	3.236.669	19,46
Mundo	434.785	12.411.566	25,55

Fonte: FAO, 2012. Acesso em 24 de março de 2015.

Onde: ha: hectare; t: tonelada.

Apêndice 2 – Área, produção e rendimento de mamão no Brasil, no período de 1970-2010. Campina Grande – PB, 2015.

Anos	Área colhida (ha)	Produção*	Rendimento*
1970	4.800	72.000	15.000
1975	5.612	81.097	14.451
1980	11.953	284.684	23.817
1985	14.953	704.781	47.133
1990	13.012	642.581	40.131
1995	32.926	1.224.407	37.187
2000	40.202	1.693.779	42.132
2005	32.559	1.573.819	48,34
2010	34.357	1.871.295	54,47

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2012. Acesso em 24 de março de 2015.

*Produção até 2000 (mil frutos) a partir de 2005 (t). Rendimento até 2000 (frutos/ha) a partir de 2005 (t/ha).

Onde: ha: hectare; t: tonelada.

Apêndice 3 – Produção brasileira de mamão por região em 2012. Campina Grande – PB, 2015.

Região fisiográfica	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (t/ha)	Participação na produção (%)
Norte	3.309	41.688	12,60	2,75
Nordeste	18.578	917.380	49,38	60,45
Sudeste	8.822	549.446	62,28	36,20
Sul	349	3.570	10,23	0,24
Centro-Oeste	252	5.612	22,27	0,37
Brasil	31.310		48,47	100

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2012. Acesso em 24 de março de 2015.

Onde: ha: hectare; t: tonelada.

Apêndice 4 – Produção brasileira de mamão em 2012. Campina Grande – PB, 2015.

Estados	Área colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento (t/ha)
Bahia	11.635	683.474	58,74
Espírito Santo	7.075	484.645	68,50
Ceará	2.562	86.414	33,73
Rio Grande do Norte	2.056	71.293	34,68
Minas Gerais	1.340	51.614	38,52
Paraíba	997	43.831	43,96
Pará	1.243	19.692	15,84
Sergipe	512	15.992	31,23
São Paulo	378	12.617	33,38
Amazonas	470	11.339	21,13
Pernambuco	535	8.387	15,68
Alagoas	157	5.883	37,47
Rondônia	157	4.258	27,12
Acre	247	3.141	12,72
Mato Grosso	120	2.696	22,47
Goiás	112	2.558	22,84
Roraima	1.088	2.367	2,18
Paraná	97	1.871	19,29
Rio Grande do Sul	251	1.698	6,76
Maranhão	93	1.518	16,32
Amapá	82	618	7,54
Piauí	31	588	18,97
Rio de Janeiro	29	570	19,66
Mato Grosso do Sul	18	324	18,00
Tocantins	22	273	12,41
Distrito Federal	2	34	17,00
Santa Catarina	1	1	1,00
Brasil	31.310	1.517.696	48,47

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal, 2012. Acesso em 24 de março de 2015.

Onde: ha: hectare; t: tonelada.