UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARIA CRISTINA MARTINS RIBEIRO DE SOUZA

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO NONI SOB DUAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO

FORTALEZA – CEARÁ
2014

MARIA CRISTINA MARTINS RIBEIRO DE SOUZA

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO NONI SOB DUAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda - UFC

FORTALEZA – CEARÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Telma Regina Abreu Vieira
Bibliotecária – CRB-3/593

S716e Souza, Maria Cristina Martins Ribeiro de.
Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico / Maria Cristina Martins Ribeiro de Souza. – 2014.
161 f.: il. color., enc. ; 30 cm.

Tese(doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Irrigação e drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
Coorientação: Profa. Dra. Aiala Vieira Amorim.

1.Noni – Irrigação – Sobral(CE). 2.Plantas – Efeito do sal – Sobral(CE). 3.Plantas – Efeito do estresse – Sobral(CE). I. Título.

CDD 632.1098131

MARIA CRISTINA MARTINS RIBEIRO DE SOUZA

EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO NONI SOB DUAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 11/04/2014

BANCA EXAMINADORA

_____

Profº. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

_____

Profª. Dra. Aiala Vieira Amorim (Co-Orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

_____

Profº Dr. Oriel Herrera Bonilla (Conselheiro)
Universidade Estadual do Ceará – UECE

_____

Profº. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

_____

Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Ao maridão e parceiro de todas as horas João Bosco, pela compreensão,
apoio incondicional, força, companheirismo e todo amor

Aos meus filhotes, Diego, Raiza e João Bosco Filho,
amigos e companheiros, agora já crescidos e amadurecidos

A todos aqueles
que colaboraram com esse trabalho

A quem estive tão ausente,
Mas ele se manteve sempre presente,
Deus

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus, pai todo poderoso, pela minha existência e por me carregar nos braços nas horas mais difíceis do meu viver.

Aos meus pais, Josias Gomes Ribeiro (*in memorian*) e Antonia Martins Ribeiro que por uma vida de dedicação, amor e trabalho sempre possibilitaram a oportunidade de realizar meus sonhos e conquistas.

Aos meus filhotes Diego, Raiza e João Bosco Filho por serem responsáveis, estudiosos, amorosos, companheiros e por me mostrar a cada dia a importância e a gratidão de ser Mãe.

Ao meu maridão e verdadeiro parceiro João Bosco, por todo amor, compreensão, dedicação e apoio em todas as horas de minha vida. Você é a lição profunda de amor por nossa familia.

Ao professor Claudivan Feitosa de Lacerda, pela competência, simplicidade, compreensão, dedicação e por tão sabiamente ter me direcionado quando o procurei em busca de uma oportunidade de iniciar esta jornada. Serei inteiramente grata por sua orientação, bem como pelo imenso carinho que sempre me deu. Você é um exemplo de pessoa a ser seguido.

À minha grande amiga Aiala, por me orientar de forma incondicional e por sua permanente solicitude em todos os momentos que precisei de apoio. Obrigada Aiala, pelo convívio e por tantas horas que você deixou de estar com sua família para dedicar ao meu trabalho. Estou-lhe muito grata por tudo e poucas seriam as palavras para agradecê-la. Seu espírito humanista a torna uma pessoa muito especial.

Aos professores Marcus Bezerra, Fernando e Nonato por participarem do meu exame de qualificação e pelo apoio sempre que precisei.

Aos professores Talles, José Carlos, Albeniza e Marcus Bezerra por terem me aceito inicialmente como aluna ouvinte acreditando no meu potencial e esforço para concluir mais esta etapa de minha vida.

Ao professor Eneas Gomes Filho por ter permitido a realização das analises da pesquisa e por ter me apresentado a amiga Valdineia que tanto me auxiliou nas analises.

Ao Dr. João Alencar, você é um profissional ímpar, me ajudou na obtenção das sementes e mudas para realização da pesquisa.

Ao hoje colega de IFCE, Luiz Gonzaga Neto, por ter me aconselhado e ajudado na realização do projeto de pesquisa.

Um agradecimento mais do que especial aos meus alunos Camila Kelly, Luciana, Maiara, Aureliano, Marcio, Gleiciane, Klecia e a minha ex- aluna e hoje laboratorista do IFCE – Campus Sobral, Leila Sales pelo apoio em todas as horas e em especial ao aluno Ademir por ter participado efetivamente de todas as fases do trabalho de pesquisa.

Ao Ricardo, responsável pelo Banco de Mudas da Prefeitura Municipal de Sobral por terem permitido e contribuído da melhor forma possível para a instalação da do experimento.

Aos amigos Eveline, Carlos Regis, Ana Paula, Carlos Henrique e Virginia pelo convívio durante o curso e as palavras amigas e aos que mesmo distantes estiveram tão presentes incentivando, questionando e orientando.

Aos colegas do IFCE especialmente Marco Rosa e Franzé que quando coordenadores do Eixo de Recursos Naturais souberam compreender o quanto é difícil estudar e trabalhar ao mesmo tempo.

A Universidade Federal do Ceará e ao INCTSal pelo apoio financeiro fundamental para concretização deste trabalho.

A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos e por suas presenças afetivas em minha vida.

RESUMO GERAL

SOUZA, M. C. M. R. **Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento vegetativo do noni sob duas condições ambientais, na ausência e presença de composto orgânico.** Orientador: Claudivan Feitosa de Lacerda. Conselheiros: Aiala Vieira Amorim; Oriel Herrera Bonilla; Francisco Marcus Lima Bezerra; Geocleber Gomes de Sousa. Fortaleza: UFC. 161f. (Tese). 2014.

A salinidade e a radiação em excesso são estresses abióticos que podem afetar o crescimento e o metabolismo das plantas. Uma das alternativas para minimizar os efeitos deletérios desses estresses nas plantas, é a utilização de insumos orgânicos. Apesar da adaptabilidade intercontinental das plantas de noni, ainda são escassas informações sobre alternativas para minimizar os efeitos desse estresse, nestas plantas, em solo brasileiro. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento inicial e metabolismo das plantas de noni (*Morinda citrifolia* L.), cultivadas em dois ambientes, na ausência ou presença de matéria orgânica. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos. Para facilitar a descrição dos resultados, a tese foi dividida em quatro capítulos. O primeiro é referente ao crescimento e tolerância, o segundo às trocas gasosas e alterações morfológicas, o terceiro aos solutos orgânicos e danos de membrana e o quarto à nutrição mineral do solo e folha. As variáveis utilizadas foram: altura, massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), do caule (MSC) e das folhas (MSF) determinadas aos 60, 90 e 110 DAT (Dias após a aplicação dos tratamentos). Com os dados de massas secas dos diferentes órgãos vegetais calculou-se a tolerância destas plantas à salinidade e a qualidade das mudas. Além disso, foram determinadas a condutância estomática (gs), a fotossíntese líquida (A), a taxa de transpiração (E), a eficiência do uso da água (relações A/E e A/gs), o índice relativo de clorofila, os teores foliares de prolina, a proteína solúvel, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis aos 60 e 90 DAT. Aos 110 DAT foram determinados o diâmetro do caule, a aréa foliar, a massa especifica foliar, o grau de suculência foliar, os teores foliares de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio, cloreto, relação Na/K, no solo a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio. De forma geral, a salinidade da água de irrigação provocou incremento linear na CEes, nos solutos orgânicos, nos teores foliares de Ca, Mg, N, Na, Cl e na relação Na/K sendo que o efeito observado a céu aberto foi mais expressivo do que no ambiente telado. Por outro lado, as variáveis de crescimento, trocas gasosas e teor de clorofila tiveram decréscimo com o aumento da salinidade da água de irrigação. No que diz respeito à tolerância as plantas de noni se mostraram tolerantes ou moderadamente tolerantes à salinidade quando irrigadas com água de 1,5 e 3,0 dS m^{-1}, independente do ambiente de cultivo. Observou-se forte interação entre salinidade e o ambiente de cultivo para a maioria das variáveis de crescimento, sendo que as plantas de noni sob condições de telado se mostraram tolerantes à salinidade de até 6,0 dS m^{-1}, sendo este ambiente mais adequado para produção de mudas desta cultura quando irrigadas com água salina. Considerando os atributos de qualidade de muda verifica-se que o ambiente a céu aberto se mostrou superior, notadamente em valores baixos e moderados de salinidade.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L.. Estresse salino. Crescimento. Trocas gasosas. Clorofila. Solutos orgânicos. Insumo orgânico.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, M. C. M. R. **Effects of the salinity on the vegetative growth of noni, under two environmental conditions, in the absence and presence of organic compound.** Leader: Claudivan Feitosa de Lacerda. Advisors: Aiala Vieira Amorim; Oriel Herrera Bonilla; Francisco Marcus Lima Bezerra; Geocleber Gomes de Sousa. Fortaleza: UFC. 161f. (Thesis). 2014.

The salinity and radiation in excess are abiotic stresses that can affect the growth, productivity and plant metabolism. One alternative to minimize the deleterious effects of stress in plants is the use of organic inputs. Despite the intercontinental adaptability of noni plants are still scarce information on alternatives to minimize the effects of stress, these plants on Brazilian soil. The objective of this study was to evaluate the effects of salinity of irrigation water on the initial growth and metabolism of plants noni (*Morinda citrifolia* L.) grown in two environments, in the absence or presence of organic matter. The statistical design was a randomized block design arranged in split plot scheme, with 5 repetitions. The plots consisted of the cultivation environments (greenhouse and open sky), the subplots salinity levels of irrigation water (ECw: 0.3, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m^{-1}), and the split were represented by the absence and presence of organic matter. The combination of these factors resulted in 20 treatments, each replicate consisted of three pots (one plant per pot), totaling 300 vessels. To facilitate the description of the results, the thesis is divided into four chapters. The first relates to the development and tolerance, the second gas exchange and morphological changes to the third organic solutes and the membrane damage and fourth mineral nutrition of soil and foliage. The variables used were: Height, dry mass of shoots (DMS), root (DMR), stem (DMS) and leaves (DML) determined at 30, 60, 90 and 110 DAT (Days after treatment application). With data from dried pasta of different plant organs calculated the salinity tolerance of these plants. Moreover, were determined stomatal conductance (gs), net photosynthesis (A), transpiration rate (E), water use efficiency (ratios A/E and A/g), relative chlorophyll content, leaf proline content, soluble protein, N-aminossolúveis and soluble carbohydrates at 60 and 90 DAT. At 110 DAT were determined stem diameter, leaf area, leaf density, degree of leaf succulence, foliar concentrations of calcium, potassium, magnesium, nitrogen, sodium, electrical conductivity of soil saturation extract (CEes), the levels of calcium, magnesium, potassium and sodium. In general, the salinity of irrigation water caused a linear increase in CEs in organic solutes in Ca, Mg, N, Na, Cl and Na/K ratio and the effect observed in the open was more significant than in greenhouse atmosphere. On the other hand, the growth variables, gas exchange and chlorophyll content were decreased with increasing salinity of irrigation water. With regard to tolerance of plants tolerant noni showed moderate tolerance to salinity or when irrigated with water of 1.5 and 3.0 dS m^{-1}, independent of the cultivation environment. A strong interaction between salinity and growth environment for most growth variables, and the noni plants under greenhouse conditions proved tolerant to salinity up to 6.0 dS m^{-1}, which is more suitable environment for seedling production of this crop when irrigated with saline water. If the quality plants attributes are considered it is possible verify that the open sky environment was superior, main to low and moderate values of salinity.

Keywords: *Morinda citrifolia* L. Saline Stress. Growth. Gas exchange. Chlorophyll. Organic solutes. Organic input.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Mapa de localização da ~~área~~ experimental..... 51

Figura 1.2 – CEes em solos cultivados com plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, irrigados com água de diferentes níveis de salinidade na profundidade de 0-30 cm aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011..... 57

Figura 1.3 – Altura das plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 30; 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 59

Figura 1.4 – Diâmetro (mm) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011..... 63

Figura 1.5 – Massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60(A); 90(B) e 110(C) DAT. Sobral – CE. 2011..... 67

Figura 1.6 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Morinda citrifolia,* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 (A) e 110 (B) DAT. Sobral – CE. 2011 69

Figura 1.7 – Massa seca de caule (MSC) (A) e massa seca de folha (MSF) (B) de plantas de *Morinda citrifolia,* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011 70

Figura 1.8 – Massa seca total (MST) de plantas de *Morinda citrifolia*, aos 60 (A); 90 (B) e 110 (C) DAT cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral – CE. 2011..... 71

Figura 1.9 – Plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto (A) e telado (B), na ausência e presença de matéria orgânica..... 74

Figura 1.10 – H/DC (A), H/MSPA (B) em plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral – CE. 2011..... 76

Figura 1.11 – MSPA/MSR (A), IQD (B) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011 77

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Área foliar (AF) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011..... 93

Figura 2.2 – Massa específica foliar (MEF) (g dm^{-2}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral- CE. 2011 95

Figura 2.3 – Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B) aos 60 e 90 DAT e taxa de transpiração (C), aos 60 DAT, em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011 99

Figura 2.4 – Fotossíntese líquida (A) aos 60 DAT, taxa de transpiração aos 60 e 90 DAT (B e C), em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011 100

Figura 2.5 – A/E µmol CO_2/mmol H_2O em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 DAT (A) e 90 DAT (B). Sobral - CE. 2011 101

Figura 2.6 – A/gs µmol CO_2/ mol H_2O em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 102

Figura 2.7 – Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 106

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Teor de prolina em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 (A) e 90 (B) DAT. Sobral - CE. 2011 124

Figura 3.2 – Teores de prolina em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 124
Figura 3.3 – Teores de proteína solúvel e N-aminossolúveis aos 60 DAT (A e C), e aos 90 DAT (B e D) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011 128
Figura 3.4 – Teor de N-aminossolúveis em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011..... 129
Figura 3.5 – Danos de membranas em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 132

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Teores foliares de cálcio (A), potássio (B), magnésio (C), nitrogênio (D) e sódio (E), cloreto (F) e Na/K(G) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE.2011 148
Figura 4.2 – Teores de magnésio (A), sódio (B) e Na/K (C) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas na ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 151

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 – Características físicas e químicas dos substratos utilizados no experimento. Sobral – CE. 2011 53

Tabela 1.2 – Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução do crescimento ou produtividade 55

Tabela 1.3 – Resumo da análise de variância para CEes em solos cultivados com plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica na profundidade de 0-30 cm aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011 56

Tabela 1.4 – Resumo da análise de variância para a altura de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 30, 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 58

Tabela 1.5 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 30, 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 59

Tabela 1.6 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 30; 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 60

Tabela 1.7 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral – CE. 2011 60

Tabela 1.8 – Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011 63

Tabela 1.9 – Diâmetro de caule (mm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 100 DAT. Sobral – CE. 2011 64

Tabela 1.10 – Resumo da análise de variância para a produção de massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) de

plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 60, 90 e 110 DAT. Sobral – CE. 2011 66

Tabela 1.11 – Massa seca de raiz (g planta^{-1}) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 68

Tabela 1.12 – Massa seca parte aérea (MSPA) (g) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 90 e 110 DAT. Sobral - CE. 2011 69

Tabela 1.13 – Massa seca total (MST) (g) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 90 e 110 DAT. Sobral - CE. 2011 71

Tabela 1.14 – Massa seca total (g planta^{-1}) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011..... 72

Tabela 1.15 – Redução percentual da massa seca das raizes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) em plantas de noni irrigadas com água salina e sob duas condições de cultivo, aos 110 DAT 74

Tabela 1.16 – Resumo da análise de variância para o efeito da luminosidade e da irrigação com águas salinas sobre a qualidade das plantas de morinda citrifolia L. aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 75

Tabela 1.17 – H/DC e H/MSPA de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011..... 76

Tabela 1.18 – H/DC, H/MSPA e IQD de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 77

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 – Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), massa específica foliar (MEF) e grau de suculência (GS) de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois

ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 92

Tabela 2.2 – Área foliar (cm^2) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 93

Tabela 2.3 – Massa específica foliar (MEF) (g dm^{-2}) e grau de suculência (GS) (g H_2O dm^{-2}) e em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto (CA) e telado (T) aos 110 DAT. Sobral. CE. 2011 94

Tabela 2.4 – Massa específica foliar (MEF) (g dm^{-2}) e grau de suculência (GS) (g H_2O dm^{-2}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 94

Tabela 2.5 – Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), e uso eficiente de água (A/E e A/gs) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 97

Tabela 2.6 – Condutância estomática (gs) (mol m^{-2} s^{-1}), fotossíntese líquida (A) (µmol m^{-2} s^{-1}) e taxa de transpiração (E) (mmol m^{-2} s^{-1}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 90 DAT. Sobral- CE. 2011 98

Tabela 2.7 – Condutância estomática (gs) (mol m^{-2} s^{-1}) e taxa de transpiração (E) (mmol m^{-2} s^{-1}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 101

Tabela 2.8 – A/gs µmol CO_2/mol H_2O em folhas de plantas em *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral- CE. 2011 102

Tabela 2.9 – Resumo da análise de variância para o índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu

aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60; 90 e 105 DAT. Sobral - CE. 2011 105
Tabela 2.10 – Índice relativo de clorofila em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011 105
Tabela 2.11 – Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 105 DAT. Sobral- CE. 2011 106
Tabela 2.12 – Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 105 DAT. Sobral - CE. 2011 107

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 – Resumo da análise de variância para prolina, proteína solúvel, N-aminossolúvel, carboidratos solúveis em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 123
Tabela 3.2 – Teor de prolina (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 125
Tabela 3.3 – Teores de carboidratos solúveis (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011 130
Tabela 3.4 – Teores de carboidratos solúveis (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 DAT. Sobral - CE. 2011 130
Tabela 3.5 – Resumo da análise de variância para danos de membranas (DM) aos 60 e 90 DAT, em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica. Sobral - CE. 2011 131

Tabela 3.6 – Danos de membranas em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto (CA) e telado (T), na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral- CE. 2011 132

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Resumo da análise de variância para teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio, cloreto e a relação Na/K em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 146

Tabela 4.2 – Teor (g kg^{-1}) de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sodio e cloreto em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011 149

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 20
2 REVISÃO DE LITERATURA 22
2.1 Aspectos gerais dos problemas de salinidade na agricultura 22
2.2 Salinidade na água de irrigação 23
2.3 Salinidade no solo 25
2.4 Efeitos da sanilidade da água de irrigação nas plantas 26
2.4.1 Crescimento e trocas gasosas 26
2.4.2 Efeito da salinidade nos solutos orgânicos e inorgânicos das plantas 29
2.5 Aspectos gerais do noni e suas respostas à salinidade 30
2.6 Salinidade x matéria orgânica 33
2.7 Salinidade x condições ambientais 34
REFERÊNCIAS 38
CAPÍTULO 1 – TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM MUDAS DE NONI CULTIVADAS EM DOIS AMBIENTES NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA 47
RESUMO 47
ABSTRACT 48
1 INTRODUÇÃO 49
2 MATERIAL E MÉTODOS 51
2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental 51
2.2 Delineamento experimental 52
2.3 Preparo das mudas 52
2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento 52
2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos 53
2.6 Descrição das variáveis avaliadas 54
2.7.1 Medição da condutividade elétrica do solo 54
2.7.2 Avaliação do crescimento das plantas 54
2.7 Análise estatística 55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 56
3.1 Acúmulo de sais no solo 56
3.2 Altura das plantas 58
3.3 Diâmetro do caule 62

3.4 Produção de biomassa 65
3.5 Tolerância de noni à salinidade 73
3.6 Variáveis de qualidade de mudas e Índice de Qualidade de Dickson 75
4 CONCLUSÕES 80
REFERÊNCIAS 81
CAPÍTULO 2 – ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E TROCAS GASOSAS FOLIARES EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES 86
RESUMO 86
ABSTRACT 87
1 INTRODUÇÃO 88
2 MATERIAL E MÉTODOS 90
2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental 90
2.2 Delinemaneto experimental 90
2.3 Preparo das mudas 90
2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento 90
2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos 90
2.6 Descrição das variáveis avaliadas 90
2.6.1 Área foliar, massa específica foliar e grau de suculência 90
2.6.2 Trocas gasosas e eficiência do uso da água 90
2.6.3 Teor relativo de clorofila 91
2.7 Análise estatística 91
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 92
3.1 Área foliar, massa específica foliar e grau de suculência 92
3.2 Trocas gasosas e uso eficiente da água 95
3.3 Teor relativo de clorofila 105
4 CONCLUSÕES 109
REFERÊNCIAS 110
CAPÍTULO 3 – SOLUTOS ORGÂNICOS E DANOS DE MEMBRANAS EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES 115
RESUMO 115
ABSTRACT 116

1 INTRODUÇÃO 117
2 MATERIAL E MÉTODOS 119
2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental 119
2.2 Delinemaneto experimental 119
2.3 Preparo das mudas 119
2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento 119
2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos 119
2.6 Descrição das variáveis avaliadas 119
2.6.1 Teor de solutos orgânicos 119
2.6.2 Danos de membranas 121
2.7 Análise estatística 121
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 122
3.1 Acúmulo de solutos orgânicos 122
3.1.1 Prolina 124
3.1.2 Proteína solúvel e N-aminossolúveis 127
3.1.3 Carboidratos solúveis 129
3.2 Danos de membranas 131
4 CONCLUSÕES 134
REFERÊNCIAS 135
CAPÍTULO 4 – NUTRIENTES MINERAIS EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUDÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES 139
RESUMO 139
ABSTRACT 140
1 INTRODUÇÃO 141
2 MATERIAL E MÉTODOS 143
2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental 143
2.2 Delinemaneto experimental 143
2.3 Preparo das mudas 143
2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento 143
2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos 143
2.6 Descrição das variáveis avaliadas 143
2.6.1 Teores de elementos minerais 143
2.7 Análise estatística 144

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 145
3.1 Teores foliares de elementos minerais 145
4 CONCLUSÕES 155
REFERÊNCIAS 156
RECOMENDAÇÕES 159

1 INTRODUÇÃO GERAL

Noni é o nome havaiano para o fruto da *Morinda citrifolia* L. (Rubiaceae), que apesar de ser a espécie mais conhecida e estudada do gênero, têm havido divergências de opiniões com referência a região de origem (MCCLATCHEY, 2002). Cresce extensivamente entre as ilhas do Pacífico e é uma das mais significantes fontes da medicina tradicional dessas comunidades. Os povos polinésios já usavam como planta medicinal há mais de 2000 anos e ainda é utilizada na medicina tradicional para diversas enfermidades tais como: alergia, artrite, asma, câncer, depressão, diabetes, digestão, hipertensão e insônia (BASAR *et al*., 2010; YANG *et al*., 2010). A fruta do noni embora bastante consumida na Ásia há mais de 2000 anos é praticamente desconhecida no Brasil. Sua introdução ocorreu há poucos anos e, ainda, não há material propagativo suficiente para o cultivo em escala comercial (TOMBOLATO; BARBOSA; HIRAC, 2005).

As espécies vegetais em relação às suas respostas à salinidade podem ser agrupadas em halófitas e glicófitas. As halófitas são nativas de ambientes salinos e as glicófitas, que inclui a maioria das espécies cultivadas, sofrem inibições no crescimento mesmo em baixos níveis de sais (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010). De maneira geral, a salinidade pode dificultar a absorção de água pela planta, interfere nos processos fisiológicos e, reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O conhecimento dos efeitos desse estresse abiótico na planta e no solo, bem como, os fenômenos envolvidos, é fundamental quando se pretende utilizar práticas adequadas de manejo da água e do cultivo em ambientes salinos (DIAS; BLANCO, 2010).

Nelson e Elevitch (2006) afirmaram ser, o noni, uma cultura tolerante aos efeitos salinos e alcalinos dos solos podendo se desenvolver tanto em regiões de clima seco como de clima úmido. Além da fertilização mineral, a planta responde ao emprego da matéria orgânica para complementar o equilíbrio nutricional e a redução dos custos de produção (HOWARD, 2007). Nunes *et al*. (2009), testando a formação de mudas de noni em águas salinas e biofertilizante bovino, afirmaram que as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica acima de 1,83 dS m^{-1} apresentaram redução no diâmetro caulinar. Os referidos autores ao estudarem a emergência das plântulas de noni observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação inibiu a emergência das plântulas e ao adicionarem biofertilizante ao solo constataram efeito positivo na emergência das mesmas.

Com a expansão das áreas agricultáveis o uso da irrigação tornou-se fator decisivo, não só como complemento das necessidades hídricas das regiões úmidas, mas

também como opção de tornar produtivas as regiões áridas e semiáridas do planeta. Com esta expansão crescem também os problemas de degradação dos recursos naturais (solo e água), principalmente aqueles relacionados à salinidade e à sodicidade do solo. A atividade agrícola nas regiões semiáridas que se caracterizam pela irregularidade da distribuição temporal e espacial das chuvas, torna-se um empreendimento de alto risco quando no escopo das práticas agrícolas adotadas não estão incluídas a irrigação e a drenagem.

O manejo de uma área irrigada que envolve além do fornecimento de água, a drenagem e o controle da salinidade dos solos, quando mal conduzido pode causar a degradação dos solos o que implica na deterioração de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, refletindo diretamente na fertilidade dos mesmos e, consequentemente, nas suas produtividades. A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado em áreas irrigadas acarretam acúmulo de sais no solo, os quais, quando em excesso, afetam diversos processos fisiológicos, a nutrição mineral e o crescimento e a produtividade das culturas (MUNNS, 2002).

A degradação do solo associada à sua salinização pode se tornar um fator de importância sócio-econômica, abalando a economia regional e trazendo problemas sociais como falência, abandono das terras e migração para os centros urbanos (OLIVEIRA *et al*., 2006). As possíveis soluções para o problema da salinidade incluem a aplicação das técnicas de manejo, a utilização de espécies adaptadas à salinidade e a correção do solo, relacionadas, respectivamente, à prevenção, à convivência e à recuperação (GHEYI; DAMASCENO; BRITO 2000.

Baseado no exposto objetivou-se com a presente pesquisa avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o desenvolvimento inicial de plantas de noni, cultivadas em dois ambientes na ausência e presença de matéria orgânica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspéctos gerais dos problemas de salinidade na agricultura

O excesso de sais limita severamente a produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas, sendo que dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre a salinidade é um problema que já atinge cerca de 45 milhões (19,5%) (FAO, 2000). Para Dias (2004) a origem dos problemas de salinidade se confunde com a própria formação dos solos, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo.

A irrigação vem se tornando um fator decisivo para a expansão das áreas agricultáveis, não só como complemento das necessidades hídricas das regiões úmidas, mas também como opção de tornar produtivas as regiões áridas e semiáridas do planeta. Com esta expansão crescem também os problemas de degradação dos recursos naturais (solo e água), principalmente aqueles relacionados à salinidade e à sodicidade do solo. As regiões áridas e/ou semiáridas são as mais afetadas, pois nelas a precipitação anual não garante a lavagem dos sais acumulados (ONGLEY, 2000). Segundo Meireles *et al*. (2003), a lavagem dos sais na zona radicular deve ser conduzida para manter a concentração salina do solo em um nível aceitável. Já em regiões onde a precipitação é relativamente alta, a estação chuvosa pode assegurar a lavagem dos sais (ANDRADE *et al*., 2004; BEN-HUR *et al*., 2001).

Para pesquisadores como, Smedema e Shiati (2002), mesmo em uma visão conservacionista, de três a cinco toneladas de sais são adicionadas por hectare irrigado por ano, nas regiões secas do globo. Para Souza, Queiroz e Gheyi (2000) nas áreas irrigadas, o processo de salinização pode acontecer mesmo em solos com boas características, em especial nas situações em que não existe manejo de solo e água adequados. Na realidade, a concentração de sais nos solos irrigados apresenta relação direta com a precipitação total anual, com as características físicas do solo e com as condições de drenagem. Sob condições favoráveis, esses sais poderão voltar ao rio ou ao aqüífero de origem (BEN-HUR *et al*., 2001).

Embora a intemperização dos minerais primários seja a fonte principal e direta de todos os sais solúveis encontrados no solo, raramente tem-se verificado acúmulo de quantidades suficientes de sais solúveis por meio desse fenômeno (salinização primária), uma vez que grande parte dos sais liberados é transportada pelas águas subterrâneas e/ou fluviais até os oceanos (PIZARRO, 1978). Para Silva Filho *et al*. (2000) e D'Almeida *et al*. (2002), o

processo de salinização dos solos pode não estar ligado somente à qualidade da água utilizada na irrigação, dependendo também das características físico-químicas do solo em seu estado natural e do manejo aplicado ao mesmo. Em estudos mais recentes, pesquisadores como Causapé; Quílez e Aragués (2004) e Feng; Wang e Feng (2005) vêm identificando elevada adição de sais ao solo pelos fertilizantes químicos. Segundo D'Almeida (2002), mesmo a irrigação sendo uma prática que data de milênios, a importância de informações sobre o manejo adequado, visando à preservação do meio ambiente, só começou a ser preocupante a partir do século passado, quando se observaram acelerados crescimento populacional mundial e o aumento da necessidade da produção de alimento.

2.2 Salinidade da água de irrigação

As determinações químicas mais empregadas na classificação da água de irrigação envolvem: pH, condutividade elétrica, teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, boro, razão de adsorção de sódio e a soma de cátions e aníons (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

O manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas doses e a falta de lixiviação do excesso de sais aplicados via água de irrigação podem trazer como consequência a salinização dos solos em ambientes protegidos, prejudicando o desenvolvimento de culturas sensíveis (DIAS, 2004). Na prática da irrigação o correto manejo da água é de fundamental importância, pois qualquer que seja a fonte, a água de irrigação contém sais e esses podem se acumular no solo atingindo valores que podem afetar o desenvolvimento das culturas (NAZÁRIO *et al*., 2010).

À importância dos teores de sais e de sódio na água de irrigação é que a University of California Committe of Consultantes (UCCC), baseado no método do U.S. Salinity Laboratory/ARS/USDA proposto por Richards (1954), elaborou uma classificação da água de irrigação, que estabelece 10 classes de água, em função da condutividade elétrica (CE) e da razão de adsorção do sódio (RAS). Para os níveis de salinidade utilizou-se os índices C1, C2, C3, e C4 onde os algarismos 1 e 4 representam, respectivamente, os limites mínimo e máximo da salinidade, e para o risco de sodicidade foram adotados os índices S1, S2, S3 e S4, sendo que S1 é a água com menos sodicidade e S4 representa aquela com maior concentração de sódio. Esta classificação foi de muita utilidade como guia para classificação das águas de irrigação numa época que pouco se conhecia o assunto (HOLANDA *et al*., 2010).

Holanda *et al*. (2010) verificaram que com a evolução dos estudos sobre a qualidade de água para irrigação a partir da década de 1950 a classificação de Richards, que se tornou mundialmente utilizada, apresentava alguns inconvenientes, incluindo erros conceituais. Assim sugeriram aos laboratórios de análises que os riscos de salinidade, sodicidade/infiltração e toxicidade iônica sejam representados pelas letras C, S e T, respectivamente, com subscritos numéricos (1, 2, 3 ou 4) para designar o grau do problema.

A verificação da adequabilidade da água para fins de irrigação deve considerar, principalmente, fatores relacionados ao teor e tipos de sais, as características do solo, tolerância da cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e condições de drenagem (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

Para Medeiros, Gheyi e Nascimento (2012) as águas naturais da região semiárida, apresentam composição que varia com a concentração total de sais, geologia local e tipo de fonte de água. De forma geral, Leprun (1983) e Medeiros (1992) afirmaram que as águas de salinidade alta são cloretadas - sódicas. Exceção se faz para as águas subterrâneas, pois a geologia local é o principal fator determinante. Estudos da qualidade de águas do cristalino dos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, concluíram que em geral as águas são cloretadas sódicas com poucas restrições de uso para irrigação (SILVA JUNIOR; GHEYI; MEDEIROS, 1999).

Nos grandes perímetros de irrigação pública existentes no Nordeste do Brasil, a água de irrigação é proveniente de grandes barragens cuja salinidade é de baixa a média (CE $< 0,7$ dS m^{-1}), mas tem o inconveniente de apresentar concentrações de bicarbonatos superiores às do cálcio, que se equiparam a do sódio (MEDEIROS; GHEYI; NASCIMENTO, 2012). Holanda *et al*. (2010) afirmaram que no semiárido, os reservatórios de água de maior capacidade de armazenamento, geralmente, contém água de boa qualidade para irrigação apresentando pequena variação ao longo do ano na sua composição.

Para Medeiros, Gheyi e Nascimento (2012) atualmente, não se encontra definido, um padrão de classificação das águas da região Nordeste do Brasil excetuando-se a região de Mossoró, onde através de uma série de levantamentos obteve-se algumas aproximações sobre a classificação das águas da região. Já para Holanda *et al*. (2010), em linhas gerais, em torno de 70% das águas dos principais mananciais dos Estados do Nordeste apresentam de baixa a média salinidade sendo consideradas de boa qualidade para irrigação.

2.3 Salinidade no solo

A salinidade do solo é um dos fatores de maior preocupação na agricultura moderna, e o manejo inadequado da irrigação é um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Em locais de clima semiárido é comum a ocorrência de solos com elevadas concentrações de sais, sendo que alguns deles apresentam-se salinizados, independentes da ação do homem, ou seja, são salinos por natureza (LIMA JUNIOR; SILVA, 2010). Esses autores afirmaram ainda que os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou é consumida pelas culturas.

Os solos afetados por sais, também conhecidos por solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são solos desenvolvidos em condições imperfeitas de drenagem, que se caracterizam pela presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizonte ou camada próximo a superfície. No Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, no Pantanal Mato-Grossense e, predominantemente, na região semiárida do Nordeste (RIBEIRO; FREIRE; MONTENEGRO, 2003).

No processo de salinização, ocorre o aumento gradual da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e os valores de pH, dependendo dos tipos de sais presentes, podem alcançar valores de até 8,5 (SOUSA, 2007). As concentrações de sais na solução do solo são variáveis, no espaço e no tempo, devido à natureza dinâmica dos efeitos e interações de diversos fatores edáficos, climáticos e a ação antrópica (MEIRELES *et al*., 2003). Segundo Cordeiro (2001), as fontes originais desses sais são os minerais presentes na crosta terrestre.

Medeiros *et al*.(2012) afirmaram que a salinidade do solo oriunda do uso indevido de sais fertilizantes altamente solúveis, e facilmente transportados na água, principalmente em cultivos protegidos, é percussora de danos bem mais severos ao solo e às plantas, principalmente se combinadas os fatores, tipo, concentração dos sais e suas interações na relação água-solo-planta. Uma vez que o NaCl é o principal sal encontrado nos solos salinos, várias pesquisas têm focado os sistemas de transporte que utilizam o Na^+ como soluto osmótico (BLUMWALD; AHARON; APSE 2000; HASEGAWA *et al*., 2000).

Para Ribeiro, Barros e Freire (2009) o efeito da salinidade nas propriedades físicas do solo tem caráter positivo dependendo da concentração e da composição dos sais, pois em altas concentrações promovem a floculação das partículas, o que resulta em uma boa estrutura em todo o perfil. Os altos valores de percentagem de Na influenciam negativamente as propriedades físicas dos solos, principalmente no que se refere à estrutura, porosidade,

condutividade hidráulica e infiltração da água (FREIRE; FREIRE, 2007). A textura dos solos também deve ser considerada, uma vez que os de textura mais grosseira são menos propensos aos efeitos nocivos de teores elevados de Na trocável, em termos de dispersão, do que os solos mais argilosos (FREIRE *et al*., 2003).

O excesso de sais pode ainda afetar a qualidade química dos solos. As desordens nutricionais observadas em plantas cultivadas em solos salinos e sódicos estão diretamente relacionadas com a limitação do crescimento radicular; bem como pela redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Nesse caso, pode-se observar a precipitação de sais menos solúveis após saturação da solução do solo com íons de alta solubilidade. Essa queda na disponibilidade é comum em íons cálcio, magnésio e potássio, em função do aumento da concentração de Na^+ na solução do solo, causando um desbalanço na relação entre eles (FREIRE e FREIRE, 2007).

2.4 Efeitos da salinidade da água de irrigação nas plantas

2.4.1 Crescimento e trocas gasosas

As plantas estão constantemente expostas a estresses abióticos e dentre eles o estresse salino é um dos que mais comprometem o crescimento e a produtividade das culturas em todo o mundo (VAIDYANATHAN *et al*., 2003; VEERANAGAMALLAIAH *et al*., 2007; ISLÃ;ARAGUÉS, 2010). As folhas são mais vulneráveis ao Na^+ e Cl^- do que as raízes, simplesmente porque acumulam maiores concentrações desses íons, uma vez que ambos são transportados pela corrente transpiratória no xilema e se acumulam nas folhas quando a água é transpirada. As raízes tendem a manter convenientemente constante os níveis de Na^+ e Cl^- ao longo do tempo de exposição ao estresse, por meio da exportação desses íons para o solo ou parte aérea. Por outro lado, há pouca evidência de recirculação do Na^+ da parte aérea para as raízes, sugerindo que o transporte é prioritariamente unidirecional, o que resulta em progressivo acúmulo desse íon à medida que as folhas envelhecem (TESTER; DAVENPORT, 2003).

A salinidade excessiva reduz o crescimento da planta por causar aumento no consumo de energia para mecanismos de proteção e para os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000). Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade se destaca a fotossíntese, que pode

ser inibida pelo acúmulo de íons Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De acordo com Gomes *et al*. (2011), a diminuição da área foliar das plantas sob condições de estresse salino é um mecanismo importante para a redução das perdas de água; entretanto, vale destacar que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, o que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos. De acordo com Wang, Shannon e Grieve, (2001), a redução na área foliar em plantas sob estresse salino pode provocar redução na absorção de luz e na eficiência de uso da radiação, em condições de campo.

Vários são os efeitos provocados pelo estresse salino na planta: o efeito osmótico, o efeito tóxico por elementos minerais (cloretos, boro, sódio) e os efeitos indiretos, que acontecem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas indiretamente (SILVA, 2011). O efeito do estresse salino sobre as plantas é consequência de dois distintos componentes: (1) o componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, que provoca um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico; (2) o componente iônico decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^-, e da alterada relação Na^+/ K^+ (MENDES, 2009).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas são: seca fisiológica, pela redução do potencial osmótico da solução do solo; desequilíbrio nutricional por elevada concentração iônica e inibição da absorção de outros cátions pelo sódio; e efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- (MUNNS *et al*., 2002). O limite de tolerância depende da concentração do sal em solução, do tempo de exposição, bem como do estágio de desenvolvimento das plantas. Ainda que a mudança na concentração de sais da água ocasione um declínio no crescimento, a contribuição de processos subsequentes como divisão, expansão e aceleração da morte celular não foram ainda bem elucidadas (HASEGAWA *et al*., 2000).

O excesso de sais ocasionados pelo estresse salino pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais para as plantas (AMORIM *et al*., 2010). Nas espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, condutância estomática, fotossíntese e equilíbrio iônico (CABANERO; MARTINEZ; CARVAJAL, 2004; NAVARRO *et al*., 2003).

Para Fricke e Peters (2002), os efeitos do estresse estão baseados em quatro mecanismos: (1º) a absorção de água dirigida osmoticamente, necessária para o crescimento celular, pode ser inibida pelo baixo potencial hídrico no espaço radicular (estresse osmótico); (2º) os solutos normalmente usados para gerar pressão osmótica podem não estar disponíveis em quantidades suficientes devido a competição do Na^+ e do Cl^- por sítios de absorção (desequilíbrio nutricional); (3º) Na^+ e Cl^- podem estar disponíveis em quantidade suficiente para serem usados como osmólitos, mas as células podem não estar habilitadas a lidar com esses íons adequadamente e sofrem efeitos tóxicos (toxidez iônica); (4º) as células podem produzir reações especificas a elevadas concentrações de NaCl, como alteração na taxa de síntese da parede celular (resposta regulatória).

Durante a fotossíntese, a planta fixa CO_2 e libera O_2 e durante a respiração, a planta libera CO_2 e consome O_2, revertendo assim às trocas desses gases. O padrão das trocas gasosas no decorrer do dia ou do ano depende das condições internas e externas da planta (LARCHER, 2006). Dentre as condições externas destacam diversos fatores abióticos, tais como a radiação, a temperatura do ar, a umidade do solo e a concentração de sais no ambiente radicular.

Silva Junior *et al*. (2012) afirmaram que as plantas sob condições salinas fecham os seus estômatos precocemente como mecanismo de defesa, e este fenômeno se deve à redução da permeabilidade das raízes à água, dando origem ao estresse hídrico. Para os autores a resposta estomática usualmente ocorre antes da inibição da fotossíntese e restringe a disponibilidade de CO_2 nos sítios de assimilação no cloroplasto e esse mecanismo de defesa é, provavelmente, o fator mais importante de controle da fixação do carbono.

Segundo Larcher (2006) limitações não estomáticas da fotossíntese têm sido atribuídas à redução na eficiência de carboxilação, a qual pode ser causada pela acumulação de sais no mesofilo, resultando em alterações na concentração intracelular de CO_2 independentemente do tipo de limitação, a salinidade, além de afetar a fotossíntese, pode alterar o conteúdo relativo de água e o potencial hídrico foliar, a condutância estomática e/ou resistência difusiva, a transpiração e a temperatura foliar (SULTANA, 1999).

Para Távora, Ferreira e Hernandez (2001) as plantas sob estresse salino podem apresentar taxas de fotossíntese médias superiores àquelas de plantas irrigadas com água de baixa salinidade, em função do menor sombreamento dessas plantas. Bosco *et al*. (2009), trabalhando com berinjela, constatou que a salinidade causou reduções nas taxas de assimilação líquida de CO_2, transpiração, concentração interna de CO_2 e condutância estomática, sendo esta última a mais afetada, com uma redução de 57,5%, quando submetida

ao CE de 14,10 dS m^{-1}. As baixas taxas fotossintéticas encontradas em função da salinidade mostram que o aumento dos níveis de sais proporcionou redução da condutância estomática, o que acarretou diminuição da pressão parcial de CO_2 intercelular, interferindo negativamente na assimilação de CO_2 por parte do aparelho fotossintético (ANGELOCCI, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013).

2.4.2 Efeito da salinidade nos solutos orgânicos e inorgânicos das plantas

Os solutos orgânicos contribuem para o balanço osmótico intracelular e proteção de enzimas citoplasmáticas, quando as concentrações de íons nos vacúolos são elevadas (BRILHANTE, 2006). O aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis, no citoplasma de plantas cultivadas e submetidas a estresse salino, tem sido considerado como um mecanismo utilizado, pelas plantas, para balancear os potenciais osmóticos, entre o citoplasma e o vacúolo, e evitar danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS *et al*. 2002). Acredita-se, portanto, que o ajustamento osmótico permite às plantas manterem a turgescência celular compatível ao crescimento.

Chen e Jiang (2010) afirmaram que existem algumas estratégias das plantas para a sobrevivência em meio salino. Por exemplo, Cunha (2009) pesquisando plantas de pinhão manso, observou que os teores de proteína solúveis apresentaram uma tendência de aumento em função do incremento da concentração salina na solução. Da mesma forma, Gilbert *et al.* (1998) em plantas submetidas a estresse abióticos, como a salinidade, observaram aumento nos teores de compostos contento N- aminossolúveis como resposta ao acúmulo de sais funcionando como um dreno para o excesso de nitrogênio acumulado devido à redução no crescimento.

A salinidade pode reduzir a concentração de carboidratos das folhas mais jovens através do acúmulo de sais no citoplasma, após exceder a habilidade das folhas maduras de acumular os sais nos vacúolos (MUNNS, 2002). Como o carboidrato, entre outros compostos, é o substrato necessário para o crescimento do vegetal, todos os outros órgãos da planta também têm seu crescimento afetado pela salinidade (PARIDA; DAS, 2005). Porém, a elevação nos teores de carboidratos solúveis totais nas folhas, está ligada à finalidade de se manter o nível de água da folha e induzir um ajustamento osmótico na planta, visando o equilíbrio osmótico da célula (KERBAUY, 2004).

Íons inorgânicos são sequestrados no vacúolo, enquanto os solutos orgânicos são compartimentalizados no citoplasma, para balancear o baixo potencial osmótico nos vacúolos

(TAIZ; ZEIGER, 2013). Entre os compostos orgânicos que se acumulam em resposta ao estresse osmótico, a prolina é indiscutivelmente a mais relatada. No entanto, há autores que sugerem que o acúmulo de prolina é apenas uma consequência do estresse e não uma resposta adaptativa (COSTA *et al*., 2003). O acúmulo de compostos inorgânicos (Na^+, K^+ e Cl^-) é bem evidenciado em condições de estresse salino; embora esses elementos tenham papel importante no crescimento de plantas superiores nessas condições, suas contribuições relativas variam entre as espécies, entre as cultivares de uma mesma espécie, entre órgãos e tecidos de uma mesma planta e até entre diferentes compartimentos de uma célula (ASHARAF; HARRIS, 2004).

Segundo Demiral (2005), em geral, a salinidade promove um desbalanço nutricional nas plantas em virtude da competição entre os sais e os nutrientes no processo de absorção. O excesso de sais ocasionados por esse tipo de estresse pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais para as plantas (AMORIM *et al*., 2010). Costa *et al*., (2003) analizando o crescimento dos níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetida à salinidade mostraram que, sob condições-controle, os teores de Na^+, Cl^- e K^+ nas folhas desenvolvidas das cultivares estudadas foram, em média, 126; 401 e 2.054 μmol g^{-1} matéria seca, respectivamente, não sendo, contudo, observadas diferenças significativas com relação aos teores de Na^+ ou de Cl^- entre as várias cultivares estudados.

2.5 Aspectos gerais do noni e suas respostas à salinidade

O noni (*Morinda Citrifolia* L.) é uma espécie da família Rubiaceae, originária do sudeste asiático que vem sendo utilizada pelos habitantes da Polinésia há mais de 2000 anos, de acordo com León e Poveda (2000). O Gênero *Morinda* foi derivado de duas palavras em latim, *morus*, amora e *indicus*, Índia, devido à semelhança do fruto de noni ao da verdadeira amora (*Morus alba*). O nome da espécie indica a semelhança da folhagem da planta para com algumas espécies de citros (NELSON; ELEVITCH, 2006).

É um arbusto que pode medir de 3 a 6 metros de altura, bastante precoce e após ter iniciado a fase de produção de frutos ela se torna constante, produz o ano inteiro. Os galhos quando jovens são angulares e apresentam ranhuras (estrias) (XANGAI, 2007). As folhas são simples e opostas com 7 a 25 cm de largura e 20 a 45 cm de comprimento. São agudas no ápice e cuneiformes na base, de cor verde escuro e glebas nas duas faces. Possui

um pecíolo alado, com 1,2 a 2,0 cm de comprimento e 0,2 cm de diâmetro (SANCHES, 2001). Os principais constituintes químicos encontrados nas folhas são aminoácidos, antraquinonas, glicosídeos, compostos fenólicos, resinas com ações terapêuticas nas desordens do açúcar e formação de coagulo no sangue, queimaduras e ferimentos na pele (ELKINS, 2002).

A inflorescência é composta por pequenas flores brancas e em seguida amarelas com formato tubular. Os frutos são ovóides e tornam-se amarelos ou brancos opalescentes quando maduros com superfície grumosa coberto de secções com formato poligonais (McCLATHEY, 2002; WANG *et al*., 2002). O fruto é considerado um antioxidante natural e o seu consumo diário, na forma de suco, auxilia o sistema imunológico e aumenta a capacidade das células na absorção de nutrientes. Um dos principais componentes encontrados na fruta é a proxeronina, precursora do alcalóide xeronina que ativa as enzimas catalisadoras do metabolismo celular (TOMBOLATO; BARBOSA; HIROCE, 2005). Possuem um grande número de sementes de cor vermelha acastanhadas, muito resistentes, cobertas por um saco de proteção que lhes permite flutuar na água, durante dias, germinam melhor quando caem no solo e não recebem qualquer tipo de cuidado.

A *Moringa citrifolia* é um das raras árvores que produzem fruto durante os 365 dias do ano (CHEN; JIANG, 2005). A cultura necessita, para atingir elevados níveis de produção, de um programa de adubação com macronutrientes e micronutrientes como o ferro (ACOSTA, 2003). Além da fertilização mineral, o noni responde ao emprego da matéria orgânica para complementar o equilíbrio nutricional e a redução dos custos de produção com aquisição de fertilizantes minerais (HOWARD, 2007).

Segundo Elkins (2002) praticamente todas as partes da planta de noni são utilizadas e a cada uma delas são atribuídas propriedades medicinais diferentes. Os frutos é a parte da planta de mais ampla utilização, sendo várias as aplicações, entre estas: bactericida, analgésico, antioxidante, expectorante, anti-inflamatório, adstringente, emoliente, laxativo, analgésico, hipotensor, purificador do sangue, imuno estimulante e tônico. As folhas e especialmente seu fruto são consumidos sob diferentes formas por várias comunidades do mundo (CHAN-BLANCO, 2006).

A planta tem sido utilizada como alimento, bebida, medicamento e para tingimento de tecidos. De acordo com o uso na medicina tradicional e popular, entre as enfermidades e afecções mais tratadas encontram-se: alergia, artrite, asma, câncer, depressão, diabetes, hipertensão, distúrbios menstruais, musculares, obesidade, úlceras gástricas, dores de cabeça, inibição sexual, insônia, depressão, estresse, problemas respiratórios, AIDS,

esclerose múltipla e dependência de drogas (LAVAUTI; LAVAUT, 2003; McCLATCHEY, 2002; WANG *et al*., 2002).

A tentativa de cultivo do noni no Brasil é bastante recente, realizado empiricamente por pessoas que trouxeram algumas sementes do Caribe ou da Polinésia e se tornaram vendedores de sementes e mudas pela internet. O fruto foi introduzido como uma matéria-prima de forte apelo comercial devido a todas as características benéficas a ele atribuídas e aos benefícios relacionados ao seu consumo (SILVA *et al*., 2009). Há relatos de seu cultivo nos Estados do Acre, São Paulo, Minas Gerais, Pará, Sergipe, Ceará, dentre outros. Contudo, são poucos os trabalhos de pesquisa desenvolvidos com essa espécie no país (CORREIA *et al*., 2011).

No cultivo do noni evidencias científicas sobre a utilização de fertilizantes orgânicos e minerais para equilíbrio do estado nutricional das plantas ainda é limitada de informações. Nesse aspecto, o uso da análise química foliar, que permite estabelecer faixas de teores dos nutrientes associados ao crescimento e a produção do noni, aliada a análise do solo, é essencial para identificar o estado nutricional da cultura e constitui uma ferramenta importante para planejar e avaliar a utilização de adubações equilibradas (CORREIA *et al*., 2011).

Souto *et al*. (2012) avaliando a produção de biomassa de plantas de noni sob irrigação com águas salinas tratadas com biofertilizante bovino constataram que a produção de matéria seca da parte aérea foi comprometida pela ação da salinidade da água de irrigação. Na pesquisa, os citados autores, ao compararem o maior e o menor nível de salinidade, observaram perdas de 94,56 e 77,96% para os solos sem e com biofertilizante bovino, respectivamente. Esses autores também afirmaram que a biomassa foi drasticamente afetada pelos efeitos depressivos dos sais, mas sempre com menor intensidade nos tratamentos com biofertilizante bovino.

Nunes *et al*. (2009) testando a formação de mudas de noni irrigadas com águas salinas e biofertilizante bovino, afirmaram que as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica acima de 1,83 dS m^{-1} apresentaram redução no diâmetro caulinar. Em pesquisas com noni, Souto (2011), observou que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu uma redução na altura das plantas de 82,38 e 54,46%, respectivamente, para os solos sem e com biofertilizante bovino.

2.6 Salinidade x matéria orgânica

Em zonas áridas e semiáridas uma boa gestão da água combinada com um manejo adequado do solo é necessária para a produção agrícola sustentável. Nestas regiões sempre ocorrem problemas de acumulação de sais solúveis e de sódio trocável nos solos irrigados que compromete a produção agrícola. Uma das causas da salinização é o fato da evapotranspiração ser maior que a precipitação pluviométrica (AHMED; INOUE; MORITANI, 2009, CALVACANTE, 2000; CORDEIRO, 2001), fazendo com que a qualidade da água seja sensivelmente alterada ao longo do período de estiagem.

A matéria orgânica do solo refere-se aos resíduos vegetais e animais misturados, em várias fases de decomposição, de substâncias sintetizadas microbiologicamente ou quimicamente, sendo que os resíduos dessa forma são continuamente degradados, até sua estabilização, assumindo diferentes composições químicas (SPAGNOLLO, 2004). Vários estudos têm mostrado o efeito positivo da matéria orgânica na recuperação de solos afetados por sais promovendo um melhor desenvolvimento e o crescimento das plantas. A mesma exerce uma notável influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente no que se refere à capacidade de troca de cátions e estabilidade dos agregados (CELIK; ORTAS; KILIC, 2004; KIEHL, 2010).

Estudos realizados por Campos *et al*. (2004) com sementes de mamoneira (*Ricinus communis*) submetidas à salinidade da água de irrigação, em substratos com e sem biofertilizante bovino, constataram que, independentemente da ausência ou presença do insumo orgânico, a germinação das sementes, a altura das plantas, diâmetro do caule, fitomassa das plantas diminuíram com o aumento da salinidade da água, mas com declínios estatisticamente inferiores nos tratamentos com insumo. Oliveira *et al*. (2006) avaliaram o efeito da irrigação com água de diferentes salinidade e diferentes teores de esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*), e os resultados demonstraram que todas as variáveis avaliadas: número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, altura, fitomassa seca da raiz e fitomassa seca da parte aérea aos 64 dias após semeadura foi afetado negativamente pela salinidade da água superior a de 4 dS m^{-1},sendo atenuado pelo esterco bovino.

O uso adequado da matéria orgânica do solo, principalmente em solos tropicais, desempenha papel fundamental na produção agrícola, quer como reserva de nutrientes, quer como condicionadora e melhoradora das características do solo, sendo imprescindível no manejo agroecológico do solo. Assim, devem-se buscar formas de manutenção e/ou manejo

do conteúdo da matéria orgânica do solo (MEDEIROS *et al*., 2012). Em experimento analisando a salinidade dos substratos irrigados com águas salinas e biofertilizante bovino na forma líquida, em maracujazeiro amarelo, Sousa *et al*. (2008), concluíram que o caráter salino dos substratos foi elevado de não salino para até fortemente salino, mas sempre com menor intensidade nos tratamentos com o biofertilizante bovino.

Nunes *et al*. (2009) trabalharam com noni (*Morinda citrifolia L*.) tratadas com águas salinas e biofertilizante bovino no solo, observaram um aumento do diâmetro do caule de 29 % superior nos tratamentos com o biofertilizantes em relação ao substrato que não recebeu o insumo. Rebequi *et al*. (2009), num experimento sobre a produção das mudas do limão cravo observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o crescimento das mudas e aumentou o teor salino do solo, porém nos tratamentos com biofertilizantes observaram menor intensidade dos danos causados as mudas.

2.7 Salinidade x condições ambientais

Altas temperaturas, salinidade e estresse hídrico, são os principais fatores abióticos, que impedem as plantas cultivadas de desenvolver todo o seu potencial genético. Dos três, a temperatura é a que economicamente é a mais prejudicial. As altas temperaturas podem provocar reduções no crescimento e nas taxas de assimilação líquida das plantas (WAHID e CLOSE, 2007). Para esses autores as plantas exibem diferentes respostas em função da temperatura ambiental em que se encontram.

Assim como as altas temperaturas, o estresse salino também afeta os processos de desenvolvimento vegetal, tais como a germinação de sementes, o vigor e crescimento de plântulas, o crescimento vegetativo, a floração e a frutificação (SAIRAM e TYAGI, 2004). De acordo com Shabala e Cuin (2007), a combinação estresse salino e temperatura estimula o processo respiratório. Os autores afirmaram que este aumento pode estar relacionado à ação direta do potássio, uma vez que este íon é conhecido por ser muito solúvel e desempenhar papel osmorregulatório chave nas células-guarda e, da mesma forma, na manutenção do turgor. Dutra *et al*. (2011) avaliando feijão caupi pré-tratadas com NaCl em temperaturas elevadas observaram que as concentrações de sódio aumentaram significativamente em todas as partes das plantas.

Nagesh Babu e Devaraj (2008) avaliando o efeito do estresse causado pelas altas temperaturas e a salinidade em Feijão (*Phaseolus vulgaris*), observaram reduções nas

variáveis de crescimento em relação aos tratamentos controles quando as plantas foram submetidos a temperatura (46-48 °C) e estresse salino (0,4 M).

De acordo com Guide *et al*. (2008), os efeitos de altas salinidades na zona de raiz e a radiação solar foram relatados como responsáveis como ativadores de uma grande variedade de ajustes bioquímicos, capaz de efetivamente reduzir deficiências do metabolismo celular impulsionado por um aumento da carga oxidativa.

Remorini *et al*. (2009) analisando o efeito das concentrações de NaCl e a exposição das plantas a 15% (sombra) e 100% a luz solar (sol), durante um período de 5 semanas, em plantas de *Olea europaea* L., constataram que as reduções nas trocas gasosas e crescimento de plantas foram maiores para as cultivadas em pleno sol do que nas cultivadas em sombra, principalmente devido às mudanças de luz induzida nas relações hídricas foliares e déficit de pressão de vapor (DPV), ao invés da concentração de íons potencialmente tóxicos.

As pesquisas de Munns e James (2003), Husain, Caemmerer, Munns (2004) e Tattini *et al*. (2006) sugeriram que os efeitos nocivos do estresse salino na fisiologia de plantas pode ser maior no ambiente ensolarado do que nos locais de sombra. Porém, contrariamente, em estudos com citros, García- Sánchez *et al*. (2002) afirmaram que a tolerância ao sal não foi melhorada quando estas foram submetidas a sombra moderada.

He *et al*. (2014) avaliando os efeitos combinados da salinidade com a temperatura baixa da zona de raiz (RZT) em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) constataram que quando as plantas foram expostas a duas temperaturas diferentes zona de raiz (28/20 ° C, 12/8 ° C, temperatura dia/noite), em combinação com dois níveis de NaCl (0 e 100 mmol L^{-1}) a interação entre os fatores reduziu significativamente a biomassa vegetal, a taxa de fotossíntese líquida, rendimento quântico real de fotossíntese e concentração de K^+, mas notavelmente aumentou a concentração de Na^+.

Estudos de Ferreira - Silva *et al*. (2009) mostraram que espécies como_o cajueiro apresentaram, quando submetidas a estresses por salinidade e temperaturas elevadas, redução de 50% e aumento de 300%, respectivamente, na transpiração. Para Mittler (2006) a salinidade e a exposição de plantas a altas temperaturas podem ocasionar o aumento da condutância estomática, resultando no incremento da taxa de absorção e do fluxo desses íons para a parte aérea das plantas promovendo, assim, um aumento da concentração iônica no tecido vegetal e, consequentemente, toxicidade iônica.

Fatores ambientais como a radiação solar, também, influenciam muitos processos fisiológicos nas plantas afetando até mesmo a sobrevivência, o crescimento, a reprodução e a distribuição dos vegetais no ambiente (ZHANG; MA; CHEN, 2003). Estudos tem

comprovado que a aclimatação de uma espécie em ambientes submetida a variações de radiação pode ser baseada na eficácia com que os padrões de alocação de biomassa e respostas fisiológicas são ajustados. Para Frigeri (2007) diversas variáveis morfológicas que estão associadas, dentre outras, a área foliar, espaçamento entre plantas, número e arranjamento espacial de folhas variam em função dos diferentes níveis de irradiância.

Segundo autores como ZHANG *et al*. (2007), comumente, as folhas sob baixa irradiância em contraste com aquelas em pleno sol são mais largas e mais finas e têm maior concentração de clorofila por centro de reação e uma alta proporção de clorofila b em relação à clorofila a. Pesquisas de Lima *et al*. (2011) em *Achillea millefolium*, verificaram que a deficiência de luz influenciou o crescimento e a produção de pigmentos fotossintéticos causando uma redução significativa no acúmulo de massa seca da parte aérea e aumento nos teores de clorofila a, b, total e carotenóides.

Procurando minimizar os efeitos deletérios dos fatores ambientais nas plantas cultivadas em pleno sol como; ventos excessivos, temperaturas elevadas, aumento de consumo de água pelas plantas, na agricultura moderna, os vegetais passaram a ser cultivadas em ambientes protegidos com telados, plásticos e outros. Porém, é fato que neste tipo de cultivo, o excesso de sais causados pelo manejo inadequado das irrigações e ou adubações poderão ser percebidos vindo a causar efeitos deletérios nas plantas cultivadas neste ambiente.

Para Medeiros (2007) em ambiente protegido, o manejo da irrigação é diferente das condições de regiões subúmidas, pois não se conta com a água da chuva. Da mesma maneira que em regiões áridas, apenas a água de irrigação é responsável por suprir as necessidades hídricas da cultura e lixiviar os sais para controle da salinidade do solo.

Em condições de cultivo protegido assim como em regiões semiáridas, como o Nordeste do Brasil, deve-se estudar a tolerância das culturas à salinidade para manejar diferentemente o sistema solo-água-planta, mesmo que as plantas não mostrem sintomas visuais. No entanto, é importante ressaltar que estudos atuais registram um grande número de investigações acerca dos efeitos isolados de um fator de estresse sobre o desempenho vegetal. Contudo, em condições de campo, onde as plantas são expostas a múltiplos estresses, os dados publicados, em geral, apresentam as respostas fisiológicas e metabólicas induzidas por estresses abióticos de forma isolada, ao invés de exibir resultados que caracterizem um padrão de respostas comuns à pluralidade desses estresses (ALEXIEVA *et al*., 2003).

As alterações metabólicas induzidas pela exposição simultânea a estresses como seca e calor, por exemplo, são únicas, e não podem ser obtidas a partir dos efeitos isolados dos respectivos estresses (MITTLER, 2006). Dessa forma, a abordagem experimental,

avaliando os efeitos isolados e combinados de fatores adversos, é indispensável para uma concepção mais precisa e detalhada das interações ambientais que afetam negativamente o desempenho vegetal (SILVA, 2008).

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. A. **Manejo ecológico del cultivo de noni**. Proyeto de generacion y transferência de tecnologias limpias para La producion del noni (*Morinda citrifolia* L), em Panamá. Panamá: Instituto de Investigacion Agropecuária de Panamá Agencia Espanola de Cooperacion Internacional, Panamá, 2003. 18p.

AHMED, O. B. A.; INOUE, M.; MORITANI, S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. **Agricultural Water Management**, Japan, v. 97, p. 165–170, 2009. Disponível em:<http:www.elsevier.com/locate/agwat>. Acesso em: 01 out. 2012.

ALEXIEVA, V. *et al*. Interaction between stresses. **Journal of Plant Physiology**, Varna, p. 1-17, 2003.

AMORIM, A. V. *et al*. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p.113-121, 2010.

ANDRADE, E.M. *et al.* Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 9 -16, 2004.

ANGELOCCI, L. R.. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, Edição do Autor. 2002, 272p.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, p. 3‑16, 2004.

BASAR, S. *et al*. **Analgesic and antiinflamatory activity of *Morinda citrifolia* L. (noni) fruit. Phytother Res**. Institute of Experimental and Clinical Pharmacology and Toxicology, University Clinic Hamburg, Germany. v. 24, n. 1, p. 38-42, 2010.

BEN-HUR, M. *et al*. Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under high water table conditions. **Soil Science American Journal**, Madison, v. 65, n. 1, p. 191-198, 2001.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antônio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611p.

BLUMWALD, E.; AHARON, G. S.; APSE, M. P. Sodium transport in plant cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1465, p. 140-151, 2000.

BOSCO, M. R. de O. *et al*. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.

BRILHANTE, Jean Carlos de Araujo. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CABANERO, F. J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v. 166, p. 443-450, 2004.

CAMPOS, V. B. *et al*. Efeito da salinidade da água de irrigação e biofertilizante bovino sobre emergência e crescimento inicial da mamoneira. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 12., 2004, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa, Editora Universitária, v. 2, 2004. 36p.

CAUSAPÉ, J.; QUÍLEZ, D.; ARAGUÉS, R. Assessment of irrigation and environmental quality atthe hydrological basin level II. Salt and nitrate loads in irrigation return flows. **Agricultural WaterManagement**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 211-218, dez. 2004.

CAVALCANTE, L. F**. Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia, PB: UFPB, 2000.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. **Soil & Tillage Research**, Turkey, v. 78, p. 59–67. 2004. Disponivel em: <http: // www.elsevier.com/locate/still. 2004. Acesso em: 20 out. 2012.

CHAN-BLANCO, Y. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 645 -654, 2006.

CHEN, H.; JIANG, J. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes CHUNHIENG, T.; HAY, L.; MONTET, D. Detailed study of the juice composition of noni (*Morinda citrifolia*) fruits from Cambodia. **Fruits**, v. 60, p. 13-24, 2005.

CORDEIRO, G. G. **Salinidade em Agricultura Irrigada**. Petrolina - PE: Embrapa Semiárido. (Conceito básico e prático). 2001. 38p.

CORREIA, A. A. S.*et al*. Caracterização química e físicoquímica da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição,** Araraquara, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

COSTA, P. H. A. *et al*. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 289-297, 2003.

CUNHA, Patrícia Carneiro. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de *Jatropha curcas* L. cultivada sob estresse salino**. 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um Cambissolo na Chapada do Apodí - CE**. 2002. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

DEMIRAL, M. A. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 29, p. 267-274, 2005.

DIAS N. S.; BLANCO F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C. (eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 129-141. 2010.

DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 110f. Tese (Doutorado Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DUTRA, A.T.B. *et al*. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande,v. 15,n. 4, p. 403-409, 2011.

ELKINS, R. M. H. **The Noni Revolution. Today's Tropical Wonder that can Battle Disease, Boost Energy and Revitalize You Health**, 175 p. 2002.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J. **Nutrição Mineral de Plantas. Princípios e Perspectivas**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of SaltaffectedSoils. 2000**. <Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. Acesso em: 03 dez. 2012.

FENG, Z. Z.;WANG, X. K.; FENG, Z. W. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and o n groundwater in Hetao Irrigation District, China. **Agricultural Water Management**, Amsterdan, v. 71, n. 1, p. 131-43, 2005.

FERREIRA-SILVA, S. L. *et al*. Influência de porta-enxertos na resistência de mudas de cajueiro ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 361-367, 2009.

FREIRE, M.B.G. S. *et al*. Condutividade Hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 45-42, 2003.

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. (Eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 929-954.

FRICKE, W.; PETERS, W.S. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. **Plant Physiology**, v. 129, p. 374-388, 2002.

FRIGERI, R. B. C. **Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar**. 2007. 152f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GARCIA-SÁNCHEZ, F. *et al*. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. **Plant Science**, v. 162, p. 705- 712, 2002.

GHEYI, H. R., DIAS N. S., LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. 472p.

GHEYI, H. R.; DAMASCENO, F. A. V.; BRITO, L. T. de L. Campina Grande: UFPB, 2000. 92 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 55).

GILBERT, G. A.*et al*. Amino acid accumulation in sink and source tissues of Coleus blumei Benth. during salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 107–114, 1998.

GOMES, K. R. *et al*. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v. 15, p. 365-370, 2011.

GUIDE, L. *et al*., Interactions of water stress and solar irradiance on the physiology and biochemistry of *Ligustrum vulgare.* **Tree Physiology**, v. 28, n. 6, p. 873-883.2008.

HASEGAWA, P. M. *et al*. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, n. 1, p. 463-499, 2000.

HE, Y. *et al*. Low Root Zone Temperature Exacerbates the Ion Imbalance and Photosynthesis Inhibition and Induces Antioxidant Responses in Tomato Plants Under Salinity. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 13, p.89-99, 2014.

HOLANDA, J. S. *et al*. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 43-59, 2010.

HOWARD, S. A. **Um testamento agrícola: Expressão popular**, 1. Ed. São Paulo. 2007. 360p.

HUSAIN, S.; CAEMMERER, S. VON; MUNNS, R. Control of salt transport from root to shoots of wheat in saline soils. **Plant Biology**, v. 31, p. 1115-1126, 2004.

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

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

KIEHL, E. J.. **Novo fertilizantes orgânicos**. rev. e atual. Piracicaba: [*s.n*], 248 p. 2010.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LAVAUT, N. E. G.; LAVAUT, J. A. G. *Morinda citrifolia* L.potencialidades para su utilización em la salud humana. **Revista Cubana de Farmácia**, v. 37, n. 3, p. 1-2, 2003.

LEÓN, J; POVEDA, L. **Nombres comunes de lãs plantas em Costa Rica**. San José, Costa Rica: Guayacán. 2000. 870 p.

LEPRUN, J. C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação de solos do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-141.

LIMA JÚNIOR. A.; SILVA. A. L. P.; Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.

LIMA, M. C.*et al*. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 45-50, 2011.

McCLATCHEY, W. From polynesian healers to health food stores: changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). **Journal of Integrative Cancer Therapies,** v.1, n. 2, p. 110-120, 2002.

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

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R; NASCIMENTO, L.B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. *In*: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S; MEDEIROS, S. S. GALVÃO, C. O. **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas: Estudos e Aplicações**. Campina Grande – PB: INSA, Cruz das Almas - BA: UFRB. p. 201-4, 2012.

MEDEIROS, M. G. de *et al*. Alterações na distribuição das frações húmicas da matéria orgânica do solo em cultivo com adubação verde na região Semiárida. *In*: FERTBIO: A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA PESQUISA AGRÍCOLA., 2012, Maceió. **Anais...** Maceió: SBCS, 2012. CD ROM.

MEDEIROS, P. R. F**. Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do pepino enxertado**. 2007. 82F. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MEIRELES. A. C. M. *et al*. Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 2, p. 207-212, 2003.

MENDES. B. S. S. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em *Ananas porteanus* Hort Veitch ex C. Koch**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Fisiologia Vegetal e Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v. 11, p. 15-19, 2006.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R. *et al*. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, p. 93-105, 2002.

MUNNS, R. JAMES R. A. Screening methods for salinity tolerance: a case with tetraploid wheat. **Plant and Soil**, v. 253, p. 201-218, 2003.

NAGESH BABU, R.; DEVARAJ, V. R. High temperature and salt stress response in French bean (Phaseolus vulgaris). **Australian Journal of Crop Science,** v. 2, p.40-48, 2008.

NAVARRO, J. M. *et al*. Walter relations and xylem transporto of nutrients in pepper plants grown under two different satls stress regimes. **Plants Growth Regulators,** v. 41, p. 237-245, 2003.

NAZÁRIO, A. A. *et al*. Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. **Engenharia Ambiental,** Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 178 -195, 2010.

NELSON, S. C.; ELEVITCH, C. R. **Noni: the complete guide for consumers and growers**. Holualoa-Hawaii: Permanent Agriculture Resources, 2006.104p.

NUNES, J. C.*et al*. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 451-463, 2009.

OLIVEIRA, A. P. *et al*. Qualidade do inhame afetada pela adubação nitrogenada e pela época de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasilia, v.24, p.22-25, 2006.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**. Tradução de GHEYI, H. R.; DAMASCENO, F.A.V.; BRITO, L. T. de L. Campina Grande: UFPB, 2000. 92 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 55).

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

PIZARRO, Francisco. **Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1978. 525 p.

REBEQUI, A. M. *et al*. Produção de mudas de limão cravos em substratos com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 32, n. 2, p. 219-228, 2009.

REMORINI, D. *et al*. Interaction effects of root zone salinity and solar irradiance on the physiology and biochemistry of *Olea europaea*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 2-3, p. 210-219, 2009.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R. de.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160 p. (Agriculture, 60).

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S**. Química dos solos salinos e sódicos**. *In*: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 449-484.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos Halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação uso e manejo sustentável. In: _____. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2003. v. 1, p. 165-208.

SAIRAM, R. K.; TYAGI A. Physiological and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, p. 407- 420, 2004.

SANCHEZ, P. H. **Flórula del parquet nacional Cahuita**. UNED. 2.ed. ,San José,Costa Rica., 2001. 346p.

SHABALA, S.; CUIN, T. A. Potassium transport and plant salt tolerance. **Physiological Plantarum**, v. 133, p. 651-669, 2007.

SILVA FILHO, S. B. *et al*. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 5, n. 2, p. 112-15, 2000.

SILVA JÚNIOR, G. S. *et al*. Comportamento estomático em genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista CIENTEC**, Recife. v. 4, n. 2, p. 33-43, 2012.

SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999.

SILVA, F. L. B. **Respostas de plantas de feijão-de-corda à aplicação foliar de biofertilizante sob condições de salinidade.** 2011. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, L. R. D. *et al*. **Caracterização físico-química do fruto de Noni (*Morinda citrifolia* L.)**. 2009. 4p. Disponível em: <http://sengepb.com.brsitewpcontentuploads 200912t024.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2013.

SILVA, S. L. F. **Mecanismos de proteção oxidativa contra estresses isolados e combinados de seca, salinidade e temperatura elevada em cajueiro**. 2008. 175f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SMEDEMA, L. K.; SHIATI, K. Irrigation and salinity: a perspective review of the salinity hazards of irrigation development in the arid zone. **Irrigation and Drainage Systems**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 161-74, 2002.

SOUSA, C. H. C. **Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrarias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUSA, G. B. *et al*.. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, 2008.

SOUTO, A. G. L. *et al*. Consumo hídrico e biomassa em plantas de noni irrigadas com águas salinas e biofertilizante bovino. *In*: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 1., e WINOTEC, 4., 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UNESP, 2012. CD-ROM.

SOUTO, A. G. L. **Comportamento do noni (*morinda citrifolia* l.) à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino**. 2011. 57f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

SOUZA, L. C.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** ,Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 35-40, 2000.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 2004, 210f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SULTANA, N. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, p. 211-220. 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 954p.

TATTINI, M. *et al*. Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustments in response to root zone salinity stress and high solar radiation in two Mediterranean evergreen shrubs. Myrtus communis and Pistacia lentiscus. **New Phytologist**, v. 170, p. 779-794, 2006.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 441-446, 2001.

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

TOMBOLATO, A. F. C; BARBOSA, W, HIROCE, R. Noni: Frutífera medicinal em introdução e aclimatação no Brasil. Informações técnicas**: O agronômico**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 20-21, 2005.

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

VEERANAGAMALLAIAH, G.*et al*. Glutamine synthetase expression and pyrroline-5-carboxylate reductase actvity influence proline accumulation in two cultivars of foxtail millet (Setaria italic L.) with differential salt sentivity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, p. 239-244, 2007.

WAHID A.; CLOSE T. J. Expression of dehydrins under heat stress and their relationship with water relations of sugarcane leaves. **Biology Plant**, v. 51, p. 104-109, 2007.

WANG, M. Y.*et al*. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacologica Sinica**, v. 23, n. 12, p. 1127-1141, 2001.

WANG, D.; SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. **Field Crops Research**, v. 69, p. 267-277, 2001.

XANGAI, J. **Fruto típico da Ásia já pode ser encontrado em Rio Branco**. 2007. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/pagina20/28012007/c_0428012007.htm>. Acesso em: 10 out. 2013.

YANG, J.*et al*. **Total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder as affected by illumination during storage**. Western Pacific Tropical Research Center, College of Natural and Applied Sciences, University of Guam, UOG Station, Mangilao, GUAM, USA, 2010.

ZHANG, S.; MA, K.; CHEN, L. Response of photosynthetic plasticity of Paeonia suffruticosa to changed light environments. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 121-133, 2003.

ZHANG, S. *et al*. Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of Cypripedium guttatum. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 611-620, 2007.

CAPÍTULO 1 – TOLERÂNCIA A SALINIDADE EM MUDAS DE NONI CULTIVADAS EM DOIS AMBIENTES E NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA

RESUMO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais afeta o crescimento das plantas em todo o mundo, sendo que a utilização de espécies tolerantes é uma das principais estratégias para o enfrentamento do problema. Porém, informações sobre a tolerância de plantas de noni (*Morinda citrifolia L*) ainda são escassos. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento inicial das plantas de noni, cultivadas em dois ambientes, na ausência ou presença de matéria orgânica. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3;1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos. Foram feitas avaliações de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) aos 110 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) o crescimento das plantas foi avaliado aos, 30, 60, 90 e 110 DAT e a qualidade das plantas aos 110 DAT. A salinidade da água de irrigação provocou incremento linear na CEes, independente do ambiente de cultivo, sendo os valores sempre maiores na presença do insumo orgânico. As plantas de noni se mostraram tolerantes ou moderadamente tolerantes a salinidade quando irrigadas com água de 1,5 e 3,0 dS m^{-1}, independe do ambiente de cultivo. Observou-se forte interação entre salinidade e o ambiente de cultivo para a maioria das variáveis de crescimento, sendo que as plantas de noni sob condições de telado se mostraram tolerantes a salinidade de até 6,0 dS m^{-1}, sendo este ambiente mais adequado para produção de mudas desta cultura quando irrigadas com água salina. Considerando os atributos de qualidade de muda verifica-se que o ambiente a céu aberto se mostrou superior, notadamente em valores baixos e moderados de salinidade. A matéria orgânica não atenuou os efeitos da salinidade sobre o crescimento inicial de plantas de noni nos ambientes avaliados.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L.. Estresse salino. Crescimento.

CHAPTER 1 - SALINITY TOLERANCE IN GROWTH OF THE PLANTS OF NONI, CULTIVATED IN TWO ENVIRONMENTS, IN THE ABSENCE OR PRESENCE OF ORGANIC MATTER

ABSTRACT

The salinity is one of abiotic stresses that more affects the growth and productivity of plants around the world, and the use of tolerant species can be an imporant strategie for coping with this problem. However, information about the tolerance of plants of noni (*Morinda citrifolia* L.) are still scarce. The objective of this work was to evaluate the effects of salinity of irrigation water on the initial growth of the plants of noni, cultivated in two environments, in the absence or presence of organic matter. The statistical design was adopted in random blocks in a split plot scheme, with 5 repetitions. The plots were set up by cultivation environments (open sky and screenhouse), the subplots by salinity levels of irrigation water (CEw: 0.3; 1.5 3.0 4.5 6.0 and dS m^{-1}) and the subsubplots were represented by the absence and presence of organic matter. The combination of factors has resulted in 20 different treatments, with each repetition was constituted of three pots (one plant per pot), totaling 300 pots. The electrical conductivity of the saturation extract (CEes) was measured at 110 days after application of the treatments (DAT) and plant growth parameters (plant height, leaf area and biomass of roots, shoots and total) were evaluated at 30, 60, 90 and 110 DAT. The salinity of irrigation water caused linear increment in CEes, independent of the cultivation environment, being the values always bigger in presence of organic matter. Noni plants were tolerant or moderately tolerant to salinity when irrigated with water of 1.5 and 3.0 dS m^{-1}, independent of the environment. It was observed strong interaction between salinity and the cultivation environment for most variables of growth, and the plants of noni in screenhouse conditions proved tolerant to salinity of up to 6.0, being this type of environment more adequate for production of seedlings of this crop when irrigated with saline water. If the quality plants attributes are considered it is possible verify that the open environment was superior, main to low and moderate values of salinity. The organic matter did not attenuate the effects of salinity on the initial crescimetno of noni plants.

Keywords: *Morinda citrifolia* L.. Salt stress. Plant growth.

1 INTRODUÇÃO

A fruta do noni (*Morinda citrifolia* L.) embora bastante consumida na Ásia há mais de 2000 anos é praticamente desconhecida no Brasil. Sua introdução ocorreu há poucos anos e, ainda não há material propagativo suficiente para o cultivo em escala comercial (TOMBOLATO; BARBOSA; HIROCE, 2005). No que diz respeito ao cultivo desse vegetal em ambiente salino, Nelson e Elevitch (2006) afirmaram ser, o noni, uma cultura tolerante aos efeitos salinos e alcalinos dos solos podendo se desenvolver tanto em regiões de clima seco como de clima úmido.

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais afeta o crescimento e a produtividade das plantas em todo o mundo (VAIDYANATHAN *et al*., 2003), afetando tanto as áreas irrigadas como as não irrigadas. As áreas salinas no mundo se concentram principalmente em regiões áridas e semiáridas e são decorrentes de vários fatores tendo como principais: a baixa precipitação pluviométrica, a alta evaporação, o material de origem dos solos, a irrigação mal conduzida, além da drenagem inadequada (DANTAS *et al*., 2006). No Brasil esse problema de salinização é frequente na região Nordeste, tendo em vista que esta possui uma área de 155 milhões de hectares, sendo 52% dessa superfície semiárida (LIRA; FARIAS; MAFRA, 1982).

Conforme Larcher (2006), vários são os efeitos provocados pelo estresse salino na planta: o efeito osmótico, o efeito tóxico por elementos minerais (cloretos, boro, sódio) e os efeitos indiretos, que acontecem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas indiretamente. Cordeiro (2001) afirmaram que em condições salinas as plantas não crescem, ou crescem em taxas menores, podendo esse fato ser atribuído ao gasto adicional de energia que a planta necessita para os diversos mecanismos que garantem sua sobrevivência em meios salinos. A energia desperdiçada nesta situação poderia ser utilizada no crescimento da planta quando cultivadas em condições normais (CALVACANTE, 2000).

Além da salinidade outros fatores devem ser considerados quando se avalia o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, dentre eles destaca-se as condições climáticas e a composição de matéria orgânica do solo. Scalon *et al.* (2003) afirmaram que os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas na planta, sendo que os efeitos das diferenças de intensidade de luz são significativos para o crescimento das plantas, principalmente no que se refere ao acúmulo de matéria seca, em condições naturais. Para

Silva (2012) plantas cultivadas em ambiente protegido apresentam respostas diferentes das cultivadas a céu aberto, em função de alterações na temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e, consequentemente, na evapotranspiração.

No que se refere à composição de matéria orgânica do solo Cavalcante *et al*. (2009), afirmaram que a utilização de insumos orgânicos podem estimular a liberação de substâncias húmicas causando superioridade no crescimento vegetativo. Para Rajendran e Devarj (2004) a proliferação de microorganismos contida no material orgânico adicionados aos solos pode aumentar o grau de disponibilidade de nutrientes às plantas, o que favorece o desenvolvimento das mesmas. Em adição, Souto (2011) observou que ao utilizar biofertilizante bovino nas plantas de noni irrigadas com água de diferentes níveis de salinidades, ocorreu um ganho médio na altura de 24,35%, em relação aos tratamentos sem esterco bovino líquido.

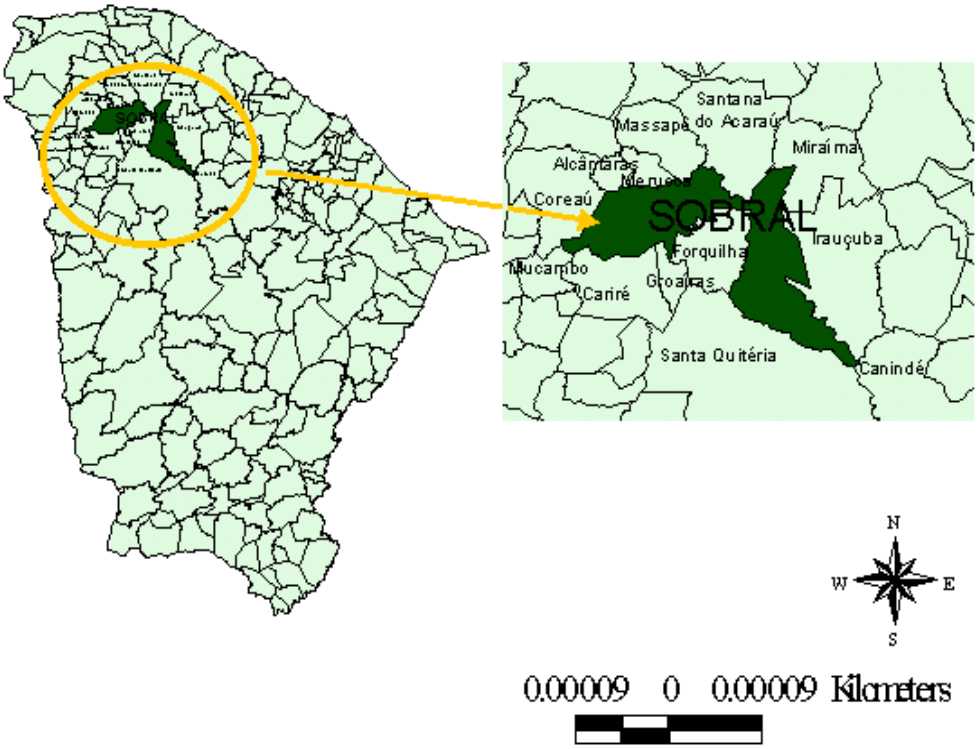
Partindo do exposto acima fica evidente que pesquisas de espécies e cultivares mais tolerantes, capazes de atingir rendimentos economicamente viáveis e em condições de salinidade elevada, possibilitam a ocupação de áreas salinizadas que são constantemente abandonadas. Portanto, objetivou-se com o presente experimento avaliar o crescimento inicial do noni cultivado sob irrigação com águas salinas em solos sem e com adição de matéria orgânica, em ambiente a céu aberto e telado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental

O experimento teve duração total de cerca de sete meses, desde o preparo das mudas de noni (*Morinda citrifolia* L) em maio de 2011 até a coleta em dezembro de 2011, e foi conduzido em dois ambientes, céu aberto e telado com malha preta e 50% de luminosidade, em um horto de produção de mudas da prefeitura municipal de Sobral - Ceará. O município de Sobral está situado na zona do sertão centro-norte do Estado. Sua localização é determinada pelas coordenadas geográficas de 3º41'10" de latitude Sul e 40º20'59" de longitude Oeste, com altitude média de 70 m. Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima do tipo Aw', por possuir um clima tipicamente tropical, quente com chuvas de verão e máximas em outono, com temperatura máxima variando entre 36 °C em outubro e 31,2 °C em maio e mínima entre 23,2 °C em dezembro e 21 °C em julho, com precipitação pluviométrica anual de 833 mm (Brasil, 1990). No período experimental a precipitação média foi de 39,52 mm e as médias das temperaturas máxima e mínima foram respectivamente de 36,2 ºC e 21,6 ºC. Sobral é ligada à capital do Estado pela rodovia BR-222, distando de Fortaleza, 238 km.

Figura 1.1 – Mapa de localização da área experimental



Fonte: IPECE (2000).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3;1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos.

2.3 Preparo das mudas

Inicialmente foram produzidas mudas de noni (*Morinda citrifolia* L) a partir de sementes obtidas em um plantio localizado no município de Trairi - CE. As sementes foram retiradas do fruto e foram lavadas em água corrente e colocadas para secar a sombra sobre papel absorvente durante 48 horas. As sementes foram semeadas em bandejas com 200 células e cheias com o seguinte substrato: 50% de areia lavada + 50% de esterco de gado curtido. Aos 60 dias após a semeadura foram selecionadas e as mudas mais vigorosas transplantadas para sacos pretos de polietileno nas dimensões de 15 cm de largura e 28 cm de comprimento, sanfonados e com furos, sendo acondicionada uma planta por saco.

O material utilizado no preenchimento dos sacos para o completo desenvolvimento das mudas foi uma mistura de esterco de gado (curtido) e solo, nas proporções de 1:1. Para cada 20 litros desta mistura, foram aplicados 500 g da formulação 4:14:8 (NPK). As mudas foram irrigadas diariamente com água de condutividade elétrica 0,3 dS m^{-1}. Após a produção das mudas quando estas apresentavam 4 a 6 pares de folhas definitivas foram plantadas nos vasos de 20 litros para a condução do experimento.

2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento

Inicialmente, na parte inferior dos vasos, foram feitos pequenos furos e utilizada uma camada de aproximadamente 2 cm de brita para facilitar a drenagem. Metade dos vasos foi preenchida com solo e a outra metade foi adicionado 50% de solo e 50% de composto orgânico. As características físicas e químicas dos dois substratos estão demonstradas na Tabela 1.1. Os vasos foram identificados, colocados sobre tijolos para facilitar a coleta do

material drenado e devidamente distribuídos de acordo com os tratamentos e ambientes testados.

Com o intuito de corrigir eventuais carências nutricionais do solo, seguindo a recomendação de Fernandes (1993), para a cultura do café, planta da mesma família do noni, foram aplicados, para cada vaso, em fundação 0,5 g de ureia, 1,0 g de superfosfato simples e 0,5 g de cloreto de potássio. Em cobertura foram aplicados 0,5 g de ureia e 0,5 g de cloreto de potássio, aos 30, 45 e 60 dias após a adubação de fundação. Por ocasião da 2ª cobertura, 45 dias após a adubação de fundação, foi aplicado 1 g planta^{-1} de micronutriente (FTE - Br -12). E aos 60 dias após a adubação de fundação foi feita adubação foliar com 2 mM de sulfato de magnésio e 1mM de sulfato de cálcio somente nas plantas do tratamento controle.

Tabela 1.1 – Características físicas e químicas dos substratos utilizados no experimento. Sobral – CE. 2011

Características	Tratamento sem Matéria Orgânica	Tratamento com Matéria Orgânica
Classificação Textural	Areia	Areia
Elemento		
pH em água	6,2	7,0
CE (dS m^{-1})	0,14	1,4
P (mg dm^{-3})	74,0	669,00
Ca^{+2} (mmol$_c$ dm^{-3})	42,0	40,0
Mg^{+2} (mmol$_c$ dm^{-3})	6,0	37,0
Na^{+} (mmol$_c$ dm^{-3})	1,2	16,17
K^{+} (mmol$_c$ dm^{-3})	1,47	24,07
$H^{+} + Al^{3+}$ (mmol$_c$ dm^{-3})	23,93	28,88
Matéria Orgânica (g kg^{-1})	3,72	24,72

Fonte: O autor.

2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Para atingir os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) desejados utilizou-se diferentes quantidades de sais de NaCl, $CaCl_2.2H_2O$ e $MgCl_2.6H_2O$, na proporção de 7:2:1, obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração (mmol$_c$ L^{-1} = CE x 10), extraída de Rhoades *et al.* (2000). As quantidades dos elementos químicos dos sais calculados eram preparados no laboratório de análise de solo e água para irrigação do Instituto Federal Ciência e Tecnologia-IFCE – Campus Sobral, e por ocasião da irrigação eram diluídos com água da testemunha (0,3 dS m^{-1}) num balde com capacidade para 60 litros. Após diluição procedia-se a leitura da CE das amostras das águas salinas com a finalidade de aferir

os diferentes níveis desejados. Os tratamentos foram aplicados em dias alternados e a quantidade de solução aplicada às plantas foi de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005). Mantendo-se o solo na capacidade de campo e adicionando-se uma fração de lixiviação de 20% para percolação. A aplicação da água foi feita de forma localizada, de modo a evitar o contato direto da mesma com as folhas.

2.6 Descrição das variáveis avaliadas

2.6.1 Medição da condutividade elétrica do solo

Para avaliação do acúmulo de sais no solo, coletaram-se amostras de solos aos 110 dias após aplicação dos tratamentos. As amostras foram acondicionadas em bandejas de alumínio, identificadas e secas em estufa com circulação de ar forçado a 70 ºC. Depois de secas e destorroados foram determinados os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), no laboratório de análise de solo e água para irrigação do IFCE- Campus - Sobral, seguindo os métodos analíticos descritos no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (SILVA, 2009).

Para a preparação do extrato de saturação foi pesado 100 g de solo colocado em Becker de plástico de 400 mL e adicionado, aos poucos, 25 mL água destilada. As amostras foram amassadas com espátula de aço inoxidável e deixadas em repouso durante 4 horas. Decorrido esse tempo as pastas saturadas foram transferidas para um funil de Buckner contendo papel de filtro e adaptado a um Kitasato de 500 mL. Foi aplicado a sucção com uma bomba de vácuo e posteriormente coletado o filtrado em Becker de 10 mL. Com o extrato de saturação obtido foi realizada leitura direta em um condutivímetro de bancada.

2.6.2 Avaliação do crescimento das plantas

Foram feitas medições de altura das plantas aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). A medida foi feita com uma régua graduada, desde o colo da planta até a inserção da última folha. O diâmetro do caule (DC) foi medido aos 110 DAT, a 5 cm do solo, utilizando-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

As massas secas da parte áerea (MSPA) e do sistema radicular (MSR) foram obtidas, aos 60, 90 e 110 DAT, a partir da separação das folhas, caule e das raízes, com o auxílio de estilete. As raízes separadas foram logo lavadas com água destilada para retirar

resíduos de solo aderidos. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel previamente identificados e postos para secar em estufa de circulação de ar forçado a 65 ºC, onde após atingirem peso constante, procedeu-se pesagem em balança semianalítica, sendo os dados expressos em gramas. A massa seca total (MST) foi obtida através do somatório da massa seca da parte aérea e das raízes, sendo os dados expressos em gramas.

Com os dados das variáveis de crescimento foram calculadas as perdas percentuais em relação ao menor nível de salinidade (redução em %), as quais foram utilizadas como índices para comparar a tolerância do noni nos dois ambientes de cultivo (Tabela 1.2), conforme Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

Tabela 1.2 – Classificação de espécies vegetais quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução do crescimento ou produtividade

Redução da Produção (%)	Classificação
0 – 20	Tolerante (T)
20 – 40	Moderadamente Tolerante (MT)
40 – 60	Moderadamente Sensível (MS)
> 60	Sensível (S)

Fonte: Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

Ao final do experimento, foram utilizados os dados de altura de planta (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca total (MST). Com estes dados de crescimento, foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD = MST/[(H/DC)+(MSPA/MSR)]), segundo Dickson, Leaf e Hosner (1960) e as relações MSPA/MSR, H/MSPA e H/DC conforme Carneiro (1995) para estimativa das variáveis de qualidade das mudas.

2.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa “ASSISTAT 7.5 BETA”, consistindo da análise de variância, análise de regressão para os efeitos da salinidade e comparação de médias pelo teste de Tukey para os efeitos do ambiente e da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acúmulo de sais no solo

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi influenciada significativamente, pelos fatores isolados níveis de sais e matéria orgânica ($p < 0,01$) e pela interação sal x matéria orgânica ($p < 0,01$) (Tabela 1.3), não sendo observada nenhuma influencia do ambiente de cultivo ($p > 0,05$).

Tabela 1.3- Resumo da análise de variância para CEes em solos cultivados com plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica na profundidade de 0-30 cm aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

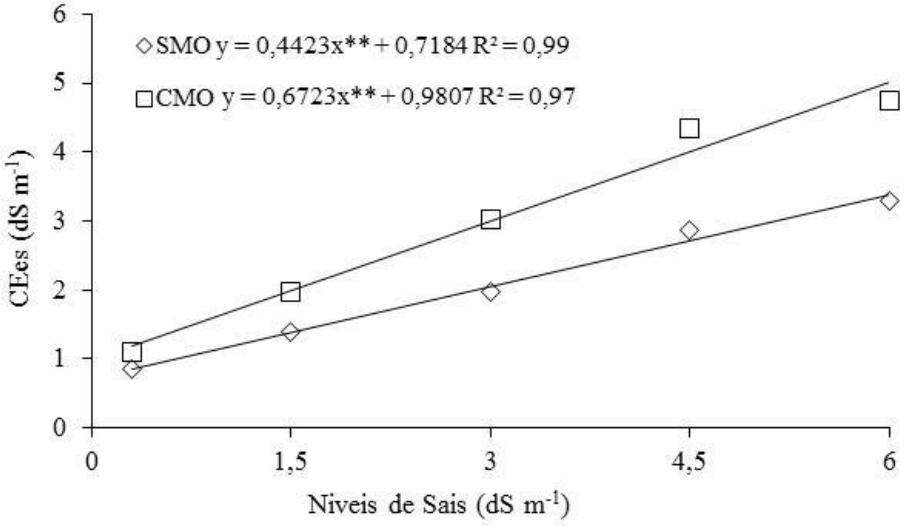
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio
Bloco	3	$0,54^{ns}$
Amb (a)	1	$4,15^{ns}$
Resíduo (a)	3	0,92
Sal(b)	4	26,15**
Amb x Sal	4	$0,12^{ns}$
Resíduo (b)	24	0,07
MO (c)	1	18,52**
Amb x MO	1	$0,11^{ns}$
Sal x MO	4	1,18**
Amb x Sal x MO	4	$0,11^{ns}$
Resíduo (c)	30	0,12
CV(a)	-	37,50
CV(b)	-	10,30
CV(c)	-	13,50

**, e ^{ns} - significativo a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. GL- grau de liberdade. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Avaliando o efeito da interação sal x matéria orgânica constatou-se que tanto na ausência como na presença de matéria orgânica houve um incremento linear crescente da salinidade do solo com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo os valores sempre maiores na presença do insumo orgânico (CEa) (Figura 1.2). Observa-se, que para cada aumento unitário na salinidade da água de irrigação se observaram os incrementos lineares crescentes na condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) de 0,67 dS m^{-1} nos tratamentos acrescidos de matéria orgânica e de 0,44 dS m^{-1} nos tratamentos sem o insumo orgânico.

O maior valor da CEes foi de 5,0 dS m^{-1} observado na presença de matéria orgânico quando as plantas foram irrigadas com água de maior condutividade elétrica (Figura 1.2). Em pesquisas realizadas por outros autores a adição de matéria orgânica, oriunda do esterco bovino, em proporção superior a 15%, elevou a salinidade dos substratos para níveis superiores a 4 e 5 dS m^{-1} ao avaliarem a germinação das sementes e a qualidade das mudas de pinheira (LIMA; CAVALCANTE; FEITOSA, 2001).

Figura 1.2 – CEes em solos cultivados com plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, irrigados com água de diferentes níveis de salinidade na profundidade de 0-30 cm aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011



Fonte: O autor.

Pesquisa realizada por Souto (2011) evidenciou que a utilização de água salina na irrigação do noni elevou a salinidade do solo, independentemente da utilização do biofertilizante. Esse resultado diverge dos obtidos no presente estudo, pois se verifica na Figura 1.2 que embora a salinidade tenha aumentado tanto na presença como na ausência da matéria orgânica, os valores e os incrementos foram significativamente maiores na presença do insumo orgânico, demonstrando a existência de interação entre esses fatores. Do mesmo modo, Cavalcante *et al*. (2007) pesquisando o acúmulo de sais no substrato cultivados com maracujázeiro-amarelo, irrigados com água de níveis crescentes de sais e adubados com diferentes dosagens de matéria orgânica, verificaram que o conteúdo salino do solo, expresso pela CEes, sofreu interferência significativa da salinidade da água de irrigação e da adição de matéria orgânica ao solo. A superioridade da CEes encontradas nos solos tratados com matéria orgânica podem ser resultados da solubilização dos elementos presentes nesse insumo (Tabela 1.1) os quais são componentes da salinidade do solo das águas (CAVALCANTE *et*

al., 2002). Esses resultados indicam que apesar da expressividade da matéria orgânica na melhoria física, na biologia e na fertilidade a utilização de matéria orgânica também pode incrementar a salinidade dos solos.

3.2 Altura das plantas

Constatam-se pelo resumo da análise de variância que houve efeito significativo, sobre a altura das plantas para os fatores isolados ambiente (p <0,01), níveis de sais (p < 0,01) e matéria orgânica (p < 0,01 e p < 0,05) (Tabela 1.4). Na análise das interações entre os fatores estudados, apenas o ambiente x matéria orgânica influenciou significativamente a altura das plantas de noni aos 90 DAT (p < 0,01).

Tabela 1.4 – Resumo da análise de variância para a altura de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 30, 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		DAT		
		30	60	90
Bloco	4	4,58^{ns}	16,18^{ns}	34,55 ^{ns}
Amb (a)	1	1127,62**	1615,96**	534,07**
Resíduo (a)	4	4,44	15,23	23,78
Sal(b)	4	13,76**	98,78**	434,33**
Amb x Sal	4	1,53^{ns}	12,04^{ns}	16,47^{ns}
Resíduo (b)	32	1,19	5,16	13,39
MO (c)	1	17,64**	16,29 *	49,42*
Amb x MO	1	0,19360 ^{ns}	0,05336^{ns}	6,21**
Sal x MO	4	1,75^{ns}	3,43^{ns}	2,62^{ns}
Amb x Sal x MO	4	0,66^{ns}	1,57^{ns}	9,06^{ns}
Resíduo (c)	40	37,83	3,56	6,77
CV(a)	-	11,65	15,31	14,35
CV(b)	-	6,03	8,91	10,77
CV(c)	-	5,38	7,40	7,65

**,* e ^{ns} - significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. GL- grau de liberdade. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Avaliando-se o efeito isolado do ambiente de cultivo na altura das plantas observou-se que as que foram conduzidas em ambiente sem restrição parcial de luz (céu aberto) apresentaram menor altura quando comparadas às plantas cultivadas em ambiente com

restrição parcial de luz (telado) (Tabela 1.5). Comparando os dois fatores ambientais, observa-se um incremento de 6,8; 8,0 e 4,6 cm nas plantas de ambiente telado aos 30, 60 e 90 DAT, respectivamente, sendo a maior diferença alcançada aos 60 DAT.

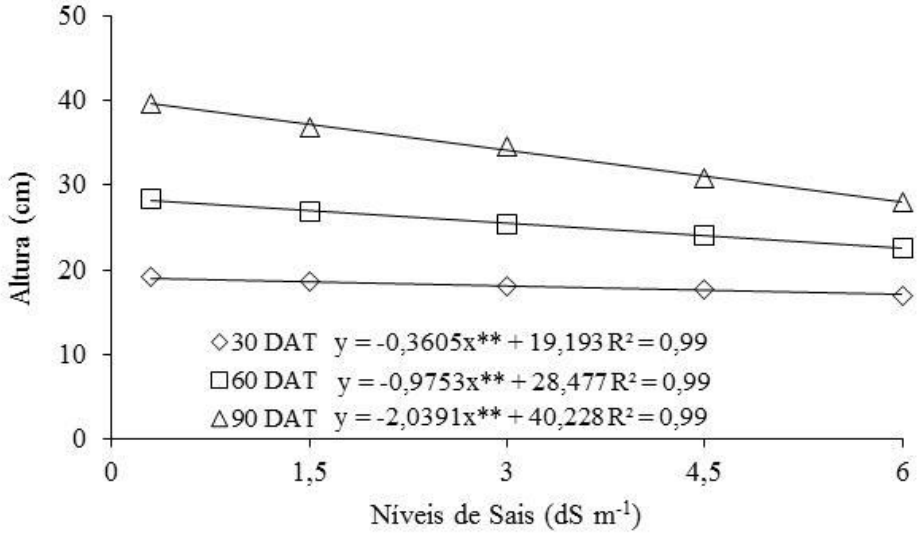
Tabela 1.5 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 30, 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Altura de Planta	DAT		
	30	60	90
Céu Aberto	14,7 b	21,5 b	31,7 b
Telado	21,5 a	29,5 a	36,3 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando-se o efeito isolado dos sais sobre a altura das plantas constataram-se decréscimos lineares de 0,36; 0,97 e 2,03 cm para cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação, respectivamente, para 30, 60 e 90 DAT (Figura 1.3). Observa-se, então, que o tempo de exposição aos sais promoveu uma intensificação do estresse causado pela salinidade na variável estudada, o que deve estar associado ao acúmulo progressivo de sais no solo após sucessivas irrigações.

Figura 1.3 - Altura das plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 30; 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor

Quando se observa o efeito isolado da matéria orgânica na altura das plantas, verifica-se que a ausência de matéria orgânica proporcionou um incremento de 0,4 e 0,9 cm nas plantas de noni aos 30 e aos 60 DAT, respectivamente (Tabela 1.6). Em contrapartida aos

90 DAT quando as plantas foram acrescidas de adubo orgânico observou-se um incremento de 1,4 cm na variável superando os tratamentos sem o referido insumo.

Tabela 1.6 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 30; 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Altura de Planta	DAT		
	30	60	90
Ausência de MO	18,0 a	25,9 a	33,3 b
Presença de MO	17,6 b	25,0 b	34,7 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na análise da interação ambiente x matéria orgânica, aos 90 DAT, verifica-se que os maiores valores de alturas foram observados quando as plantas foram cultivadas em telado (34,8 e 37,8 cm), na ausência e presença de matéria orgânica, respectivamente (Tabela 1.7). A presença de matéria orgânica proporcionou um incremento de 5,9 cm comparando as plantas cultivadas a céu aberto e telado. Por outro lado, esse incremento foi de 3,1 cm quando as plantas foram cultivadas na ausência de matéria orgânica.

Tabela 1.7 – Altura (cm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral – CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO
Céu Aberto	31,7 bA	31,9 bA
Telado	34,8 aB	37,8 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em adição aos resultados desta pesquisa com noni, autores como Nogueira Filho *et al*. (2012) em plantas de malva - santa e Almeida *et al*. (2005) em espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento, encontraram maior altura de plantas em ambientes com menor índice de radiação solar. Para Radin *et al*. (2004), plantas mantidas em sombreamento tendem a ser mais altas e terem uma área foliar maior em relação as que crescem a céu aberto. Carvalho *et al*. (2006) estudando plantas de Artemísia cultivadas em ambientes a céu aberto e protegido constataram maior altura média das plantas com a redução da irradiancia no ambiente protegido.

Em adição a pesquisa com noni estudos de Demuner, Hebling e Dagustinho (2004), avaliando o crescimento de mudas de pau d'alho (*Gallesia integrifólia*) submetidas a diferentes níveis de sombreamento (pleno sol, 45% e 90%), observaram que a condição de

45% de sombreamento, que simulava o regime de luz de uma clareira florestal de porte médio, proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas ao final do experimento em todos as variáveis analisadas, enquanto que a condição de pleno sol afetou negativamente o crescimento vegetal.

Por outro lado, vários pesquisadores encontraram respostas distintas as encontradas no presente trabalho. Martinazzo *et al*. (2007) observaram que aos 117 dias de cultivo, não houve diferença das médias de altura das plantas de *Eugenia uniflora* Linn submetidas a 100% e 50% de luminosidade. Assim, é importante observar que as espécies respondem de modo diferente às situações de luminosidade a que são submetidas, pois para Scalon *et al.* (2001), o grau de adaptação é ditado pelas características genéticas da espécie e pela interação com seu meio ambiente.

O sucesso na adaptação de uma espécie em ambientes com baixa ou alta radiação pode ser baseado em quanto é eficaz e na rapidez com que os padrões de alocação e comportamento fisiológico são ajustados, em ordem para maximizar a aquisição de recursos em um ambiente particular (ALMEIDA *et al.*, 2004). De acordo Chaves e Paiva (2004), a capacidade de crescer rapidamente quando sombreada é um importante mecanismo de adaptação da espécie, o que constitui uma valiosa estratégia para escapar às condições de baixa intensidade luminosa.

No que diz respeito ao efeito da salinidade nas plantas, diversas pesquisas relatam os efeitos desse estresse sobre o crescimento de plantas. Lima *et al*. (2007), por exemplo, observaram, em feijão *Vigna*, diminuição na altura das plantas em cerca de 42,86% nas plantas irrigadas com água com condutividade elétrica de 5,0 dS m^{-1}, em comparação com o tratamento testemunha (0,5 dS m^{-1}), após 45 dias da semeadura. Jácome *et al*.(2003) ao avaliar a altura de genótipos de algodão, verificaram decréscimos lineares ou seja, diminuíram seus valores à medida que aumentou a concentração salina.

Para Willadino e Camara (2004), os efeitos do estresse salino sobre o crescimento vegetal são dependentes do tempo de exposição ao meio adverso, tornando difícil a quantificação da tolerância à salinidade entre espécies correlacionadas. Em pesquisas com cultivares de tangerina a taxa de crescimento foi mais severamente reduzida na cultivar mais sensível (Carrizo) do que na mais tolerante (Cleópatra), após seis semanas de rega com água salinizada (GARCIA-SÁNCHEZ *et al*., 2002). Para Zidan, Azaizeh e Newmann (1990), a salinidade afeta o crescimento das plantas, inibindo tanto o processo de divisão como o de expansão celular.

Embora no presente trabalho não se tenha verificado o efeito benéfico da aplicação de matéria orgânica sobre a altura de plantas sob estresse salino, alguns autores afirmaram que os efeitos deletérios da salinidade sobre esta variável podem ser minimizados pela utilização deste insumo. Para Rajendran e Devara (2004) a proliferação de microorganismos contida no material orgânico adicionados aos solos pode aumentar o grau de disponibilidade de nutrientes às plantas proporcionando uma maior altura de plantas.

Em incremento as referências citadas anteriormente, a tendência dos efeitos positivos do insumo orgânico em altura de plantas estão coerentes com os trabalhos apresentados por Campos *et al*. (2009) e Rebequi *et al*. (2010) ao estudarem o crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*) e do pinhão-manso (*Jatropha curscas L.*), respectivamente, e também por Silva *et al*. (2008) com goiabeira (*Psidium guajava*) e Nunes *et al*. (2009) com noni (*Morinda citrifolia*) ao constatarem maior crescimento nas plantas cultivadas em substratos com esterco de bovino e biofertilizante bovino, respectivamente.

Os dados da atual pesquisa não estão compatíveis com os de diversos autores como Souto (2011) que ao utilizar biofertilizantes bovinos em noni sob estresse salino constataram ganho médio na altura de 24,35%, em relação aos tratamentos sem esterco bovino liquido. Marçal (2011) ao estudar *Jatropha curcas* L., encontrou nos tratamentos com matéria orgânica superioridade para a altura de plantas evidenciando que o insumo poderá atenuar os efeitos deletérios dos sais. Para Silva *et al*. (2008), a matéria orgânica aplicada no solo com problemas de sais, além de estabilizar a estrutura física do solo, reduz a formação de crosta superficial, o que possibilita melhor taxa de infiltração e respiração das raízes e assim promovendo melhor crescimento das plantas.

3.3 Diâmetro do caule

Pela Tabela 1.8 observa-se que a variável diâmetro do caule não foi influenciada pelo ambiente nem pelas interações ambiente versus matéria orgânica e sal versus matéria orgânica. Por outro, esta variável de crescimento sofreu efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade, da matéria orgânica, da interção ambiente versus sal e da interação tripla.

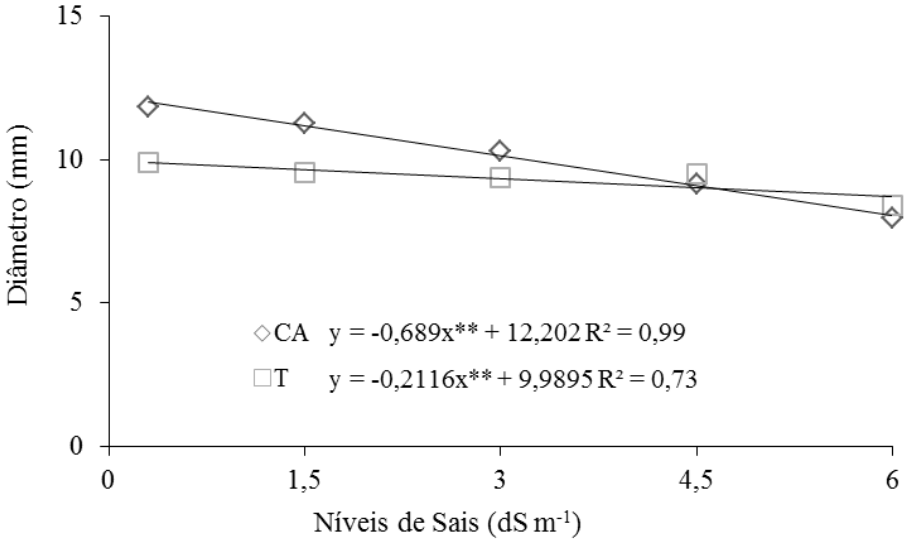
Tabela 1.8 – Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio
Bloco	4	1,31^{ns}
Amb (a)	1	14,12^{ns}
Resíduo (a)	4	2,09
Sal(b)	4	21,72**
Amb x Sal	4	6,32**
Resíduo (b)	32	0,95
MO (c)	1	8,65**
Amb x MO	1	1,91^{ns}
Sal x MO	4	0,78^{ns}
Amb x Sal x MO	4	0,03**
Resíduo (c)	40	0,71
CV(a)		14,88
CV(b)		10,03
CV(c)		8,63

**,* e ^{ns} - significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. GL - grau de liberdade. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Na Figura 1.4 verifica-se que o diâmetro do caule das plantas de noni reduziu linearmente com o aumento da CEa, sendo a redução mais acentuada quando as plantas foram cultivadas a céu aberto. Em céu aberto a redução lineares no diâmetro de caule foi de 0,69 mm e em telado foi de 0,21 mm para cada aumento unitário na CEa.

Figura 1.4 – Diâmetro de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011



Fonte: O autor.

Na interação tripla, aos 110 DAT, observa-se que nos dois ambientes de cultivo (céu aberto e telado) houve redução no diâmetro do caule com o aumento dos níveis de sais da água de irrigação tanto na ausência como na presença de matéria orgânica (Tabela 1.9). Comparando-se o menor e o maior nível de salinidade constata-se que as perdas na variável foram mais acentuadas em ambiente a céu aberto 37 e 28%, respectivamente, na ausência e presença de matéria orgânica, e em ambiente telado foi de 20 e 10% na ausência e presença do insumo orgânico, respectivamente.

Tabela 1.9 – Diâmetro de caule (mm) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 100 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	CEa (dS m^{-1})	Matéria Orgânica	
		Ausência	Presença
CA	0,3	11,74 A	11,94 A
	1,5	10,71 B	11,81 A
	3,0	9,82 A	10,76 A
	4,5	8,69 A	9,59 A
	6,0	7,35 B	8,55 A
T	0,3	10,06 A	9,71 A
	1,5	9,31A	9,80 A
	3,0	9,20 A	9,46 A
	4,5	9,24 A	9,78 A
	6,0	8,05 A	8,74 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Marçal (2011) para a avaliação do crescimento de plantas, o diâmetro do caule é uma característica importante, pois quanto maior mais vigorosa e robusta poderá ser a planta. Em adição a pesquisa com noni, Campos *et al*. (2009) ao avaliaram o crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*) em respostas a aplicação de águas salinas e de biofertilizante, verificaram a superioridade do diâmetro do caule de 16,71% em relação aos tratamentos que não receberam o insumo orgânico.

Efeito semelhante foi constatado por Nunes *et al*. (2009), em noni (*Morinda citrifolia* L.) tratadas com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. A inibição do crescimento do diâmetro do caule pode ser provocada por efeitos diretos e indiretos como os efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas principalmente Na e Cl nas células e a redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (MARÇAL, 2011).

3.4 Produção de biomassa

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 1.10) constata-se que os efeitos isolados da salinidade e do ambiente e a interação salinidade ambiente influenciaram de forma significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) as variáveis MSR, MSPA e MST (Tabela 1.10). Observou-se ainda influência da matéria orgânica sobre essas variáveis na maioria das datas avaliadas, porém não foi verificada nenhuma significância da interação salinidade x matéria orgânica ($p>0,05$). Por outro lado, a interação ambiente x matéria orgânica influenciou significativamente a MSR (90 DAT) e MST aos 110 DAT, enquanto a interação entre os três fatores só influenciou a MSR aos 90 DAT.

Tabela 1.10 - Resumo da análise de variância para a produção de massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA),massa seca total (MST) de ~~plantas~~ de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 60, 90 e 110 DAT. Sobral – CE. 2011

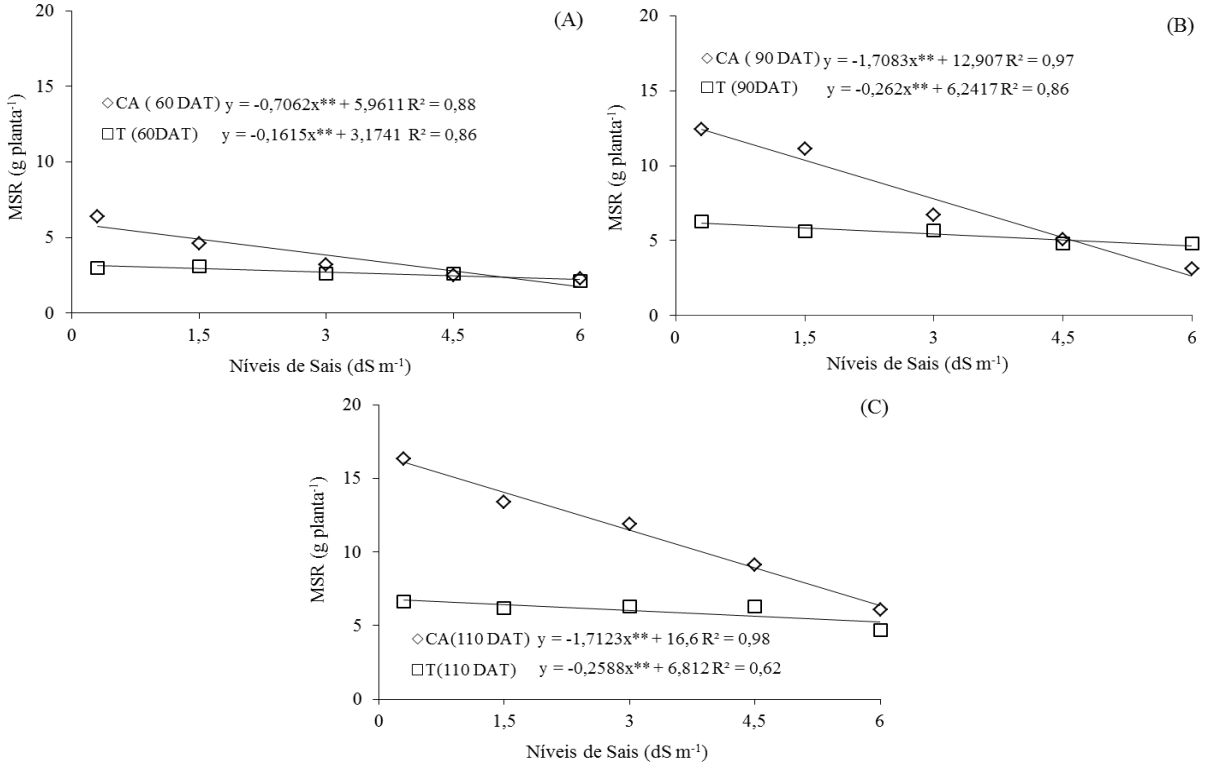
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio								
		MSR			MSPA			MST		
		DAT								
		60	90	110	60	90	110	60	90	110
Bloco	4	5,92^{ns}	15,01*	17,52 ^{ns}	44,43^{ns}	89,62^{ns}	97,91^{ns}	82,17^{ns}	170,12^{ns}	197,62^{ns}
Amb (a)	1	30,90*	128,45**	516,01 **	115,41^{ns}	863,01**	4712,70**	265,75 ^{ns}	1657,39**	8347,58**
Resíduo (a)	4	3,11	2,17	7,40	23,82	28,62	18,62	42,59	41,03	37,92
Sal (b)	4	20,95**	105,26**	158,09 **	34,38**	299,06**	460,5**	108,34**	757,75**	1144,31**
Amb x Sal	4	10,09**	53,83**	94,30**	9,34^{ns}	108,93**	274,93**	36,87 **	313,24**	676.17**
Resíduo (b)	32	0,82	3,36	4,76	4,36	19,48	30,03	8,02	36,58	53,07
MO (c)	1	0,46^{ns}	18,83**	18,97^{ns}	0,02^{ns}	144,70**	200,9**	0,27^{ns}	267,95**	96,41**
Amb x MO	1	1,13^{ns}	44,40**	16,03^{ns}	0,67^{ns}	4,19^{ns}	4,54^{ns}	3,54^{ns}	75,91 ^{ns}	37,65**
Sal x MO	4	1,13^{ns}	1.63 ^{ns}	6,09 ^{ns}	4,65^{ns}	9,25^{ns}	5,24^{ns}	9,36 ^{ns}	17,34 ^{ns}	1.72^{ns}
Amb x Sal x MO	4	0,38^{ns}	8,05*	0,90 ^{ns}	0,74^{ns}	3,34^{ns}	1,51^{ns}	1,55 ^{ns}	17.94^{ns}	0,91^{ns}
Resíduo (c)	40	0,76	2,38	4,92	4,87	15,40	2,08	8,21	24,98	4,01
CV(a)		54,30	22,55	32,44	54,82	36,89	19,75	53,70	30,44	20,36
CV(b)		27,88	28,05	26,01	23,47	30,43	25,08	23,31	28,75	24,09
CV(c)		26,76	23,62	26,43	24,79	27,07	6,61	23,58	23,76	6,62

**,* e ^{ns} – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

O efeito conjunto do ambiente e dos sais na massa seca de raiz, nos períodos avaliados, resultou ajustes lineares decrescentes na variável à medida que se aumentaram os níveis de sais (Figura 1.5). Com o aumento da salinidade da água de irrigação, verificou-se, que o ambiente sem restrição parcial de luz, obtida a céu aberto, proporcionou maior redução na produção de MSR quando comparado com o ambiente com restrição parcial de luminosidade (ambiente telado). Verifica-se que com o aumento unitário dos níveis de sais da água de irrigação resultou em reduções lineares de 0,71; 1,71 e 1,71 g por planta em ambiente a céu aberto e de 0,16; 0,26 e 0,26 g por planta em ambiente telado aos 60, 90 e 110 DAT, respectivamente (Figura 1.5).

Um dado interessante apresentado na Figura 1.5 é que os valores de matéria seca foram maiores no ambiente a céu aberto, porém essa diferença decresceu com o aumento da salinidade, não havendo praticamente diferença entre as plantas dos dois ambientes no maior nível de salinidade. Isso reforça a influência que o ambiente tem sobre a resposta desta espécie a salinidade.

Figura 1.5 – Massa seca de raiz (MSR) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60(A); 90(B) e 110(C) DAT. Sobral – CE. 2011



Fonte: O autor.

Na interação tripla, aos 90 DAT, observa-se (Tabela 1.11) que nos dois ambientes de cultivo (céu aberto e telado) houve redução na MSR com o aumento dos níveis de sais da água de irrigação tanto na ausência como na presença de matéria orgânica. Comparando-se o menor e o maior nível de salinidade constata-se que as perdas na variável foram mais acentuadas em ambiente a céu aberto 73 e 77%, respectivamente, na ausência e presença de matéria orgânica, quando comparadas a 49 e 2% observadas em ambiente telado na ausência e presença do insumo orgânico, respectivamente.

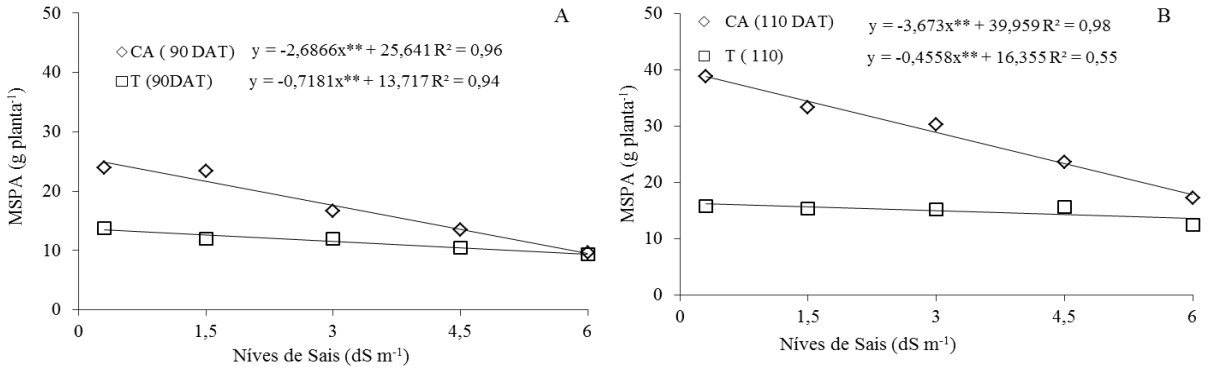
Tabela 1.11 – Massa seca de raiz (g planta^{-1}) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	CEa (dS m^{-1})	Matéria Orgânica	
		Ausência	Presença
CA	0,3	10,4 B	14,3 A
	1,5	9,7 B	12,3 A
	3,0	5,9 A	7,3 A
	4,5	3,8 B	6,4 A
	6,0	2,9 A	3,3 A
T	0,3	7,4 A	5,2 B
	1,5	6.1 A	5,1A
	3,0	6,3 A	5,1 A
	4,5	4,4 A	5,2 A
	6,0	3,8 A	5,1 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 1.6, pode ser verificado o efeito da interação ambiente x níveis de sais na MSPA do noni, onde se constata que a interação proporcionou uma redução linear na MSPA mais expressiva no ambiente a céu aberto do que no ambiente telado, aos 90 e 110 DAT. Aos 90 e 110 DAT constataram-se reduções lineares decrescentes de 2,69 e 3,67 g por planta quando as plantas foram cultivadas em ambiente a céu aberto e de 0,72 e 0,45 g por planta quando cultivadas em telado, respectivamente. Verifica-se que a tendência dos dados foram similares aos resultados obtidos para MSR, com os maiores valores obtidos nas plantas cultivadas a céu aberto e com as diferenças entre os ambientes decrescendo com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Figura 1.6 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Morinda citrifolia*, cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 (A) e 110 (B) DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

A matéria orgânica quando analisada isoladamente exerceu efeito significativo (p< 0,01) na MSPA aos 90 e 110 DAT (Tabela 1.12). Constatando-se que a presença de matéria orgânica proporcionou um ganho na MSPA de 2,4 g aos 90, enquanto que aos 110 DAT os maiores valores foram observados na planta cultivada na ausência deste resíduo.

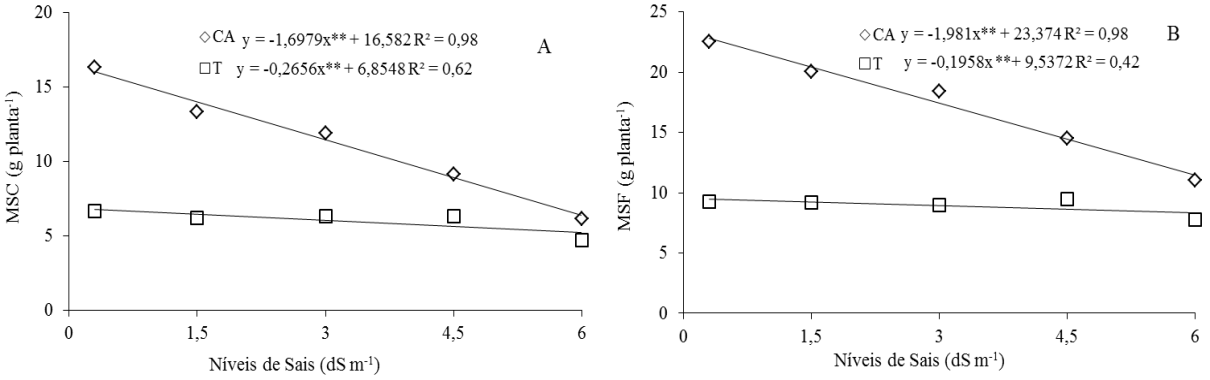
Tabela 1.12 – Massa seca parte aérea (MSPA) (g) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 90 e 110 DAT. Sobral - CE. 2011

MSPA	DAT	
	90	110
Ausência de MO	13,3 b	23,2 a
Presença de MO	15,7 a	20,4 b

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Apesar de menores em altura, as plantas cultivadas a céu aberto tiveram os caules mais grossos e acumularam mais massa seca nessa parte (Figura 1.7 A). Além disso, tiveram maior área foliar (Figura 2.1) e maior massa específica foliar (mais massa por área) (Tabela 2.3) e consequentemente maior massa foliar total. Outro fator que também explica esses resultados são as taxas fotossintéticas mais elevadas no ambiente a céu aberto (Figura 2.4 A), fato que pode evidenciar uma maior produção de biomassa visto que segundo Andrade *et al*. (2009) a partir dos dados de crescimento pode-se inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar as causas de variações de crescimento entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes.

Figura 1.7 – Massa seca de caule (MSC) (A) e massa seca de folha (MSF) (B) de plantas de *Morinda citrifolia*, cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

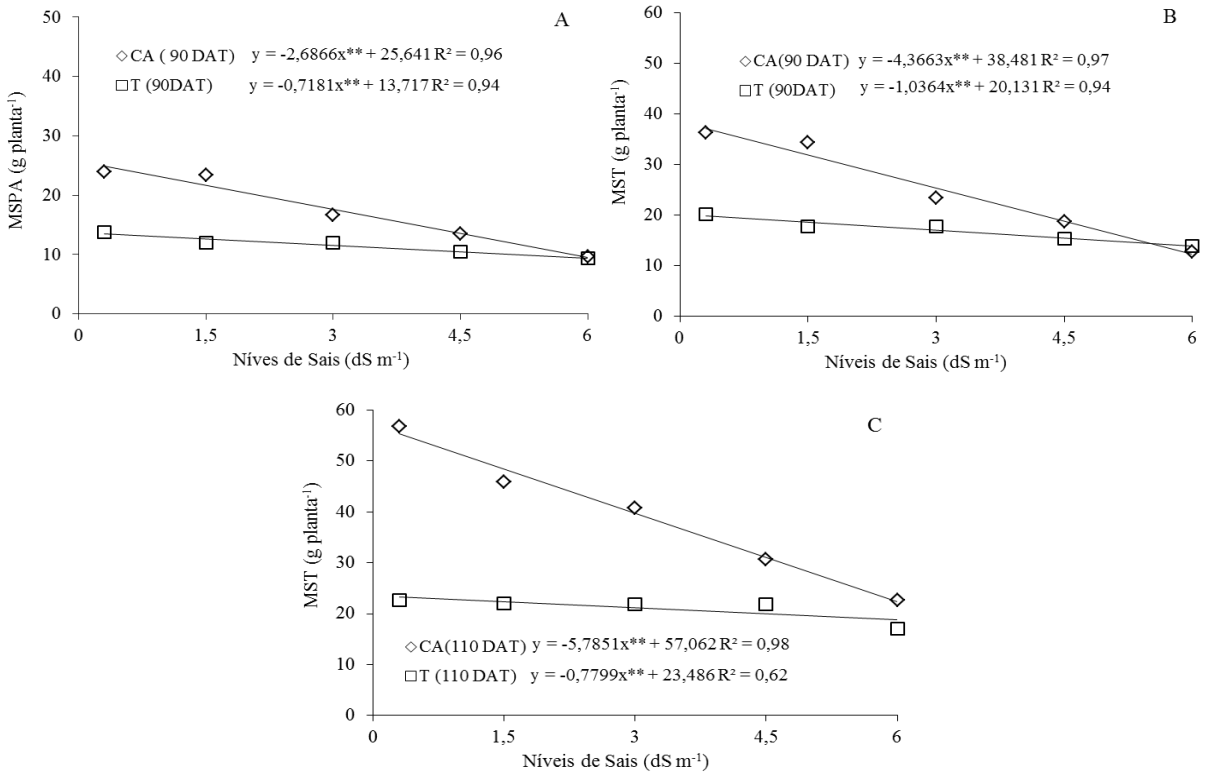


Fonte: O autor.

Respostas no crescimento das plantas podem estar associadas aos mecanismos de adaptação das espécies ao ambiente de cultivo. Quando as plantas ficam submetidas a algum tipo de estresse, são capazes de realizar alterações fisiológicos, morfológicas e anatômicos, que resultam em mudanças no seu metabolismo, visando alcançar uma redução dos efeitos do estresse na sua produtividade. No que diz respeito ao crescimento dos órgãos vegetais, sabe-se que dependem da quantidade de matéria seca que lhes é direcionada, sendo variável ao longo do ciclo da cultura podendo está relacionado às condições ambientais (MEDEIROS *et al*. 2000). Geralmente, plantas submetidas a salinidade apresentam uma redução no crescimento e produtividade (HUANG *et al*., 2012).

O efeito da interação dos fatores ambiente x sal sobre a MST foi similar ao observado para a produção de massa seca da raiz e da parte aérea separadamente (Figura 1.8). Verificou-se que a MST reduziu linearmente com o aumento da CEa, sendo a redução mais acentuada quando as plantas foram cultivadas a céu aberto. Em céu aberto as reduções lineares na MST foram de 1,57; 4,37 e 5,78 g planta^{-1} e em telado foram de 0,43; 1,04 e 0,78 g planta^{-1} para cada aumento unitário na CEa, respectivamente, aos 60, 90 e 110 DAT. O maior decréscimo desta variável foi de 22,35 g planta^{-1} observado aos 110 DAT nas plantas cultivadas a céu aberto, superando ao maior decréscimo de 18,69 g planta^{-1}constatado nas plantas cultivadas em telado.

Figura 1.8 – Massa seca total (MST) de plantas de *Morinda citrifolia*, aos 60 (A); 90 (B) e 110 (C) DAT cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Analisando-se o efeito isolado da matéria orgânica constata-se (Tabela 1.13) que somente aos 90 e 110 DAT houve efeito significativo do insumo orgânico na variável analisada. Na mesma tabela percebe-se que aos 90 DAT a presença de matéria orgânica proporcionou ganho de 3,3 g de MST nas plantas de noni em relação aos tratamentos sem o insumo orgânico. Efeito contrário ocorreu aos 110 DAT quando a presença do insumo proporcionou uma perda de 1,9 g na variável estudada.

Tabela 1.13 – Massa seca total (MST) (g) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 90 e 110 DAT. Sobral - CE. 2011

MST	DAT		
	60	90	110
Ausência de MO	12,1 a	19,4 b	31,2 a
Presença de MO	12,2 a	22,7 a	29,3 b

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A interação entre os fatores ambiente x matéria orgânica evidenciaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade na MST de noni aos 110 DAT (Tabela 1.14). A partir dos dados percebe-se que as plantas cultivadas a céu aberto apresentaram maior

produção de MST quando comparadas as plantas cultivadas sob telado, tanto na ausência como na presença de matéria orgânica. Já as plantas cultivadas em telado, ambiente em que as plantas foram afetadas, significativamente, pelo efeito da matéria orgânica, a presença do insumo proporcionou uma maior redução (19,5 g) na MST superando a redução de 17,0 g quando as plantas foram cultivadas sem o composto orgânico (Tabela 1.14).

Tabela 1.14 – Massa seca total (g planta^{-1}) de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO
Céu Aberto	39,7 aA	39,0 aA
Telado	22,7 bA	19,5 bB

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas colunas e maiúsculas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Reduções na biomassa vegetal semelhantes às obtidas no presente trabalho foram verificadas por outros autores em diversas culturas. Por exemplo, Freitas (2012) em plantas do gênero *Plectranthus*, Nazário *et al*. (2010) e Temóteo (2012) em café. Para Chartzoulakis e Klapaki (2000) o estresse salino prejudica o desenvolvimento de plantas, através da considerável diminuição de biomassa seca de raízes. Para Amorim *et al.* (2010), o excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais para as plantas.

Segundo Silva (2012), plantas quando cultivadas em ambiente protegido apresentam respostas diferentes do cultivo a céu aberto, em função de alterações em variáveis microclimáticas (temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento) e, consequentemente, na evapotranspiração. Isso pode ser verificado no presente trabalho onde as reduções na biomassa vegetal no final do experimento foram mais acentuadas no ambiente a céu aberto, o que pode está relacionado à maior demanda evaporativa do ar, que pode resultar em maior acumulo de ions potencialmente tóxicos nas folhas e intensificar os efeitos osmóticos da salinidade.

O aumento na quantidade de matéria orgânica no solo estimula o crescimento radicular, Silva Junior *et al*. (2005), sendo uma fonte de bioativos (bactérias, leveduras, algas e fungos) exercendo ação positiva na nutrição, fitossanidade das plantas e no estimulo a liberação de substâncias húmicas no solo (SOUSA *et al*., 2008). Segundo Cavalcante *et al*. (2005) a utilização de matéria orgânica poderá reduzir a intensidade dos danos causados pela

salinidade no crescimento, possibilitando o uso de águas salinas durante a formação de mudas e crescimento de plantas. No entanto, não foram observados no presente trabalho efeitos significativos da matéria orgânica na produção de biomassa das plantas de noni submetidas à salinidade.

As respostas adversas das plantas ao efeito da matéria orgânica em diferentes ambientes podem ser atribuídas a fatores como os observados por Pereira (2000) e Lima, Cavalcante e Feitosa Filho (2001), onde observaram que quantidades elevadas de matéria orgânica podem incrementar consideravelmente o conteúdo salino do solo ou do substrato, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento de plantas. Os autores ao avaliarem a adição de esterco bovino, em proporção superior a 15%, em substratos observaram aumento da salinidade dos mesmos para níveis superiores a 4 e 5 dS m^{-1}, prejudicando a germinação das sementes e a qualidade das mudas de goiabeira e pinheira, respectivamente. Os resultados apresentados na Figura 1.2 mostram que o acumulo de sais foi maior nos vasos contendo o insumo orgânico, algo que pode ter contribuído para aumentar o estresse osmótico e reduzir os efeitos benéficos da matéria orgânica sobre a nutrição da planta.

3.5 Tolerância do noni à salinidade

Considerando os índices de tolerância sugeridos por Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010), verifica-se que o noni na fase inicial de desenvolvimento se comporta como tolerante para o nível de salinidade de 1,5 dS m^{-1} e como tolerante ou moderadamente tolerante quando a salinidade da água é de 3,0 dS m^{-1}, independente do ambiente de cultivo (Tabela 1.15). Esse resultado é bastante animador, considerando que muitas fontes de água existentes na região Nordeste do Brasil se encontra dentro dessa faixa da salinidade, as quais podem ser alternativas para produção de mudas de noni sem grandes perdas na qualidade das mudas.

Tabela 1.15 – Redução percentual da massa seca das raizes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) em plantas de noni irrigadas com água salina e sob duas condições de cultivo, aos 110 DAT

Espécies	Equações	R^2	Redução em relação ao controle (%)			
			$CE_{1,5}$	$CE_{3,0}$	$CE_{4,5}$	$CE_{6,0}$
			Céu aberto			
MSR	y = -1,712x + 16,6	0,98	$12,8^{T}$	$28,7^{MT}$	$44,7^{MS}$	$60,6^{S}$
MSPA	y = -3,673x + 39,9	0,98	$11,3^{T}$	$25,5^{MT}$	$39,7^{MT}$	$53,8^{MS}$
MST	y= -5,785x + 57,1	0,98	$12,5^{T}$	$28,2^{MT}$	43.9^{MS}	$59,6^{MS}$
			Telado			
MSR	y = -0,259x + 6,81	0,62	$1,7^{T}$	$7,6^{T}$	$13,6^{T}$	$19,5^{T}$
MSPA	y = -0,456x + 16,37	0,55	$3,4^{T}$	$7,6^{T}$	$11,8^{T}$	$16,0^{T}$
MST	y= -0,780x + 23,25	0,62	$4,0^{T}$	$9,1^{T}$	$14,1^{T}$	$19,1^{T}$

^{T}, ^{MT}, ^{MS} e ^{S} - Tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente sensível e sensível, respectivamente.

Quando se comparam os ambientes, verifica-se que do ponto de vista da tolerância relativa, o noni se mostrou tolerante para todos os níveis de salinidade quando as mudas foram cultivadas sob telado (Tabela 1.15). As mudas produzidas nesse ambiente, embora tenham acumulado menor quantidade de matéria seca quando irrigadas com água de baixa e moderada salinidade (Figuras, 1.5, 1.6 e 1.8) não mostraram sintomas de toxidez ou de perda na turgescência ao longo do experimento, quando comparadas as plantas cultivadas a céu aberto (Figura 1.9). Por outro lado, as plantas cultivadas em céu aberto se mostraram tolerantes apenas no nível de salinidade de 1,5 dS m^{-1}, sendo consideradas moderadamente sensível e sensível nos maiores níveis de salinidade.

Figura 1.9 – Plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto (A) e telado (B), na ausência e presença de matéria orgânica. Sobral - CE, 2011

Fonte: O Autor.

3.6 Variáveis de qualidade de mudas e Índice de Qualidade de Dickson

Conforme se observa pelo resumo da análise de variância o ambiente, os níveis de sais e matéria orgânica, isoladamente, promoveram diferenças significativas pelo Teste F nas variáveis avaliadas com exceção para o efeito do ambiente na relação massa seca parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR) e matéria orgânica nas relações altura/diâmetro de caule (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 1.16). Já a interação ambiente x sal influenciou a MSPA/MSR e o (IQD). A interação ambiente x matéria orgânica influenciou as variáveis avaliadas com exceção para MSPA/MSR. A interação sal x matéria orgânica influenciou a MSPA/MSR e a interação tripla não influenciou as variáveis avaliadas.

Tabela 1.16 – Resumo da análise de variância para o efeito da luminosidade e da irrigação com águas salinas sobre a qualidade das plantas de *morinda citrifolia* L. aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

FV	GL	Quadrado Médio[1]			
		H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
Bloco	4	0,18^{ns}	0,20^{ns}	0,37^{ns}	5,55^{ns}
Amb (a)	1	13,70**	511,13**	8,18^{ns}	288,62**
Resíduo (a)	4	0,23	0,09	1,42	2,48
Sal(b)	4	0,43**	0,32*	3,95**	44,65**
Amb x Sal	4	0,25^{ns}	0,47^{ns}	1,42*	32,88**
Resíduo (b)	32	0,09	0,19	0,52	1,71
MO (c)	1	0,11^{ns}	5,02**	28,47**	3,29^{ns}
Amb x MO	1	1,46**	2,53**	2,95^{ns}	9,62**
Sal x MO	4	0,20^{ns}	0,09^{ns}	5,59**	1,49^{ns}
Amb x Sal x MO	4	0,07^{ns}	0,03^{ns}	0,39ns	0,46ns
Resíduo (c)	40	0,09	0,08	1,21	1,12
CV(a)	-	13,86	16,26	41,18	31,54
CV(b)	-	8,83	23,70	24,95	26,20
CV(c)	-	8,89	15,41	38,07	21,26

H/DC – relação altura/diâmetro; H/MSPA – altura/massa seca da parte aérea; MSPA/MSR – massa seca da parte aérea/massa seca da raíz e IQD – indice de qualidade de Dickson; **, *significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente pelo teste F e ns não significativo. GL - grau de liberdade. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

As relações H/DC e H/MSPA foram influenciadas pelo efeito isolado do ambiente aos 110 DAT sendo mais expressivas nas plantas cultivadas sob telado (Tabela 1.17). O ambiente telado proporcionou um acréscimo de 0,74 e 1,36, respectivamente, nas relações H/DC e H/MSPA.

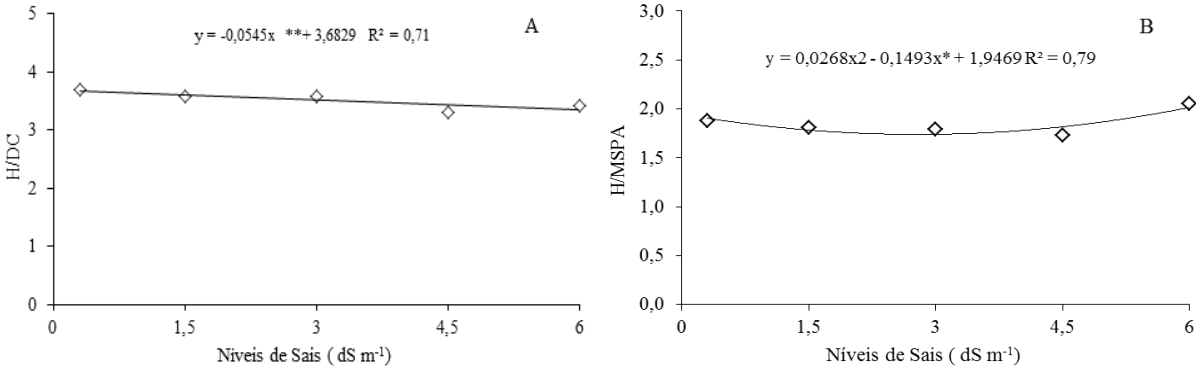
Tabela 1.17 – H/DC e H/MSPA de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	H/DC	H/MSPA
Céu Aberto	3,15 b	1,17 b
Telado	3,89 a	2,53 a

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Analisando-se o efeito isolado dos sais nas relações H/DC e H/MSPA, constatou-se que para cada aumento unitário na CEa a H/DC apresentou redução nos resultados adequando-se a um modelo polinomial linear (Figura 1.10 A) e na H/MSPA ajustou-se a um modelo polinomial quadrático (Figura 1.10 B). Na relação H/DC constatou-se uma redução linear de 0,0545 para cada aumento unitário na CEa e já para a relação H/MSPA o menor valor 1,79 foi constatado quando as plantas foram irrigadas com água de 4,15 dS m^{-1} a partir do qual iniciou o decréscimo nos valores da variável.

Figura 1.10 – H/DC (A), H/MSPA (B) em plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral – CE. 2011

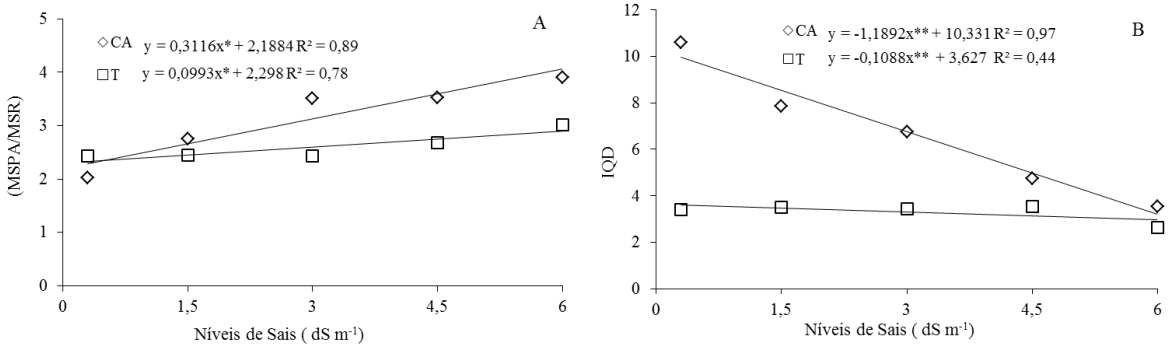


Fonte: O autor.

Na interação ambiente x sal a relação MSPA/MSR aumentou linearmente com o aumento nos teores de sais da água de irrigação nos dois ambientes pesquisados (Figura 1.11 A). Nos tratamentos conduzidos a céu aberto o aumento foi de 0,3116 sendo maior do que no ambiente telado que mostrou aumento de 0,0993 para cada aumento unitário na CEa. As plantas aos serem irrigadas com águas de salinidade 6,0 dS m^{-1} apresentaram valores de 3,86 e 2,89 na relação MSPA/MSR, respectivamente, quando cultivadas em céu aberto e telado. Já o IQD foi reduzido nos dois ambientes de cultivo sendo mais expressivo nas plantas cultivadas a céu aberto (Figura 1.11 B). Nos tratamentos conduzidos a céu aberto, constatou-se uma redução de 1,1892 no IQD enquanto que nas conduzidos em telado a redução foi de 0,1088 com o aumento unitário dos valores de CEa.

Os índices de qualidade de Dickson, nas plantas cultivas a céu aberto, variaram entre 9,97 e 3,19, quando irrigados CEa = 0,3 e 6,0 d Sm^{-1}, respectivamente. Já nas cultivadas em telado os índices variaram de 3,59 a 2,97, quando irrigadas com a menor e maior CEa, respectivamente.

Figura 1.11 – MSPA/MSR (A), IQD (B) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral – CE. 2011



Fonte: O autor.

Na avaliação da interação ambiente x matéria orgânica constata-se na Tabela 1.18 que, comparando-se as plantas cultivadas em céu aberto e telado, na presença de matéria orgânica as cultivadas em telado tiveram um incremento de 0,98 e 1,68, respectivamente, para H/DC e H/MSPA. Já para IQD comparando-se as plantas cultivadas em céu aberto e telado, na presença de matéria orgânica as cultivadas em céu aberto mostraram um maior incremento (4,03).

Tabela 1.18 – H/DC, H/MSPA e IQD de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO	Ausência MO	Presença MO	Ausência MO	Presença MO
	H/DC		H/MSPA		IQD	
CA	3,30 bA	2,99 bB	1,11 bA	1,24 bA	6,20 aB	7,19 aA
T	3,80 aA	3,97 aA	2,15aB	2,92 aA	3,42 bA	3,16 bA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Os maiores valores na relação H/DC observados nas plantas cultivadas em céu aberto mostraram que neste ambiente as plantas apresentaram um maior equilíbrio no seu desenvolvimento apresentando-se, também, mais robusta. Este resultado corrobora com Carneiro (1995) e Johnson e Cline (1991) ao afirmarem que a relação H/DC pode ser utilizada

para exprimir o equilíbrio de desenvolvimento de mudas. e é um importante parâmetro por fornecer informações de quanto delgada está a muda.

O valor de 3,89 constatado na relação H/DC na pesquisa com noni em plantas cultivadas sob telado foram menores que os observados por diversos autores como Chaves e Paiva (2004) em mudas de *Senna macranthera* sob 50% de sombreamento e Fonseca *et al*. (2006) em *Trema micranta* submetidas a diferentes sombreamentos, porém maior que os valores sugeridos por Domínguez *et al*. (1997) de 1,5 e 2,2 para *Pinus halepensis e* 0,7 e 1,0 em *Quercus ilex*, porém próximos do valor considerado ideal por Marana *et al*. (2008) para o café planta da mesma família do noni.

Embora para Azevedo (2003) a relação H/MSPA não seja um índice comumente usada para avaliar o padrão de qualidade de mudas, o valor de 1,17 observado no noni cultivado em céu aberto inferiu que neste ambiente as plantas eram mais lenhificadas podendo apresentar uma maior capacidade de sobrevivência no campo, pois segundo Gomes (2001) quanto menor for este índice, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo.

Segundo Parviainen (1891) a relação calculada entre MSPA/PSR é considerado como um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas e a relação é comumente utilizada como padrão de qualidade nas medições de crescimento de mudas tanto em estudos ecológicos quanto em fisiológicos. Birchler *et al*. (1998) este parâmetro pode ser de grande importância quando o plantio ocorre em estações difícil, onde o fator mais influente na sobrevivência do primeiro ano é um estação quente e seca por muito tempo. Para Shepherd e Sa-Ardavut (1984) além de outros fatores a procedência e o ambiente de cultivo interferem de modo significativo na qualidade das mudas.

Os valores de 3,86 e 2,89, na relação MSPA/MSR, observados nas plantas cultivadas em céu aberto e telado, respectivamente, irrigados com CEa = 6,0 dS m^{-1}, mostraram que as plantas cultivadas em céu aberto apresentaram valores próximos a 4 valor sugerido por Marana *et al* (2008) como ideal para a cultura do café.

Para Fonseca *et al.*, (2002) o índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois é considerado o vigor e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda ponderando os resultados de muitas variáveis.

Os valores dos IQD observados nas plantas cultivadas a céu aberto embora decrescentes com o aumento dos níveis de sais, foram muito superiores aos observados por Chaves e Paiva, (2004) em mudas de *Senna macranthera* (3,36) aos 150 dias após a

semeadura. Já as cultivadas em telado tomando-se como referencia a pesquisa de Chaves e Paiva (2004) apresentaram valores semelhantes de IQD.

O IQD das mudas de noni, em ambos os ambientes de cultivo, foram muito superiores ao sugeridos para o café por diversos autores como: Marana *et al*, (2008), em mudas produzidas em tubetes (0,21) e Dardengo *et al*. (2013), em mudas produzidos em sacolas com capacidade de 770 mL (0,58). O IQD das mudas de noni superando também o valor mínimo de 0,20 estabelecidas por Hunt (1990) para obter-se muda de qualidade. Para Gomes (2002) quanto maior for o valor de IQD melhor será o padrão de qualidade de mudas.

Embora se tenha observado que a ceú aberto as plantas apresentaram maiores valores no IQD a redução percebida neste ambiente, com o aumento nos níveis de sais, foi mais acentuada do que nas plantas cultivadas em telado demostrando que a espécie apresentou grande capacidade adaptativa aos diferentes tipos de ambiente.

Os resultados de IQD constatados na pesquisa com noni estão coerentes com Gomes (2002) ao afirmar que se deve avaliar individualmente cada espécie e as condições ambientais de cultivo no qual são conduzidas.

4 CONCLUSÕES

1. As plantas de noni se mostraram tolerantes ou moderadamente tolerantes a salinidade quando irrigadas com água de 1,5 e 3,0 dS m^{-1}, independente do ambiente de cultivo;
2. O ambiente do tipo telado é o mais adequado para a produção de mudas da cultura do noni quando irrigadas com água salina de 6,0 dS m^{-1}, sendo este ambiente mais adequado para produção de mudas desta cultura quando irrigadas com água salina;
3. Considerando os atributos de qualidade de muda verifica-se que o ambiente a céu aberto se mostrou superior, notadamente em valores baixos e moderados de salinidade;
4. A matéria orgânica não atenuou os efeitos da salinidade sobre o crescimento inicial de plantas de noni nos ambientes telado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. P. *et al*. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.

ALMEIDA, S. M. Z. *et al*. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

AMORIM, A. V. *et al*. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.

ANDRADE, C. A. B.; *et al*. Produtividade, Crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará**: Dados climatológicos de Sobral - CE (1961 -1988). Brasília, 1990.

CAMPOS, V. B. *et al*. Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 1, p. 41-47, 2009.

CARVALHO, N. O. S.*et al*. Crescimento inicial de plantas de Lucuri (*Syagrus coronata* (Mart. Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CAVALCANTE, L. F. *et al*. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 515-519, 2005.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia, PB: UFPB, 2000.

CAVALCANTE, L. F.*et al*. Resposta do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg) ao manejo e salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 23, p. 27-33, 2002.

CAVALCANTE, L. F.*et al*.Influência da água salina e matéria orgânica no desempenho do maracujazeiro-amarelo e na salinidade do substrato. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 505-518, 2007.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G.Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v. 86, p. 247-260, 2000.

CHAVES. A. de S.; PAIVA, H. N. de. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 22-29, 2004.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná: Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense. 451 p. 1995.

CORDEIRO, G. G. **Salinidade em Agricultura Irrigada**. Petrolina - PE: Embrapa Semiárido. (Conceito básico e prático). 2001. 38p.

DANTAS, J.A. *et al*. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de Pennisetum. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.97-101, 2006.

DEMUNER, V.G.; HEBLING, S.A.; DAGUSTINHO, D.M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallesia integrifólia* (Spreng.) Harms**. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Santa Teresa-ES, v.17, p.45-55, 2004.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. **Manejo da Salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. *In*: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. Fortaleza: INCTSal, cap. 13, p. 205-216, 2010.

FERNANDES, V., (Coord**.) Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará**, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo. Fortaleza-Ceará, 1993, 248p.

FREITAS, M. A. C. **Crescimento, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *Plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade**. 2012. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GARCIA-SÁNCHEZ, F. *et al*. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. **Plant Science**, v. 162, p. 705- 712, 2002.

HUANG, C.H. *et al*. Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (*Cucumis melo* cv. Huanghemi) in northwest China. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam v. 43, s/n, p. 68-76, 2012.

JÁCOME, A. G. *et al*. Crescimento de genótipos de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 305-313, 2003.

LARCHER Walter. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, C. J. G. S. *et al*. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, p. 79–86, 2007.

LIMA, K. L.; CAVALCANTE, L. F.; FEITOSA FILHO, J. C. Efeito de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, p. 135-144, 2001.

LIRA, M. A.; FARIS, M. A.; MAFRA, R. C. Soil fertility and fertilizer use research in intercropping systems in Northeast Brazil. **Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin**, v. 5, p. 151-156, 1982.

MARÇAL, J. A. **Crescimento inicial do pinhão - manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com matéria orgânica.** 2011. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração: Solo e Nutrição Mineral das Plantas, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

MARTINAZZO, E. G.*et al*. Efeito do sombreamento sobre o crescimento inicial e teor de clorofila foliar de *Eugenia uniflora* Linn (pitanga) – família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 162-164, 2007.

MEDEIROS, S. L. P. *et al*. Ajuste dos coeficientes de repartição de matéria seca do modelo CERES-Sorghum para simulação da cultura do sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 2, p. 231-238, 2000.

NAZÁRIO, A. A. *et al*. Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. **Revista Engenharia Ambiental Tecnologia e Pesquisa,** Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 178-195, 2010.

NELSON, S. C.; ELEVITCH, C. R. **Noni: the complete guide for consumers and growers**. Holualoa-Hawaii: Permanent Agriculture Resources, 2006.104p.

NOGUEIRA FILHO. F.P. *et al*. Efeito de diferentes níveis de salinidade na água de irrigação e da luminosidade no crescimento de *Plectranthus barbatus***.** *In*: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 1, e WINOTEC, 4., 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UNESP, 2012. CD-ROM.

NUNES, J. C.*et al*. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 451-463, 2009.

PEREIRA, K. S. N. **Tolerância varietal da goiabeira à salinidade da água de irrigação durante a germinação e produção de mudas**. 2000. 82f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2000.

RADIN, B. *et al*. Crescimento de cultivares de alface conduzida em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.

RAJENDRAN, K.; DEVARA, J, P. Biomass and nutrient distribution and their return of Casuarina equisetifolia inoculated with biofertilizers in farm land. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, p. 235-249, 2004.

REBEQUI, A. M.*et al*. Resposta inicial do pinhão-manso à salinidade da água de irrigação, em solo com esterco bovino fermentado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão social e energia: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 806-811, 2010.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R. de.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000.

SCALON, S. P. Q.*et al*. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2001.

SCALON, S.P.Q. *et al*. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SILVA JUNIOR, G. S.*et al*. Estudo comparativo de parâmetros bioquímicos em espécies de bananeira e Atriplex submetidas ao estresse salino. *In*: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 28., 2005, Teresina. **Resumos...** Teresina. SBB; UFPI; Herbário Graziela Barroso: CEFET-PI; UESPI; Embrapa Meio Norte, 2005. 1 CD-ROM.

SILVA, A. B. F. *et al*. Growth and yield of guava irrigated with saline water and addition of farmyard manure. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 4, p. 354-359, 2008.

SILVA, E. C. *et al*. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 147–157, 2008.

SILVA, F. A S.; AZEVEDO C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4. n. 1, p. 71-78, 2009.

SILVA, F. C. (Editor Técnico). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. Ampl. Brasilia: Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.

SILVA, L. R. *et al*. **Caracterização físico-química do fruto de Noni (*Morinda citrifolia* L.).** 2009. 4p. Disponível em: <http://sengepb.com.brsitewpcontentuploads 200912t024. pdf>. Acesso em: 07 dez. 2012.

SILVA. F. L. **Ambiência e biofertilização no cultivo orgânico de figo, em condições semiáridas.** 2012.123f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrarias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SOUSA, G. B. *et al*.. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, 2008.

SOUTO, A. G. L. **Comportamento do noni (*morinda citrifolia* l.) à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino**. 2011. 57f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

TEMÓTEO, A. S. **Cultivares de café conilon (*Coffea Canephora*) sob estresse salino-hídrico**. 2012. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Universidade Estadual Paulista, Botucatu , 2012.

TOMBOLATO, A. F. C; BARBOSA, W, HIROCE, R. Noni: Frutífera medicinal em introdução e aclimatação no Brasil. Informações técnicas**: O agronômico**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 20-21, 2005.

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

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. *In*: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SANCHEZ, A. **La Ecofisiologia Vegetal**, Una Ciência de Sintesis. Madri, Espanha:Thomsom, p. 303-330, 2004.

ZIDAN, I.; AZAIZEH, H.; NEWMANN, P. M. Does salinity reduce growth in maize root epidermal cells by inhibiting their capacity for cell wall acidification? **Plant Physiology**, Lancaster, v. 93, n. 1, p. 7-11, 1990.

CAPÍTULO 2 – ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E TROCAS GASOSAS FOLIARES EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES

RESUMO

A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado em projetos de irrigação acarreta acúmulo de sais no solo, os quais, quando em excesso, afetam diversos processos fisiológicos das culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação nas trocas gasosas, teor de clorofila e eficiência do uso da água das plantas de noni (*Morinda citrifolia L.*), cultivadas em dois ambientes e na ausência ou presença de matéria orgânica. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3;1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos. Foram feitas avaliações de condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (relações A/E e A/gs), área foliar, massa específica foliar, grau de suculência e índice relativo de clorofila. Os níveis crescentes de sais inibiram as trocas gasosas foliares, e reduziram os teroes de clorofila. Plantas sob ambiente a céu aberto apresentaram incrementos na massa específica foliar e maiores valores de condutância estomática, fotossíntese e transpiração, quando comparadas às plantas sob telado. Plantas cultivadas sob telado apresentaram maior eficiência no uso da água e menor redução na taxa fotossintética quando cultivadas em niveis moderados e elevados de salinidade da água de irrigação. A matéria orgânica não apresentou ação atenuante dos efeitos deletérios da salinidade nas trocas gasosas das plantas de noni. Com base nos resultados conclui-se que as plantas de noni cultivadas em telado foram menos influenciadas pela salinidade da CEa, sendo esse ambiente o mais indicado para a produção de mudas de noni sob irrigação localizada com água salobra.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L.. Trocaas gasosas foliares. Clorofila.

CHAPE TER 2 - MORPHOLOGICAL CHANGES AND LEAVES GAS EXCHANGE IN PLANTS OF NONI SUBMITTED TO SALINITY IN THE ABSENCE AND PRESENCE OF ORGANIC COMPOUND IN TWO ENVIRONMENTS

ABSTRACT

The use of saline waters or improper management in irrigated areas cause the accumulation of salts in the soil, which when in excess can affect various physiological processes of the crops. The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation water salinity on leaf gas exchange, chlorophyll content and water use efficiency of plants of noni (*Morinda citrifolia* L.) grown in two environments and in the absence or presence of organic matter. The statistical design was a randomized block design arranged in split plot scheme, with 5 repetitions. The plots consisted of the cultivation environments (greenhouse and open sky), the subplots salinity levels of irrigation water (ECw: 0.3, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m-1), and the subsubplots were represented by the absence and presence of organic matter. The combination of these factors resulted in 20 treatments, and each repetition consisted of three pots (one plant per pot), totaling 300 pots. Measurements of stomatal conductance (gs), net photosynthesis (A), transpiration rate (E), water use efficiency (A/E and A/gs), leaf area, specific leaf mass, suculence index and were determined. Increasing levels of salts inhibited the noni leaf growth and gas exchange, and reduced the content of chlorophyll. Plants under full radiotion showed increased specific leaf mass, and higher values of gs, A and E, in relation to plants under 50% of radioation. Plants grown under greenhouse conditions showed greater efficiency in water use and lower reduction in photosynthetic rate when grown at moderate and high levels of salinity of irrigation water. Organic matter did not reduce the deleterious effects of salinity on leaf gas exchange of noni plants. Based on the results it is concluded that noni plants grown in greenhouse were less influenced by salinity Ecw, being this environment more suitable for the production of noni seedlings under irrigation with brackish water.

Keywords: *Morinda citrifolia* L.. Leaf gas exchange. Chlorophyll

1 INTRODUÇÃO

O noni pertence à família Rubiaceae e é uma planta que cresce em uma grande variedade de solos e sobrevive em habitats severos, como em terrenos rochosos, arenosos, costeiros e vulcânicos (ACOSTA, 2003). As folhas e especialmente seu fruto são consumidos sob diferentes formas por várias comunidades do mundo (CHAN-BLANCO, 2006). Nunes *et al*. (2009) afirmaram que apesar dessa cultura apresentar uma adaptabilidade intercontinental, ainda não há no Brasil informações sobre plantios comerciais da mesma. A introdução do noni no Brasil ocorreu há poucos anos e, ainda, não há material propagativo suficiente para o cultivo em escala comercial (TOMBOLATO; BARBOSA; HIROCE, 2005).

A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado de irrigação acarretam acúmulo de sais no solo, os quais, quando em excesso, afetam diversos processos fisiológicos e nutricionais das culturas (MUNNS, 2002). Para Bezerra *et al*. (2003) o excesso de sais da água de irrigação causa redução nas taxas fotossintéticas, na condutância estomática e na transpiração de plantas de cajueiro. Além das variáveis de trocas gasosas Munns e Tester (2008) verificaram declínios nos teores de clorofila, os quais resultam dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas promovidas pelo teor de sais, além do tolerado pelas culturas. Para os respectivos autores, o excesso de sais estimula a atividade enzimática da clorofilase que degrada as moléculas do pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos.

As condições ambientais em que as plantas são cultivadas também exercem papel de destaque por interferir sobre suas características morfológicas e fisiológicas (TAKEUCHI *et al*., 2004). Uma das condições ambientais que deve ser levada em consideração quando se avalia as trocas gasosas de um vegetal é a radiação solar. Para Scalon *et al*. (2003) o sucesso na adaptação de uma espécie a ambientes com baixa ou alta radiação está associado a eficiência na partição dos fotoassimilados para diferentes partes da planta e na rapidez em ajustar variáveis morfofisiológicas no sentido de maximizar a aquisição dos recursos primários.

Uma das alternativas que pode minimizar os efeitos deletérios da salinização e de outros efeitos adversos do ambiente é o emprego de substâncias orgânicas. A matéria orgânica funciona como condicionador orgânico do solo, visto que pode reduzir a percentagem de sódio trocável (PST), em virtude da liberação de CO_2 e produção de ácidos orgânicos, durante a sua decomposição, aumenta a retenção de água e atua como fonte de cálcio e magnésio em detrimento do sódio (BAALOUSHA; MOTELICA; COUSTUMER, 2006). Um exemplo

disso, foi observado por Cavalcante *et al*. (2010), ao detectar a ação atenuante do biofertilizante bovino em plantas de goiabeira paluma (*Psidium guajava*) submetida à salinidade da água de irrigação.

Desta forma, objetivou-se com o presente experimento avaliar variáveis de trocas gasosas e os teores de clorofila em plantas de noni cultivado sob irrigação com águas salinas em solos sem e com adição de matéria orgânica, em ambiente a céu aberto e telado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.2 Delineamento experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.3 Preparo das mudas

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.6 Descrição das variáveis avaliadas

2.6.1 Área foliar, massa espécifica foliar e grau de suculência

A área foliar foi medida aos 110 dias após a aplicação dos tratamentos, utilizando-se de um medidor de superfície (LI - 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, Nebraska, USA). O Grau de suculência e massa específica foliar foram determinados utilizando-se os dados de área foliar (AF), massa fresca foliar (MFFO) e massa seca foliar (MSFO). O grau de suculência foliar foi determinado pela relação (MFFO - MSFO)/AF (MANTOVANI, 1999). A massa específica foliar (MEF) foi obtida pela relação MSFO/AF.

2.6.2 Trocas gasosas e eficiência do uso de água

A condutância estomática (gs), a taxa fotossintética líquida (A) e a taxa transpiratória (E) foram mensuradas nas folhas completamente expandidas, utilizando-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo Li-6400XT (Licor,USA). As determinações foram feitas aos 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) entre

09:00 e 12:00 horas sempre após a irrigação realizada no dia anterior. As medições foram conduzidas sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO_2 e radiação, sendo que esta ultima apresentou media de 1875,8 µmol m^{-2} s^{-1} para condições de céu aberto e 337,8 µmol m^{-2} s^{-1} para o telado. A partir dos dados obtidos foram estimados a eficiência momentânea do uso da água (A/E) e a eficiência intrínseca do uso da água (A/gs).

2.6.3 Teor relativo de clorofila

O índice relativo de clorofila foi determinado aos 60, 90 e 105 DAT, sendo feitas tres leituras na parte mediana das mesmas folhas utilizadas nas determinações de trocas gasosas, utilizando-se clorofilômetro Minolta Spad.

2.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através do programa “ASSISTAT 7.5 BETA”, consistindo da análise de variância, análise de regressão para os efeitos da salinidade e comparação de médias pelo teste de Tukey para os efeitos do ambiente e da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Área foliar, massa específica foliar e grau de suculência

Conforme se observa pelo resumo da análise de variância o ambiente, os níveis de sais e matéria orgânica, isoladamente, promoveram diferenças significativas pelo Teste F ($p < 0,01$) na área foliar (Tabela 2.1). O grau de suculência foliar foi afetado significativamente apenas pelo fator isolado matéria orgânica. Já os fatores isolados e a interação sal x matéria orgânica influenciaram significativamente a massa específica foliar de noni.

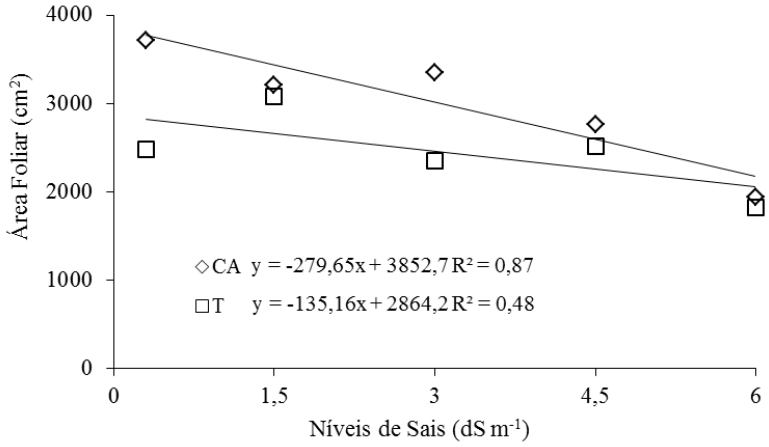
Tabela 2.1 - Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), massa específica foliar (MEF) e grau de suculência (GS) de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio		
		AF	GS	MEF
Bloco	4	1153990,42^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Amb (a)	1	6081343,41**	0,00043^{ns}	0,00016**
Resíduo (a)	4	1053130,15	0,00102	0,0000
Sal(b)	4	5858386,24**	0,00030^{ns}	0,00001*
Amb x Sal	4	1031568,37^{ns}	0,00004^{ns}	0,0000^{ns}
Resíduo (b)	32	888215,85	0,00026	0,0000
MO (c)	1	24906168,20**	0,01708**	0,00044**
Amb x MO	1	582465,08^{ns}	0,00004^{ns}	0,00002^{ns}
Sal x MO	4	740627,88^{ns}	0,00058^{ns}	0,00002*
Amb x Sal x MO	4	748659,92^{ns}	0,00007^{ns}	0,0000
Resíduo (c)	40	855998,46	0,00051	0,00001
CV(a)	-	37,30	49,01	31,31
CV(b)	-	34,26	49,76	30,80
CV(c)	-	33,63	69,68	49,96

**,* e ^{ns} - significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. GL - grau de liberdade. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Verificou-se que a AF reduziu linearmente com o aumento da CEa, sendo a redução mais acentuada quando as plantas foram cultivadas a céu aberto. As reduções lineares foram de 279,65 cm^2 quando as plantas foram cultivadas a céu aberto e 135,16 cm^2 quando cultivadas em telado para cada aumento unitário na CEa (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Área foliar (AF) de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Analisando-se o efeito isolado da matéria orgânica na área foliar de noni observa-se um acréscimo de 998,1 cm^2 nos tratamentos acrescidos do referido insumo (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Área foliar (cm^2) de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Matéria Orgânica	Área Foliar
Ausência de MO	2251,91 b
Presença de MO	3250,03 a

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Os resultados que mostram redução da superfície foliar em função dos níveis crescente de salinidade avaliadas no presente estudo, corroboram com os relatados por diversos autores como: Souto (2011) em noni, Figueiredo, Faria e Silva (2006) em cafeeiro arábica cultivar Catuaí, Nazário *et al*. (2010) em cafeeiro conilon, Azevedo Neto e Tabosa (2000), em genótipos de milho, por Koyro (2006) em plantas *P. coronopus*, Bernstein, Kravchik e Dudai (2009) em plantas de *O. basilicum*, por Sabra, Daayf e Renault (2012) em espécies de *Echinacea*, por Tounekti *et al*. (2012) em plantas de *S. officinalis* e Nery *et al*. (2009) ao avaliaram o crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas L*.).

De acordo com Silva *et al*. (2009), uma das primeiras respostas das plantas submetidas ao estresse salino é a redução na taxa de crescimento foliar, e isto se deve à diminuição na divisão celular e expansão celular (Parida e Das, 2005). Já para Taiz e Zeiger, (2013), a diminuição da área foliar pode ser considerada uma defesa imediata e eficiente contra o déficit hídrico ocasionado pelo excesso de sais no solo visto que, sob tais condições,

a planta transpira menos, em função da menor superfície disponível para a perda de água, entretanto, essa redução também reduz a capacidade de produção de fotoassimilados, o que limita a produtividade da planta sob condições de estresse.

A salinidade do solo reduz o potencial osmótico, refletindo na diminuição da absorção de água pelas plantas, comprometendo os processos fisiológicos. Assim, as plantas podem apresentar modificações morfofisiológicas a fim de aumentar sua tolerância à salinidade, com destaque para a redução na emissão e no alongamento das folhas, diminuindo a superfície (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Para Silva (2011) a redução da expansão da área foliar na pesquisa com noni pode ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, causando injúrias nas folhas como queimaduras nas bordas ou sintomas de clorose nas folhas.

O ambiente quando analisado isoladamente proporcionou um acréscimo estatisticamente significativo de 0,00252 g dm^{-2} na massa específica foliar nas plantas cultivadas a céu aberto quando comparada as cultivadas em telado. Já o grau de suculência das plantas não foi influenciado estatisticamente pelos fatores ambientais (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Massa específica foliar (MEF) (g cm^{-2}) e grau de suculência (GS) (g H_2O dm^{-2}) e em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto (CA) e telado (T) aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	MEF	GS
CA	0,00668 a	0,03458 a
T	0,00416 b	0,03045 a

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Analisando-se o efeito isolado da matéria orgânica nas variáveis MEF e GS constata-se na Tabela 2.4 que a presença de matéria orgânica proporcionou diminuição estatisticamente significativo de 0,00418 g dm^{-2} na MEF e de 0,02613 gH_2O dm^{-2} no GS.

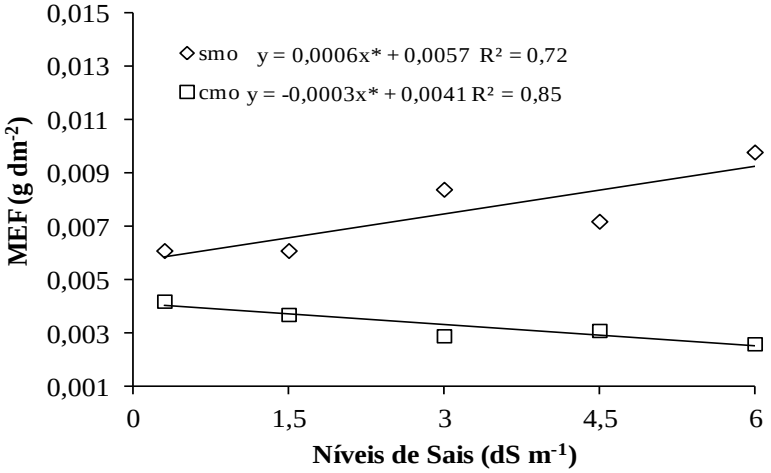
Tabela 2.4 – Massa específica foliar (MEF) (g dm^{-2}) e grau de suculência (GS) (g H_2O dm^{-2}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral- CE. 2011

Matéria Orgânica	MEF	GS
Ausência de MO	0,00751 a	0,04558 a
Presença de MO	0,00333 b	0,01945 b

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Avaliando-se o efeito da interação dupla sal x matéria orgânica na MEF observa-se na Figura 2.2 que a variável ajustou-se a um modelo linear, porém com um comportamento inverso quanto à ausência ou presença de matéria orgânica. Observa-se que a ausência de matéria orgânica proporcionou um incremento de 0,0006 g dm^{-2} na MEF para cada aumento unitário na CEa. Na presença do insumo constatou-se uma redução de 0,0003 g dm^{-2} na variável em relação aos níveis crescentes de salinidade.

Figura 2.2 – Massa específica foliar (MEF) (g dm^{-2}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral- CE. 2011



Fonte: O autor.

Diversos autores têm comprovado a influência dos efeitos dos sais em variáveis como a suculência e a massa específica foliar. Trindade *et al*. (2006) e Lacerda *et al*. (2006) constataram aumento significativo na suculência foliar e massa específica foliar em plantas de *Vigna unguiculata* submetidas a estresse salino. Larcher (2006) inferiu que a importância da suculência foliar em plantas expostas a estresse salino deve-se a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares e dependem diretamente da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares, contribuindo para reduzir o efeito dos sais sobre o crescimento da planta.

3.2 Trocas gasosas e uso eficiente da água

A análise de variância para a condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), a taxa de transpiração (E) e o uso eficiente de água (A/E e A/gs) de plantas de noni, aos 60 e 90 DAT, encontram-se representada na Tabela 2.5. Considerando o fator isolado ambiente, observa-se que todas as trocas gasosas sofreram influência significativa aos 90 DAT ($p < 0,01$

e $p < 0,05$). Por outro lado, a salinidade influenciou todas as variáveis de trocas gasosas determinadas no presente trabalho, exceto E aos 90 DAT. O fator matéria orgânica só influenciou A e A/E aos 90 DAT (Tabela 2.5). Quando se observa as interações entre os fatores, o ambiente x sal influenciou todas as variáveis com exceção para gs (duas épocas de coleta), A e A/gs aos 90 DAT. O ambiente x matéria orgânica influenciou a gs e E (90 DAT) e A/gs nas duas épocas de coletas. Na interação sal x matéria orgânica e na interação tripla, nenhuma das variáveis foi influenciada.

Tabela 2.5 - Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração (E), e uso eficiente de água (A/E e A/gs) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		gs		A		E		A/E		A/gs	
		60	90	60	90	60	90	60	90	60	90
Bloco	4	0,02^{ns}	0,08^{ns}	8,17ns	8,13^{ns}	10,81^{ns}	19,79^{ns}	0,20^{ns}	0,63^{ns}	496,09^{ns}	16,32^{ns}
Amb (a)	1	0,02^{ns}	1,59**	6,39^{ns}	91,22*	0,04^{ns}	218,49**	0,14^{ns}	1,64*	1,05^{ns}	1235,25**
Residuo (a)	4	0,06	0,07	5,28^{ns}	10,91	5,36	8,99	0,09	0,17	428,08	50,35
Sal(b)	4	0,016**	0,15*	4,02**	12,52**	7,25**	1,02^{ns}	0,13**	0,09*	99,32**	195,09**
Amb x Sal	4	0,03^{ns}	0,05^{ns}	2,35*	0,29^{ns}	2,24*	8,88**	0,15**	0,34**	164,71^{ns}	137,18**
Resíduo (b)	32	0,02	0,02	0,74	1,86	0,77	0,80	0,035	0,05	78,92	26,98
MO (c)	1	0,01^{ns}	0,00008^{ns}	0,007^{ns}	48,98**	0,15^{ns}	1,73^{ns}	0,011^{ns}	0,25**	74,51^{ns}	16,04^{ns}
Amb x MO	1	0,04^{ns}	0, 025**	0,21^{ns}	0,28^{ns}	0,62^{ns}	3,99**	0,004^{ns}	0,03^{ns}	318,53*	298,54**
Sal x MO	4	0,02^{ns}	0,02^{ns}	0,95^{ns}	1,81^{ns}	0,45^{ns}	0,88^{ns}	0,004^{ns}	0,03^{ns}	58,13^{ns}	47,81^{ns}
Amb x Sal x MO	4	0,00093 ^{ns}	0,02^{ns}	1,76^{ns}	0,55^{ns}	0,61^{ns}	0,76^{ns}	0,023^{ns}	0,05^{ns}	8,31^{ns}	27,86^{ns}
Resíduo (c)	40	0,00099	0,03	0,95	1,41	0,71	0,55	0,021	0,03	55,94	21,79
CV(a)		47,02	52,66	28,09	28,21	39,05	36,77	21,83	27,95	39,56	28,03
CV(b)		20,48	29,	10,48	11,64	14,77	10,95	13,30	14,30	16,99	20,52
CV(c)		18,30	32,83	11,91	10,13	14,18	8,97	10,23	10,80	14,30	18,44

**,* e ns – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Quando se compara as plantas cultivadas a céu aberto com as do ambiente telado, isoladamente, verifica-se que, aos 90 DAT, houve um ganho estatisticamente significativo de 0,25 mol m^{-2} s^{-1}, 1,91 μmol m^{-2} s^{-1} e 2,96 mmol m^{-2} s^{-1}, respectivamente, para gs, A e E, das plantas cultivadas a céu aberto, em relação as do telado (Tabela 2.6).

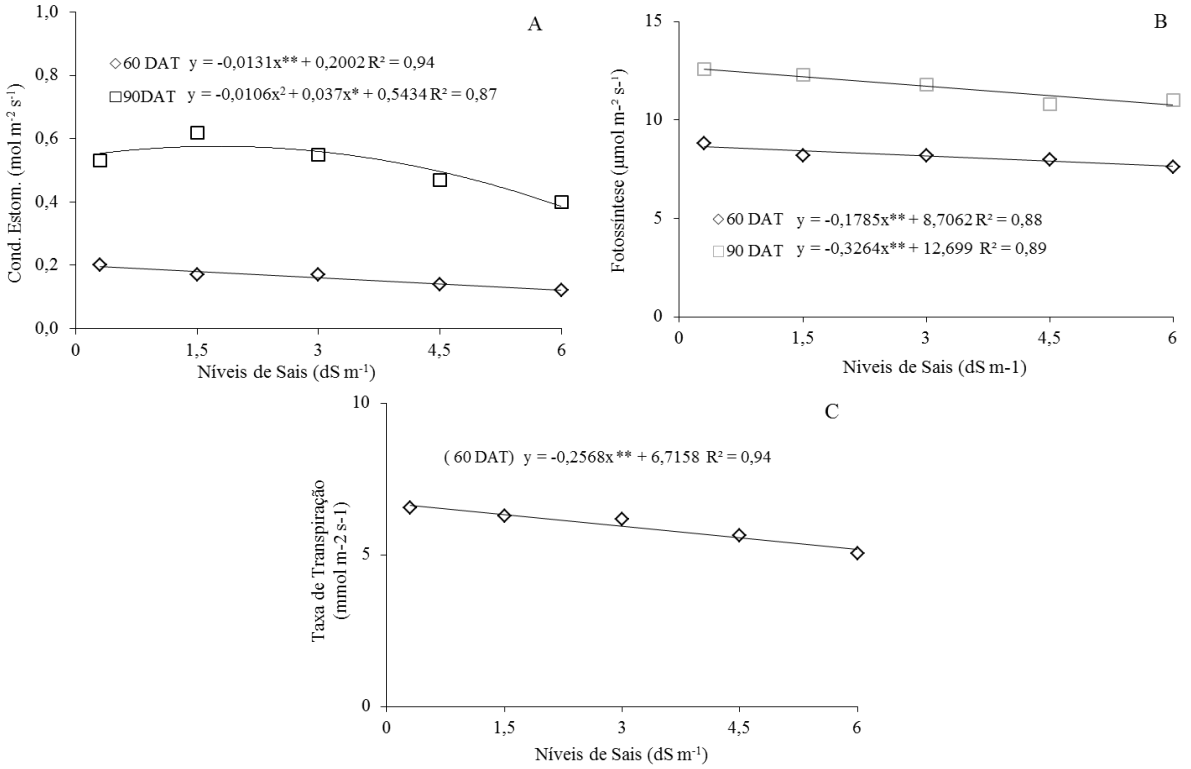
Tabela 2.6 - Condutância estomática (gs) (mol m^{-2} s^{-1}), fotossíntese líquida (A) (μmol m^{-2} s^{-1}) e taxa de transpiração (E) (mmol m^{-2} s^{-1}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 90 DAT. Sobral- CE. 2011

Ambiente	gs
Céu Aberto	0,64 a
Telado	0,39 b
	A
Céu Aberto	12,66 a
Telado	10,75 b
	E
Céu Aberto	9,63 a
Telado	6,67 b

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$ e $p < 0,05$).

Analisando-se o efeito isolado dos sais nas trocas gasosas do noni, constatou-se que para cada aumento unitário na CEa a gs apresentou redução nos resultados adequando-se a um modelo polinomial linear aos 60 DAT e quadrático aos 90 DAT (Figura 2.3A). A gs, aos 60 DAT foi reduzida linearmente em 0,02 mol m^{-2} s^{-1} e já aos 90 DAT o maior valor (0,57 mol m^{-2} s^{-1}) foi constatado quando as plantas foram irrigadas com água de 1,74 dS m^{-1} a partir do qual iniciou o decréscimo nos valores da variável. A taxa fotossintética apresentou redução linear decrescente de 0,18 e 0,33 μmol m^{-2} s^{-1} respectivamente aos 60 e 90 DAT, (Figura 2.3B). Do mesmo modo, a E ajustou-se a uma tendência linear decrescente com uma redução de 0,26 mmol m^{-2} s^{-1} quando as plantas foram analisadas aos 60 DAT (Figura 2.3C).

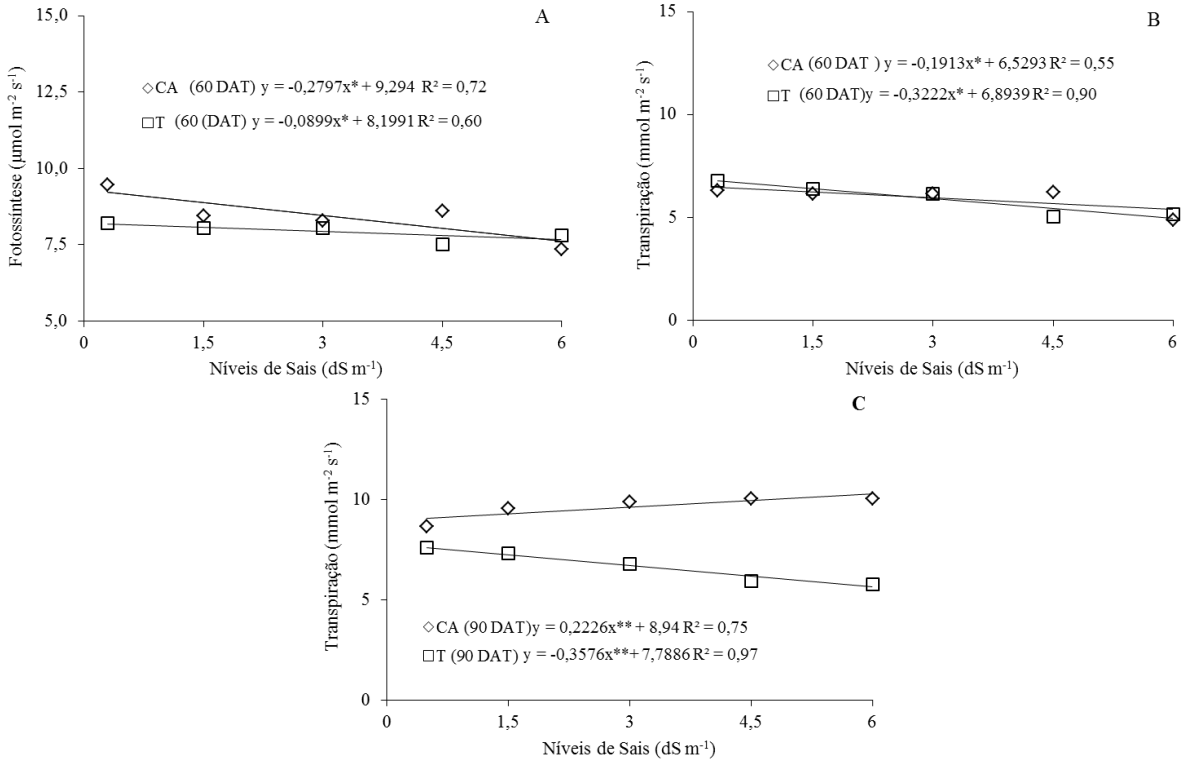
Figura 2.3 - Condutância estomática (A), fotossíntese líquida (B) aos 60 e 90 DAT e taxa de transpiração (C), aos 60 DAT, em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral – CE. 2011



Fonte: O autor.

Na interação ambiente x sal a taxa de fotossíntese decresceu com o aumento crescente nos teores de sais da água de irrigação nos dois ambientes pesquisados (Figura 2.4 A). Nos tratamentos conduzidos a céu aberto houve um decréscimo linear de 0,28 µmol m^{-2} s^{-1} sendo maior do que no ambiente telado que mostrou redução linear de 0,09 µmol m^{-2} s^{-1} para cada aumento unitário na CEa. Também foi constatado redução nas taxas de transpiração de 0,19 e 0,32 mmol m^{-2} s^{-1} respectivamente para as plantas cultivadas a céu aberto e telado, aos 60 DAT (Figura 2.4B). Por outro lado, nas coletas realizadas aos 90 DAT (Figura 2.4 C), nos tratamentos conduzidos a céu aberto, constatou-se um ganho de 0,22 mmol m^{-2} s^{-1} na taxa de transpiração, enquanto nos conduzidos em telado uma redução de 0,36 mmol m^{-2} s^{-1} com o aumento unitário dos valores de CEa.

Figura 2.4 – Fotossíntese líquida (A) aos 60 DAT, taxa de transpiração aos 60 e 90 DAT (B e C), em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

A gs das plantas cultivadas a céu aberto mostrou-se superior tanto na ausência como na presença de matéria orgânica, com um acréscimo de 0,35 e 0,15 mol m^{-2} s^{-1}, respectivamente para ausência e presença do insumo orgânico (Tabela 2.7). Os valores da taxa de transpiração das plantas cultivadas a céu aberto foram superiores aos das plantas cultivadas em telado, tanto na ausência como na presença de matéria orgânica. O incremento, comparando-se os ambientes na ausência e presença de matéria orgânica (90 DAT) alcançado nesta variável foi de 3,36 e 2,55 mmol m^{-2} s^{-1}, respectivamente, para ausência e presença de matéria orgânica quando as plantas foram cultivadas a céu aberto.

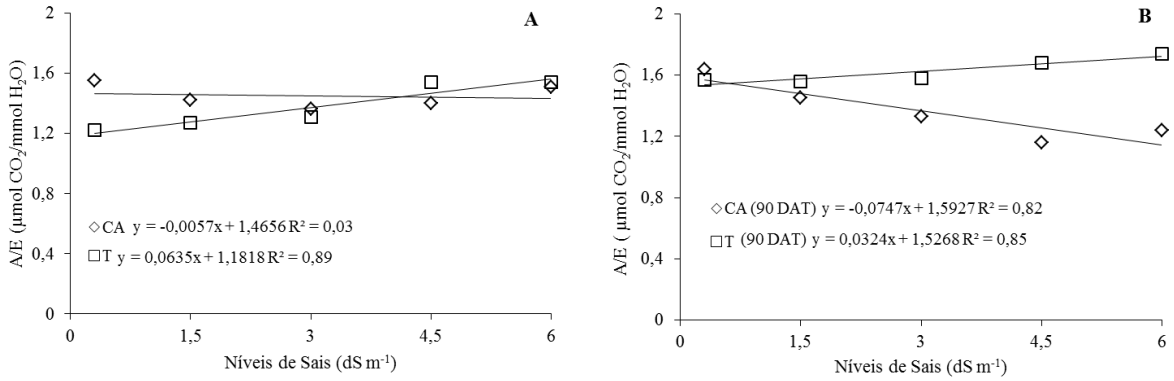
Tabela 2.7 - Condutância estomática (gs) (mol m^{-2} s^{-1}) e taxa de transpiração (E) (mmol m^{-2} s^{-1}) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado na ausência e presença de matéria orgânica aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO
	gs	
CA	0,69 aA	0,59 aA
T	0,34 bA	0,44 bA
	E	
CA	9,70 aA	9,56 aA
T	6,34 bB	7,0 bA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas colunas e maiúsculas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,01).

Constata-se na Figura 2.5 que para cada aumento unitário na CEa houve redução linear na eficiência momentânea do uso da água, A/E de 0,0057 e 0,0747 µmol CO_2/mmol H_2O, nas plantas cultivadas a céu aberto aos 60 e 90 DAT, respectivamente. Já quando as plantas foram cultivadas em telado houve um aumento de 0,0635 e 0,0324 µmol CO_2/mmol H_2O na variável nas coletas de dados aos 60 e 90 DAT, respectivamente, com os valores sendo superiores nas plantas cultivadas em telado notadamente aos 90 DAT.

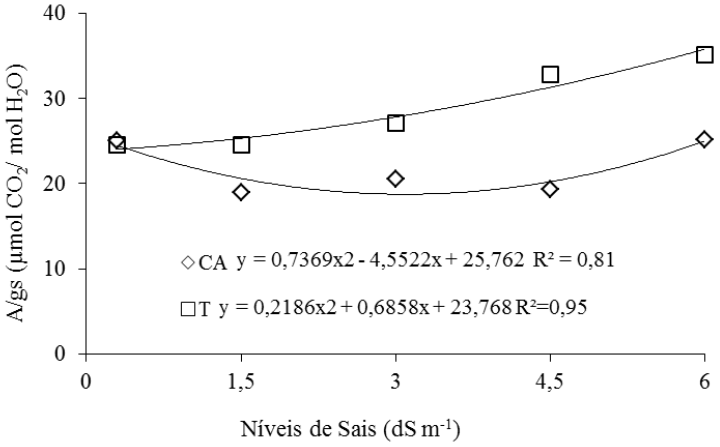
Figura 2.5 – A/E µmol CO_2/mmol H_2O em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 DAT (A) e 90 DAT (B). Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Na análise da interação ambiente x sal na eficiência intrinseca do uso da água, A/gs, verifica-se que o incremento na A/gs foram maiores nas plantas cultivadas em céu aberto, em relação às cultivadas em telado (Figura 2.6). Em céu aberto, o teor minimo observado foi de 3,08 µmol CO_2/mol H_2O na A/gs onde a partir do qual passaram a ser crescentes. Já em ambiente telado teor minimo observado foi 1,56 a partir do qual passaram a ser crescentes (Figura 2.6).

Figura 2.6 – A/gs µmol CO_2/ mol H_2O em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Avaliando-s a interação ambiente x matéria orgânica a A/gs µmol CO_2/mol H_2O, aos 60 DAT, constata-se na Tabela 2.8 que a presença de matéria orgânica promoveu um acréscimo de 5,29 µmol CO_2/mol H_2O em plantas cultivadas em telado. Comparando as plantas cultivadas em céu aberto e telado aos 90 DAT, verifica-se que na ausência de matéria orgânica as cultivadas em telado tiveram um maior incremento na variável (10,48 µmol CO_2/mol H_2O) o mesmo não sendo observado nos tratamentos com matéria orgânica que em ambiente a céu aberto o incremento foi menor 3,57 µmol CO_2 mol H_2O.

Tabela 2.8 A/gs µmol CO_2/mol H_2O em folhas de plantas em *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral- CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO	Ausência MO	Presença MO
	60		90	
CA	51,27 aA	53,11 aA	19,67 bB	23,93 aA
T	55,04 aA	49,75 aB	30,15 aA	27,50 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

A redução da gs nas plantas com o aumento na salinidade da água de irrigação sugere que houve redução do fluxo de água da planta, devido provavelmente à concentração de sais na zona radicular, diminuindo o metabolismo vegetal. Silva *et al*. (2010) trabalhando com porta enxertos de café Conilon constataram redução significativa na gs em resposta ao déficit hídrico e Freitas (2012) em plantas do gênero *Plectranthus*, cultivadas em pleno sol constatou um decréscimo na gs entre os níveis extremos de salinidade (0,7 e 5,5 dS m^{-1}).

Silva (2011) inferiu também que a salinidade afetou a gs das plantas de *Vigna unguiculata* com redução de 19,47, 35,50 e 51,54% nos tratamentos 2,2; 3,6 e 5,0 dS m^{-1} respectivamente, quando comparados com o tratamento testemunha 0,5 dS m^{-1}. Assis Junior (2007) constatou que a gs foi a variável que apresentou maior redução quando as plantas de feijão de corda estavam submetidas a diferentes salinidades.

Em menores níveis de gs, os estômatos encontram-se mais fechados, funcionando como uma barreira física à entrada do CO_2 nas células mesofílicas, refletindo em menores taxas de carboxilação. Entretanto, sob condições de estresse, especialmente o hídrico e salino, o fechamento estomático pode ser visto como uma resposta positiva da planta para atenuar a perda de água (TAIZ; ZEIGER, 2013), desde que o aparelho fotossintético seja ajustado a estas condições e não reflita em menor desenvolvimento.

Um estudo de fisiologia feito por Praxedes (2008), comparando duas cultivares de feijão-de-corda, Pitiúba e TVU, mostrou que o estresse salino provocou maior inibição na assimilação líquida de CO_2, prejudicando a fotossíntese líquida e a produção de fotoassimilados na cultura. De acordo com Lacerda *et al*. (2003), a salinidade afeta o fechamento estomático limitando a assimilação liquida de CO_2, e inibe a expansão foliar reduzindo a área destinada ao processo fotossintético.

Koyro (2006) explica que reduções na gs e E pode representar um mecanismo de adaptação para lidar com o excesso de sal, uma vez que o fechamento estomático associado a uma transpiração mínima tende a reduzir a concentração de sais nas folhas. Para Atteya (2003) as reduções na gs estão associadas ao declínio no potencial hídrico e conteúdo relativo d'água na matéria seca da folha. Para o autor a diminuição desta variável fisiológica ocorre como estratégia de economia hídrica, uma vez que quanto menor a gs menor é a tendência de transpiração.

O decréscimo nas taxas de fotossíntese liquida nas plantas de noni irrigadas com água salina estão em conformidade com os resultados observados por Silva (2011) em *Vigna unguiculata* no qual observou que esta leguminosa teve seus valores reduzidos na taxa fotossintética em 16,16; 20,58 e 16,95%, nos tratamentos com 2,2; 3,6 e 5,0 dS m^{-1} respectivamente, quando comparados tratamento testemunha (0,5 dS m^{-1}).

Com relação ao ambiente de cultivo e o aumento nos níveis de sais da água de irrigação no estudo com noni os resultados estão de acordo com Freitas (2012), o qual constatou em plantas do gênero *Plectranthus* cultivadas em telado uma menor redução no desempenho fotossintético quando comparadas com as cultivadas em pleno sol. Resultados semelhantes foram também obtidos por Deng *et al*. (2012), que registraram para plantas de

Jasminum sambac melhor desempenho fotossintético quando cultivadas em ambientes com 50% de irradiância.

As baixas taxas fotossintéticas encontradas em função da salinidade mostram que o aumento dos níveis de sais proporcionou redução da condutância estomática, o que acarretou diminuição da pressão parcial de CO_2 intercelular, interferindo negativamente na assimilação de CO_2 por parte do aparelho fotossintético. Angelocci (2002), semelhantemente, observou reduções na fotossíntese de plantas de pimentão, em função do efeito prejudicial proporcionado pelo NaCl nas trocas gasosas da cultura.

Quanto à taxa transpiratória Loreto, Centritto e Chartzoulakis, (2003) em plantas de oliva, Cruz *et al*.(2003) em limoeiro, Nogueira, Alaufa e Albuquerque (2004) em pinheira e Massai, Remorini e Tattini (2004) na cultura de pêssego, identificaram respostas semelhantes às observadas no presente trabalho. Para Assis Junior (2007) e Neves *et al*. (2009), a aplicação contínua de água com 5,0 dS m^{-1} suprime a transpiração, independentemente do estado fenológico das plantas e para Silva *et al*. (2003) a transpiração geralmente tende a declinar com o aumento da salinidade na rizosfera.

No que diz respeito às respostas de noni ao ambiente, os valores alcançados na E estão em coerência com as observadas por Freitas (2012) ao constatar que as espécies de *Plectranthus* apresentaram maiores taxas quando cultivadas em telado. A autora afirmou que as plantas cultivadas em pleno sol e irrigadas com água entre os níveis de salinidade 0,7 e 5,5 dS m^{-1} apresentaram uma redução mais drástica na transpiração com o aumento da CEa, com percentuais de 79,17%, 71,70% e 52,18% para *P. amboinicus*, *P. barbatus* e *P. grandis*, respectivamente.

Com relação ao uso eficiente de água, Silva (2012) afirmou que plantas cultivadas em ambiente protegido apresentam respostas diferentes das plantas cultivas a céu aberto, em função de alterações em variáveis microclimáticas e, consequentemente, na evapotranspiração. Isso pode ser verificado no presente trabalho onde as plantas cultivadas sob telado usaram de modo mais eficiente a água fornecida pelas irrigações o que pode está relacionado à menor demanda evaporativa do ar neste ambiente.

De modo semelhante, no que diz respeito às respostas de noni ao ambiente, a maior eficiência do uso da água no ambiente telado estão em consonância com os observados por Freitas (2012) em espécies de *Plectranthus grandis* irrigadas com águas com diferentes salinidades.

3.3 Teor relativo de clorofila

Na Tabela 2.9 verifica-se que a variável teor de clorofila foi influenciada aos 60 DAT pela matéria orgânica, aos 90 DAT pelos três fatores isolados e aos 105 pelas interações ambiente x matéria orgânica e sal x matéria orgânica.

Tabela 2.9 - Resumo da análise de variância para o índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 60; 90 e 105 DAT. Sobral - CE. 2011

		Quadrado médio		
Fontes de Variação	GL	60	90	105
Blocos	4	18,70^{ns}	46,32^{ns}	1,71**
Amb(a)	1	75,69^{ns}	605,16*	28,44^{ns}
Residuo (a)	4	74,47	63,36	46,72
Sal(b)	4	20,72^{ns}	64,79**	13,48^{ns}
Amb x Sal	4	37,13^{ns}	53,39^{ns}	24,05^{ns}
Resíduo(b)	32	17,28	25,62	10,01
MO(c)	1	293,09**	272,25*	56,25^{ns}
Amb x MO	1	32,49^{ns}	0,09^{ns}	850,69**
Sal x MO	4	14,22^{ns}	37,63^{ns}	49,45*
Amb x Sal x MO	4	24,63^{ns}	16,39^{ns}	9,81^{ns}
Resíduo (c)	40	17,68	37,76	18,47
CV(a)	-	18,22	15,45	11,90
CV(b)	-	8,78	9,82	5,50
CV(c)	-	8,88	11,93	7,54

**,* e ns – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Na Tabela 2.10, analisando-se o efeito isolado dos ambientes, constata-se que as plantas cultivadas sob telado superaram em 4,9 o IRC das plantas cultivadas em ambiente a ceu aberto.

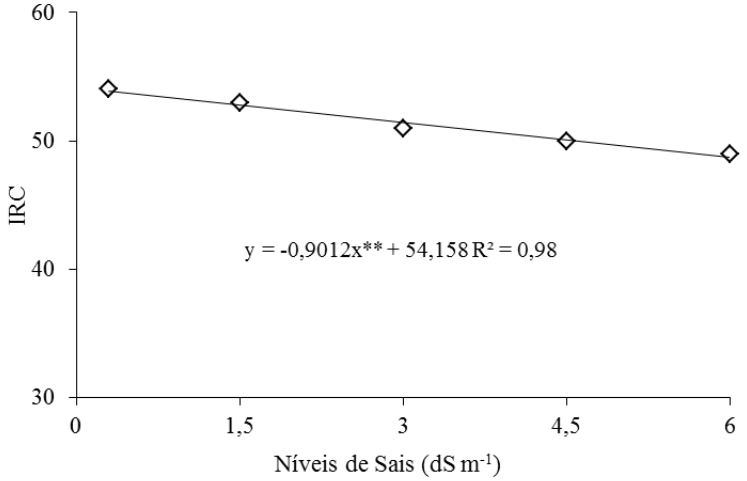
Tabela 2.10 - Índice relativo de clorofila em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	90 DAT
Céu Aberto	49,06 b
Telado	53,98 a

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O Índice relativo de clorofila foi inibido linearmente pelo fator isolado níveis de sais somente aos 90 DAT (Figura 2.7) observando-se redução linear de 0,90 no valor do IRC para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água utilizada na irrigação, sendo que o menor valor de IRC foi constatado quando as plantas foram irrigadas com CEa = 6,0 dS m^{-1}.

Figura 2.7 - Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Na interação ambiente x matéria orgânica somente aos 105 DAT observou-se resultado estatisticamente significativo. Verifica-se na Tabela 2.7 que o maior IRC (61,19) foi alcançado na presença de matéria orgânica em plantas cultivadas em ambiente com restrição de luz, telado. Por outro lado no ambiente sem restrição de luz, céu aberto, constatou-se o maior IRC (58,62) quando a matéria orgânica não se encontrava presente.

Tabela 2.11 - Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 105 DAT. Sobral- CE. 2011

Ambiente	Ausência de MO	Presença de MO
CA	58,62 aA	54,29 bB
T	53,85 bB	61,19 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas colunas e maiúsculas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,01).

A interação sal x matéria orgânica (Tabela 2.12), mostrou que embora os resultados sejam estatisticamente significativos aos 105 DAT não foi possível obter nenhum ajuste matemático que pudesse explicar os dados obtidos.

Tabela 2.12 – Índice relativo de clorofila (IRC) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 105 DAT. Sobral - CE. 2011

Nível de Sal	Ausência MO	Presença MO
0,3	55,65 A	57,16 A
1,5	52,86 B	59,30 A
3,0	58,83 A	57,25 A
4,5	58,02 A	57,18 A
6,0	55,82 A	57,83 A

Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados que mostram redução do IRC em função dos ambientes de cultivo avaliadas no presente estudo, corroboram com os relatos de autores como Raven, Evert e Eichhorn (2007), Zhang *et al*. (2007) e Taiz e Zeiger (2013) ao afirmaram que comumente, as folhas sob baixa irradiância em contraste com aquelas em pleno sol são mais largas e mais finas e têm maior concentração de clorofila por centro de reação e uma alta proporção de clorofila b em relação à clorofila a. De modo semelhante Lima *et al*. (2011), verificaram que a deficiência de luz influenciou o crescimento e a produção de pigmentos fotossintéticos em plantas de *Achillea millefolium*, causando aumento significativo nos teores de clorofila a, b, total e carotenóides.

A redução no IRC percebida na pesquisa com noni estão em consonância com Jamil (2007) ao afirmar que o estresse salino reduz a concentração de clorofila a, b e total em plantas sensíveis a salinidade. Para esses autores, plantas sob estresse salino conduzem a destruição da estrutura do cloroplasto, o que leva a redução do conteúdo de clorofila. Da mesma forma Tawfik (2008) constatou redução progressiva dos pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b, total e carotenóides) no feijão vigna quando submetidos a estresse salino de 50 e 75 mM de NaCl. Taffouo *et al*. (2009) testando a tolerância à salinidade em 21 cultivares de feijão vigna, verificaram também que a clorofila total foi significativamente diminuída por soluções salinas (25, 50, 100 e 200 mM de NaCl), especialmente por 200 mM e a magnitude da redução variou de acordo com as cultivares.

Resultados similares ao desse estudo foram observados por Praxedes, Ferreira e Gomes Filho (2009) em estudos com feijão de corda irrigados com águas salinas, observaram redução no teor de clorofila. Do mesmo modo, diversas pesquisas tem mostrado reduções nos teores de clorofila em plantas submetidas à salinidade como os apresentados por Lima *et al*. (2004) em plantas de *Oryza sativa*, por Santos (2004) em plantas de *Helianthus annuus* L, em arroz por Lima *et al*. (2004), e pimenta malagueta por Ribeiro *et al*. (2007). Para Taffouo *et*

al. (2009) a redução da clorofila é atribuída a um enfraquecimento do complexo proteína pigmento, nas cultivares mais sensíveis, devido à indução do sal.

Os declínios nos teores de clorofila, conforme Santos (2004) e Munns e Tester (2008), são resultados dos desequilíbrios nas atividades fisiológicas e bioquímicas promovidas pelo teor de sais, além do tolerado pelas culturas. Para os respectivos autores, o excesso de sais estimula a atividade enzimática da clorofilase que degrada as moléculas do pigmento fotossintetizante e induz a destruição estrutural dos cloroplastos, provocando também o desbalanceamento e perda de atividade das proteínas de pigmentação.

Em contradição aos resultados alcançados com noni, autores como Mendes (2009) observou incremento no teor de clorofila "a" e "b" nas plantas de *Ananas porteanus* submetidas ao estresse salino; Graciano *et al*. (2011), relataram um aumento nos teores de pigmentos fotossintéticos em *Arachis hypogaea* L. registrando acréscimo de 18,5% no IRC quando tratadas com solução salina de 8,5 dS m^{-1} em relação àquelas submetidas a CEa de 1,0 dS m^{-1} e Lacerda *et al*. (2006) observaram a maior concentração de clorofila em plantas de *Vigna unguiculta* L. quando cultivado em ambiente salino com 75 mM de NaCl.

Para Lacerda *et al*. (2006) o aumento do teor de clorofila por unidade de área foliar pode ser uma evidência da maior espessura do mesófilo associada ao aumento da suculência foliar e da massa específica foliar. Além disso, o incremento nos teores de clorofila pode ser resultado do desenvolvimento do cloroplasto (aumento no número de tilacóides) ou do aumento no número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético.

Embora o efeito estatisticamente significativo dos sais x matéria orgânica nos teores de clorofila da pesquisa com noni só tenha sido observado aos 105 DAT, estes resultados foram semelhantes aos apresentados por Cavalcante *et al*. (2011), ao constatarem diferenças significativas no teor de clorofila em pesquisas com maracujazeiro amarelo irrigados com água salina e adubados com biofertilizantes bovino.

Portando, em adição, Parida e Das (2005) concluiram que enquanto alguns autores registram redução dos teores de clorofila outros registraram incrementos da mesma como resposta ao estresse salino. Desta forma, quanto ao teor de clorofila, pode-se dizer que o noni é uma planta que apresenta certa tolerância aos sais visto que somente aos 90 DAT mostrou decréscimo, com efeito, estatisticamente significativo sobre esta variável.

4 CONCLUSÕES

1. O estresse salino inibiu o crescimento, as trocas gasosas foliares, e os teores de clorofila.
2. Plantas sob ambiente a céu aberto apresentaram incrementos na massa específica foliar e maiores valores de condutância estomática, fotossíntese e transpiração, quando comparadas às plantas sob telado.
3. Plantas cultivadas sob telado apresentaram maior eficiência no uso da água e menor redução na taxa fotossintética quando cultivadas em níveis moderados e elevados de salinidade da água de irrigação, indicando que esse ambiente é mais indicado para a produção de mudas de noni sob irrigação localizada com água salobra do que o cultivo em céu aberto.
4. A matéria orgânica não apresenta ação atenuante dos efeitos deletérios da salinidade nas trocas gasosas das plantas de noni.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. A. **Manejo ecológico del cultivo de noni. Proyeto de generacion y transferência de tecnologias limpias para La producion del noni (*Morinda citrifolia* L), em Panamá**. Panamá: Instituto de Investigacion Agropecuária de Panamá Agencia Espanola de Cooperacion Internacional, Panamá, 2003. 18p.

ANGELOCCI, L. R.. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba, Edição do Autor. 2002, 272p.

ASSIS JÚNIOR, J. O. **Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da salinidade da água e da fração de lixiviação**. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ATTEYA, A. M. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 29, n. 3, p.63-76, 2003.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 159-164, 2000.

BAALOUSHA, M.; MOTELICA - HEINO, M.; COUSTUMER, P. Conformation and size of humic substances: effects of major cátion concentration and type, pH, salinity, and residence time. **Colloids and Surface**, Amsterdam, v. 272, p. 48-55, 2006. Disponível em: <htpp:// www.elsevier.com/locate/colsurfa. Acesso em: 02 nov. 2013.

BERNSTEIN, N.; KRAVCHIK, M.; DUDAI, N. Salinity -induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. **Annals of Applied Biology**, v.156, p.167-177, 2009.

BEZERRA, M. A. *et al*. Fotossíntese de Plantas de Cajueiro-Anão Precoce Submetidas ao Estresse Salino. In: **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort**. v. 47, p. 149-152. Fruit/Frutales, October, 2003.

CAVALCANTE, L. F. *et al*. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino**. Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, p. 699-705, 2011.

CAVALCANTE, L. F.*et al*.Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CHAN-BLANCO, Y. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 645-654, 2006.

CRUZ, J. L. *et al*. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro ‘cravo’ submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

DENG, Y. *et al*. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure**. Plant Physiology and Biochemistry**, v. 55, p. 93-102, 2012.

FIGUEIREDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2006.

FREITAS, M. A. C. **Crescimento, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *Plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade.** 2012. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GRACIANO, E. S. A. *et al*. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 794-800, 2011.

JAMIL, M. Salinity reduced growthPS2 photochemistry and chlorophyll content radish. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 111-118, 2007.

KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). **Environmental and Experimental Botany**, Brasil, v. 56, p. 136–146, 2006.

LACERDA, C. F. *et al*. A. Morphophysiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 455-465, 2006.

LACERDA, C. F.*et al*. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress**. Environmental and Experimental Botany**, Brazil, v. 49, p. 107-120, 2003.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, M. C. *et al*. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em Achillea millefolium L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 45-50, 2011.

LIMA, M. G. S.*et al*. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 335-340, 2004.

LORETO, F.; CENTRITTO, M.; CHARTZOULAKIS, K. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress**. Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 595-601, 2003.

MANTOVANI, A. A method tio improve leaf succulence quantificacion. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, p. 9-14, 1999.

MASSAI, R.; REMORINI, D.; TATTINI, M. Gas exchangae, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of Prunus under various salinity concentrations. **Plant and Soil**, v. 259, p. 153-162, 2004.

MENDES. B. S. S. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em *Ananas porteanus* Hort Veitch ex C. Koch**. 2009. 50f. Dissertação (mestrado em Química) – Centro de Fisiologia Vegetal e Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mecanisms of salinity tolerance. **Annual Reviews Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

NAZÁRIO, A. A. *et al*. Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. **Revista Engenharia Ambiental,** Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 178-195, 2010.

NERY, A. R. *et al*. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 551-558, 2009.

NEVES, A. L. R. *et al*. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-cordas irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p.758-765, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALOUFA, M. A. I.; ALBUQUERQUE, M. B. Stomatic behavior and leaf water potential in Young plants of Annona squamosa submitted to saline stress. **Fruits**, v. 59, n. 3, 2004.

NUNES, J. C. *et al*. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 451-463, 2009.

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

PRAXEDES, S. C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em dois cultivares de feijão-de-corda com tolerância diferencial à salinidade**. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

PRAXEDES, S.; FERREIRA, T.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, p. 211-214, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**, 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 858p.

RIBEIRO, J. S. *et al*. Solutos compatíveis em folhas de pimenta malagueta submetidas à salinidade. *In*: WORKSHOP: MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA, 1., 2007, Recife. **Anais…** Recife: UFRPE, 2007.

SABRA, A.; DAAYF, F.; RENAULT, S. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 23-31, 2012.

SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 93–99, 2004.

SCALON, S. P. Q. *et al*. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SILVA J. V. *et al*. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl2. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 99-105, 2003.

SILVA, E. N. *et al.* Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista de Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

SILVA, F. A S.; AZEVEDO C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2009.

SILVA, F. L. B. **Respostas de plantas de feijão-de-corda à aplicação foliar de biofertilizante sob condições de salinidade.** 2011. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, V. A. *et al*. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.

SILVA. F. L**. Ambiência biofertilização no cultivo orgânico de figo, em condições semiáridas.** 2012. 123f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrarias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SOUTO, A. G. L. **Comportamento do noni (*morinda citrifolia* l.) à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino**. 2011. 57f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

TAFFOUO, V. D.*et al*. Effects of salinity stress on growth, ions partitioning and yield of some cowpea (*vigna unguiculata* l. walp.) cultivars. **International Journal of Botany**, Faisalabad, v. 5, p.1 35-143, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 954p.

TAKEUCHI, A. T. *et al*. Efeito da radiação solar sobre o acúmulo de matéria seca e teores de nitrogênio, potássio e cálcio + magnésio em sorgo sacarino [Sorghum bicolor (L.) Moench.]. **Científica,** Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 9-14, 2004.

TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4, p. 26-33, 2008.

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

TOMBOLATO, A. F. C; BARBOSA, W.; HIROCE, R. Noni: Frutífera medicinal em introdução e aclimatação no Brasil. Informações técnicas**: O Agronômico**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 20-21, 2005.

TOUNEKTI, T. *et al*. Canopy position determines the photoprotective demand and antioxidant protection of leaves in salt- stressed Salvia officinalis L. plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 78, p. 146–156, 2012.

TRINDADE, A. R. *et al*. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimatação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 804-810, 2006.

ZHANG, S. *et al.* Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of *Cypripedium guttatum*. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 611-620, 2007.

CAPÍTULO 3 – SOLUTOS ORGÂNICOS E DANOS DE MEMBRANAS EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES

RESUMO

O excesso de sais pode interferir nas funções fisiológicas e bioquímicas das plantas. Um dos mecanismos utilizados pelos vegetais para minimizar os efeitos deletérios do estresse salino é balancear os potenciais osmóticos, entre o citoplasma e o vacúolo, produzindo mais compostos orgânicos solúveis compatíveis. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o teor de solutos orgânicos e os danos de membranas das plantas de noni, cultivadas em dois ambientes na ausência ou presença de matéria orgânica. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3;1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos. Aos 60 e 90 DAT foram feitas avaliações dos teores foliares de solutos orgânicos (prolina, proteína solúvel, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis) e os danos de membranas foram avaliados aos 110 DAT. De modo geral, os solutos orgânicos aumentaram com o aumento dos níveis de sais da água de irrigação, sendo que o efeito observado a céu aberto foi mais expressivo do que no ambiente telado. O acúmulo de prolina mostrou-se um sinalizador de dano causado pelo estresse, visto que os maiores acúmulos ocorreram nas plantas que sofreram maiores reduções no crescimento. Os danos sofridos pelas membranas das plantas nas duas épocas de coletas intensificaram-se com o aumento da CEa e com o tempo de exposição aos sais. A matéria orgânica contribuiu para o aumento no teor de prolina, porém nenhuma interação com a salinidade foi observada. O acúmulo de solutos orgânicos em plantas sobre estresse salino podem ser um indicativo que as plantas de noni possivelmente utilizam o mecanismo de osmorregulação para reduzir os efeitos deletérios da salinidade.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L.. Estresse salino. Osmoregulação.

CHAPTER 3 - ORGANIC SOLUTES AND DAMAGES IN MEMBRANE OF THE PLANTS OF NONI SUBMITTED TO SALINITY IN THE ABSENCE AND PRESENCE OF ORGANIC COMPOUND IN TWO ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Excess salts can interfere with the physiological and biochemical functions of plants. A mechanisms used by plants to minimize the deleterious effects of salt stress is to balance the osmotic potential between the cytoplasm and the vacuole, producing more soluble organic compounds. The objective of this study was to evaluate the effects of salinity of irrigation water on the content of organic solutes and membrane damage of noni plants grown in two environments in the absence or presence of organic matter. The statistical design was a randomized block design arranged in split plot scheme, with 5 repetitions. The plots consisted of the cultivation environments (greenhouse and open sky), the subplots consisted by salinity levels of irrigation water (ECw: 0.3, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m^{-1}), and the subsubplots were represented by the absence and presence of organic matter. The combination of these factors resulted in 20 treatments, each replicate consisted of three pots (one plant per pot), totaling 300 pots. At 60 and 90 DAT evaluations of foliar organic solutes (proline , soluble protein , N - aminossolúveis and soluble carbohydrates) were performed. The membrane damage were also evaluated at 110 DAT. In general, organic solutes concetration increased with increasing levels of salts of the irrigation water, with the effect observed in the open environment was more significant than in the greenhouse. The accumulation of proline was found to be a sympom f damage caused by stress, since the highest concentrations occurred in plants that experienced greater reductions in growth. The damage to membranes of plants in the two sampling times intencificaram with ECw and increased with time of exposure to salts. Organic matter contributed to the increase in proline content in noni plants, but no interaction was observed with salinity. The increase in organic solutes in leavs of salt stressed plants appears to indicate that noni plants use osmoregulation as a mechanism to reduce the deleterious effects of salinity.

Keywords: *Morinda citrifolia* L.. Salt stress, Organic solutes. Osmoregulation

1 INTRODUÇÃO

Produtos naturais e ervas da medicina popular tem sido usados há séculos por várias culturas em todo o mundo. Entre as plantas medicinais, a *Morinda citrifolia* L. (noni), descoberta pelos ancestrais dos polinésios, é um dos vegetais mais populares e tradicionais de que se utilizam várias partes, as quais apresentam uma gama de efeitos terapêuticos, incluindo os antibacterianos, antitumorais, analgésico e anti-inflamatórios (CHAN-BLANCO 2006). Apesar da sua adaptabilidade intercontinental, as informações sobre plantios comerciais de noni no Brasil e sua tolerância aos sais do solo e da água de irrigação, ainda são escassas (NUNES *et al*., 2009).

As plantas estão sujeitas, mesmo em ambientes naturais, a diversos tipos de estresses (TAIZ; ZEIGER, 2013) como por exemplo a salinidade. Segundo Abdelfattah; Shahid e Othman (2009) estima-se que no mundo, cerca de um bilhão de hectares, o que representam cerca de 7% da extensão da terra, são afetados por sais. Com esta expansão crescem também os problemas de degradação dos recursos naturais (solo e água), principalmente aqueles relacionados à salinidade e à sodicidade do solo. O conhecimento dos efeitos desse estresse abiótico na planta e no solo, bem como, os fenômenos envolvidos, é fundamental quando se pretende utilizar práticas adequadas de manejo da água e do cultivo em ambientes salinos (DIAS; BLANCO, 2010).

Um dos mecanismos utilizados pelos vegetais para minimizar os efeitos deletérios do estresse salino é balancear os potenciais osmóticos, entre o citoplasma e o vacúolo, produzindo mais compostos orgânicos solúveis como: carboidratos, N-aminossolúveis e prolina (MUNNS *et al*., 2002). Entre os solutos orgânicos que se acumulam em resposta ao estresse osmótico, a prolina é indiscutivelmente a mais relatada.

Os fatores ambientais também exercem papel de destaque por interferir sobre todos os estágios de desenvolvimento das plantas (SALGADO *et al*., 2001). As plantas quando cultivadas em ambiente protegido apresentam respostas diferentes das do cultivo a céu aberto, em função de alterações em variáveis microclimáticas (temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento) e, consequentemente, na evapotranspiração (SILVA, 2012). Para Scalon *et al.* (2003), os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação é ditado por suas características genéticas em interação com seu meio ambiente.

Uma das alternativas que pode minimizar os efeitos deletérios dos estresses abióticos é a utilização de matéria orgânica no solo. Os compostos orgânicos exercem

influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente no que se refere à capacidade de troca de cátions e estabilidade dos agregados (KIEHL, 2010; SANTOS *et al*., 2008). Estudos têm mostrado o efeito positivo de fontes orgânicas como atenuante do estresse salino no crescimento das plantas nos ambientes com tais problemas (CAVALCANTE *et al*., 2010).

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho, verificar o efeito da matéria orgânica e dos níveis de sais da água de irrigação nos teores de solutos orgânicos e nos danos de membranas de *Morinda citrifolia* L. cultivada em ambiente a céu aberto e telado no município de Sobral, Ceará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.2 Delineamento experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.3 Preparo das mudas

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.6 Descrição das variáveis avaliadas

2.6.1 Teores de solutos orgânicos

Para as determinações dos solutos orgânicos foram coletadas todas as folhas completamente maduras das plantas, aos 60 e 90 DAT. O material coletado foi pesado, congelado em nitrogênio líquido e armazenado em freezer para posterior liofilização.

As folhas após liofilização foram pesadas, maceradas, armazenadas em frascos de vidro hermeticamente fechados e congelados para determinações dos teores de prolina, proteína solúvel, N-aminossolúveis e carboidratos.

Os extratos para a determinação dos solutos orgânicos foram obtidos de acordo com o método de Cataldo *et al*. (1975), com pequenas modificações. Em tubos de ensaio, foram adicionados 10 mL de água desionizada a 100 mg do tecido liofilizado de folhas. As amostras foram agitadas vigorosamente e incubadas por 1 h em banho-maria a 45 °C, sendo os tubos agitados a cada 15 min. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3.000 x g por 15 min, sendo o sobrenadante (extrato) coletado, filtrado em papel de filtro e armazenado em frescos de vidro a 4 °C.

As concentrações de prolina foram determinadas de acordo com o método de Bates, Waldren e Teare (1973), que tem como base a reação com a solução de ninhidrina ácida (1,25 g de ninhidrina, em 30 mL de ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico a 6,0 M). Em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, foram adicionados 1,0 mL do extrato apropriadamente diluído, 1,0 mL de ninhidrina ácida e 1,0 mL de ácido acético glacial, sendo a mistura aquecida a 100 ºC, por 1 h, para o desenvolvimento da cor. Em seguida, os tubos foram resfriados em banho de gelo por 10 min para interromper a reação. Após o resfriamento, adicionaram-se 2,0 mL de tolueno aos tubos, os quais foram agitados vigorosamente e deixados em repouso. Após repouso e formação de uma mistura bifásica, a fase superior (cromóforo + tolueno) foi retirada com o auxílio de uma pipeta Pasteur para quantificação de prolina, o que foi feito através de leituras de absorbância em 520 nm, sendo o tolueno usado como branco. Utilizou-se como padrão uma curva feita com L-prolina.

As concentrações de proteínas solúveis foram determinadas de acordo com o método descrito por Bradford (1976). A uma alíquota de 0,1 mL do extrato, convenientemente diluído, foi adicionado 1,0 mL do reagente de coomassie. Este reagente foi preparado dissolvendo-se 100 mg de Coomassie Brilliant Blue G-250 (*Sigma Chemical Company*) em 50 mL de etanol a 95%, acrescidos de 100 mL de ácido fosfórico a 85%. O volume final da solução foi completado para 1.000 mL com água desionizada. As proteínas solúveis foram estimadas pelas medidas de absorbância em 595 nm, usando-se como padrão uma curva feita com albumina de soro bovino. Para o branco utilizou-se uma mistura formada de 0,1 mL de água desionizada e 1,0 mL do reagente de Coomassie.

As concentrações de N-aminossolúveis foram determinadas pelo método de Yemm e Cocking (1955), o qual tem como base a reação dos grupos aminos livres com a ninhidrina. Em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, foram adicionados 0,5 mL do extrato convenientemente diluído, 0,25 mL do tampão citrato de sódio a 0,2 M (pH 5,0), 0,5 mL de KCN a 0,2 mM em metilcelosolve a 100% e 0,1 mL de ninhidrina a 5% também em metilcelosolve a 100%. Após agitação, os tubos foram deixados em banho-maria a 100°C, por 15 min. Em seguida, interrompeu-se a reação por meio de resfriamento dos tubos em banho de gelo e foram adicionados 0,65 mL de etanol a 60%. O branco constituiu-se da mistura formada por 0,5 mL de água desionizada acrescidos dos demais constituintes da reação. Os N-aminossolúveis foram quantificados por medidas de absorbância em 570 nm, usando-se como padrão uma curva feita com L-glicina.

Os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois *et al*. (1956). A mistura de reação foi constituída por 0,125 mL do extrato convenientemente diluído, 0,125

mL de fenol a 5% e 0,625 mL de ácido sulfúrico concentrado. Utilizou-se como branco a mistura formada por 0,125 mL de água destilada em substituição ao extrato, acrescida dos demais reagentes empregados na reação. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso à temperatura ambiente por 20 min, para o seu resfriamento. Em seguida, procedeu-se à quantificação dos carboidratos solúveis através das medidas de absorbância em 490 nm, utilizando-se como padrão uma curva feita com a D(+) glicose anidra.

Os teores de proteína foram expressos em mg g^{-1} MS e os dos solutos orgânicos em μmol g^{-1} MS e representam a média de cinco repetições, sendo cada repetição dosada em duplicata.

2.6.2 Danos de membranas

A percentagem da integridade das membranas foi estimada pelo extravasamento de eletrólitos, segundo adaptação da metodologia de Pimentel *et al.*, (2002). Para as determinações dos danos de membranas foram coletadas, ao acaso, folhas completamente maduras, aos 60 e 90 DAT. Nas folhas foram coletados segmentos contendo 0,03 g de tecido fresco que foram imersos em tubos de ensaio contendo15 mL de água destilada por 4 horas. Decorrido o tempo de 4 horas foi realizada a primeira leitura, da condutividade (L1). Em seguida, os tubos de ensaio foram fervidos em banho-maria por uma hora a 100 °C. Após a fervura realiou-se a segunda leitura da condutividade elétrica (L2). O percentual de danos nas membranas (PD) foi estimado pela equação: %PD = (L1/L2) *x* 100.

2.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa “ASSISTAT 7.5 BETA”, consistindo da análise de variância, análise de regressão para os efeitos da salinidade e comparação de médias pelo teste de Tukey para os efeitos do ambiente e da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acúmulo de solutos orgânicos

Considerando-se os fatores isolados, observa-se que os teores de proteína solúvel, N-aminossolúveis e carboidratos solúveis, sofreram influência significativa pelo Teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) do ambiente, com exceção para prolina (90 DAT) e N-aminossolúveis (60 e 90 DAT) (Tabela 3.1). O fator salinidade influenciou os teores de prolina, proteína solúvel e N- aminossolúveis nas duas épocas de avaliação. Já a matéria orgânica, isoladamente, só influenciou os teores de prolina aos 60 e 90 DAT e N-aminossolúveis aos 90 DAT. A interação ambiente x sal influenciou os teores de prolina e N-aminossolúvies aos 90 DAT e a interação ambiente x matéria orgânica influenciou os teores de prolina e carboidratos solúveis aos 60 DAT. A interação sal x matéria orgânica não influenciou nenhuma das variáveis e a interação tripla influenciou somente os teores de carboidratos aos 60 DAT (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Resumo da análise de variância para prolina, proteína solúvel, N-aminossolúvel, carboidratos solúveis em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

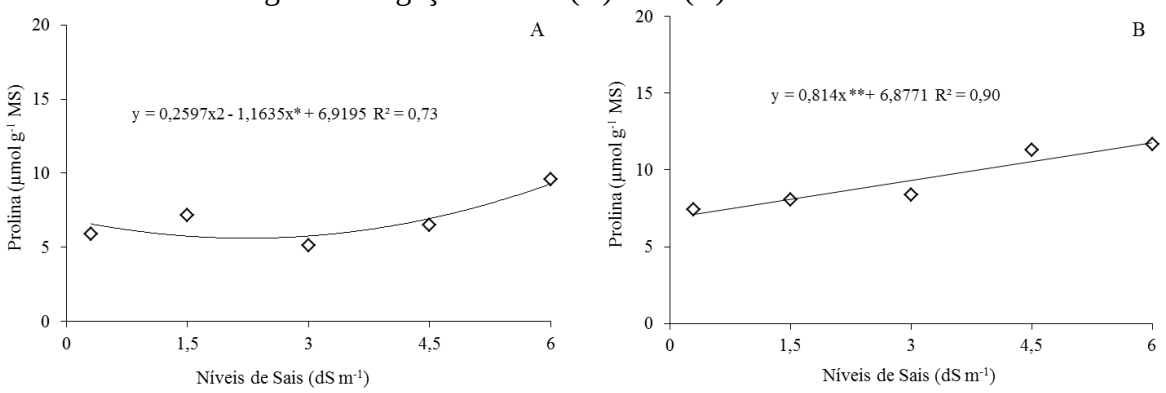
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Prolina		Proteína solúvel		N - aminossolúvel		Carboidratos solúveis	
		60	90	60	90	60	90	60	90
Blocos	3	29,34^{ns}	117,87^{ns}	12,18^{ns}	0,03^{ns}	1945,1^{ns}	1226,22^{ns}	2953,01^{ns}	3873,63^{ns}
Amb (a)	1	590,89**	23,48^{ns}	1829,17**	1,37**	341,22^{ns}	27550,47^{ns}	68599,69**	132102,32**
Resíduo (a)	3	11,78	59,72	19,05	0,003	3145,01	3563,52	307,41	1216,63
Sal(b)	4	45,95*	61,10**	22,38**	0,03**	3121,04**	1874,58*	596,87^{ns}	736,38^{ns}
Amb x Sal	4	13,978^{ns}	54,9*	13,17^{ns}	0,001 ^{ns}	1819,5^{ns}	3992,65*	131,64^{ns}	407,74^{ns}
Resíduo (b)	24	9,30	18,09	4,90	0,007	1026,68	1170,7461	1112,22	1276,91
MO (c)	1	200,01**	412,86**	6,89^{ns}	0,03^{ns}	3648,99^{ns}	8263,01*	106,67^{ns}	139,36^{ns}
Amb x MO	1	50,31*	25,39^{ns}	4,82^{ns}	0,001^{ns}	1725,4^{ns}	2437,17^{ns}	2607,04*	737,51^{ns}
Sal x MO	4	4,52^{ns}	5,46^{ns}	7,56^{ns}	0,005^{ns}	1306,53^{ns}	1279,83^{ns}	779,13^{ns}	69,32^{ns}
Amb x Sal x MO	4	13,52^{ns}	10,66^{ns}	4,19^{ns}	0,02^{ns}	1823,59^{ns}	883,77^{ns}	1858,52**	1400,69^{ns}
Resíduo (c)	30	11,82	12,62	4,06	0,01	930,72	1597,88	436,50	1658,67
CV(a)		49,94	82,48	57,93	14,84	21,03	24,82	11,13	19,96
CV(b)		44,37	45,40	29,41	21,03	46,80	93,57	21,18	20,45
CV(c)		50,03	37,92	26,76	27,19	44,56	28,99	13,27	23,30

**,* e ^{ns} – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

3.1.1 Prolina

Os teores foliares de prolina foram influenciados pelo efeito isolado dos níveis de sais como indicado na Figura 3.1. Os dados para esta variável ajustou-se a um modelo de regressão polinomial quadrática e linear, respectivamente, aos 60 e 90 DAT, em relação aos níveis crescentes de salinidade. De acordo com a Figura 3.1, aos 60 DAT, houve um decréscimo nos teores da variável até quando as plantas foram irrigadas com água de 2,3 dS m^{-1} a partir do qual os teores de prolina passaram a ser crescentes, sendo que, o maior incremento, 9,29 µmol g^{-1} MS, foi percebido quando as plantas foram irrigadas com o maior nível de sais. Já aos 90 DAT, o incremento ajustou-se a um modelo linear com um aumento de 0,81 µmol g^{-1} de MS para cada aumento unitário na CEa. Na Figura 3.1 observa-se que o maior teor do soluto orgânico (11,76 µmol g^{-1} MS) foi observado quando as plantas foram irrigadas com a CEa = 6,0 dS m^{-1}.

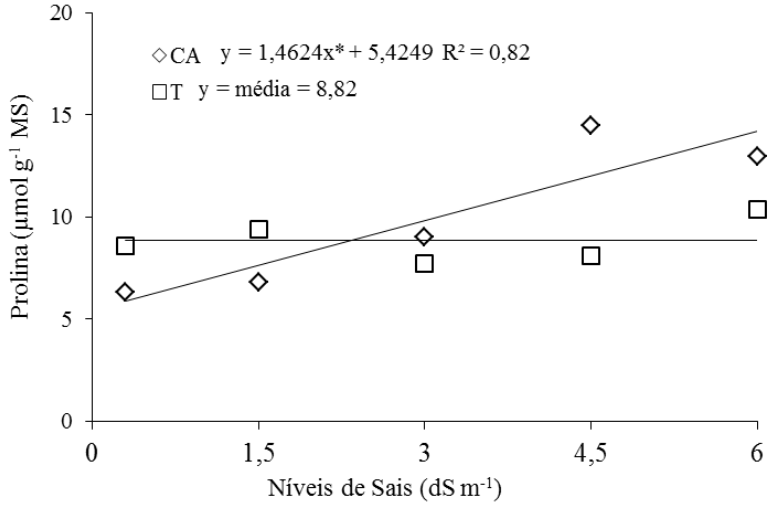
Figura 3.1 – Teor de prolina em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 (A) e 90 (B) DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

A interação ambiente x sal (Figura 3.2), só exerceu efeitos significativos sobre o teor de prolina aos 90 DAT. Nos tratamentos conduzidos a céu aberto observou-se um incremento linear de 1,45 µmol g^{-1} MS para cada aumento unitário na CEa, enquanto que nas plantas do ambiente telado não houve ajuste, sendo os resultados representados pela média de 8,82 µmol g^{-1} MS .

Figura 3.2 - Teores de prolina em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Os teores de prolina foram influenciados pelo efeito isolado da matéria orgânica aos 60 e 90 DAT (Tabela 3.2). A presença de matéria orgânica proporcionou um acréscimo de 3,16 e 4,55 µmol g^{-1} MS, respectivamente, para as avaliações feitas aos 60 e 90DAT.

Tabela 3.2 – Teor de prolina (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função da ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	60	90
Ausência de MO	5,29 b	7,09 b
Presença de MO	8,45 a	11,64 a

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Os incrementos nos teores de prolina alcançados na pesquisa com noni também foram percebidos por outros pesquisadores com outras culturas, como Sousa (2010) estudando feijão-de-corda, algodão e sorgo e por Bai *et al.* (2008) em plantas de *Iris láctea*, irrigados com águas com níveis crescentes de CEa. Além disso, esses resultados foram compatíveis com os observados por Freitas (2012) que pesquisando *P. grandis*, *P. amboinicus* e *P. barbatus*, constatou que o maior acúmulo deste soluto foi encontrado nas plantas cultivadas em pleno sol, principalmente no maior nível de salinidade testado (CEa de 5,5 dS m^{-1}).

Corroborando com os dados da pesquisa Ashraf e Orooj (2006) avaliando o efeito dos níveis de sais no meio de crescimento de plantas de *Trachyspermum ammi* observaram

um aumento nos teores de prolina nas plantas submetidas ao nível mais elevado de sal (120 mmol L^{-1} de NaCl), mostrando assim o papel do osmólito na tolerância ao sal desta cultura, uma vez que a prolina contribui para a estabilidade da membrana e atenua o efeito do NaCl sobre a interrupção da membrana celular, como explicado por Ashraf e Harris (2004). Em adição a pesquisa com noni, Manivannan *et al*. (2007) afirmaram que a prolina é vista como um osmoprotetor em plantas submetidas a estresse osmótico.

Blanco *et al*. (2008) afirmaram que o nível de prolina aumenta com a salinização e com o tempo de exposição das plantas ao sal, o que sugere um papel protetor da prolina. Para Bray *et al*. (2000) o aumento deste osmoprotetor, com a elevação da concentração de sais na solução nutritiva, está associado à redução do potencial osmótico da célula, o qual mantém o equilíbrio hídrico entre o vacúolo e o citoplasma. Este aminoácido acumulado atua como depósito de energia e reserva de carbono e nitrogênio que é utilizado pela planta no processo de restabelecimento após o estresse (KAVI KISHOR *et al*., 2005). Em adição, Maggio *et al*. (2002) afirmaram que a acumulação de prolina também pode influenciar na sinalização de respostas adaptativas aos estresses osmóticos.

Diversas espécies vegetais, incluindo halófitas, acumulam altos níveis de prolina em resposta ao estresse osmótico como mecanismo de tolerância à salinidade elevada e ao déficit hídrico. Em relação aos teores de prolina os autores observaram um aumento em sua concentração nas plantas submetidas ao nível mais elevado de sal (120 mmol L^{-1} de NaCl), mostrando assim o papel do osmólito na tolerância ao sal destas culturas, uma vez que a prolina contribui para a estabilidade da membrana e atenua o efeito do NaCl sobre a interrupção da membrana celular (ASHRAF; HARRIS 2004). Já para Bray *et al*. (2000) e Munns (2005) o acúmulo de solutos como a prolina propicia a reserva de carbono e nitrogênio.

Lacerda *et al*. (2003) ressaltaram que mesmo não sendo evidente que o acúmulo de prolina seja um mecanismo adaptativo útil, ou simplesmente uma resposta induzida por uma lesão fisiológica, o aumento no conteúdo deste aminoácido tem sido relatado em muitas espécies vegetais expostas a déficit hídrico e estresse salino, e está relacionado a capacidade de sobrevivência das plantas nestas condições. Em adição Jaleel *et al.* (2007) ao avaliarem *Phyllanths amaru* crescidas sob estresse salino, observaram ser a prolina um componente de osmorregulação pois age como proteção de enzimas e na estabilização de estruturas de macromeléculas e organelas.

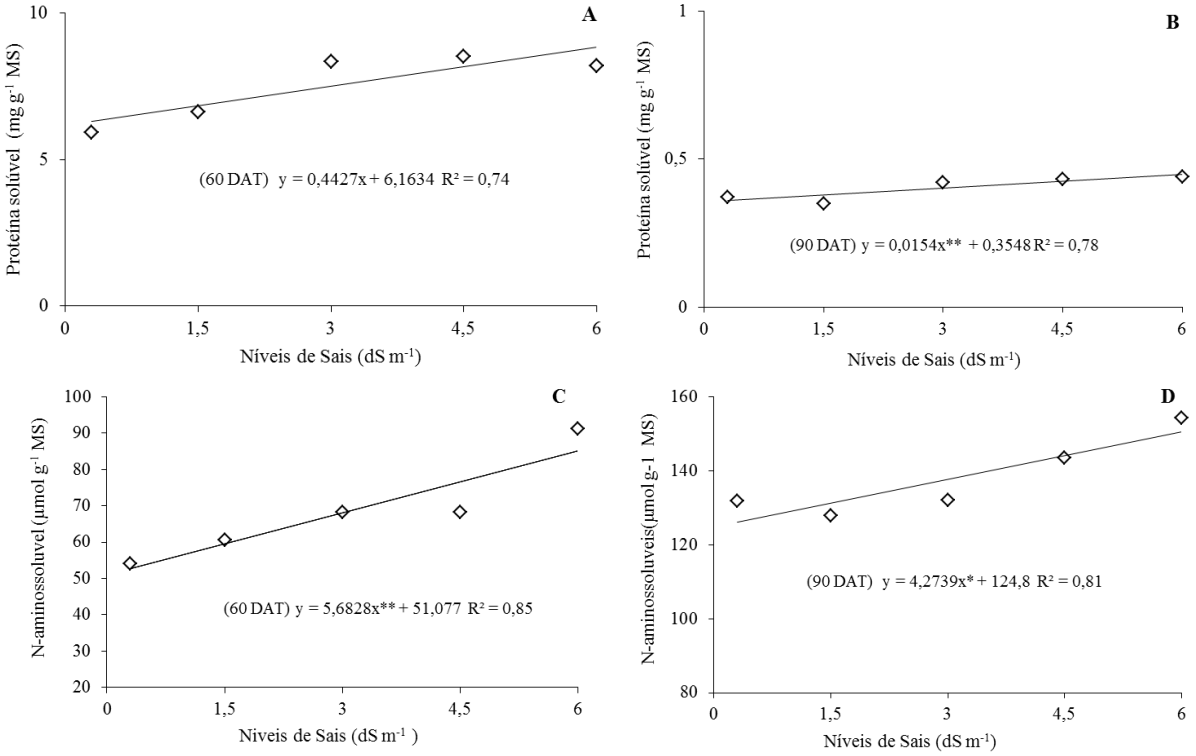
É importante salientar que os resultados da presente pesquisa não dão suporte para esse papel protetor da prolina. Conforme se observa na figura 3.2, constata-se que a interação

ambiente *versus* níveis de sais exerceu efeito significativo sobre o teor de prolina aos 90 dias depois da aplicação dos tratamentos. Comparando o menor com o maior nível de salinidade da água, o aumento deste soluto orgânico foi mais expressivo apenas nas plantas cultivadas em céu aberto. Estes dados evidenciam que a prolina se mostra um sinalizador do dano causado pelo estresse salino (Lacerda *et al*., 2003), visto que as plantas cultivadas em céu aberto tiveram maiores reduções no crescimento (Ver dados no Capítulo 1), ou seja, sofreram mais com o estresse salino.

3.1.2 Proteína solúvel e N-aminossolúveis

Na Figura 3.3 observa-se um aumento linear para cada aumento unitário na CEa de 0,44 e 0,01 mg g^{-1} MS para proteína solúvel aos 60 e 90 DAT, respectivamente, e de 5,68 e 4,27 μmol g^{-1} MS para N-aminossolúveis aos 60 e 90 DAT respectivamente. Na referida figura, constata-se, também que os maiores incrementos (18,49 e 0,45 mg g^{-1} MS), respectivamente aos 60 e 90 DAT, foram observados nas plantas irrigadas com CEa = 3 e 6 dS m^{-1}, respectivamente. Os maiores incrementos para os teores de N-aminossoluveis foi de 85,17 e 150,00 μmol g^{-1} MS, aos 60 e 90 DAT, respectivamente, quando as plantas foram irrigadas com a CEa de 6 dS m^{-1}.

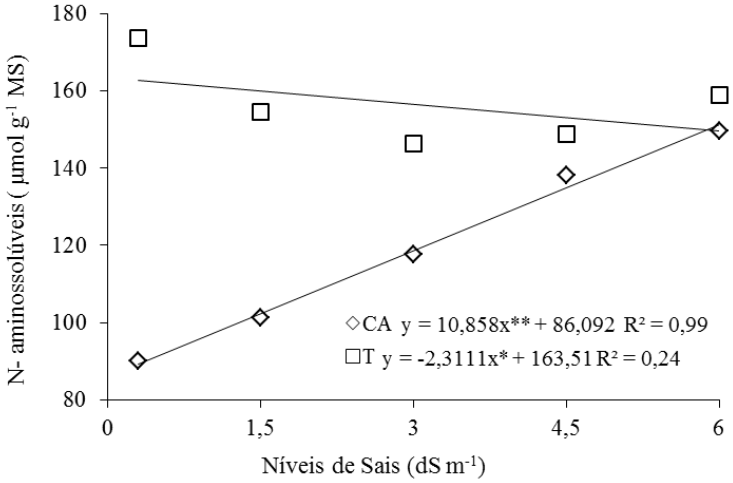
Figura 3.3 – Teores de proteína solúvel e N-aminossolúveis aos 60 DAT (A e C), e aos 90 DAT (B e D) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Os teores foliares de N-aminossolúveis foram maiores nas plantas cultivadas a céu aberto e responderam significativamente com um incremento linear de 10,58 µmol g^{-1} MS para cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação, porém as cultivadas em telado apresentaram uma resposta contrária com uma redução linear de 2,33 µmol g^{-1} MS mediante o aumento unitário dos níveis de sais da água de irrigação (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Teor de N-aminossolúveis em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Concordando com os resultados desta pesquisa, Cunha (2009) ao avaliar os teores de proteína solúveis em pinhão manso, relatou um aumento nos teores d proteína em função do incremento da concentração salina na solução. Por outro lado, os resultados não estão coerentes com alguns autores ao relatarem que, sob estresse salino, normalmente, há redução no teor de proteína solúvel das plantas estressadas, ou em virtude da síntese proteica ser prejudicada, ou pelo aumento da proteólise (PARIDA; DAS, 2005; SILVEIRA *et al*., 2003). Para Tester e Davenport (2003) o excesso de sódio interrompe a síntese de proteína e as plantas acumulam solutos orgânicos compatíveis quando submetidas a esse estresse.

O acúmulo de compostos contento N-aminossolúveis é uma resposta comum de plantas submetidas a estresse abióticos, como a salinidade, e pode funcionar como um dreno para o excesso de nitrogênio acumulado devido à redução no crescimento (GILBERT *et al*., 1998). O fato do maior acúmulo desses compostos terem ocorrido nas plantas a céu aberto (Figura 3.4) está de acordo com a observação desses autores, visto que estas plantas sofreram maior redução no crescimento do que aquelas sob telado (Capítulo1).

3.1.3 Carboidratos solúveis

Comparando-se os dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, observa-se na Tabela 3.3 aumento estatisticamente significativa de 81,27 e 58,56 µmol g^{-1} MS nos teores de carboidratos solúveis nas plantas cultivadas em céu aberto e telado, respectivamente, nas coletas de dados aos 60 e 90 DAT.

Tabela 3.3 – Teores de carboidratos solúveis (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	60	90
Céu Aberto	128,19 b	215,40 a
Telado	186,75 a	134,13 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Corroborando com os resultados da presente pesquisa aos 90 DAT, quanto ao efeito isolado do ambiente, Freitas (2012) avaliando o efeito dos fatores ambientais em espécies do gênero *Plectranthus* constatou que quando as plantas foram cultivadas em pleno sol tiveram um incremento de 7,71% no teor de carboidratos solúveis entre a CEa de 0,7 e 5,5 dS m^{-1}. Os resultados da presente pesquisa também são compatíveis com os maiores valores médios da taxa fotossintética observadas nas plantas a pleno sol (Capítulo 2).

Quanto ao efeito da interação tripla, aos 60 DAT, comparando-se os ambientes na ausência de matéria orgânica, verifica-se (Tabela 3.4) que a céu aberto às plantas apresentaram as menores produções de carboidratos solúveis, 112,51 µmol g^{-1} MS e 113,44 µmol g^{-1} MS nas irrigações com CEa = 4,5 dS m^{-1}e CEa = 6,0 dS m^{-1}, respectivamente. Comparando os ambientes na presença de matéria orgânica (Tabela 3.4) as menores produções de carboidratos foram: 105,31 e 163,1 µmolg^{-1} MS observadas nas plantas irrigadas com CEa = 3,0 e CEa = 1,5 dS m^{-1}, respectivamente para céu aberto e telado.

Tabela 3.4 – Teores de carboidratos solúveis (µmol g^{-1} MS) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, irrigadas com água de diferentes níveis de salinidade na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	CEa(dS m^{-1})	Matéria Orgânica	
		Ausência	Presença
CA	0,3	125,05 A	142,93 A
	1,5	118,99 A	119,32 A
	3,0	148,18 A	105,31B
	4,5	112,51 B	148,73 A
	6,0	113,44 B	147,42 A
T	0,3	201,39 A	190,18 A
	1,5	194,98 A	163,10 B
	3,0	183,47 A	190,78 A
	4,5	193,13 A	165,03 A
	6,0	195,13 A	190,36 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Como o carboidrato solúvel, entre outros compostos, é o substrato necessário para o crescimento do vegetal, todos os outros órgãos da planta também têm seu crescimento afetado pela salinidade (PARIDA e DAS, 2005). Apesar de estudos relacionarem o papel dos carboidratos na osmorregulação das plantas submetidas à salinidade (CHEESEMAN, 1988), ainda é muito restrito o conhecimento sobre as alterações no metabolismo de carboidratos em repostas ao aumento da salinidade ou da sua importância como osmólito (ROLLETSCHEK; HARTZENDORF, 2000).

3.2 Danos de membranas

Na análise de variância para danos de membranas (Tabela 3.5) verifica-se o efeito significativo dos fatores isolados sal (60 e 90 DAT) e matéria orgânica (90 DAT), e das interações dos fatores ambiente x matéria orgânica (90 DAT).

Tabela 3.5 – Resumo da análise de variância para danos de membranas (DM) aos 60 e 90 DAT, em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica. Sobral - CE. 2011

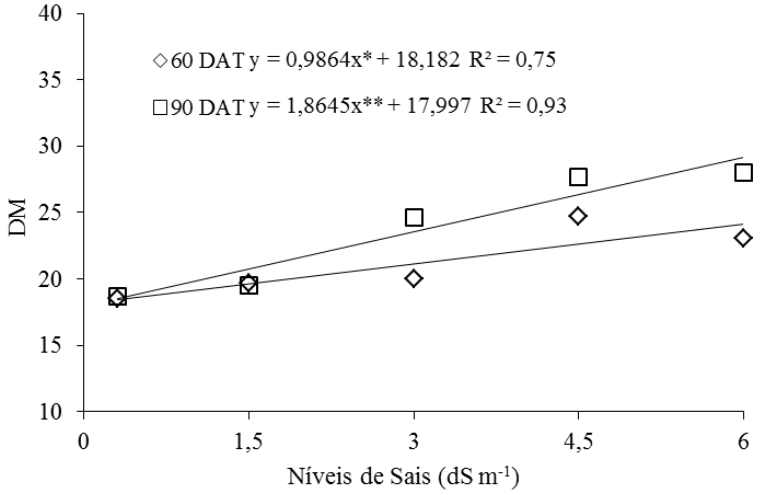
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		DM	DM
		60	90
Blocos	4	24,88 ^{ns}	54,42 ^{ns}
Amb (a)	1	250,64^{ns}	565,48^{ns}
Resíduo (a)	4	42,76	84,61
Sal(b)	4	133,66*	411,82**
Amb x Sal	4	127,30^{ns}	38,42^{ns}
Resíduo (b)	32	55,23	60,78
MO (c)	1	145,443^{ns}	184,31*
Amb x MO	1	186,35^{ns}	212,22*
Sal x MO	4	61,47^{ns}	5,86^{ns}
Amb x Sal x MO	4	42,15^{ns}	48,51^{ns}
Resíduo (c)	40	51,24	39,82
CV(a)	-	30,81	38,90
CV(b)	-	35,02	32,97
CV(c)	-	33,73	26,69

**,* e ns – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Como indicado na Figura 3.5, os danos de membranas das plantas de noni ajustou-se a um modelo linear nas coletas aos 60 e 90 DAT. Constata-se ainda, que para cada

aumento unitário na CEa houve um incremento de 0,99 e 1,86 aos 60 e 90 DAT, respectivamente. Os maiores danos sofridos pelas membranas das plantas de noni aos 90 DAT, confirmam a intensificação do estresse salino com o aumento do tempo de exposição aos sais, tendência também observada sobre as variáveis de crescimento (Capítulo 1).

Figura 3.5 – Danos de membranas em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 60 e 90 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

Analisando-se a interação ambiente x matéria orgânica constata-se que aos 90 DAT, na presença do insumo orgânico, em ambiente com restrição de luz, ocorreu diminuição estatisticamente significativa de 7,7 nos danos causados às membranas. Já aos 60 DAT, a referida interação não proporcionou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 – Danos de membranas em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes, céu aberto (CA) e telado (T), na ausência e presença de matéria orgânica aos 60 e 90 DAT. Sobral- CE. 2011

Ambiente	60 DAT		90 DAT	
	Ausência de MO	Presença de MO	Ausência de MO	Presença de MO
CA	25,4 aA	20,2 aA	25,9 aA	26,1 aA
T	19,5 aA	19,8 aA	24,0 aA	18,4 bA

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas colunas e maiúsculas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Cabe ressaltar que a aplicação de sais da água de irrigação estão compatíveis com os resultados de Oliveira (2012) ao constatarem que o estresse salino causou maior vazamento de eletrólitos em folhas medianas e do ápice de *Cnidoscolus phyllacanthus*. Em plantas

tratadas com 0; 50; 100 e 150 mM de NaCl o pesquisador afirmou que quando as plantas foram irrigadas com solução salina com 150 mM o vazamento de eletrólitos aumentou cerca de 2,2 vezes em folhas do ápice. Em folhas medianas, os danos em membranas dos tratamentos salinos não diferiram significativamente embora tenha sido em média, 1,7 vezes maior que o controle (0 mM de NaCl).

Já Suassuna (2007) avaliando dois genótipos de bananeira Berlin, sensível ao NaCl, e Thap Maeo tolerante, constatou que o extravasamento de eletrólitos não refletiu diferença entre os tratamentos (0 e 50 mM de NaCl) e nem entre os genótipos. Cunha (2009) ao estudar *J. curcas* obteve resultados semelhantes aos da pesquisa com noni constatando uma tendência de redução da integridade de membrana nas plantas em função do aumento das concentrações de sal na solução de rega.

Porém, Janicka e Klobus (2006) afirmaram que quando plantas são submetidas ao estresse salino, elas podem sobreviver e crescer através de processos adaptativos como a compartimentalização do sal e o transporte de íons para fora da célula. Assim, o controle do movimento de íons através da membrana plasmática e do tonoplasto para manter uma baixa concentração de Na^+ no citoplasma é essencial para a tolerância à salinidade.

4 CONCLUSÕES

1. Os solutos orgânicos aumentaram com o aumento dos níveis de sais da água de irrigação, sendo mais expressivos nas plantas cultivadas a céu aberto;
2. O acúmulo de prolina mostrou-se um sinalizador de dano causado pelo estresse, visto que os maiores acúmulos ocorreram nas plantas que sofreram maiores reduções no crescimento;
3. Os danos sofridos pelas membranas das plantas de noni aos 60 e 90 DAT mostrou que houve intensificação do estresse salino na variável com o tempo de exposição aos sais;
4. A matéria orgânica contribuiu para o aumento no teor de prolina das plantas de noni;
5. O acúmulo de solutos orgânicos em plantas sobre estresse salino podem ser um indicativo que as plantas de noni possivelmente utilizam o mecanismo de osmorregulação para reduzir os efeitos deletérios da salinidade.

REFERÊNCIAS

ABDELFATTAH, M. A.; SHAHID, S. A.; OTHMAN, Y. R. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS-a case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. **European Journal of Scientific Research**, Cairo, v. 26. n. 3, p. 342-351, 2009.

AMORIM, A. V.*et al*. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, p. 3−16, 2004.

ASHRAF, M.; OROOJ, A. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (Trachyspermum ammi [L.] Sprague). **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 209–220, 2006.

BAI, W. *et al*. Some Physiological Responses of *Chinese Iris* to Salt Stress. **Pedosphere**, v. 18, p. 454-463, 2008.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 205-207, 1973.

BLANCO, F. F. *et al*. Growth and yield of corn irrigated with saline water. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 65, n. 6, p. 574-580, 2008.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, 1976.

BRAY, E. A. *et al*. Responses to abiotic stresses. In: Bucchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. (eds). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: ASPP, p.1158-1203, 2000.

CATALDO *et al*. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.

CAVALCANTE, L. F. *et al*. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CHAN-BLANCO, Y. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 645 -654, 2006.

CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, Varna, v. 87, n. 3, p. 547-550, 1988.

CUNHA, P. C. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de *Jatropha curcas* L. cultivada sob estresse salino.** 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

DIAS N. S.; BLANCO F. F. Efeito dos sais no solo e na planta *In*: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C. (eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 129-141. 2010.

DUBOIS, M. *et al*. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

FREITAS, M. A. C. **Crescimento, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade. 2012.** 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GILBERT, G. *et al*. Amino acid accumulation in sink and source tissues of Coleus blumei Benth, during salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p.107-114,1998.

JALEEL, C. A. *et al*. Alterations in osmoregulations, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water defict. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 59, p. 150-157, 2007.

JANICKA-RUSSAK, M; KLOBUS, G. Modification of plasma membrane and vacuolar H^+-ATPases in response to NaCl and ABA. **Journal Plant Physiology**, Varna, v. 164, p. 295-302, 2006.

KAVI KISHOR, P. B. *et al*. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, Bangalore, v. 88, n. 3, p. 424-438, 2005.

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. rev. e atual. Piracicaba: [*s.n*], 2010. 248p.

LACERDA, C. F. *et al*. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress**. Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 107-120, 2003.

MAGGIO, A. *et al*. Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction. **The Plant Journal**, v. 31, n. 6, p.699-712, 2002.

MANIVANNAN, P. *et al*. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 5, p. 141–149, 2007.

MUNNS, R. *et al*. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, p. 93-105, 2002.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, p. 645-663, 2005.

NUNES, J. C.*et al*. Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 451-463, 2009.

OLIVEIRA, M. D. M. **Indicadores de estresse salino em faveleira (*Cnidoscolus phyelacanthus*).** 2012. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2012.

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

PIMENTEL, C. *et al*. Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida, v. 22, n 14, p. 07-14, 2002.

ROLLETSCHEK, H.; HARTZENDORF, T. Effects of salinity and convective rhizome ventilation on amino acid and carbohydrate patterns of phragmites australis populations in the neusiedler see region of Austria and Hungary. **New Phytologist**, v. 146, p. 95-105, 2000.

SALGADO, M. A. S, *et al*. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Brasil Florestal**, v. 20, n. 70, p. 13-21, 2001.

SANTOS, G. A. *et al*. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo - ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atua. Porto Alegre: Gênesis, 2008. 654p.

SCALON, S. P. Q. *et al*. Crescimento inicial de mudas de Bombacopsis glabra (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SILVA, F. A S.; AZEVEDO C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2009.

SILVA. F. L. **Ambiência biofertilização no cultivo orgânico de figo, em condições semiáridas.** 2012. 123f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrarias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVEIRA, J. A. G. *et al*. Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt-induced proteolysis in cashew leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, p. 115-123, 2003.

SOUSA, C. H. C.*et al*. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica,** Universidade Federal da Paraiba, v. 31, p. 29-36, 2010.

SUASSUNA, F. D. **Modulação da atividade de H+ATPases e integridade das membranas celulares em dois genótipos de bananeira (*musa* spp) submetidos a estresse salino**. 2007. 79f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 954p.

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

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

CAPÍTULO 4 – NUTRIENTES MINERAIS EM PLANTAS DE NONI SUBMETIDAS À SALINIDADE, NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE COMPOSTO ORGÂNICO, EM DOIS AMBIENTES

RESUMO

Na cultura do noni (*Morinda citrifolia L.*) evidências científicas sobre a utilização de fertilizantes orgânicos e minerais para equilíbrio do estado nutricional das plantas em ambiente salino ainda é limitada de informações. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre os teores de nutrientes em folhas de plantas de noni (*Morinda citrifolia L.*), cultivadas em dois ambientes na ausência e presença de matéria orgânica. O delineamento estatístico adotado foi em blocos ao acaso disposto no esquema de parcelas subsubdivididas, com 5 repetições. As parcelas foram constituídas pelos ambientes de cultivo (céu aberto e telado), as subparcelas pelos níveis de salinidade da água de irrigação (CEa: 0,3;1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e as subsubparcelas foram representadas pela ausência e presença de matéria orgânica. A combinação desses fatores resultou em 20 diferentes tratamentos, sendo que cada repetição foi constituída de três vasos (uma planta por vaso), totalizando 300 vasos. As determinações dos teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio e cloreto, foram realizadas em folhas completamente maduras aos 110 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Os teores de Ca, Mg e Na aumentaram no solo em função das irrigações com água salina nos dois ambientes, sendo que os maiores valores foram verificados nos tratamentos em que se utilizou matéria orgânica. Os teores foliares de Ca, Mg e Na aumentaram com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo que os maiores incrementos foram observados no ambiente a céu aberto. Os teores de cloreto aumentaram com a salinidade, sendo os maiores valores observados nas plantas no ambiente a céu aberto. A relação Na/K aumentou com a salinidade da água de irrigação, sendo os maiores valores observados nas plantas a céu aberto. A matéria orgânica resultou em aumentos nos teores foliares de K e N, porém as interações entre matéria orgânica e salinidade foram pouco significativas considerando-se o papel da matéria orgânica em atenuar os efeitos deletérios do estresse salino.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L.. Estresse salino. Adubação.

CHAPTER 4 - MINERAL NUTRIENTS IN PLANTS OF NONI SUBMITTED TO SALINITY IN THE ABSENCE AND PRESENCE OF ORGANIC COMPOUND IN TWO ENVIRONMENTS

ABSTRACT

In the crop of noni (*Morinda citrifolia* L.) scientific evidence on the use of organic and mineral fertilizers to balance the nutritional status of plants is still limited information. The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation water salinity on mineral nutrients concentration in leaves of noni plants (*Morinda citrifolia* L.) grown in two environments and in the absence or presence of organic matter. The statistical design was a randomized block design arranged in split plot scheme, with 5 repetitions. The plots consisted of the cultivation environments (greenhouse and open sky), the subplots salinity levels of irrigation water (ECw: 0.3, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 dS m^{-1}), and the subsubplots were represented by the absence and presence of organic matter. The combination of these factors resulted in 20 treatments, and each repetition consisted of three pots (one plant per pot), totaling 300 pots. The leaf concentration of Ca, Mg, N, K, Na, and Cl were determined at 110 days after treatments (DAT). Concentrations of Ca, Mg and Na in soil increased as a function of irrigation with saline water in both environments, whereas the highest values were observed in treatments where organic matter was used. The leaf concetration of Ca, Mg and Na increased with increasing salinity of irrigation water, with the largest increases observed in the open environment. The chloride contents increased with salinity, with the highest values observed in plants in the greenhouse. The Na/K ratio increased with increasing salinity of irrigation water, the highest values observed in the plants grown under open environment. The organic matter resulted in increased foliar N and K, but the interactions between organic matter and salinity were not significant considering the role of organic matter to mitigate the deleterious effects of the salt stress.

Keywords: *Morinda citrifolia* L.. Salt stress. Mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A planta *Morinda citrifolia* L., mais conhecida como noni, tem como origem o Sudoeste da Ásia, sendo difundida pelo homem através da Índia - das Ilhas do Pacífico até as ilhas da Polinésia Francesa, onde se situa o Taiti. Os polinésios provavelmente cultivaram a planta noni devido aos seus variados usos (SOLOMON, 1998), e atualmente ela é tida como uma das mais importantes fontes da medicina tradicional dessas regiões. As folhas e especialmente seu fruto são consumidos sob diferentes formas por várias comunidades do mundo (CHAN-BLANCO, 2006). Segundo West, Jensen e Westendorf (2006) todas as partes da planta têm usos tradicionais e modernos.

Na cultura do noni evidencias científicas sobre a utilização de fertilizantes orgânicos e minerais para equilíbrio do estado nutricional das plantas ainda é limitada de informações. Nesse aspecto, o uso da análise química foliar, que permite estabelecer faixas de teores dos nutrientes associados ao crescimento e a produção do noni, aliadas a análise do solo, é essencial para identificar o estado nutricional da cultura e constitui uma ferramenta importante para planejar e avaliar a utilização de adubações equilibradas (CORREIA *et al*., 2011).

A utilização de águas salinas ou o manejo inadequado em projetos de irrigação acarretam acúmulo de sais no solo, os quais, quando em excesso, afetam os diversos processos fisiológicos, a nutrição mineral, o crescimento e a produtividade das culturas (MUNNS, 2002). Segundo Demiral (2005), em geral, a salinidade promove um desbalanço nutricional nas plantas em virtude da competição entre os sais e os nutrientes no processo de absorção. Para Amorim *et al*. (2010), o excesso de sais ocasionados por esse tipo de estresse pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em distúrbios nas relações hídricas e alterações na absorção e na utilização de nutrientes essenciais.

A luz, como fonte primária de energia, é outro fator que pode interferir na nutrição mineral de plantas. Modificações nos níveis de luminosidade que uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento o que pode afetar a absorção de nutrientes pela planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Um dos fatores que pode minimizar tanto os efeitos da salinidade como o estresse luminoso é a utilização de matéria orgânica no solo, a qual pode ser fonte de nutrientes bem como melhorar a adsorção de alguns nutrientes no solo.

Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar a influência da irrigação com águas salinas nos teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio e

cloreto nas folhas de plantas de noni cultivadas sem e com matéria orgânica em ambiente a céu aberto e telado no município de Sobral, Ceará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização ambiental da área experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.2 Delineamento experimental

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.3 Preparo das mudas

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.4 Preparo dos vasos para condução do experimento

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.5 Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Descrição realizada no Capítulo 1.

2.6 Descrição das variáveis avaliadas

2.6.1 Teores de elementos minerais

As determinações dos teores de minerais foram realizadas em todas as folhas completamente maduras coletadas aos 110 DAT. Após a coleta as amostras foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. O material vegetal já seco foi moído em moinho tipo Willey para posterior determinação dos teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio e cloreto.

As amostras para determinação de potássio, cálcio, magnésio e sódio foram solubilizadas com ácidos nítricos e perclórico e do extrato, foram quantificados o potássio e o sódio através de espectrometria de chama de emissão e o cálcio e magnésio quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito por Silva (2009). O nitrogênio foi determinado, após digestão sulfúrica seguida pelo método semi-micro Kjeldahl segundo metodologia descrita por Silva (2009).

Para determinação de cloreto foi preparo um extrato através da homogeneização de 100 mg do pó vegetal seco com 10 mL de água desionizada durante 60 min, sob agitação constante à 45° (CATALDO *et al*., 1975). O homogenato foi centrifugado a 3.000 x g por 15 minutos, sendo o sobrenadante filtrado em papel de filtro e armazenado a -25 ºC. Do extrato determinou-se os teores de cloreto segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

2.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa "ASSISTAT 7.5 BETA", consistindo da análise de variância, análise de regressão para os efeitos da salinidade e comparação de médias pelo teste de Tukey para os efeitos do ambiente e da matéria orgânica (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teores foliares de elementos minerais

A análise de variância para o acúmulo de solutos inorgânicos em folhas de noni encontra-se representada na Tabela 4.1, onde com exceção dos teores de cálcio, todos os solutos inorgânicos avaliados foram influenciados pelos fatores isolados. A interação ambiente x sal apresentou efeito significativo para teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio e relação Na/K. Por outro lado, na interação ambiente x matéria orgânica os teores de potássio, sódio e relação Na/K não foram influenciados pelo teste F. Resposta semelhante foi observada na interação sal x matéria orgânica onde os teores de cálcio, potássio, nitrogênio e cloreto não foram influenciados. Para a interação tripla não houve efeito significativo para os elementos avaliados.

Tabela 4.1 - Resumo da análise de variância para teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio, cloreto e a relação Na/K em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função de diferentes níveis de sais na água de irrigação em dois ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica, aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio						
		Cálcio	Potássio	Magnésio	Nitrogênio	Sódio	Cloreto	Na/K
Bloco	4	92,91*	29,49^{ns}	1,84^{ns}	3,69^{ns}	14,12^{ns}	0,37^{ns}	14,19^{ns}
Amb (a)	1	249,08 *	967,71**	62,43**	475,68*	338,25**	35,51**	341,16**
Resíduo (a)	4	10,64	12,18	0,65	33,29	10,11	0,27	9,79
Sal(b)	4	28,14**	193,65**	2,12 **	25,33**	214,44**	10,98**	213,32**
Amb x Sal	4	15,00*	45,05*	1,57**	42,85**	4,31**	0,67 ^{ns}	21,58**
Resíduo (b)	32	5,48	11,79	0,32	4,41	4,96	0,36	4,95
MO (c)	1	3,77^{ns}	620,91**	3,51**	430,06**	116,61**	2,88*	116,71**
Amb x MO	1	58,95**	5,96^{ns}	1,52*	132,81**	1,72^{ns}	9,04**	1,73^{ns}
Sal x MO	4	0,61^{ns}	3,29^{ns}	4,74**	3,30^{ns}	22,18**	0,32^{ns}	22,60**
Amb x Sal x MO	4	10,17^{ns}	3,59^{ns}	0,57^{ns}	8,71^{ns}	5,93^{ns}	0,36^{ns}	5,44^{ns}
Resíduo (c)	40	7,60	9,04	0,26	7,89	5,52	0,67	5,63
CV(a)		12,25	16,96	13,69	26,39	41,94	13,18	41,23
CV(b)		8,79	16,68	9,38	9,60	29,40	15,32	29,33
CV(c)		10,35	14,60	8,76	12,84	31,00	20,80	31,29

**,* e ns – significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV – coeficiente de variação em porcentagem.

Os teores foliares de Ca foram maiores nas plantas cultivadas a ceú aberto e responderam significativamente com incrementos lineares de 0,48 g kg^{-1} (céu aberto) e 0,36 g kg^{-1} (telado) para cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação (Figura 4.1A).

Os teores foliares de potássio foram maiores nas plantas sob telado, porém o decréscimo nos teores com o aumento da salinidade também foram maiores nestas plantas (Figura 4.1B). Verificou-se que o aumento unitário dos níveis de sais da água de irrigação provocou redução de 0,66 e 1,97 g kg^{-1} para as plantas sob céu aberto e telado, respectivamente. De modo contrário, o efeito dos sais nos teores de magnésio nas folhas de noni promoveram ajustes lineares crescentes à medida que se aumentaram os níveis de salinidade, nos dois ambientes (Figura 4.1C). Verifica-se que para cada aumento unitário na salinidade da água de irrigação resultou em incrementos lineares crescentes na variável, sendo maiores em plantas cultivadas em céu aberto (0,15 g kg^{-1}) do que em nas cultivadas em ambiente telado (0,07 g kg^{-1}).

Os teores foliares de N foram maiores para as plantas sob telado, notadamente nos níveis baixos e moderados de sais da água de irrigação, e não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos salinos (Figura 4.1D). Por outro lado, os teores foliares de N apresentaram aumento linear crescente nas plantas a céu aberto, 0,99 g kg^{-1} para cada aumento unitário da salinidade.

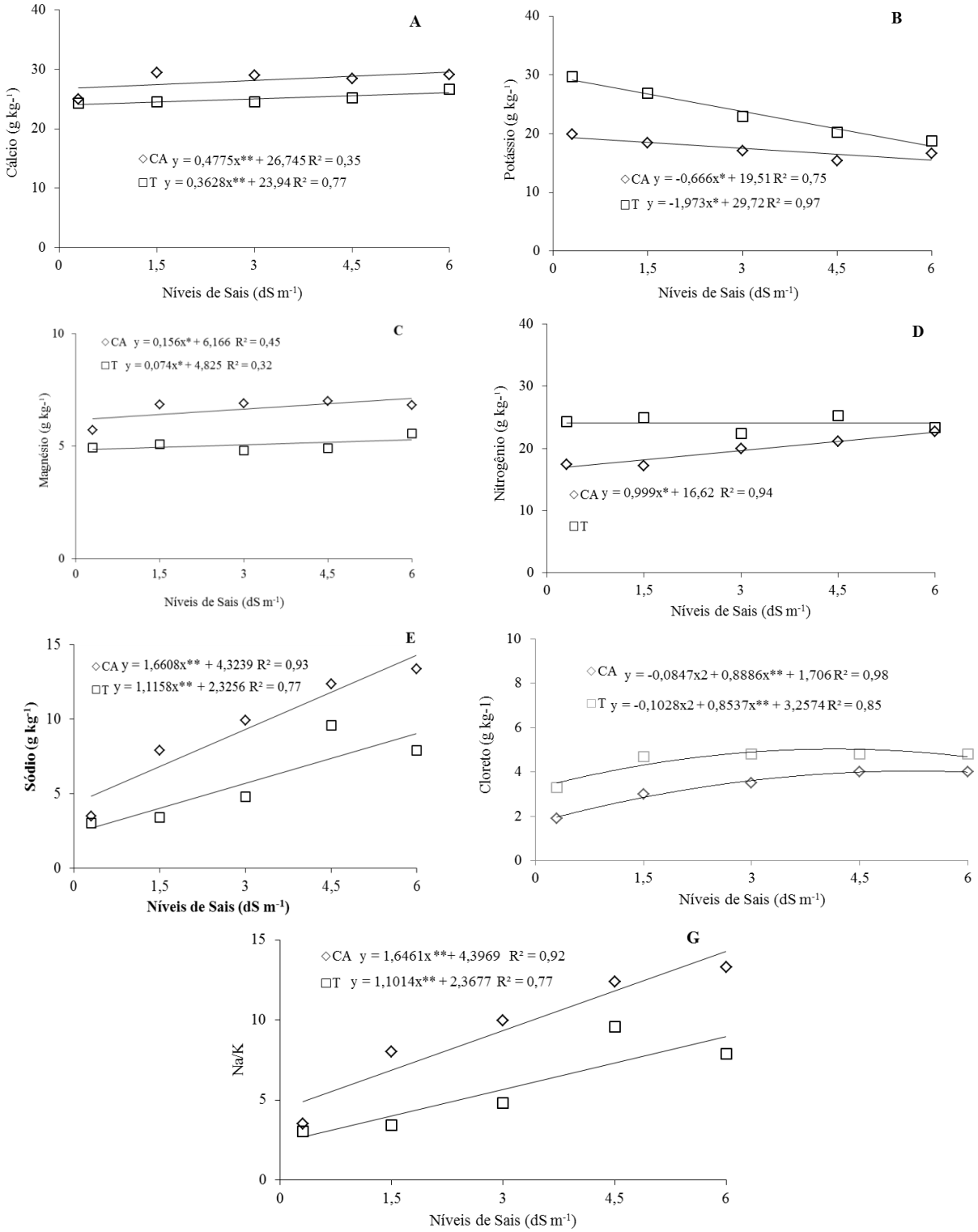
Os efeitos da salinidade sobre os teores foliares de Na também dependeram do ambiente de cultivo (Figura 4.1E). Nos dois ambientes verificou-se aumento linear no teor de Na, com maiores valores e maior taxa de incremento sendo observada nas plantas sob céu aberto. Constata-se na Figura 4.1E que o incremento por aumento unitário da salinidade foi mais expressivo em plantas cultivadas em ambiente sem restrição parcial de luz (1,66 g kg^{-1}) do que em plantas cultivadas em ambiente com restrição parcial de luz (1,12 g kg^{-1}).

Os teores de cloreto nas folhas de noni foram maiores nas plantas cultivadas em telado, em relação às cultivadas em céu aberto (Figura 4.1 F). Em telado o incremento de 4,91 g kg^{-1} e se deu até quando as plantas foram irrigadas com água de CEa = 4,1 dS m^{-1} a partir do qual passaram a decrescer. Já em ambiente a céu aberto o incremento de 4,0 g kg^{-1} foi observado quando as plantas foram irrigadas com CEa = 5,2 dS m^{-1} sendo menor do que em ambiente telado.

Na relação Na/K observa-se (Figura 4.1 G) que nos dois ambientes de cultivo (céu aberto e telado) houve aumento linear nos valores da Na/K, com maiores valores sendo observada nas plantas sob céu aberto. Constata-se na Figura 4.1(G) que o incremento por aumento unitário da salinidade foi mais expressivo em plantas cultivadas em ambiente sem

restrição parcial de luz (1,64) do que em plantas cultivadas em ambiente com restrição parcial de luz (1,10).

Figura 4.1 – Teores foliares de cálcio (A), potássio (B), magnésio (C), nitrogênio (D) e sódio (E), cloreto (F) e Na/K(G) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas em céu aberto (CA) e telado (T) submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE.2011



Fonte: O autor.

Na Tabela 4.2 observa-se o efeito conjunto dos fatores ambiente x matéria orgânica para os teores de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sódio e cloreto nas folhas de noni. Os teores foliares de Ca não diferiram entre os ambientes quando não se aplicou matéria orgânica, porém esses teores foram superiores (4,7 g kg^{-1} a mais) no ambiente a céu aberto, em comparação ao telado, quando se aplicou esse insumo. Já ao se observar a influência da matéria orgânica em cada ambiente percebe-se que a ausência de matéria orgânica proporcionou um incremento estatisticamente significativo de 1,9 g kg^{-1} na variável quando cultivada em telado.

Tabela 4.2 – Teor (g kg^{-1}) de cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio, sodio e cloreto em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* em função dos ambientes de cultivo, céu aberto e telado, na ausência e presença de matéria orgânica aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011

Ambiente	Ausência MO	Presença MO
	Cálcio	
Céu Aberto	27,6 aA	28,8 aA
Telado	26,0 aA	24,1 bB
	Potássio	
Céu Aberto	15,22 aA	19,72 aA
Telado	20,96 aA	26,43 aA
	Magnésio	
Céu Aberto	6,3 aB	6,9 aA
Telado	5,0 bA	5,3 bA
	Nitrogênio	
Céu Aberto	18,76 aB	20,60 bA
Telado	20,82 aB	27,27 aB
	Sódio	
Céu Aberto	10,63 aA	8,21 aA
Telado	6,69 aA	4,79 aA
	Cloreto	
Céu Aberto	3,2 bA	3,5 bA
Telado	5,0 aA	4,1 aB

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,01$ e $p < 0,05$).

Para os teores foliares de magnésio observa-se que as cultivadas a céu aberto mostraram um aumento estatisticamente significativo de 1,3 e 1,6 g kg^{-1} quando comparadas às plantas cultivadas em ambiente telado, respectivamente, nos tratamentos sem e com matéria orgânica (Tabela 4.2).

Já quando se avaliou o teor de nitrogênio nas folhas de noni, comparando-se os dois ambientes, observou-se um ganho estatisticamente significativo de 6,67 g kg $^{-1}$ quando cultivadas em telado e tratadas com adubo orgânico (Tabela 4.2). Já se analisando as respostas das plantas dentro de cada ambiente, percebe-se que nos cultivos a céu aberto a presença de matéria orgânica proporcionou um ganho estatisticamente significativo de 1,9 g kg^{-1}, em nitrogênio, quando comparadas aos tratamentos sem o insumo orgânico (Tabela 4.2).

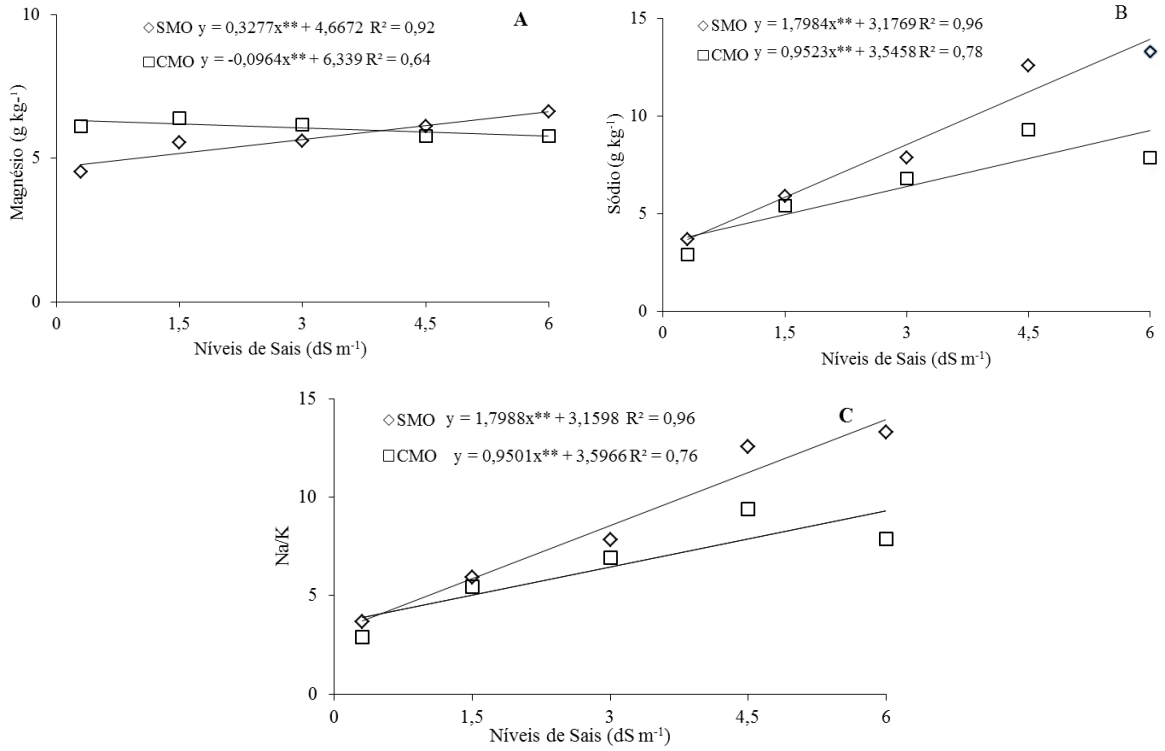
O teor de cloreto nas folhas de noni no ambiente com restrição parcial de luz, telado, mostrou um ganho estatisticamente significativo de 1,8 e 0,6 g kg^{-1}, tanto na ausência como na presença de matéria orgânica, respectivamente, quando comparado ao cultivo em pleno sol (Tabela 4.2). Porém percebe-se, também, que o ganho neste ambiente foi maior (5,0 g kg^{-1}) nos tratamentos sem o insumo orgânico.

Considerando-se o efeito conjunto dos fatores sal x matéria orgânica nas folhas de noni na Figura 4.2 A, observa-se que os teores foliares de magnésio, mediante o aumento unitário dos níveis de sais da água de irrigação, apresentaram aumentos linearmente de 0,33 g kg^{-1} quando as plantas foram cultivadas na ausência de matéria orgânica (Figura 4.2 A). Entretanto, a resposta dos teores da variável foi inverso nas plantas cultivadas na presença do insumo orgânico que reduziu linearmente em 0,09 g kg^{-1} com o aumento unitário da CEa.

Os teores de sódio foram maiores nos tratamentos sem matéria orgânica. Nas plantas que não receberam esse insumo verificou-se aumento linear crescente (1,79 g kg^{-1}) nos teores de sódio nas folhas de noni maior do que os tratamentos com o insumo orgânico (0,95 g kg^{-1}), considerando-se o aumento unitário da CEa.

Na relação Na/K observa-se que os valores, mediante o aumento unitário dos níveis de sais da água de irrigação, apresentaram aumentos linearmente de 1,79 e 0,90 quando as plantas foram cultivadas, respectivamente, na ausência e presença de matéria orgânica (Figura 4.2 A).

Figura 4.2 - Teores de magnésio (A), sódio (B) e Na/K (C) em folhas de plantas de *Morinda citrifolia* cultivadas na ausência e presença de matéria orgânica, submetidas a níveis crescentes de sais da água de irrigação aos 110 DAT. Sobral - CE. 2011



Fonte: O autor.

De modo geral, os teores de cálcio do presente estudo, nos dois ambientes e com o aumento dos níveis de sais da água de irrigação, foram superiores aos encontrados por Neves (2012) e Guimarães (2005) em feijão de corda submetidos a estresse salino e superiores também aos considerados ideais por Raij *et al*. (1997), para a cultura do café, planta da mesma família do noni. Diferentemente desse estudo, Garcia *et al*. (2007) reportaram que o aumento do teor de sais do meio externo ocasiona a diminuição dos teores de cálcio nos tecidos das plantas. Em consonância a resposta das plantas aos teores foliares de cálcio encontradas nesse estudo Acosta (2003) afirmou ser o noni muito exigente neste íon e as maiores produções da cultura estão associadas ao conteúdo deste elemento influenciando diretamente na resistência às doenças quando presente em quantidades adequadas no tecido.

O aumento crescente do íon cálcio nas folhas de noni quando submetidos à salinidade nos dois ambientes podem ser explicados pelo fato de ter sido adicionado cálcio na preparação das águas dos respectivos tratamentos. Por outro lado, redução nos teores de potássio do atual estudo, nos dois ambientes com o aumento da CEa, estão em conformidade com as pesquisas de Freitas (2012) em espécies de *P. amboinicus*, *P. grandis* e P. *barbatus* irrigados com água com níveis crescentes de sais em dois ambientes no qual verificou uma

redução no teor deste elemento ao comparar a menor CEa (0,7 dS m^{-1}) e a maior CEa (5,5 dS m^{-1}).

Em adição, Ashraf e Orooj (2006) avaliando os teores de potássio na parte aérea de *Trachypermum ammi*, observaram uma diminuição progressiva na concentração deste macroelemento como resultado da maior concentração de Na^+ e Cl^- no meio de crescimento das plantas. Corroborando com esses resultados Attia, Karray e Lachaa (2009) corroboram com os resultados da pesquisa com noni ao afirmarem que a acumulação de K^+ nas folhas é dependente da concentração de sal e do regime de luminosidade, sendo menor em plantas cultivadas sob alta intensidade luminosa em comparação com as cultivadas sob baixa luminosidade. Bezerra Neto *et al*. (2005) explicaram que quando se conduz uma cultura dentro de uma variação ótima de luminosidade com outros fatores favoráveis, eleva-se a fotossíntese e a respiração se dá de forma normal. Por isso a quantidade de matéria seca acumulada é elevada, o que pode explicar este aumento no teor do nutriente no cultivo à céu aberto em relação ao cultivo em ambiente telado.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a redução na absorção de K^+ mediante a presença elevada de Na^+ deve-se a competição por sítios no transporte de proteínas e, através de processos intracelulares, ainda, não bem compreendidos. Prado *et al*. (2008) afirmaram que o Na^+ não substitui as funções específicas do K^+, como a manutenção da atividade enzimática, a neutralização de ânions no citosol e cloroplastos, e a manutenção do pH em níveis adequados para o funcionamento da célula.

Mesmo que os teores de potássio nas folhas das plantas da atual pesquisa tenha diminuido em ambos os ambientes com o aumento dos níveis salino da água de irrigação, os teores foliares encontrados, principalmente nas cultivadas em ambiente telado, superaram aos teores de 18 e 26 g kg^{-1} indicados como ideal por Raij *et al*. (1997) para a cultura do café. O mesmo não foi observado no cultivo em ambiente a céu aberto que apresentou teores menores do que o indicado para o cafeeiro quando as plantas foram irrigadas com CEa maiores do que 1,5 dS m^{-1}.

O aumento dos teores de magnésio percebidos no noni nos dois ambientes de cultivo com o aumento nos níveis de sais da água de irrigação é conflitante com os estudos de Ruiz, Martinez e Cerdá (1997) em citros irrigados com águas salinas. Neste contexto, os citados autores afirmaram que esta redução pode estar relacionada a uma competição com o sódio. Por outro lado, os teores de magnésio, registrados na atual pesquisa, estão em conformidade com as pesquisas de Gondim (2010) em maracujazeiro, Silva Junior *et al*. (2005) em bananeira e Temoteo (2012) em café. Desta forma o noni apresentou teores deste

macroelemento considerados ideais tomando-se como referencia o café (3,5 g kg^{-1}) planta da mesma familia do noni e para Temoteo (2012) os teores de magnésio no café tendem a aumentar com salinização dos solos. Segundo Grattan e Grieve (1999), embora estudos tenham sido realizados para avaliar a nutrição de plantas submetidas ao estresse salino, esses estudos não apresentam muitas informações sobre a relação do magnésio com a salinidade.

No que diz respeito ao nitrogênio sabe-se que as plantas requerem esse elemento em altas concentrações e sua deficiência inibe rapidamente o crescimento vegetal e, consequentemente, a produção (TAIZ; ZEIGER, 2013). Porém, em condições salinas, a assimilação de N não é requerida pelas plantas apenas para seu crescimento, mas também para sintetizar alguns de seus metabólitos derivados que podem ser utilizados no ajustamento osmótico (ASLAM *et al*., 1979).

Para Patel *et al*. (2010) a absorção ou o acúmulo de N na parte aérea das plantas pode ser reduzido pela salinidade. Oliveira *et al*. (2011) relataram que a absorção e o transporte do nitrato são limitados devido ao efeito antagônico entre nitrato e cloreto divergindo, assim, com os teores crescentes observados nessa pesquisa. Do mesmo modo em maracujazeiro irrigados com águas salinas Freire *et al*. (2010) ao avaliar o conteúdo de N na matéria seca foliar constatou que o aumento da salinidade da água prejudicou a acumulação de N pelas plantas. Os teores crescentes deste elemento nas folhas de noni estão em conformidade com os resultados observados por Temoteo (2012) em café e Silva (2010) em noni.

Segundo Dias e Blanco (2010), os teores acima de 2,5 g kg^{-1}de sódio na matéria seca das plantas cultivadas podem provocar toxicidade por excesso do elemento. No entanto, mesmo que se tenha constatado teores elevados deste elemento no experimento, nos dois ambientes testados, sintomas visuais de toxicidade só foram percebidos em plantas irrigadas com CEa 6,0 d Sm^{-1} em ambiente à céu aberto. Corroborando com os resultados observados em noni, Dutra *et al*. (2011) ao estudarem feijão caupi pré-tratadas com NaCl em temperaturas elevadas observaram que as concentrações de sódio aumentaram significativamente nas folhas, tanto em função do NaCl, na solução nutritiva, como da temperatura de exposição.

De acordo com Yoshida (2002), um aumento dos teores de sais, principalmente sódio na solução do solo, oriundos da água de irrigação ou do solo, pode prejudicar a absorção radicular de potássio. A situação apresentada no experimento com noni está compatível com o respectivo autor, pois, mesmo que visualmente não se tenha percebido sintomas de deficiência em potássio nas plantas testadas, a redução com o aumento da CEa

poderá ser justificada pelo antagonismo existente entre o sódio e o potássio, pois é, sabido que estes elementos concorrem pelo mesmo sítio de absorção nas raízes das plantas cultivadas.

Os maiores teores de cloreto encontrados no ambiente telado na ausência de matéria orgânica pode ser justificado pela presença deste elemento na água de irrigação com CEa de 1,5 a 6 dS m^{-1}. De acordo com Santos e Santos (2008), a matéria orgânica é caracterizada pelos elevados teores de nutrientes para as culturas dentre eles o nitrogênio. Os efeitos positivos atribuídos ao biofertilizante bovino, conforme Nardi *et al*. (2002) são oriundos da presença das substância húmicas no insumo, que são responsáveis por promover a nutrição mineral das plantas, induzir o crescimento radicular e estimular a atividade enzimática nos processos metabólicos. No entanto, Ferreira, Ferreira e Fontes (2003) afirmaram que a mineralização dos insumos orgânicos dependem de alguns fatores como por exemplo quantidade de nutrientes imobilizados e disponíveis, da temperatura e umidade. De acordo com a atual pesquisa os teores de nitrogênio nas folhas de noni nos dois ambientes do presente estudo foram menores do que os encontrados por Silva (2010) (32,92 e 33,92 g kg^{-1}) em noni tratados com biofertilizante bovino e menores do que a faixa admitida como adequada do macronutriente para o café que se situa entre 29 e 32 g kg^{-1} (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Porém, mesmo em quantidades abaixo das referenciadas, os teores de N nas plantas tratadas com adubo orgânico em ambiente telado foram suficiente para suprir a cultura em nitrogênio visto que não se visualizou deficiência nas plantas. De acordo com os resultados pode-se inferir, também, que como a perda de nutrientes por lixiviação em cultivo protegido é muito inferior em relação ao campo aberto os nutrientes poderão ter sido mineralizados e melhor disponibilizados para as plantas neste ambiente.

4 CONCLUSÕES

1. Os teores de Ca, Mg e Na aumentaram no solo em função das irrigações com água salina nos dois ambientes, sendo que os maiores valores foram verificados nos tratamentos em que se utilizou matéria orgânica;
2. Os teores foliares de Ca, Mg e Na aumentaram com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo que os maiores incrementos foram observados no ambiente a céu aberto;
3. Os teores de cloreto aumentaram com a salinidade, sendo os maiores valores observados nas plantas no ambiente a céu aberto;
4. A relação Na/K aumentou com a salinidade da água de irrigação, sendo os maiores valores observados nas plantas a céu aberto;
5. A matéria orgânica resultou em aumentos nos teores foliares de K e N, porém as interações entre matéria orgânica e salinidade foram pouco significativas considerando-se o papel da matéria orgânica em atenuar os efeitos deletérios do excesso de sais.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. A. **Manejo ecológico del cultivo de noni**. Proyeto de generacion y transferência de tecnologias limpias para La producion del noni (*Morinda citrifolia* L), em Panamá. Panamá: Instituto de Investigacion Agropecuária de Panamá Agencia Espanola de Cooperacion Internacional, Panamá, 2003. 18p.

AMORIM, A. V.*et al*. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 113-121, 2010.

ASHRAF, M.; OROOJ, A. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (Trachyspermum ammi [L.] Sprague). **Journal of Arid Environments**, v. 64, p. 209-220, 2006.

ASLAM, M. *et al*. Influence of light and ambient carbon dioxide concentration on nitrate assimilation by intact barley seedlings. **Plant Physiology,** v. 63, p.1205-1209, 1979.

ATTIA, H.; KARRAY, N.; LACHAA, M. Light interacts with salt stress in regulating superoxide dismutase gene expression in Arabidopsis. **Plant Science**, v. 177, p. 161-167, 2009.

BEZERRA NETO, F. *et al*. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.

CATALDO, D. A. *et al*. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.

CHAN-BLANCO, Y. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 645-654, 2006.

CORREIA, A. A. S. *et al*. Caracterização química e físicoquímica da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

DEMIRAL, M. A. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 29, p. 267-274, 2005.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S,; LACERDA, C. F. (Eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. Parte III, 2010, p.129-141.

DUTRA, A. T. B. *et al*. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, 2011.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 468-473, 2003.

FREIRE, J. L. O. *et al*. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina,biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 102-110,2010.

FREITAS, M. A. C. **Crescimento, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *Plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade**. 2012. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GARCIA, G. O. *et al*. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, Chile, v. 25, p. 93-106, 2007.

GONDIM, S. C. **Insumos orgânicos e qualidade da água no maracujazeiro amarelo e na fauna edáfica.** 2010.172f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

GRATAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrition relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p. 127-157,1999.

GUIMARÃES, F. V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão de corda cv Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de $CaCl_2$ e $CaSO_4$**. 2005. 176f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** . 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

NARDI, S.*et al*. Physiological effects of humic substances on higer plants**. Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 1527–1536, 2002.

NEVES, A. L. R. **Estratégias visando o uso sustentável de água salina em um ciclo de rotação cultural feijão-de-corda/girasol.** 2012. 159f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, A. F. *et al*. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar de berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 37-45, 2011.

PATEL, A. D. *et al*. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biologia**, v. 32, p. 59-71, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

RAIJ, B. V. *et al*. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas; Instituto Agronômico, Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100).

RUIZ,D.; MARTINEZ,V.;CERDÁ, A. Citrus response to salinity: Growth and nutriente uptake. **Tree Physiology**, v. 17, p.141-150, 1997.

SANTOS, J. G. R.; SANTOS, E. C. X. R. **Agricultura orgânica: teoria e prática**. 21 ed. (EDUEP). Campina-PB: EDUEP. 2008. 230p.

SILVA JUNIOR, G. S.*et al*. Estudo comparativo de parâmetros bioquímicos em espécies de bananeira e Atriplex submetidas ao estresse salino. *In*: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 28., 2005, Teresina. **Resumos...** Teresina. SBB; UFPI; Herbário Graziela Barroso: CEFET-PI; UESPI; Embrapa Meio Norte, 2005. 1 CD-ROM.

SILVA, F. A S.; AZEVEDO C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4. n. 1, p. 71-78, 2009.

SILVA, Fabio Cesar. da (Editor Técnico). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. Ampl. Brasilia: Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.

SILVA, J. J. M. **Adubação orgânica e mineral de noni: desempenho agronômico, nutrição da planta, qualidade de fruto e de suco**. 2010.104f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SOLOMON, N. **Nature's Amazing Healer**. Utah: Woodland Publishing, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed. 2013. 954p

TEMÓTEO, A. da S. **Cultivares de café conilon (*Coffea Canephora*) sob estresse salino-hídrico**. 2012. 105f. (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

WEST, B. J.; JENSEN, C. J.; WESTENDORF, J. Noni juice is not hepatotoxic. Research and development, Tahitian Noni International, American Fork, USA. **World Journal Gastroenterology**, v. 12, n. 22, p. 361-369, 2006.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Journal Bioscience Bioengineering**, v. 94, n. 4, p. 585-590, 2002.

RECOMENDAÇÕES

A presente pesquisa apresentou significativas contribuições sobre a possibilidade de se introduzir uma planta praticamente desconhecida no Brasil e que apresentou importantes características de adaptação ao nordeste brasileiro principalmente em área salinizadas.

Do ponto de vista da produção de mudas com uso de águas salinas verificou-se que no ambiente de telado as plantas mostraram maior tolerância relativa. Porém, do ponto de vista da qualidade da muda e sua possibilidade de sobrevivência no campo as mudas a céu aberto foram superiores, notadamente nos níveis moderados de salinidade.

Recomenda-se, portanto, a continuação dessa pesquisa, devendo-se buscar um ambiente que favoreça a tolerância à salinidade e ao mesmo tempo produza mudas vigorosas e capazes de se desenvolverem bem nas condições do semiárido brasileiro.

Recomenda-se que esta pesquisa seja retomada a partir deste ponto e que este trabalho não seja finalizado, mas sim reaproveitado por aqueles que fazem parte da comunidade científica.

Recomenda-se, também, que a atual pesquisa seja divulgada e discutida não só no meio acadêmico, mas também entre pesquisadores, produtores e extencionistas.