



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

LUCAS RAMOS DA COSTA

USO DE ÁGUAS HIPERSALINAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGUE
Laguncularia racemosa (L.) Gaertn

MOSSORÓ – RN
FEVEREIRO DE 2015

LUCAS RAMOS DA COSTA

USO DE ÁGUAS HIPERSALINAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGUE

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Marcelo Tavares Gurgel.

MOSSORÓ – RN
FEVEREIRO DE 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Sector de Informação e Referência

C837u Costa, Lucas Ramos da

Uso de águas hipersalinas na produção de mudas de mangue *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn / Lucas Ramos da Costa -- Mossoró, 2015.

98f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gurgel Tavares

Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Extensão e Pós-Graduação.

1. Reuso de água. 2. Manguezal. 3. Meio ambiente.
4. Produção de mudos. I. Título.

RN/UFERSA/BCOT/220-15

CDD: 628.162

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa

CRB-15/453

LUCAS RAMOS DA COSTA

USO DE ÁGUAS HIPERSALINAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGUE

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn

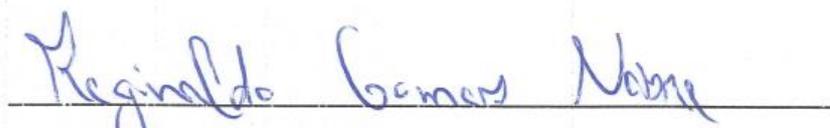
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Aprovada em: 10/02/2015

Banca examinadora:


Prof. D. Sc. Marcelo Tavares Gurgel - Presidente


Prof. D. Sc. Rafael Oliveira Batista - Membro


Prof. D. Sc. Reginaldo Gomes Nobre - Membro

Aos Meus Pais Elias Paula da Costa e Lucimar Ramos da Costa que com muita determinação souberam conduzir meus ensinamentos de vida.

A minha querida e virtuosa avó Maria Ester da Costa, minhas tias Valdiza Paula da Costa e Vasti Paula da Costa, que com determinação me conduziu por caminhos retos, me mostrando que o princípio da sabedoria é o temor do Senhor.

Ofereço

*O temor do Senhor é o princípio da sabedoria
Os insensatos desprezam a sabedoria e a
instrução. Provérbios 1:7*

*Ao Deus misericordioso e a minha noiva
Lorrayny Barbosa, que com muito amor
contribuíram com incentivo nos momentos
mais difíceis, para a conclusão desse trabalho*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser misericordioso me dando forças e sabedoria na condução do estudo que culminou na superação de mais uma etapa na minha vida.

A minha querida e virtuosa avó Maria Ester da Costa que com determinação me conduziu por caminhos retos, me mostrando que o princípio da sabedoria é o temor do Senhor.

A meus pais, Elias Paula da Costa e Lucimar da Fonseca Ramos que com muito empenho e dignidade me fortaleceram para enfrentar os obstáculos da vida.

A minha noiva Lorryny Barbosa e sua mãe Teresa Barbosa que com amor me ajudam com conselhos válidos para a vida.

Aos meus Irmãos e familiares que sempre me desejaram sucesso nesse trabalho.

A minha tia amável Eurides Maria, pelo seu amor e paciência demonstrou o caminho da superação e aos meus primos Vânia, Vanessa e João Victor pelo carinho ofertado nos momentos de alegria e tristeza.

Ao Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Água e solo, por me ofertar a oportunidade da realização do curso.

Ao professor Marcelo Tavares Gurgel, pela orientação, confiança, dedicação e amizade durante este trabalho.

A Professora Jeane Portela, pelos conselhos.

Aos amigos Ana Ruth, Andygley Fernandes, Danilo Isaac, Gabriela, Francisco Ítalo, Louise, Lunara, Marina e Sílvio Roberto pela ajuda na condução deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas correções feitas neste trabalho.

Ao CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos demais amigos que criticaram negativamente ou positivamente a realização do estudo, no entanto, sabendo que tudo serviu para meu crescimento como ser humano.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Lucas Ramos da Costa nasceu em Manaus no estado do Amazonas no dia 07 de Junho de 1988, é o filho mais velho de um casamento com três filhos, estudou o antigo primário no Educandário Santo Agostinho, ainda no mesmo estado.

Nos anos 2000, mudou-se para Natal no Rio Grande do Norte onde ingressou no Ginásio na Escola Municipal Vereador José Sotero, no ano seguinte, aumento as pretensões no estudo, ingressou no ensino médio na Escola Estadual Francisco Ivo Cavalcanti, vindo a terminar o ciclo básico de estudo no ano de 2006, durante toda sua vida em escola pública, fato este que não o impediu de buscar suprir as necessidades decorrentes da falta de estrutura das escolas por onde passou.

No ano seguinte, prestou vestibular com pretensão de ingressar no curso de Agronomia, sendo aprovado houve a necessidade de mudar-se para a cidade de Mossoró, não hesitou e foi em busca de seu objetivo de vida.

Graduou-se em Engenharia Agrônoma obtendo o título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Semiárido, no ano de 2012, em Março de 2013, ingressou no programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, lembrando que o sonho tem sempre que continuar...

Sumário

Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	x
Lista de Apêndices	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral:	16
2.2 Objetivos específicos:	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Origem da palavra mangue	17
3.2 Mangue	17
3.3 Classificação botânica e origem do mangue	18
3.3.1 Distribuição geográfica dos manguezais	20
3.3.3 Distribuição dos manguezais no Brasil	23
3.3.4 Distribuição dos manguezais no Nordeste do Brasil	25
3.3.5 Distribuição dos manguezais no Estado do Ceará	27
3.3.6 Distribuição dos manguezais no município de Icapuí-CE	28
3.4 Mecanismos de tolerância das plantas a salinidade	29
3.4.1 Excreção salina	31
3.4.2 Solutos orgânicos	32
3.4.3 Suculência	34
3.5 Reuso de água de baixa qualidade	34
3.6 Reaproveitamento de águas com elevado teor de sais	35
3.7 Produção de mudas de mangue	35
3.8 Impactos ambientais no ecossistema de mangue	36
3.8.1 Degradação das áreas de mangue no Nordeste	38
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 Espécie estudada	40
4.2 Localização e caracterização da área experimental	40
4.3 Substrato e recipiente	41
4.4 Preparo das águas de irrigação	42

4.5 EXPERIMENTO I - Avaliação do uso de águas hipersalinas na produção de mudas de mangue branco	43
4.5.1 Instalação e condução do ensaio	43
4.5.2 Tratamentos e delineamento experimental	44
4.5.3 Avaliação dos tratamentos aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após aplicação dos tratamentos (DAT)	46
4.5.4 Variáveis de crescimento: Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC), Altura de planta (AP) e Crescimento do sistema radicular (CS-R)	46
4.5.5 Fitomassa	47
4.5.6 Índices fisiológicos	47
4.5.7 Acompanhamento dos atributos químicos do substrato ao longo do estudo	48
4.5.8 Plantas aptas ao transplântio (PAT)	48
4.6 EXPERIMENTO II: Acompanhamento das mudas de mangue branco em campo	49
4.6.1 Identificação da área de transplântio no campo	49
4.6.2 Transplântio das mudas e condução em campo	49
4.6.3 Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC), Altura de planta (AP)	50
4.6.4 Análise estatística	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1. Experimento I - Avaliação do uso de águas hipersalinas na produção de mudas de mangue branco	52
5.1.1. Variáveis de crescimento	52
5.1.2. Fitomassa	57
5.1.3 Índices fisiológicos	65
5.1.4 Atributos químicos do substrato ao longo do estudo	70
5.1.5 Plantas aptas ao transplântio (PAT %)	79
5.2 Experimento II: Acompanhamento das mudas em campo	81
5.2.1 Percentagem de plantas vivas (PPV)	84
7 CONCLUSÕES	86
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
9 APÊNDICE	97

Lista de Tabelas

		Páginas
Tabela 1	Análise química do substrato utilizado no estudo.	41
Tabela 2	Análise física do substrato utilizado no estudo.	41
Tabela 3	Composição química da água de abastecimento e água hipersalina utilizada no estudo.	42
Tabela 4	Médias do número de folhas (NF) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	51
Tabela 5	Médias do diâmetro do caule (DC) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	52
Tabela 6	Médias da altura da planta (AP) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	53
Tabela 7	Médias do comprimento do sistema radicular (CS-R) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	55
Tabela 8	Médias da matéria fresca da parte aérea (MF-PA) submetido a seis níveis de salinidades da água ao longo do período experimental. Experimento I.	56
Tabela 9	Médias da matéria seca da parte aérea (MS-PA) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	57
Tabela 10	Médias da matéria fresca do sistema radicular (MFS-R) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	59
Tabela 11	Médias da matéria seca do sistema radicular (<u>MSS-R</u>) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	60
Tabela 12	Médias da matéria fresca total (MF-T) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	61
Tabela 13	Médias da matéria seca total (MS-T) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	63
Tabela 14	Médias do teor de água no sistema radicular (TA-SR) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	64
Tabela 15	Médias do teor de água na parte aérea (<u>TA-PA</u>) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	65
Tabela 16	Médias da relação raiz/parte aérea (R/PA) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	67
Tabela 17	Médias do índice de qualidade de Dickson (IQD) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	68
Tabela 18	Médias dos teores de Cálcio (Ca^{2+}) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	70
Tabela 19	Médias dos teores de Magnésio (Mg^{2+}) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	71

Tabela 20	Médias dos teores de Sódio (Na^+) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	72
Tabela 21	Médias dos teores de Potássio (K^+) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	74
Tabela 22	Médias dos teores de Fósforo (P) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	75
Tabela 23	Condutividade Elétrica (CE) do substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	77
Tabela 24	pH do substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.	78
Tabela 25	Médias, Desvio padrão e Coeficiente de variação das mudas transplantadas para o campo aos 100 DATransp. Experimento II.	82

Lista de Figuras

		Páginas
Figura 1	Classificação científica das três principais espécies de mangue da região neotropical.	18
Figura 2	Dispersão dos manguezais a partir do seu centro de origem (seta maior), em direção às costas do Atlântico e do Pacífico Oriental (setas menores).	20
Figura 3	Distribuição dos manguezais no mundo.	20
Figura 4	Distribuição Geográfica dos manguezais, mostrando a divisão em dois grandes Hemisférios Globais (Atlantic East Pacific-AEP; Indo West Pacific-IWP).	23
Figura 5	Zonação dos manguezais no Brasil, de clima tropical úmido.	24
Figura 6	Distribuição de manguezais no litoral do Nordeste do Brasil entre o Piauí e Pernambuco.	25
Figura 7	Mapa do município de Icapuí-CE.	27
Figura 8	Ilustração da casa de vegetação utilizada no experimento I.	40
Figura 9	Dimensão dos sacos utilizados no experimento (A) e Demonstração do enchimento dos sacos plásticos com o substrato utilizado no estudo (B).	40
Figura 10	Graus Baumé na água hipersalina no momento da coleta (A) e Transporte da água hipersalina até a Ufersa Campus Mossoró-RN (B).	43
Figura 11	Croqui do experimento e distribuição espacial.	44
Figura 12	Ilustrações das mudas de Mangue branco transplantadas para o campo.	48
Figura 13	Plantas aptas ao transplântio aos 120 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) ($S_1 = 05$, $S_2 = 24$, $S_3 = 55$, $S_4 = 77$, $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ dS m^{-1}) – Experimento I.	79
Figura 14	Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC) e Altura da planta (AP) do mangue branco das mudas produzidas com as salinidades ($S_1 = 05$, $S_2 = 24$, $S_3 = 55$, $S_4 = 77$, $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ dS m^{-1}) em casa de vegetação, aos 100 dias após o transplântio (DATransp) – 1º avaliação = 20 DATransp; 2º avaliação = 40 DATransp; 3º avaliação = DATransp; 4º avaliação = DATransp e 5º avaliação = DATransp - Experimento II.	81
Figura 15	Porcentagem de plantas de mangue branco vivas (PPV) no campo, produzidas com as salinidades ($S_1 = 05$; $S_2 = 24$; $S_3 = 55$; $S_4 = 77$; $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ dS m^{-1}) em casa de vegetação, aos 100 dias após o transplântio (DATransp) – Experimento II.	83

Lista de Apêndices

Apêndice 1	Resumo da ANOVA para número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP) e comprimento do sistema radicular (CS-R) em função dos tratamentos – Experimento I.	97
Apêndice 2	Resumo da ANOVA para matéria fresca da parte aérea (MF-PA), matéria seca da parte aérea (MS-PA), matéria fresca do sistema radicular (MFS-R), matéria seca do sistema radicular (MSS-R), matéria fresca total (MF-T) e matéria seca total (MS-T), em função dos tratamentos – Experimento I.	97
Apêndice 3	Resumo da ANOVA para teor de água no sistema radicular, teor de água na parte aérea (TA-PA), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de Dickson (IQD), em função dos tratamentos – Experimento I.	98
Apêndice 4	Resumo da ANOVA para teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^{2+}), fósforo (P^{2+}), condutividade elétrica (CE) e potencial de hidrogênio (pH) em função dos tratamentos utilizados no estudo – Experimento I.	98

RESUMO

LUCAS RAMOS DA COSTA: **USO DE ÁGUAS HIPERSALINAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGUE**. Mossoró-RN. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Fevereiro de 2015. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Orientador: Marcelo Tavares Gurgel.

Nunca a humanidade necessitou de tanta água para suprir suas necessidades básicas como na atualidade, sendo o reúso de água uma realidade, porém, ainda muito distante do ideal. A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no crescimento e desenvolvimento e produção das culturas. Nesse contexto, objetiva-se com este estudo viabilizar a produção de mudas de Mangue branco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn) com uso de águas hipersalinas visando o reflorestamento de áreas de manguezais degradadas. Para isso, foram realizados dois Experimentos; o experimento I foi conduzido entre 13 de fevereiro e 3 de junho de 2014, sendo instalado em casa de vegetação localizada no setor de solos pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos ($S_1 = 0,5$; $S_2=24$; $S_3 =53$; $S_4 =77$; $S_5 =101$ e $S_6=124$ $dS\ m^{-1}$), e quatro repetições, sendo 24 parcelas com 15 plantas em cada parcela, totalizando 360 plantas. Os tratamentos foram preparados a partir da diluição de água hipersalina oriunda das bacias de cristalização de sal, com água da rede de abastecimento da UFERSA, de forma a se obter a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) do respectivo tratamento. As variáveis avaliadas foram crescimento, fitomassas, índices fisiológicos, Índice de qualidade de Dickson (IQD) e atributos químicos do solo. O experimento II, foi instalado em campo no município de Icapuí-CE, , entre 30 de junho e 9 de setembro de 2014. De modo geral, todos os parâmetros analisados no experimento I tenderam a diminuir com o aumento do nível salino na água de irrigação. O uso de água hipersalina com salinidade de $S_3 = 55\ dS\ m^{-1}$, é uma alternativa viável na produção de mudas de mangue, de acordo com as condições de realização desse estudo. O tratamento mais salino ($S_6 = 124\ dS\ m^{-1}$), promoveu a morte de grande parte das plantas nos primeiros 100 dias após a aplicação dos tratamentos. As altas concentrações de sódio no substrato utilizado influenciaram o não crescimento e desenvolvimento das mudas no período de casa de vegetação. No campo verificou-se que as plantas irrigadas com as salinidades $S_3= 55\ dS\ m^{-1}$ e $S_4= 77\ dS\ m^{-1}$ foram as que melhor cresceram.

Palavras-chave: manejo, reúso, manguezal, meio ambiente.

ABSTRACT

Costa, Lucas Ramos da: **HYPERSALINE WATER USE IN MANGROVE SEEDLINGS PRODUCTION**. Mossoró-RN. Federal Rural University of the Semi-Árid February 2015. Dissertation. Graduate Program in Soil and Water Management. Advisor: Marcelo Tavares Gurgel.

Never has humanity needed much water to meet their basic needs as today, and water reuse a reality, however, still far from the ideal. Water quality is one of the factors that cause negative effect on growth and development and production of crops. In this context, the objective of this study is to enable the production of white mangrove seedlings (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn) using hypersaline waters aiming the reforestation of degraded mangrove areas. For this, there were two experiments; the first trial was conducted between February 13 and June 3, 2014, being installed in a greenhouse located in the land sector belongs to the Federal Rural University of semiarid (UFERSA). The experimental design was a randomized block design with six treatments ($S_1 = 0,5$; $S_2 = 24$; $S_3 = 53$; $S_4 = 77$; $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ dS m^{-1}), and four replications, with 24 installments with 15 plants in each plot, a total of 360 plants. Treatments were prepared by diluting hypersaline water coming from the salt crystallisation basin with the water supply network UFERSA in order to obtain electrical conductivity of irrigation water (CE_a) to their treatment. The variables were growth, fitomassas, physiological indices, Dickson quality index (DCI) and soil chemical properties. The second experiment was carried out in the field Icapuí-CE municipality, between June 30 and September 9, 2014. In general, all parameters analyzed in experiment I tended to decrease with increasing salt level in the water irrigation. The use of hypersaline water with salinity $S_3 = 55$ dS m^{-1} , is a viable alternative in the production of mangrove seedlings, according to the conditions of this study. The most saline treatment ($S_6 = 124$ dS m^{-1}), promoted the death of most of the plants in the first 100 days after treatment application. The high sodium concentrations in the substrate used not influenced the growth and development of seedlings in the greenhouse period. In the field it was found that the plants irrigated with salinities $S_3 = 55$ dS m^{-1} and $S_4 = 77$ dS m^{-1} showed the best grown.

Key-words: management, reuse, mangrove environment.

1INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas, além de micro e macroalgas, e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais (Schaeffer-Novelli, 2011).

Esse ecossistema representa um ambiente muito especial para o litoral de muitos países intertropicais, onde o emaranhado de raízes de mangue cria um local bastante atrativo para diversas espécies vegetais e animais habitarem. Segundo Sant'Anna & Whately (2012), os manguezais tem grande diversidade biológica e alto teor de produção de matéria orgânica, sendo muito importante ao equilíbrio da cadeia alimentar costeira.

A Netherlands Committee for the World Conservation Union (UICN, 2002) relata que os manguezais encontram-se ameaçados devido aos problemas de degradação e extinção. Em nível mundial, nos últimos 50 anos, estima-se que já tenham desaparecido 50% dos manguezais e que grande parte dos restantes (181.000 km²) encontram-se em risco, devido, principalmente, as ações antrópicas.

Os manguezais brasileiros se estendem do extremo norte (Amapá) até Santa Catarina, região Sul. A maior concentração de manguezais ocorre no litoral dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, mas há, também, ocorrências importantes nos estuários do Nordeste (Diegues, 2001).

Estimativas feitas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE, 2011) evidenciaram que no estado do Ceará, os manguezais diminuíram muito nos últimos anos (restavam cerca de 23.000 hectares), em detrimento das atividades que envolvem especulação imobiliária, projetos de carcinicultura, desmatamentos, poluição, construção de estradas e outros.

A necessidade de recomposição dos ecossistemas de manguezais degradados demanda o desenvolvimento de tecnologias de produção de mudas nativas; envolvendo a identificação botânica das espécies, métodos de colheita; germinação, beneficiamento e armazenamento de sementes; embalagens; substrato; e manejo de mudas, aliada à pouca informação científica existente sobre este assunto (Vásquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993; Davide et al., 1995).

As espécies respondem diferenciadamente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis em condições de elevada salinidade e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. A diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas

possuem, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1991).

Segundo Maas & Hoffman (2007), além de haver diferença de tolerância entre espécies e entre cultivares, dentro de um mesmo genótipo pode, também, existir diferença entre fases fenológicas. As espécies consideradas muito tolerantes nas últimas fases fenológicas, podem ser sensivelmente afetadas pelos sais, durante a germinação Richards(1954).

A água residuária provenientes das salinas lançada no mar é conhecida como água-mãe, por conter altos teores de íons como sódio, potássio, cloreto, sulfato, e principalmente, magnésio de acordo com os estudos de Alamdari et al. (2008).

Ayoub et al. (2002) evidenciaram a eficiência da água mãe na clarificação de efluentes alcalinos, obtendo resultados de remoção de turbidez acima de 95% em efluentes da indústria de papal, derivados do leite, tintas e cerâmicas.

Deste modo, é de fundamental importância a disposição final das águas residuárias das salinas (água-mãe) no que se refere a produção de mudas de espécies de mangue, tendo em vista a escassa literatura que relate o reaproveitamento deste tipo de água.

É sabido que sem as ações humanas, em condições propícias, o próprio manguezal se recompõe, porém, nem sempre a regeneração natural é suficiente para sanar problemas, ou salvar manguezais degradados, desta maneira, produzir mudas de melhor qualidade e já adaptadas ao ambiente salino é de fundamental importância para o sucesso do reflorestamento de áreas litorâneas degradadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Produção de mudas de Manguê branco (*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn) com uso de águas hipersalinas.

2.2 Objetivos específicos:

- Avaliar os efeitos do uso de águas hipersalinas nas fases de crescimento e desenvolvimento das mudas de Manguê branco;
- Identificar a tolerância das mudas de Manguê branco à salinidade da água;
- Avaliar e monitorar as mudas de Manguê branco transplantadas nas áreas destinadas à recuperação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem da palavra mangue

O termo mangue (em inglês “*mangrove*”) é utilizado para denominar um grupo floristicamente com diversidade de árvores e arbustos tropicais que pertencem a famílias botânicas diferenciadas que compartilham características fisiológicas e adaptações especiais que lhes favorecem sobreviver em ambiente encharcado, salino, geralmente sem oxigênio (anóxico), com granulometria predominantemente rica em silte com material não consolidado (Vanucci, 2002).

Quanto ao termo em inglês *mangrove* é utilizado para denominar uma comunidade florestal de mangue, ou um ecossistema de manguezal, portanto, é importante a diferenciação onde o manguezal é o ambiente de interação entre as populações de plantas, geralmente denominados como florestas de maré, florestas de mangue, manguezais pantanosos ou mangual (Vanucci, 2002).

Manguezais são inquestionavelmente considerados como um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (Schaeffer-Novelli, 1999). Os limites verticais do manguezal, no médio litoral, são estabelecidos pelo nível médio das preamares de quadratura e pelo nível das preamares de sizígia (Maciel, 1991).

3.2 Mangue

No que se refere às características fisionômicas e funcionais dos manguezais, estas revelam as respostas das espécies componentes aos fatores ecofisiológicos locais, e conforme Lugo & Snedaker (1974) classificam a ocorrência de manguezais em seis tipos fisiográficos: *franja*, *bacia*, *ribeirinho*, *lavado*, *fechados* e *anão*. Estando cada uma dessas categorias influenciada por um conjunto de assinaturas de energia similares em que se observa em cada tipo de floresta níveis similares de desenvolvimento estrutural sendo atenuados. Outro autor Citrón et al. (1995) sugere que essa classificação seja diminuída para três tipologias (*franja*, *ribeirinha* e *bacia*).

Esta nomenclatura pode ser primeiramente mudada reestruturando-se duas tipologias (*franja* e *bacia*) e três subtipos (*lavado*, *arbustivo* e *anão*). O modo utilizado para descrever os tipos maiores é o movimento da água e o hidroperíodo em um sistema similar do que foi

usado por Brown & Lugo (1982); estes pesquisadores dividiram os ambientes úmidos de água doce em dois grandes tipos, sendo fundamentados na disponibilidade de água: *florestas úmidas de água corrente* e de *água parada*. Para os pesquisadores Schaeffer-Novelli et al. (2000) as florestas de franja e ribeirinhas são sistemas de água corrente e as florestas de bacia são denominadas como sistemas de água parada.

Ainda para Schaeffer-Novelli et al. (2000) os ambientes *ribeirinhos* são considerados um tipo de *franja*, haja vista, que seus atributos estruturais são advindos do local onde estas árvores estão estabelecidas (lugar com baixa salinidade e alta fertilidade natural do solo), a palavra arbusto é utilizada para denominar um crescimento reduzido inferior as condições marginais (edáficas, climáticas, etc) esta denominação pode ser dita quando estiver se referindo a *bacia* ou *franja*.

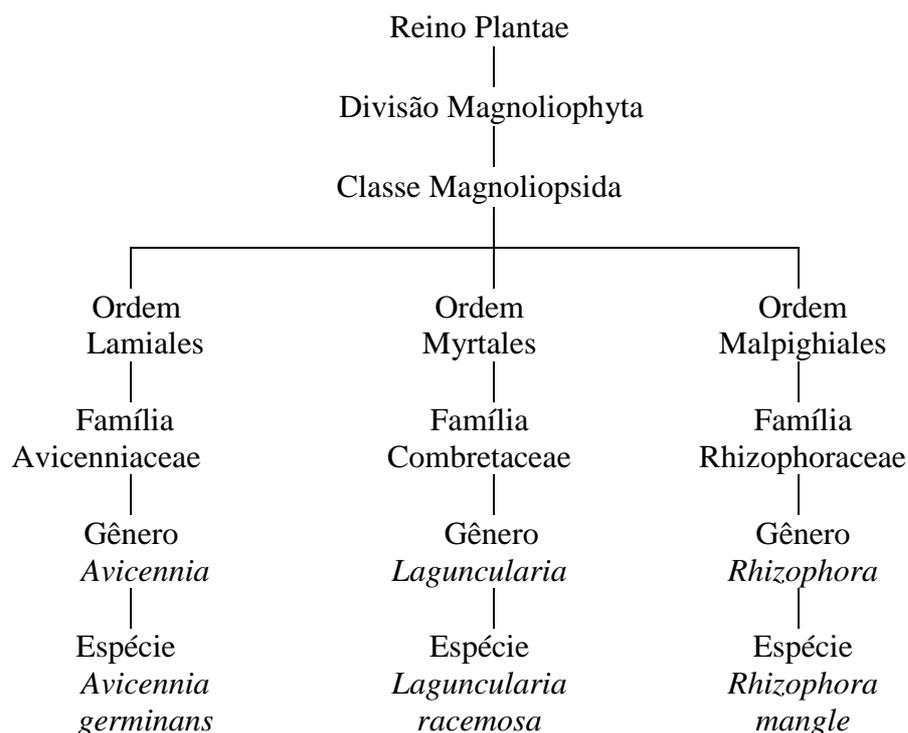
Para Duke et al. (1998) a denominação *anão* tem relação com o local particular onde a planta é encontrada e o seu reduzido crescimento estrutural em consequência da baixa fertilidade natural do solo e de elevados níveis salinidade; nestes locais as plantas possuem porte baixo (< 2 m) desenvolvidos em terrenos carbonatados ou em solo com baixo teor de nutrientes. As formações de *franja* ocorrem ao longo dos limites da água do mar e a costa marítima, em estuários e baías protegidas, além das ilhas com margens inundadas quando da cheia da maré.

O que caracteriza uma franja é a inundação em movimento vertical, pois, o caminho seguido pela água da suporte a ventilação na zona radicular e facilita a retirada de materiais tóxicos as plantas, esse ecossistema é sujeito a uma enorme variação no teor de sal na água e quantidade de nutrientes disponíveis para ser absorvido pela planta (Duke et al., 1998).

3.3 Classificação botânica e origem do mangue

Alguns estudiosos vêm se dedicando a classificar botanicamente o mangue do gênero *Avicennia*, sendo este alvo de análises moleculares por meio do uso das sequência de DNA (Ácido Desoxirribonucléico) do gene cloroplasto *rbcL* (Wagstaff & Olmstead., 1997; Oxelman et al., 1999; Schwarzbach & Mcdade (2002), por sua vez, estudaram a relação filogenética da família Avicenniaceae com base nas sequências de DNA ribossômico nuclear e cloroplasto (*rbcL*).

O resultado desse estudo constatou que as quatro espécies do gênero *Avicennia* têm origem monofilética. Assim, os dados das sequências de dois genes de cloroplasto e uma região nuclear colocam o gênero *Avicennia* dentro da família Acanthaceae. Contudo, a classificação científica das três espécies mais dominantes no neotrópico, inclusive *A. germinans*, ainda permanece de acordo com a classificação dada pelo Grupo de Filogenia de Angiospermas (APG, 1998), como apresentado na Figura 1.



Fonte: APG (1998).

Figura 1. Classificação científica das três principais espécies de mangue da região neotropical.

A origem e a dispersão dos gêneros e das espécies típicas dos manguezais vêm causando conflitos entre os cientistas há muito tempo. Questões como a diversidade em áreas particulares, a escassez de espécies em outras, ou a existência de gêneros e espécies cosmopolitas, fizeram muitos especialistas se preocuparem com a evolução e os mecanismos de dispersão dos manguezais em épocas antigas e ainda hoje causa intriga, na tentativa de desvendar o atual padrão de distribuição geográfica destes ecossistemas APG (1998).

Alguns autores se propuseram a sugerir teorias sobre a história natural dos manguezais, destacando-se os relatos de Chapman (1975); onde o centro de origem e de dispersão da vegetação de mangue para os demais litorais do mundo está localizado na região atual do

Indo-Pacífico (Sudeste Asiático). Baseia-se na grande diversidade de espécies encontradas nos manguezais Orientais, em nítido contraste com os manguezais Ocidentais (costas do Atlântico e costa americana do Pacífico), pobres em número de espécies.

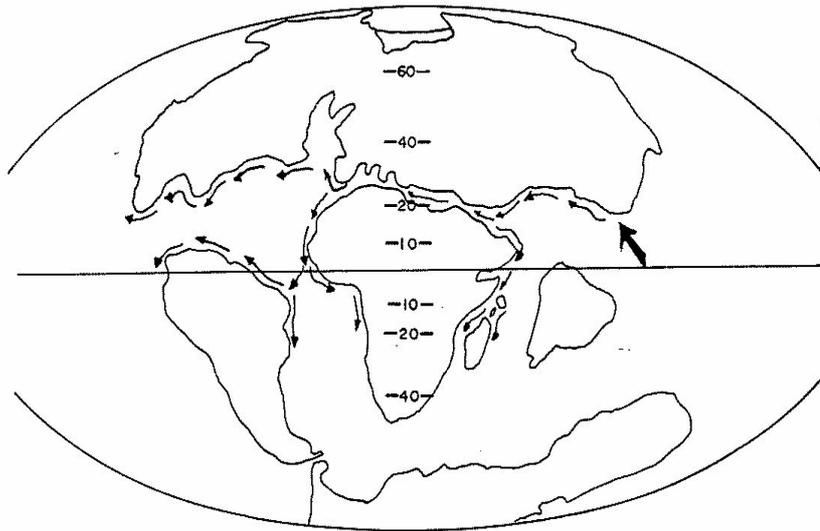
Com base na teoria da Deriva Continental de Alfred Wegener, este autor procura explicar a dispersão dos manguezais da sua área de origem rumo ao Oceano Atlântico e costa americana do Pacífico. Esta dispersão teria ocorrido a partir da fase final do Oligoceno (30 MA – milhões de anos), principalmente com os gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* (únicos gêneros cosmopolitas), seguindo através do Mar de Tethys, colonizando o Atlântico e, posteriormente, a costa Pacífica das Américas (Schaeffer-Novelli, 1995).

Nesta época, ainda, não havia se formado o istmo da América Central, que ocorre apenas há cerca de 2 MA, entre o fim do Terciário e início do Quaternário. Portanto, os propágulos dos mangues puderam, via correntes marítimas, chegar até as costas do Pacífico Oriental. A ampla distribuição geográfica atual dos gêneros *Avicennia* e *Rhizophora* sugere que estes foram os primeiros a se adaptar ao ambiente mixohalino (ambientes úmidos) e se dispersar pelo mar de Tethys, até as costas do oceano Atlântico e litoral Pacífico das Américas (Schaeffer-Novelli, 1995).

3.3.1 Distribuição geográfica dos manguezais

O manguezal é considerado pelos pesquisadores como uma formação vegetal pantropical, porém, ultrapassam os Trópicos de Câncer e de Capricórnio, alcançando as regiões subtropicais (Walter, 1983). Isto se verifica principalmente nas costas orientais dos continentes (Strahler, 1989) onde a influência das correntes marítimas quentes determina a distribuição extratropical de formações vegetais tipicamente intertropicais, como a floresta ombrófila densa da vertente atlântica e o próprio manguezal, como apresentado na Figura 2.

Desta maneira, verifica-se que os manguezais necessitam de ambientes com temperaturas elevadas, pelo menos em grande parte do ano, e condições físicas específicas (litorais protegidos, de pouca declividade e outras), observa-se que esta formação vegetal não se distribui de maneira homogênea ao longo dos litorais dos continentes, e que, mesmo nos litorais tropicais e subtropicais, haverá muitas diferenças em termos fisionômicos e de arranjo de espécies.

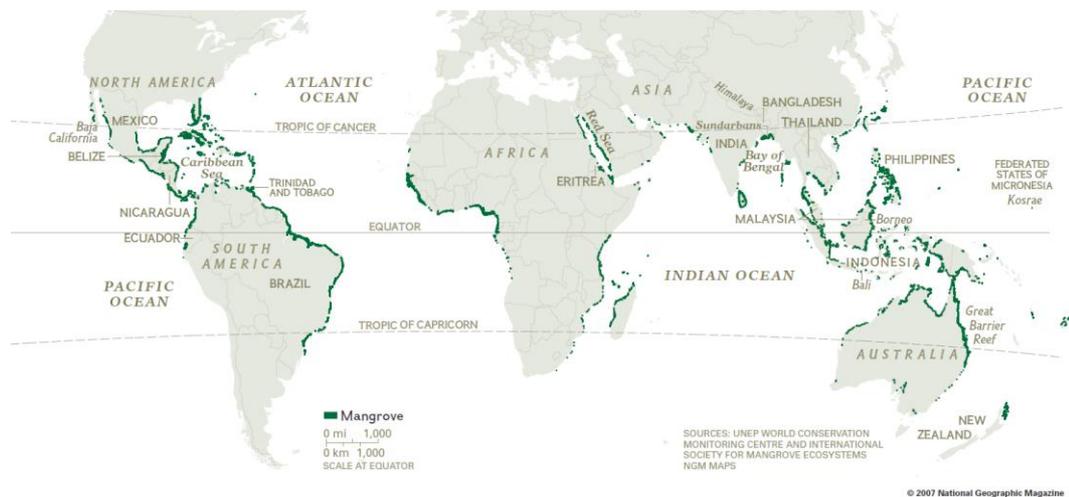


Fonte: Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983).

Figura 2. Dispersão dos manguezais a partir do seu centro de origem (seta maior), em direção às costas do Atlântico e do Pacífico Oriental (setas menores).

3.3.2 Distribuição dos manguezais no mundo

Os locais com condições ótimas aos manguezais estão próximos ao equador, e daí, para o norte e para o sul, até a região marcada pelas isotermas de 20 °C, no inverno (National Geographic, 2007), como apresentado na Figura 3. Mas a influência das correntes quentes permite aos manguezais se distribuir fora deste limite. O limite geográfico dos manguezais varia em determinadas regiões Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983; Walter, 1985; Robertson & Alongi, 1992; Schaeffer-Novelli, 1995). Para algumas regiões (costas africanas) os dados não são precisos e escassos.



Fonte: National Geographic Magazine, 2007.

Figura 3. Distribuição dos manguezais no mundo.

No Pacífico Oriental (costa americana), os limites estão entre 31° N, em *Puerto Lobos*, Baixa Califórnia, até 5° 30' S, na foz do rio Piura, Peru. No Pacífico Ocidental (costa asiática e da Oceania), o limite norte é 28° N, no arquipélago de Okinawa, Japão, e ao sul em torno dos 39°S, na Ilha do Norte, Nova Zelândia. No Atlântico Ocidental (costa americana), ocorre até a latitude 32° 25'N, nas ilhas Bermudas, e ao sul até 28°30' S, em Laguna, Santa Catarina, Brasil. No Atlântico Oriental (costa africana), encontra-se restrito em torno dos 19° N, na Mauritânia, até Angola, 19° 18' S. Na costa africana do Índico, está entre os 30° N, no Egito (Mar Vermelho), até a África do Sul aos 32°S, aproximadamente (Robertson & Alongi, 1992).

De acordo com os estudos de Tomlinson (1986), o número reduzido de espécies vegetais de mangue neotropicais parece estar relacionado com o fato dos manguezais serem muito recentes, bem como aos processos geológicos históricos que podem estar determinando os padrões atuais de distribuição e abundância de espécies. Tomlinson (1986) descreve ainda, a composição florística considerada típica para os manguezais, ao redor do mundo, representada por 16 famílias, 20 gêneros e 54 espécies. As famílias Avicenniaceae e Rhizophoraceae, com 25 espécies dominam as florestas de mangue no planeta.

A família Avicenniaceae é representada por um único gênero, *Avicennia* L., que inclui 11 espécies de árvores e arbustos característicos de florestas de manguezais. No Brasil ocorrem duas espécies deste gênero, que juntamente com *Rhizophora* e *Laguncularia*, constituem a vegetação típica de mangue (Barroso et al., 1991).

O gênero *Avicennia* está distribuído nas regiões tropicais e subtropicais da América do Sul e Central (Gentry, 1993). A família Rhizophoraceae, compreende 16 gêneros e cerca de 120 espécies pantropicais, das quais cinco ocorrem na flora do Brasil, principalmente na Amazônia, e apenas *Rhizophora mangle*, tem maior dispersão, chegando até ao Estado de Santa Catarina (Barroso et al., 1991).

A família Combretaceae abrange 20 gêneros e aproximadamente 475 espécies, distribuídas nas regiões tropicais (Barroso et al., 1991). *Laguncularia* é um gênero típico de manguezal, enquanto *Conocarpus* é considerado associado a este ecossistema (Tomlinson, 1986).

Quanto a literatura do Brasil, verifica-se a presença de seis espécies típicas e muitas outras espécies associadas ao manguezal. Segundo Tomlinson (1986), as seis espécies típicas são:

Avicennia germinans, *Avicennia schaueriana* - nome popular: mangue preto, siriúba; *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* e *R. harrisonii* - nome popular: mangue vermelho ou mangueiro e *Laguncularia racemosa*- nome popular: mangue branco ou tinteiro.

3.3.3 Distribuição dos manguezais no Brasil

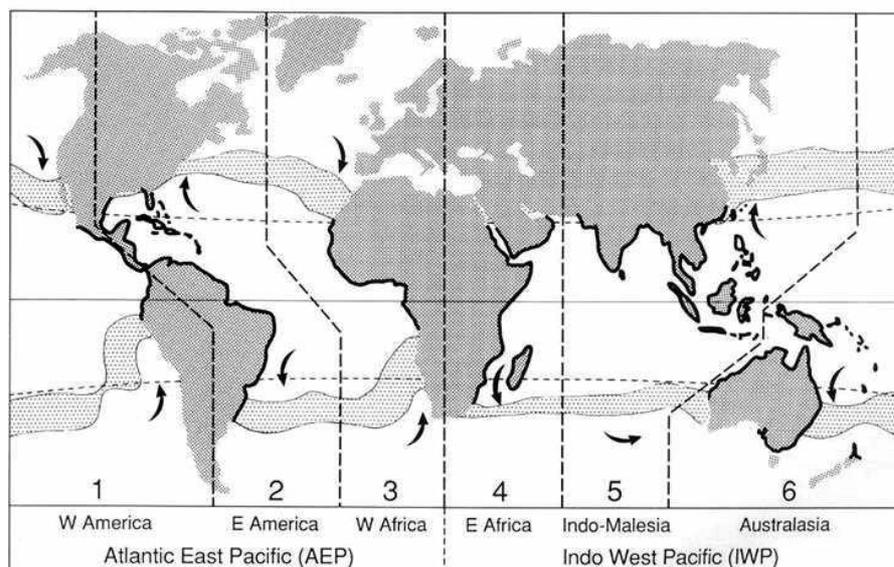
Este ecossistema desempenha papel fundamental na estabilidade da geomorfologia costeira, na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros, geralmente utilizados pela população local.

Particularmente ao longo do litoral nordeste, devido ao clima semiárido (Marins & Dias, 2003), às condições oligotróficas das águas costeiras e à importância da pesca artesanal para a população litorânea (Lacerda & Marins, 2002) essas propriedades dos manguezais são ressaltadas, tornando-os ecossistemas de imenso valor ecológico e ambiental. Baseado nessas propriedades, a legislação brasileira considera as áreas de manguezal como áreas de preservação permanente.

De acordo com Lacerda & Marins (2002), nos manguezais constata-se elevada fragilidade frente aos processos naturais e às intervenções humanas na zona costeira, sobretudo aqueles localizados na porção nordeste do Brasil onde as condições climáticas adversas e um processo acelerado de ocupação da zona costeira, que inclui a carcinicultura e a expansão urbana, dentre outras atividades, resultam em pressões ambientais permanentes sobre esses ecossistemas.

Entretanto, a avaliação do impacto dessas atividades sobre os manguezais depende de levantamentos detalhados e confiáveis sobre a evolução da área de manguezal ao longo do litoral e da interpretação de sua variação em relação ao desenvolvimento das diferentes atividades antrópicas na região.

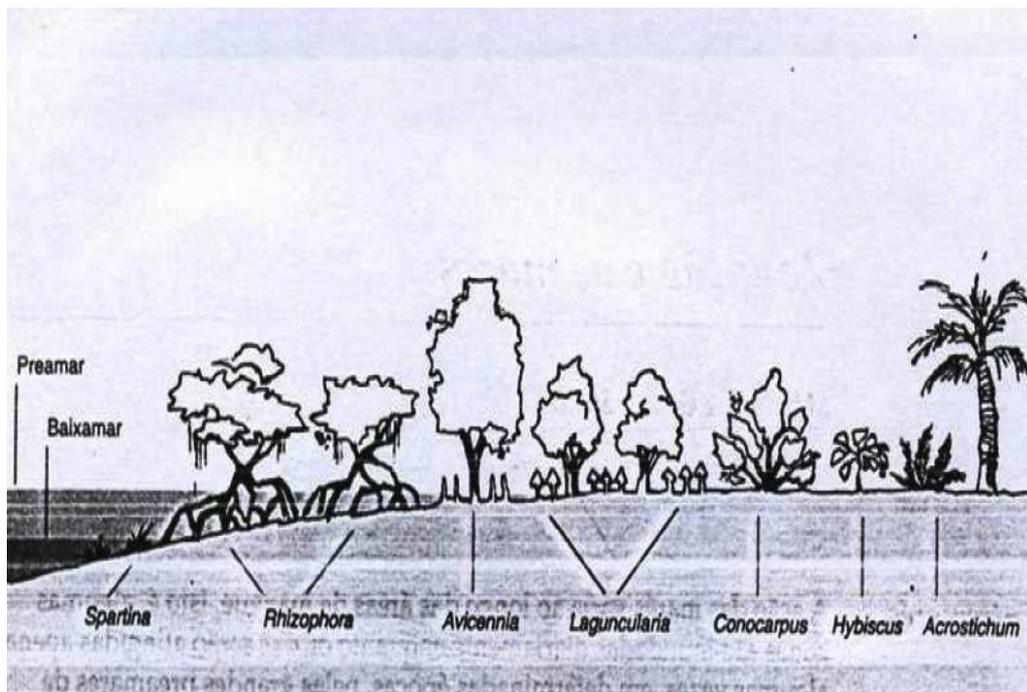
Na Figura 4 observa-se diferenças entre os manguezais orientais e ocidentais. A numeração indica as seis regiões biogeográficas. As setas indicam a influência das correntes marítimas na distribuição dos manguezais tanto para as regiões extratropicais (correntes quentes) como a retração destes em função das correntes frias que avançam para a zona intertropical. As áreas pontilhadas indicam a variação das isotermas de 20°C em Janeiro e Julho, onde a isoterma de 20°C de inverno marca o limite de distribuição dos manguezais, exceto na costa oriental da América do Sul (2) e na Austrália e Ilha do Norte da Nova Zelândia (Robertson & Alongi, 1992).



Fonte: Robertson & Alongi, 1992.

Figura 4. Distribuição Geográfica dos manguezais, mostrando a divisão em dois grandes Hemisférios Globais (Atlantic East Pacific-AEP; Indo West Pacific-IWP).

A colonização feita pelo manguezal, em uma determinada área, se dá conforme as condições específicas existentes em cada uma das fases da colonização, como descrito na Figura 5. Para cada um destes conjuntos de condicionantes, surgem espécies capazes de tolerar e se desenvolver sob as adversidades do meio, criando por sua vez condições mais favoráveis ao desenvolvimento de espécies mais exigentes, até que se chegue a uma condição ótima de desenvolvimento, com as faixas de dominância bem definidas. Esta dinâmica promovida durante a colonização da comunidade vegetal, demarcada por diferentes fases espacialmente visíveis, denomina-se sucessão vegetal (Schaeffer-Novelli, 1995).



Fonte: Schaeffer- Novelli (1995).

Figura 5. Zonação dos manguezais no Brasil, de clima tropical úmido.

3.3.4 Distribuição dos manguezais no Nordeste do Brasil

As estimativas de área total ocupada por manguezais no litoral do nordeste brasileiro foram realizadas pioneiramente por Herz (1991) que publicou o primeiro mapa consolidado das áreas de manguezal do Brasil, baseado em imagens de sensoriamento remoto disponíveis para o ano de 1978. Trata-se do estudo mais detalhado publicado até então e que serviu como base para diversos programas de conservação e gerenciamento de recursos pesqueiros. Desde então, outros autores atualizaram aqueles resultados a partir de levantamentos locais e regionais (Kjerfve & Lacerda, 1993).

Via de regra, as florestas de manguezal do litoral nordeste do Brasil ocorrem como formações de franjas ribeirinhas e, em menor escala, ocupando bacias salinas na planície costeira. Florestas anãs de mangues são comuns em áreas de elevada salinidade. Cinco espécies de árvores de mangue foram registradas na região: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech, *A. germinans* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn e *Conocarpus erectus* L. (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1992; Kjerfve & Lacerda, 1993).

Entretanto, dependendo da região uma ou outra espécie pode ser pouco expressiva ou até mesmo ausente. Isso ocorre em função do tamanho da região estuarina e de suas características ambientais. Por exemplo, o barramento artificial ao longo das bacias

hidrográficas é apontado como um dos principais causadores de mudança nos padrões de circulação estuarina devido à retenção do aporte de água doce e sedimentos, resultando em alterações na distribuição dos mangues (Lacerda & Marins, 2002). Outro grande modificador das condições ambientais é a dinâmica sedimentar costeira, particularmente afetada por mudanças globais e regionais, que também resultam na alteração da distribuição e na composição dos mangues (Marins et al., 2003).

Na Figura 6 encontra-se a distribuição das áreas de manguezal no litoral nordeste do Brasil, que se concentram nos estuários dos principais rios da região. No arco litorâneo que se estende do Piauí a Pernambuco, a extensão desses manguezais estimada nesse estudo é de aproximadamente 600 km²: 174 no Ceará, 160 em Pernambuco, 130 no Rio Grande do Norte, 96 na Paraíba e 40 no Piauí (Lacerda et al., 2006).

Nesse trecho, os manguezais estão restritos à área de influência das marés ao longo dos estuários dos principais rios. Seu avanço para o interior do continente é condicionado pela penetração das águas salinas, que impedem a colonização das margens dos rios por matas ciliares e outros tipos de vegetação que não suportam teores elevados de sal. No mar, os manguezais são limitados pela energia erosiva das ondas e pelo soterramento por areias trazidas por ventos e correntes marinhas (Lacerda et al., 2006).



Fonte: (Lacerda et al., 2006).

Figura 6. Distribuição de manguezais no litoral do Nordeste do Brasil entre o Piauí e Pernambuco.

Na escala local, a ocorrência das diferentes espécies de vegetação é controlada pela salinidade e topografia, que varia bastante entre uma região estuarina e outra dificultando o estabelecimento de um padrão geral de distribuição espacial (Lacerda, 2002).

3.3.5 Distribuição dos manguezais no Estado do Ceará

O Estado do Ceará possui uma costa de 560 km de extensão. Ao longo dessa costa ocorrem tabuleiros, falésias, restingas, dunas, lagoas e manguezais. Em relação aos manguezais, eles somam cerca de 22.936 hectares, distribuídos entre 12 diferentes rios (Semace, 1990). As ações antropogênicas sobre os manguezais cearenses, destruindo a vegetação e as comunidades animais associadas, não diferem daquelas praticadas em outras partes do Brasil. Uma das formas de destruição mais antigas dos manguezais no Nordeste que ocorre, também, no Ceará, é a transformação da área em salinas (Semace, 1990).

A zona costeira do estado do Ceará está compreendida no segmento IV da divisão do litoral brasileiro proposta por (Schaeffer-Novelli et al.,1990). Dessa forma, ocorrem na região apenas duas estações sazonais bem definidas, a chuvosa e a seca. Nesses ambientes, a média de temperatura é de 28°C e a pluviosidade média anual é de 1600 mm (Funceme, 2014).

O Estado do Ceará possuía 174 km² de manguezais. Comparando-se as áreas documentadas por Herz (1991) somam-se 174,03 km²; contra 140,43 km² na década de 70, sugerindo um aumento geral de 24% (33,60 km²) em aproximadamente 25 anos. Os maiores acréscimos nas áreas de mangue foram no rio Timonha, com 16,68 km² e rio Coreaú com 9,11 km², isto pode ser visto entre os anos de 1978 e 2003. Em 2001, no o rio Coreaú observou-se uma área de 35,50 km², diferente apenas 0,20 km² para 2003.

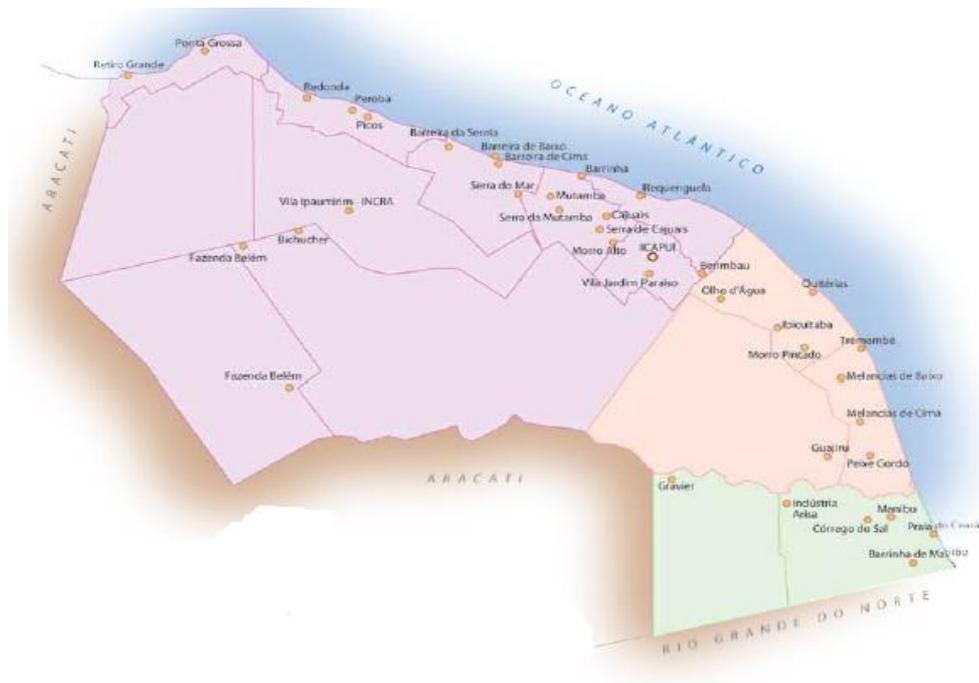
O aumento verificado nas áreas de manguezal pode ser atribuído a diversos fatores, principalmente a salinização generalizada dos estuários do nordeste, devido ao aumento do número de açudes na região e provavelmente como resposta a mudanças climáticas globais (IPCC, 2001; Lacerda & Marins, 2002; Marins, et al 2003; Marins & Dias, 2003). A diminuição do fluxo de água doce do continente para o oceano tem sido reportada para diversas áreas do litoral nordeste (Bezerra, 1996; Cavalcante, 2001; Souza & Knoppers, 2003) favorecendo a penetração das águas salinas sob o regime de mesomarés local e o aumento da deposição de sedimentos finos em áreas protegidas de estuários, potencializando a colonização por manguezais.

3.3.6 Distribuição dos manguezais no município de Icapuí-CE

O município de Icapuí (palavra indígena que significa “coisa ligeira” ou “canoa veloz”) está situado no extremo leste do estado do Ceará, entre as latitudes - 4°37'40” e - 4°51'18” e longitudes - 37°15'30” e - 37°33'44”. Faz fronteira com o estado do Rio Grande do Norte e, com o Ceará, com a cidade de Aracati, como representado na Figura 7, de onde foi desmembrado em 15 de janeiro de 1985 (Decreto Lei 11.003) (Meiros et al., 2012).

O município possui uma área de 428,69 km² e a maior parte da população, de 18.381 habitantes (Brasil, 2010), distribuída ao longo da planície costeira. Está inserido na microrregião do baixo Jaguaribe.

Os manguezais de Icapuí encontram-se localizados a leste do Estado do Ceará, o acesso é feito pela BR-304, através da CE-261 e distam aproximadamente 200 km do município de Fortaleza.



Fonte: Meiores et al., 2012.

Figura 7. Mapa do município de Icapuí-CE.

Conforme Meiores et al.,(2012), as principais espécies vegetais arbóreas do ecossistema manguezal (Floresta Perenifólia Paludosa Marítima) são os mangues dos tipos vermelho, verdadeiro ou sapateiro (*Rhizophora mangle* L), o mangue manso, branco ou rajadinho (*Laguncularia racemosa*), o canoé, preto ou síriba (*Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana*) e o mangue ratinho ou botão (*Conocarpus erecta*).

O mangue manso ocupa indistintamente as áreas do manguezal, após a faixa de domínio de *Rhizophora mangle*. O mangue canoé destaca-se no conjunto vegetal por sua coloração mais escura e chega a alcançar mais de oito metros de altura e se adapta localmente a terrenos mais arenosos. A *Laguncularia racemosa*, a *Avicennia germinans* e a *Avicennia schaueriana* ocorrem em áreas interiores da planície fluviomarinha (Meireles et al., 2012).

Os referidos autores ainda delimitam o contato entre o setor de cobertura arbórea com o apicum, os canais de marés existentes nos terrenos de apicum e os associados com bosques de manguezal, quando interditados pelos viveiros de camarão, inviabilizaram a expansão desta espécie de mangue e promoveram a morte de indivíduos que vivem neste ecossistema.

3.4 Mecanismos de tolerância das plantas a salinidade

O “estresse” salino é um dos primeiros fatores químicos de tensão que surgiram durante a evolução da vida na Terra. Desde o começo, os organismos desenvolveram mecanismos para a regulação iônica e estabilização das estruturas protoplásmicas (Adam, 1993). Após o desenvolvimento da capacidade de conviver com o sal na célula, assim como o desenvolvimento de outros mecanismos de regulação envolvendo o organismo como um todo, as halófitas ficaram bem adaptadas para a sobrevivência em habitats extremamente salinos (Yeo, 1983; Larcher, 1995).

Quando as plantas são expostas à salinidade, o equilíbrio osmótico é uma resposta de adaptação fundamental das células da planta para a sobrevivência e crescimento em condições salinas (Flowers et al., 1977; Greenway & Munns, 1980), embora a acumulação de íons nos vacúolos, contra grandes gradientes de concentração, possa ter grandes custos em termos de desvio da energia para promover o crescimento podendo resultar na redução do mesmo (Obey & Mahall, 1983). A regulação osmótica nas halófitas implica um complexo conjunto de fatores que condicionam os processos de transporte iônico, em que este último está relacionado com o crescimento no sentido de preservar uma constância na composição iônica da porção aérea e da raiz (Flowers et al., 1986).

A salinidade é o fator mais importante que controla a composição da vegetação dos manguezais bem como sapais (Rozema et al., 1985; Flowers et al., 1986; Adam, 1993; Vernberg, 1993; Böer, 1996). A salinidade da água de superfície e água do sedimento depende de vários fatores incluindo pluviosidade, entradas de água doce, afluxo da água subterrânea, extensão e frequência da inundação pela maré, evapotranspiração, tipo de solo e

vegetação. Se a salinidade desce abaixo de 5%, a vegetação do manguezal é substituída por vegetação característica de água doce. Em alguns estuários, durante períodos de altas temperaturas e sem entrada de água doce, as salinidades podem atingir valores acima de 90% (Vernberg, 1993).

No ecossistema de manguezal, uma das adaptações mais importantes está na capacidade de suportar a salinidade originada da água do mar, que periodicamente envolve as plantas durante as marés altas, concentrando-se no substrato lodoso. Para evitar a intoxicação por altas concentrações salinas, vários mecanismos surgiram para que a planta tolere certas quantidades de sal, mortais para outras espécies, ou ainda mecanismos para eliminar o excesso de halógenos no suco celular das células. A tolerância ao sal varia conforme a espécie (Walter, 1986; Robertson & Alongi, 1992).

Deste modo, ocorre nesta espécie o mecanismo de “ultrafiltração”, possibilitando à planta absorver a água sem que entre uma quantidade grande de sal. Parte do sal, no entanto, é armazenado nas plantas, de modo que haja uma diferença entre a concentração do suco celular da planta e a concentração externa (diferença de potencial osmótico). Essa diferença de potencial osmótico está presente em praticamente todas as espécies (Robertson & Alongi, 1992).

Outro mecanismo para evitar a exposição demasiada da planta ao meio salgado se dá através dos rizóforos, ou “raízes-escora”, que além de manterem grande parte da planta fora do alcance do substrato e das marés, permitem a troca de gases, ao retirar o oxigênio diretamente do ar, carreando-o para o sistema radicular enterrado no substrato, pobre em oxigênio (Robertson & Alongi, 1992).

A sobrevivência das halófitas angiospérmicas a salinidades elevadas é invariavelmente acompanhada por um elevado conteúdo em íons, enquanto as glicófitas respondem à salinidade basicamente com exclusão iônica. As halófitas são únicas na sua capacidade de acumular sais nas suas folhas, em concentrações iguais ou superiores às da água do mar, sem prejuízo para a planta. A acumulação iônica tem uma função positiva na medida em que permite a manutenção de elevado conteúdo hídrico na célula, em presença de um baixo potencial hídrico externo como resultado dos valores elevados da salinidade (Flowers et al., 1977).

As plantas vasculares diferem na sua tolerância à salinidade, porém, existe um limite para esta tolerância que corresponderá a um nível de salinidade acima do qual o crescimento não é possível. Os níveis de salinidade para os quais deixa de haver crescimento podem variar desde concentrações muito baixas a níveis superiores aos da água do mar. A razão fisiológica para a

diminuição do crescimento poderá estar relacionada com este aumento de salinidade e/ou com o fato das plantas pertencerem a diferentes grupos taxonômicos e, por isso, possuírem diferentes mecanismos de adaptação à salinidade (Adam, 1993).

Segundo Jennings (1976) a salinidade não é uma condição adversa para as halófitas. As condições ótimas requeridas por estas plantas de habitats salinos correspondem a condições ambientais extremas para outro tipo de plantas, pondo assim em relevo a diferença entre tolerância e resistência salinas (Yeo, 1983). No entanto, os mecanismos que permitem a tolerância ao sal de algumas plantas é a sensibilidade ao sal de outras, ainda, não é totalmente conhecido. O “estresse” salino manifesta-se por eventos encadeados: percepção, sinal de transferência e expressão genética, ainda que o número de genes reguladores e a sequência dos eventos seja desconhecida. Por outro lado, a análise fisiológica tem indicado que um número limitado de caminhos está envolvido na resposta ao “estresse” nas plantas (Cheeseman, 1988; Momonoki & Kamimura, 1994).

Nas halófitas dicotiledôneas, a acumulação de íons pode ser da ordem dos 30 a 50% do peso seco, sendo predominantemente sódio e cloro, originando razões de Na/K muitas vezes acima de 10 (Jacoby, 1994). No entanto, verifica-se em muitas monocotiledôneas uma razão de cerca de 1 ou menos. Esta distinção levou à criação do conceito de fisiológico em relação à tolerância salina, com espécies que utilizam os sais de sódio para a regulação osmótica enquanto outras utilizam o potássio e açúcares, distinguindo-se assim dois grandes grupos: as monocotiledôneas com razões de Na/K e conteúdo em água muito mais baixo, em oposição às dicotiledôneas (Flowers et al., 1986).

3.4.1 Excreção salina

As plantas halófitas podem reduzir o sal dos seus tecidos por vários mecanismos: acumulação em tricomas vesiculares, secreção pelas glândulas salinas, queda das folhas velhas e retranslocação para outros órgãos (Marschner, 1995); (Metcalf & Chalk, 1972; Fahn, 1995). Os tricomas vesiculares, um tipo particular de glândula salina, são encontrados em vários gêneros das Chenopodiaceae, particularmente em todas as espécies de *Atriplex* e em *Halimione portulacoides* (Schirmer & Breckle, 1982), excretando o sal pelo colapso da sua célula vesicular. As Chenopodiaceae são conhecidas como uma família com muitas adaptações ecológicas, resistindo à salinidade não só pela presença de órgãos suculentos mas, também, com a presença de tricomas vesiculares (Osmond et al., 1980; Schirmer & Breckle, 1982; Freitas & Breckle, 1993).

As glândulas salinas permitem à planta excretar sal seletivamente, particularmente o cloreto de sódio da porção aérea, pois a acumulação destes íons é excessiva para a regulação da turgescência (Jacoby, 1994). Esta característica morfológica permite não só a redução da carga salina como, também, a melhoria da relação dos nutrientes dentro da planta (Grattan & Grieve, 1994). Nos estudos conduzidos por Waisel et al. (1986), com *Avicennia marina* é sugerido que as glândulas salinas, ao removerem seletivamente o Na^+ e o Cl^- das folhas, podem ajudar a normalizar o metabolismo pela diminuição das razões de $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$, $\text{Cl}^-/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ e Na^+/K^+ nestes órgãos.

De acordo com Osmond et al. (1980), em algumas espécies de *Atriplex*, mais de 50% do sódio e cloro transportado para a porção aérea pode ser excretado pelos tricomas vesiculares. O fato de que mais da metade dos íons presentes nas folhas estarem localizados neste tipo de estruturas morfológicas, o que constitui cerca de um terço do peso fresco da folha completa, leva à conclusão de que estes tricomas têm um papel importante na remoção de sal, especialmente nas folhas jovens (Schirmer & Breckle, 1982).

3.4.2 Solutos orgânicos

A acumulação de NaCl nos vacúolos das células adaptadas ao sal pode ser contrabalançada pela acumulação no citoplasma, em quantidades significativas, de solutos orgânicos tais como os açúcares, aminoácidos livres, betaína e prolina, durante a adaptação ao “estresse” salino ou déficit hídrico (Flowers et al., 1977; Levitt, 1980; Cheeseman, 1988).

Estudos realizados com as *Chenopodiaceae* *Salicornia europaea* e *Sueda maritima*, crescendo em meios salinos, revelaram que a concentração de sódio no citoplasma foram bastante inferior à sua concentração no vacúolo (Yeo, 1981; Stewart & Popp, 1987), o que sugere a síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos e compatíveis com a atividade metabólica das células, de tal forma que o potencial osmótico interno varie com o potencial osmótico do meio externo, ajudando na manutenção da hidratação e turgescência das células (Flowers et al., 1977).

A acumulação de solutos orgânicos (ácidos orgânicos, compostos de azoto e hidratos de carbono) não se verifica apenas nas halófitas, podendo ser uma resposta não só à salinidade mas também ao déficit hídrico e ao “estresse” provocado por baixas ou altas temperaturas (Flowers et al., 1977).

A natureza química dos solutos osmoticamente compatíveis varia entre os grupos taxonômicos. Os compostos nitrogenados, como a prolina e glicinabetaína, são sintetizados principalmente pelas halófitas dicotiledôneas e gramíneas, enquanto os hidratos de carbono e

seus alcoóis são acumulados preferencialmente por halófitas monocotiledôneas e por muitas glicófitas (Sacher & Staples, 1985; Flowers et al., 1986).

A glicinabetaína, composto quaternário de amônia, encontra-se frequentemente em concentrações apreciáveis nas folhas ou artículos das Chenopodiaceae (Storey et al., 1977; Marschner, 1995), particularmente quando expostas a condições de baixo potencial hídrico e/ou “estresse” salino (Storey et al., 1977; Guy et al., 1984; McDonnell & Jones, 1988). Pensa-se que a acumulação de glicinabetaína, por determinadas espécies de plantas em resposta ao “estresse”, tem significado adaptativo. Estes compostos atuam como solutos osmóticos não tóxicos, localizando-se preferencialmente no citoplasma e cloroplastos, podendo também atuar como protetores de enzimas (McDonnell & Jones, 1988). O fato das Chenopodiaceae não parecerem necessitar da degradação dos fosfolipídios para a síntese de glicinabetaína pode ser a razão para a grande acumulação deste composto nesta família e a sua grande tolerância ao sal (McDonnell & Jones, 1988).

A glicinabetaína tem sido relacionada com a genética da sensibilidade ao sal das espécies, isto é, grandes concentrações foram encontradas em halófitas mesmo quando crescem em baixas concentrações de sal, e muito pouca ou nenhuma nas glicófitas. Por outro lado, outros estudos revelam uma forte correlação entre o teor de glicinabetaína e o aumento do potencial osmótico da seiva em plantas sujeitas a um “estresse” osmótico externo (Storey et al., 1977; McDonnell & Jones, 1988). Em face disto, este composto tem sido motivo de estudo para a engenharia genética, no sentido de melhorar a tolerância ao “estresse” osmótico nas plantas (Selvaraj et al., 1995).

Em estudos com Espécies de *Atriplex* percebeu-se um crescimento ótimo entre 60 e 150 mM de NaCl, mas apenas quando as plantas tinham um suprimento suficiente de azoto. Por outro lado, quando cultivadas com 0,5 mM de NO_3^- , a salinidades de 50 mM de NaCl, houve inibição do crescimento, talvez como resultado dos baixos níveis de glicinabetaína condicionados por uma concentração de 0,5 mM de NO_3^- (Rozema et al., 1985). No entanto, diversas espécies das Chenopodiaceae acumulam grandes concentrações de betaína, mesmo em condições não salinas (Storey et al., 1977), o que sugere que estes compostos podem estar já presentes no citoplasma ou serem deslocados do vacúolo (Rozema et al., 1985).

3.4.3 Suculência

De acordo Marschner (1995), a suculência das folhas podem ser avaliadas pelo conteúdo hídrico por unidade de área da folha, sendo uma adaptação morfológica normalmente observada em espécies tolerantes ao sal. Por outro lado, o efeito da salinidade reflete-se na morfologia da planta, ou seja, no aumento da espessura da folha, diminuição do número de folhas por planta ou mesmo a diminuição do número de estomas por unidade de área.

A regulação da concentração de sal nas folhas pode ser parcialmente conseguida pelo aumento da suculência (Jacoby, 1994). A indução da suculência pelo íon sódio parece aumentar pela adição do íon cloro nas espécies de *Atriplex* e *Halimione*, em plantas postas a crescer em meio com NaCl (Freitas & Breckle, 1993). Osmond et al.(1980) sugerem, também, que a suculência pode ser uma resposta ao Cl^- nas folhas de *Atriplex*. A turgescência, estando intimamente associada à suculência, é considerada um pré-requisito para a expansão das células. A acumulação de NaCl pelas plantas para a regulação da turgescência é, no entanto, limitada pela toxicidade de altas concentrações de sal (Jacoby,1994).

Uma queda na pressão de turgescência pode ser o principal motivo para a redução do crescimento, possivelmente resultado da regulação osmótica inadequada. O potencial de turgescência nas plantas superiores pode ser estimado como a diferença entre o total do potencial hídrico da planta e o potencial osmótico do soluto vacuolar (Rozema et al., 1983).

3.5 Reuso de água de baixa qualidade

A escassez de água no mundo é agravada em virtude do crescimento populacional e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. Para o Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável, a irrigação corresponde a 73% do consumo de água, 21% vão para a indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico (Setes, 2013).

É crescente o interesse em aumentar a eficiência na utilização de águas salinas na irrigação nos últimos anos. Podem ser usadas com sucesso no cultivo de determinadas plantas, sem maiores consequências em longo prazo para culturas e solos, desde que sejam aplicadas técnicas de manejo adequadas. Isso envolve o uso de fontes de águas salinas utilizando espécies ou cultivares mais tolerantes, bem como a utilização dessas fontes em estádios diferentes, sistema irrigação, além de diversas práticas de manejo do sistema solo-planta (Malash et al., 2006; Chauhan & Singh, 2008).

A acelerada exigência mundial por alimentos, a produção agrícola em ritmo bem mais lento e a baixa tolerância da grande maioria das plantas cultivadas à salinidade tornam relevantes as pesquisas visando ao uso de águas de qualidade inferior em seu cultivo (Sá, 1999; Rhoades et al., 2000).

Uma das alternativas para o uso desse recurso hídrico é a sua mistura com água de baixa concentração de sais, sendo este um manejo estratégico, para incentivar a inserção dessas águas na produção vegetal em épocas com estiagem prolongadas na região. Esta pode ser mais uma alternativa para assegurar a exploração racional dos recursos hídricos e vegetais no semiárido, fixando o homem a terra evitando o êxodo rural (Malash et al., 2006).

3.6 Reaproveitamento de águas com elevado teor de sais

A água residuária provenientes de cristalizadores de sal, contém elevados teores de íons como sódio, potássio, cloreto, sulfato e, principalmente, magnésio, que pode variar de 30.000 a 60.000 mg/ (Alandari et al., 2008).

O uso de águas subterrâneas bem como de rejeito de salinas é uma alternativa viável para garantir o acesso das comunidades à água, a partir de investimentos públicos no tratamento amplamente utilizado para reduzir à concentração de sais da água a dessalinização por osmose reversa (Porto et al., 2001).

Essa alternativa, além de aumentar o volume de água disponível por área, reduz o valor da RAS e da CE das águas diluídas, influenciando diretamente na redução do risco de sodificação e salinização nos solos, influenciando diretamente no percentual de emergência de plântulas e no desenvolvimento das plantas. A escassez de água de boa qualidade tem forçado o uso dessa prática em regiões áridas e semiáridas e nos países que fazem limite com mares ou lagos com águas salinas (Voutchkov, 2004).

3.7 Produção de mudas de mangue

Dentre as espécies florestais encontradas ao longo da costa brasileira destacam-se *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f., e segundo Abreu et al. (2006), a espécie *R. mangle* apresentou o maior valor de importância ao longo dos anos.

É sabido que sem as ações antrópicas, em condições propícias, o próprio manguezal se recompõe, porém, nem sempre a regeneração natural é suficiente para sanar problemas, ou salvar manguezais degradados (Lewis & Streever, 2000). Ainda para Shaeffer-Novelli (1995),

deve-se induzir a recomposição plantando ou transplantando espécies dominantes, chegando a uma caracterização do ambiente, e conseqüentemente conhecendo as espécies mais adequadas a este terreno e a melhor localização para plantar as mudas.

Para o replantio das mudas, é importante procurar locais devastados próximos àquele onde ocorreu a coleta das sementes, pois segundo Shaeffer-Novelli (1991) citado por Vilas-Bôas et al. (2000), dentre os critérios adotados quando se faz necessário uma intervenção para a restauração de área degradada é a consideração das espécies dominantes, cujas mudas ou sementes deverão ser preferencialmente da mesma área ou de áreas adjacentes que apresentam características ambientais semelhantes às da área a ser reflorestada.

Segundo Soares (1995) as diferentes espécies de vegetais de mangue estão distribuídas no manguezal em zonas, em relação à linha da água; dessa forma, temos geralmente o mangue vermelho (*Rhizophora*) ocupando os locais próximos ao mar, na margem de rios e locais lamosos, pelo fato de seus rizóforos permitirem sustentação no sedimento lodoso, e o mangue branco (*Laguncularia*) ocupa locais mais afastados dos rios e do mar, geralmente de topografia mais elevada, com sedimento mais seco e mais arenoso, os quais são protegidos das ondas e da força dos rios.

No Brasil, os estudos que visam à produção de mudas de espécies de mangue utilizando águas de qualidade inferior (hipersalinas) são escassos e em alguns casos são inexistentes e aqueles que investigam a adaptação das mesmas a altas salinidades são pouco conhecidos.

3.8 Impactos ambientais no ecossistema de mangue

O ecossistema manguezal é considerado como área de preservação permanente em todo território nacional, por força da Lei do Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012 e da Resolução 303/ 2002 do Conselho Nacional de Meio ambiente – CONAMA (Brasil, 2002), sendo sua ocupação permitida apenas por fins de utilidade pública, no entanto, o que se observa é uma imensa falta de consciência por parte dos governantes e muitas vezes por parte dos órgãos de legislação ambiental.

O impacto de cada uma das ações degradativas pode variar em cada país. Por exemplo: em países com grandes indústrias de pesca, como a Tailândia, a Indonésia, as Filipinas e o Vietnã, a conversão para a aquicultura de água salobra é um principal agente de mudança. Por ter uma pequena extensão de terra, existe um grande adensamento habitacional em Cingapura

que gera a necessidade de terrenos para habitação e indústria fato este que levou a plenitude e desaparecimento de mangues nesse país (Wim et al., 2007).

Em países como o Mianmar e Papua - Nova Guiné com atividade pesqueira e indústria menos desenvolvida e com potencial escassez de terra, tem havido pouca conversão que não seja para a silvicultura e produção combustível, (Wim et al., 2007).

A destruição do manguezal é o impacto de maior interesse na construção de viveiros (Paez - Ozuma, 2001), principalmente devido aos serviços ambiental prestados por este ecossistema.

Trata-se de um dos ambientes tropicais mais ameaçados do mundo, que perdeu nas últimas duas décadas, pelo menos 35% da sua área, perdas superiores a de outros ambientes ameaçados como as florestas tropicais e os recifes de corais (Valiela et al., 2001).

"Nos estudos de (Duke et al., 2007), estes autores advertem que poderemos viver em um mundo sem manguezais devido as fortes pressões sofridas por esse ecossistema, em decorrência do aumento da degradação das florestas em todo o mundo, o ecossistema pode desaparecer em todo o mundo cerca de 1-2% ao ano.

Como a maioria das florestas de mangue ocorre em áreas de clima tropical e subtropical, em alguns países ainda em desenvolvimento que tem esse tipo de clima surgiu o interesse em investigar as causas da degradação (FAO, 2007) estando à degradação relacionada com a geografia e demográfica entre outros indicadores socioeconômicos.

As florestas de mangue continuam a desaparecer em todo o mundo. Elas foram estimadas em 18,1 milhões de km² em todo o mundo (Spalding, 1997). Cerca de 90% dos os manguezais globais estão diminuindo nos países em desenvolvimento e podem estar em condição de extinção, pois, são constantemente expostos a perigo, tais como: esgotos, retiradas de madeira, carcinicultura, estando esses problemas em pelo menos em 26 países.

Os especialistas que estudam o mangue no mundo dizem que, a sobrevivência em longo prazo dos manguezais está em grande risco devido à fragmentação dos habitats e que os recursos oferecidos pelos manguezais, podendo provavelmente, ser totalmente perdido dentro de 100 anos (Duke et al., 2007).

Para (Wim, et al., 2007) desenvolvimento é um potencial agente de degradação que contribui para o declínio dos manguezais do Sudeste Asiático, algumas atividades que podem ser elencadas são a exploração comercial, a conversão de áreas de mangue para viveiros de

água salobra, a agricultura (principalmente plantações de arroz e coco), lenha e produção de carvão, e conversão para a habitação.

Em estudo recente, utilizando-se imagens LandsatTM, classificações supervisionadas e não-supervisionadas, além de dados de campo, (Giri et al., 2010), afirmam que o Brasil possui 7% da área total dos manguezais no planeta, resultando em 962.683 m².

As florestas de mangue no Brasil tem sido estudadas sob vários aspectos, tais como, padrões estruturais funcionais de zonamento, a variação espacial e temporal da vegetação através de medições de sensoramento remoto do grau de perturbação, determinando vulnerabilidade ambiental, entre outros (FAO, 2007).

No Brasil, um dos maiores impactos em áreas de manguezal ocorreu em Pernambuco no período de 1974 a 1988, ocasionado pela construção do porto de Suape, que resultou na destruição de 598 ha de floresta de mangue, o que corresponde a 21,2% das áreas de manguezal na zona estuarina de Suape (Souza & Sampaio, 2001).

3.8.1 Degradação das áreas de mangue no Nordeste

O litoral do Nordeste é uma das áreas mais dinâmicas de nossa costa. Seu clima semiárido, a presença de rios intermitentes e a exposição direta do litoral ao oceano aberto e aos ventos alísios fazem com que a área seja particularmente sensível aos efeitos das mudanças globais. Por outro lado, o alto grau de açudagem de seus rios (superior a 80%), a rápida ocupação do litoral por atividades turísticas, a expansão urbana e a maricultura têm alterado significativamente as condições ambientais dessa parte de nossa costa (Lacerda et al., 2006).

A degradação dos manguezais não é decorrente somente do desmatamento, mais, também da circulação de águas para construção de estradas ou canais que alteram os padrões de salinidade, tendo como resultado na grande maioria dos casos o definhamento das plantas e posterior morte, o barramento dos rios, que potencializa o aumento do nível dos oceanos, devido as mudanças globais, provoca extensa erosão na faixa costeira adjacente a foz pela diminuição do suprimento de sedimentos continentais, fenômeno típico do litoral semiárido brasileiro (Lacerda et al., 2006).

Mochel (2010) cita que os mangues estão sendo destruídos a uma taxa quatro vezes maior do que as demais florestas do mundo. Os impactos ambientais advêm de desmatamentos, canalizações, queimadas e barragens, esse ecossistema só consegue cumprir sua função de

proteger a costa de problemas como a erosão, assoreamento, enchentes e ventos se houver a manutenção de densidade, espécies e uma faixa extensa de manguezal.

Uma das formas de destruição mais antigas dos manguezais do nordeste que também ocorre no estado do Ceará, é a transformação desse ecossistema em salinas, na cidade de Fortaleza, as margens do rio Ceará, ainda podem ser vistas salinas em atividade, sendo que a grande maioria esta desativada, considerando, além, dos altos custos operacionais, a má qualidade da água, associada a despejos domésticos, comerciais e industriais (Viana, 2003).

Este fato é confirmado nos os resultados de Lacerda et al.(2006) em estuários onde foram instaladas fazendas de camarão de modo inapropriado também houve significativa redução de manguezais, no caso dos rios Timonha, Coreauá, Aranaú e Mundaú, todos no Ceará, as perdas devidas à maricultura, entre 1999e 2004, foram de 2,4 km², 0,2 km²,0,4 km² e 2,0 km², respectivamente.

Outro fator de degradação do ecossistema está relacionado com a qualidade da água, através do lançamento de óleo dos barcos lagosteiros diretamente na corrente estuarina e nas margens do canal principal, informações constatadas nesta pesquisa. Segundo (Aquasis (2003), foi possível constatar que ocorreu grande perda da cobertura vegetal e da biodiversidade. Meireles (2006), ressaltou que impactos ambientais estão relacionados com o desmatamento da vegetação de mangue, impermeabilização do solo e lançamento de efluentes domiciliares e industriais, modificam as propriedades bioquímicas e físicas do sistema, bem como alteram a qualidade e quantidade de água para as reações ecodinâmicas relacionadas com a expansão da biodiversidade.

Portanto é de fundamental importância desenvolver estudos integrados de modo a caracterizar e sistematizar as formas de degradação direcionadas para o ecossistema manguezal Barra Grande, bem como realizar estudos mais detalhados nas proximidades dos tanques de carcinicultura e também ao redor dos cristalizadores presentes no litoral do município de Icapuí.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Espécie estudada

Este trabalho constou da realização de dois experimentos, sendo o experimento I a avaliação do uso de águas hipersalinas na produção de mudas de *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. popularmente conhecido por mangue branco, enquanto o experimento II consistiu do acompanhamento do desenvolvimento das mudas em condições de campo.

Nos dois experimentos foram utilizadas sementes de mangue branco provenientes de um manguezal no município de Icapuí-CE, na para da Requenguela, optando-se pela espécie que mantém a vegetação mais próxima possível de sua diversidade original, seguindo a metodologia proposta por Fernandes (2012).

É uma árvore relativamente pequena variando de 4 a 5 m de altura, cujas folhas têm pecíolo vermelho com duas glândulas em sua parte superior, próximas à lamina foliar. As folhas são espessas e variam de elíptica a oblonga, apresentando margem lisa. Em plantas de mangue, a escleromorfa foliar está relacionada à elevada salinidade (Camilleri & Ribí, 1983).

O sistema radicular é menos desenvolvido com relação às outras espécies de mangue, tanto em número quanto em altura de pneumatóforos, quando presentes. A planta adulta produz grande quantidade de propágulos, que formam cachos (racemos) pendentes nas partes terminais dos galhos Sugiyama (1995).

4.2 Localização e caracterização da área experimental

O experimento I foi instalado em casa de vegetação instalada no setor de solos pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), sob as coordenadas geográficas 5°12'S, 37°19'O e altitude de 20m, no período de 13 de março a 3 de junho de 2014. Segundo a classificação de Köppen, o bioclima da região é do tipo BSw^h, com temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 672,9 mm, e umidade relativa de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

A casa de vegetação foi protegida por cobertura plástica prevenindo a entrada de água pluvial, as laterais foram cercadas com sombrite, permitindo a passagem parcial de 50% da radiação solar, como apresentado na (Figura 8).



Figura 8. Ilustração da casa de vegetação utilizada no experimento I.

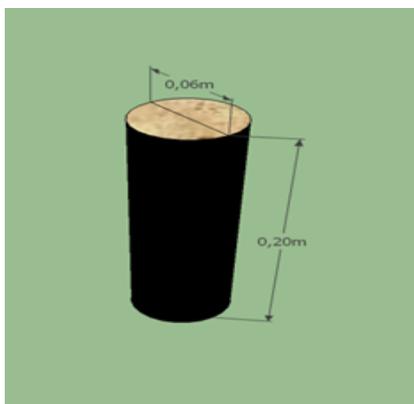
O experimento II foi instalado em área experimental do município de Icapuí-CE, sob as coordenadas geográficas 4°41'S, 37°20'O e 4 m de altitude, no período de 31 de julho a 9 de setembro de 2014.

4.3 Substrato e recipiente

O material utilizado como substrato no experimento I, constitui-se na mistura de areia de restinga e solo de mangue na proporção de 1/1. Este substrato foi escolhido principalmente por minimizar os problemas relacionados às infestação por fungos, conforme constatado em experimentos preliminares, e por não trazerem sementes de ervas daninhas e serem de fácil drenagem, segundo os relatos de Davide et al. (1995).

Os recipientes empregados para o substrato anteriormente descrito foram sacos plásticos de polietileno nas dimensões 20 cm de altura por 6 cm de diâmetro, com uma capacidade de armazenadora para 565 cm³; os quais tinham pequenos furos na parte inferior para permitir a livre drenagem dos sais e do excesso de água, como apresentado na Figura 9.

A



B



Figuras 9. Dimensões dos sacos utilizados no experimento (A) e demonstração do enchimento dos sacos plásticos com o substrato utilizado no estudo (B).

Previamente à instalação do trabalho, realizou-se análise do substrato, onde foram determinadas suas características químicas e físicas como descrito nas Tabelas 1 e 2. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (LASAP) da (UFERSA) de acordo com os métodos propostos por Richards (1954) e pela EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado no estudo.

Substrato utilizado no estudo	pH	CE	Mat. Org	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	CTC	V	PST
				mgdm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%			
Areia de restinga	7,21	0,03	5,05	30,90	36,60	23,70	0,90	0,50	1,60	1,60	1,60	100,00	6,00
Solo de mangue	8,28	4,63	7,06	6,70	243,70	3796,10	5,10	4,10	26,34	-	26,34	100,00	63,00
Areia de restinga ⁺													
Solo de mangue	8,29	3,61	6,06	20,30	172,50	2168,40	3,40	2,70	15,97	15,97	15,97	100,00	59,00

Nota: O pH em água é determinada na relação solo: água de 1:2,5. CE= Condutividade elétrica do extrato solo:água, na proporção de 1:2,5. Os elementos P, Na⁺ e K⁺ são extraídos com o extrator Mehlich na relação solo:extrator de 1:10. Os elementos Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ são extraídos com KCL 1 mol/L na relação solo:extrator de 1:10. SB = soma de bases; t = CTC efetiva. CTC do solo ou a pH 7,0. V = Saturação por bases. PST= Percentagem de sódio trocável.

Tabela 2. Análise física do substrato utilizado no estudo.

Substrato utilizado no estudo	Granulometria (kg kg ⁻¹)					Classe Textural	Relação Silte/Argila
	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila		
Areia de restinga	0,66	0,32	0,98	0,01	0,01	13	1,00
Solo de mangue	0,38	0,55	0,93	0,03	0,05	13	0,58
Areia restinga + Solo de mangue	0,45	0,50	0,94	0,02	0,03	13	0,66

4.4 Preparo das águas de irrigação

No preparo das águas de irrigação foi utilizada a relação entre a CE_a e a quantidade final de água, sendo estimada pela equação 1, extraída de Ayers & Westcot (1991).

$$C_{nf} = \left(C_{na} \cdot \frac{Q_a}{Q_t} \right) + \left(C_{nb} \cdot \frac{Q_b}{Q_t} \right) \dots \dots \dots (1)$$

em que:

C_{nf}- concentração final da mistura, dSm⁻¹ ou mmol_cL⁻¹;

C_{na}- concentração da água “a”, dSm⁻¹ ou mmol_cL⁻¹;

C_{nb}- concentração da água “b”, dSm⁻¹ ou mmol_cL⁻¹;

Q_a- quantidade da água “a”, cm;

Q_b- quantidade de água “b”, cm; e

Q_t- quantidade total de água (Q_a+Q_b), cm.

As águas foram preparadas a partir da diluição da água hipersalina, oriunda das bacias de cristalização de sal, com água da rede de abastecimento da UFERSA. A quantidade da água hipersalina foi determinada de forma a se obter a CEa do respectivo tratamento. As águas foram preparadas em quantidades suficiente para várias irrigações, separadamente de acordo com o tratamento pré determinado, em reservatórios com capacidade armazenadora para 0,31 m³. As análises químicas da água de abastecimento da rede da UFERSA e da água hipersalina estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química da água de abastecimento e água hipersalina utilizadas no estudo.

Águas utilizadas no estudo	pH	CE dS m ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Dureza	Cátions	Ânions
			mmol _e L ⁻¹	(mmol _e L ⁻¹) ^{0,5}	mg L ⁻¹	mmol _e L ⁻¹							
Água de abastecimento	8,60	0,50	0,28	,62	0,64	,56	28,00	1,40	7,30	6,00	0,00	0,00	63,70
Água hipersalina	6,80	592	282,40	2350	124	3446	5560	20	80	55,60	178500	6201,90	5660

4.5 EXPERIMENTO I - Avaliação do uso de águas hipersalinas na produção de mudas de mangue branco

4.5.1 Instalação e condução do ensaio

Depois do preenchimento dos recipientes com o substrato de areia de restinga mais solo de mangue, cada parcela foi submetida a oito lavagens com 3 L de água da rede de abastecimento (0,5 dS m⁻¹) em cada aplicação, visando dessa forma, reduzir a condutividade elétrica do substrato.

O semeio foi realizado no dia 13 de março de 2014, em saco plásticos empregando-se quatro sementes em cada recipiente, em uma profundidade de aproximadamente 1 cm. Em virtude de não existir na literatura relatos do poder germinativo das sementes de mangue branco, no entanto, sabe-se que as mudas tem alto índice de mortalidade.

Nos primeiros 20 dias, todas as parcelas foram irrigadas duas vezes ao dia com água de abastecimento (0,5 dS m⁻¹), visando uma melhor germinação das sementes e melhor estabelecimento das plântulas. Terminado o período de estabelecimento das mudas procedeu-se com a aplicação dos tratamentos com água hipersalina (S₁ = 0,5dS m⁻¹; S₂= 24 dS m⁻¹, S₃= 5₃ dS m⁻¹, S₄ = 77 dS m⁻¹; S₅ = 101 dS m⁻¹; e S₆=124 dS m⁻¹).

As irrigações foram realizadas duas vezes ao dia evitando que as folhas fossem molhadas com a água hipersalina, utilizaram-se regadores com 5 L de capacidade.

O volume aplicado em cada irrigação baseou-se de forma a se obter uma drenagem em torno de 40% de acordo com a recomendação de Rhoades (1992), para favorecer o crescimento e desenvolvimento das mudas e lixiviar o excesso de sais do substrato.

Realizou-se o desbaste aos 40 dias após a semeadura (DAS), sendo deixado em cada saco apenas uma plântula, a primeira que emergiu com aspecto normal; quando não houve emergência em algum saco, procedeu-se com a repicagem das plântulas dentro da própria parcela. O controle de ervas daninhas foi realizado, manualmente, à medida em que as plântulas emergiam como preconiza Leite et al. (2005).

4.5.2 Tratamentos e delineamento experimental

A água hipersalina utilizada na condução do experimento I foi retirada dos tanques de cristalização que estão localizados dentro do perímetro de produção de sal da salina Maranhão, localizada no município de Grossos-RN, pertencente ao grupo de produção de sal F. Solto com as seguintes coordenadas geográficas 5° 00' 01,59'' S e 37° 10' 10.60'' O.

A água hipersalina estava com aproximadamente 30 ° graus Baumé, sendo que este parâmetro foi medido no momento da coleta (Figura 10A), coletou-se um volume de 1,0 m⁻³, sendo transportada em caminhão até o campus leste da UFERSA em Mossoró-RN (Figura 10B).

A



B



Figuras 10. Graus Baumé na água hipersalina no momento da coleta (A) e transporte da água hipersalina até a UFERSA Campus Mossoró-RN (B).

Avaliou-se o efeito de seis níveis de salinidade da água de irrigação ($S_1 = 0,5$; $S_2 = 24$; $S_3 = 53$, $S_4 = 77$; $S_5 = 101$; e $S_6 = 124$ dS m⁻¹). No tratamento testemunha (S_1) empregou-se a água

da rede de abastecimento urbano, já os demais tratamentos (S_2 , S_3 , S_4 , S_5 e S_6) foram provenientes das misturas da água de abastecimento urbano com águas hipersalinas.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos, e quatro repetições, sendo 24 parcelas com 15 plantas em cada parcela, totalizando 360 UE. Na Figura 11 está apresentado o croqui do experimento I montado em casa de vegetação utilizou-se espaçamento 1x1 entre parcelas e 0,8 entre as linhas, as parcelas ficaram sobre estrado construído com tijolo de oito furos.

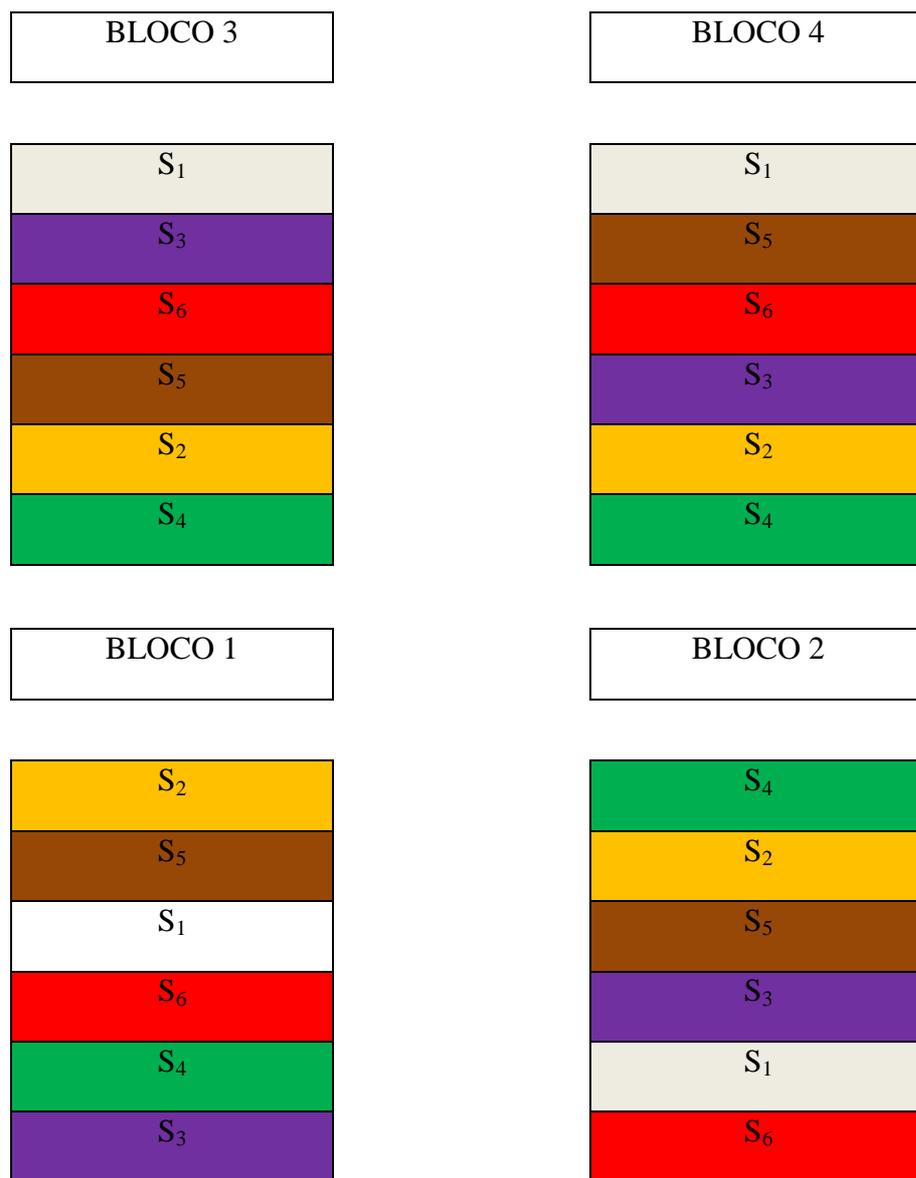


Figura 11. Croqui do experimento e distribuição espacial.

4.5.3 Avaliação dos tratamentos aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após aplicação dos tratamentos (DAT)

Aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), foi utilizada uma planta representativa de cada parcela em cada época da avaliação, sendo selecionadas as plantas médias dentro da parcela experimental.

Nestas épocas foram realizados estudos de crescimento e desenvolvimento das mudas onde, as variáveis avaliadas foram: número de folhas (NF); diâmetro do caule (DC); altura da planta (AP); comprimento do sistema radicular (CS-R); matéria fresca do sistema radicular (MFS-R); da parte aérea (MF-PA); matéria seca do sistema radicular (MSS-R); matéria seca da parte aérea (MS-PA); teor de água no sistema radicular (TA-SR); teor de água na parte aérea (TA-PA); matéria fresca total (MF-T); matéria seca total (MS-T); relação raiz/parte aérea (MS-R/MS-PA) e o Índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido por meio da equação 2, proposta por Dickson et al.(1960).

$$IQD = \frac{MS-T}{\left[\frac{AP}{DC} - \left(\frac{MS-PA}{MS-R}\right)\right]} \dots\dots\dots(2)$$

em que;

MS – T – Massa seca total, g;

AP – Altura da planta, mm;

DC – diâmetro de caule, mm;

MS-P – Massa seca da parte aérea, g; e

MS-R - Massa seca da raiz, g.

4.5.4 Variáveis de crescimento: Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC), Altura de planta (AP) e Crescimento do sistema radicular (CS-R)

Para a determinação do número de folhas contou-se as mesmas considerando as plantas que estavam vivas e inteiramente distendidas. O diâmetro do caule (DC) foi medido aproximadamente 1 cm acima do colo da planta, utilizando-se de um paquímetro digital modelo Stainless Hardened.

A altura da planta (AP) foi mensurado a 1 cm acima do colo da planta até a base da folha mais jovem com auxílio de uma régua graduada até 500 mm, modelo Xilingo referência 0101.0. Com auxílio da régua descrita anteriormente foi determinado o comprimento do sistema radicular (CS-R).

4.5.5 Fitomassa

Na determinação da matéria fresca do sistema radicular (MFS-R) destacou-se a raiz do restante da planta procedendo-se com sucessivas lavagens para a retirada do excesso de substrato e restos orgânicos existentes, posteriormente sendo realizada a pesagem em balança digital de 0,01g da marca Marte AW 220.

Para a determinação da matéria fresca da parte aérea (MF-PA) separou-se a raiz do restante da planta, pesando-se o caule e as folhas.

Após essa etapa os materiais foram devidamente identificados e acondicionados em sacos de papel, sendo levados à estufa com circulação forçada e renovação de ar modelo TEC 394/3 a 65⁰C, até peso constante. Para obtenção da matéria seca da parte aérea (MS-PA) e do sistema radicular (MSS-R).

4.5.6 Índices fisiológicos

Na determinação do teor de água no sistema radicular (TA-SR) consistiu em separar a raiz do restante da planta e imediatamente fazer a pesagem, obtendo-se o peso fresco em seguida, após a secagem em estufa a 60° C, a raiz foi pesada novamente, obtendo-se o peso seco.

Desta forma, para as determinações do teor de água no sistema radicular (TA-SR) obteve-se pela subtração entre o peso fresco e seco, sendo os valores expressos em porcentagem, deste modo, o (TA-SR) é expresso pela equação 3:

$$TA - SR = (MFSR - MSSR). 100 \dots\dots\dots(3)$$

em que;

- MFSR– matéria fresca do sistema radicular, g; e
- MSSR– matéria seca do sistema radicular, g.

O procedimento para o cálculo do teor de água na parte aérea da planta (TA-PA) é semelhante ao usado na determinação do TA-SR, empregando a equação 4:

$$TA - PA = (MFPA - MSPA). 100 \dots\dots\dots(4)$$

em que:

- MFPA- matéria fresca da parte aérea, g; e
- MSPA- matéria seca da parte aérea, g.

4.5.7 Acompanhamento dos atributos químicos do substrato ao longo do estudo

Aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) procedeu-se coletas de amostras de solo para o acompanhamento dos parâmetros químicos do substrato, onde as variáveis analisadas foram Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , P^+ , CE e pH, de acordo com os métodos descritos no manual de análises químicas da (EMBRAPA, 1997).

4.5.8 Plantas aptas ao transplântio (PAT)

Na última avaliação, aos 100 (DAT), procedeu-se a avaliação da percentagem de plantas aptas ao transplântio (PAT), sendo considerado o número total de plantas existentes na parcela (NTP) e o número das que estavam aptas ao transplântio (NAT).

Para o transplântio levou-se em conta as plantas que possuíam haste única e ereta, com no mínimo seis folhas verdes e maduras, altura mínima em torno de 15 cm e máxima de 25 cm, diâmetro de 0,03 a 10mm do colo da planta e livres de pragas e doenças (Chaves et al., 2000).

4.6 EXPERIMENTO II: Acompanhamento das mudas de mangue branco em campo

4.6.1 Identificação da área de transplântio no campo

O experimento II, foi instalado em campo no município de Icapuí-CE, com coordenadas geográficas 4°41'S, 37°20'W e 4 m de altitude, durante a realização do estudo compreendido entre 31 de julho e 9 de setembro de 2014.

Para o plantio das mudas foram identificados locais degradados próximos onde ocorreram as coletas das sementes, pois, segundo Vilas-Bôas et al. (2000), dentre os critérios adotados quando se faz necessário uma intervenção para a restauração de área degradada é a consideração das espécies dominantes, cujas mudas ou sementes deverão ser preferencialmente da mesma área ou de áreas adjacentes que apresentam características ambientais semelhantes às da área a ser reflorestada.

Por esse motivo, também, ocorreu à escolha da espécie em estudo, ou seja, o mangue branco, pois este junto com o mangue vermelho são dominantes na área onde foi realizada a coleta de sementes e o estudo de acompanhamento das mudas no campo. Dessa forma no experimento II foram empregadas as mudas que estavam aptas para o transplântio provenientes do experimento I.

4.6.2 Transplântio das mudas e condução em campo

No transplântio foram feitas covas espaçadas de três em três metros, com profundidade aproximada de 30 cm, não sendo necessário retirar os sacos das mudas, pois os mesmos eram biodegradáveis, como notado na Figura 12.



Figura 12. Ilustrações das mudas de Mangue branco transplântadas para o campo.

As mudas foram transplântadas durante o período de maré baixa, no dia 31 de maio de 2014, procurando, ao máximo, locais onde se encontrem árvores da mesma espécie, e

obedecendo a distribuição no sedimento observada para as espécies trabalhadas, como sugerido por Vilas-Bôas et al. (2000).

O estudo de crescimento e desenvolvimento das mudas foi efetuado por meio de cinco avaliações, ao longo do estudo, onde avaliaram-se as seguintes variáveis: número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC)

Aos 20, 40, 60,80 e 100 dias após o transplântio (DATransp), acompanharam-se quatro plantas, ao longo do estudo em campo, de modo que a mesma muda fosse medida em cada avaliação realizada. As mudas transplantadas para o campo ficaram sob regime da maré.

4.6.3 Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC), Altura de planta (AP)

Para a determinação do (NF) contou-se as mesmas considerando-se as plantas que estavam vivas e inteiramente distendidas. O diâmetro do caule (DC) foi determinado sendo medido a aproximadamente 1 cm acima do colo da planta.

O crescimento em altura da planta (AP) foi mensurado 1 cm acima do colo da planta até a base da folha mais jovem.

Também foi calculada a percentagem de plantas mortas (PPM), ao longo do período experimental, conforme apresentado na equação 5:

$$PPM = \left(\frac{TPM}{TPT} \right) \cdot 100 \dots\dots\dots(5)$$

em que;

PPM - percentagem de plantas mortas, %;

TPM - total de plantas mortas, unidade; e

TPT - total de plantas transplantadas, unidade.

4.6.4 Análise estatística

O experimento I foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas tendo nas parcelas os níveis da salinidade da água (S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 e S_6) e nas subparcelas os tempos das avaliações (20, 40, 60, 80 e 100 dias). No delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os dados obtidos foram avaliados mediante a aplicação de análises de variância empregando-se o teste “F”, a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o software SISVAR Ferreira (2008).

Com os dados obtidos no experimento II foram feitas médias, sendo representadas por gráficos, calculou-se os desvios padrão e o coeficiente de variação, utilizando-se o pacote computacional Microsoft Excel 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento I - Avaliação do uso de águas hipersalinas na produção de mudas de mangue branco

5.1.1. Variáveis de crescimento

Número de folhas (NF)

A análise de variância revelou diferença significativa entre os tratamentos para a variável NF, ao longo do período experimental, bem como para a interação entre o tempo e os tratamentos, indicando que mesmo sendo uma planta bastante tolerando a salinidade, pode sofrer reduções significativas no número de folhas, conforme apresentado no (Apêndice 1).

O estudo de crescimento realizado até os 100 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) para as variáveis NF, na Tabela 4. No geral, verificou-se tendência crescente para a variável NF, tendo melhor resposta quando irrigada com água de baixa salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), com maior média (15,50 folhas) no final do estudo, ou seja, a medida em que aumentou o nível salino reduziu-se o número de folhas exceto no tratamento para o tratamento S_6 .

Tabela 4. Médias do número de folhas (NF) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS	NF					
	S1 ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$)	S2 (24 dS m^{-1})	S3 (55 dS m^{-1})	S4 (77 dS m^{-1})	S5 (101 dS m^{-1})	S6 (124 dS m^{-1})
20	5,00Cc	4,50Cc	4,00Cc	3,50Cc	3,50Cc	2,75Cc
40	9,50Ba	6,50CBba	7,50CBcba	6,00CBcba	4,00Ccb	2,50Cc
60	12,75BAd	9,25BAad	7,25CBAb	6,25CBba	4,50Ccb	1,75Cc
80	14,25Ae	11,00ADde	10,00BAad	6,00CBda	3,25Ccb	1,50Cc
100	15,50Ac	14,50Dcb	11,25Aba	7,50Bad	4,50Cd	2,00Cd
Média geral	20,90	9,15	8,00	5,85	3,95	2,10

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observou-se na Tabela 4, que o tratamento com maior nível da salinidade (124 dS m^{-1}), proporcionou o menor valor de NF (média 2,0 folhas) ao final do experimento, este comportamento pode estar relacionado às características intrínsecas da planta, pode-se propor esta queda aos altos níveis de sais na rizosfera da planta devido ao efeito osmótico do sal na rizosfera da planta; neste sentido Munns & Tester (2008) estudando o desenvolvimento de plantas de mangue encontraram em seus estudos resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho; os referidos autores atribuíram a redução no desenvolvimento do NF, a presença de sal fora das raízes; relatam, também, que a diminuição da taxa de crescimento da folha foi

maior depois de um aumento da salinidade no solo, devido ao efeito osmótico do sal em torno das raízes.

Um acréscimo repentino na salinidade do solo faz com que células da folha desidratem, mas esta perda de volume da célula e turgor são transitórias. Em poucas horas, as células recuperam o seu volume original e turgor, devido ao ajuste osmótico, mas, apesar disso, as taxas de alongamento celular são reduzidas.

Ao longo de dias, as reduções no alongamento das células e, também, a divisão celular levam ao aparecimento lento de folhas com tamanho final menor e folhas mais espessas.

Vale salientar que não foram encontrados na literatura, estudos que relacionem os valores de NF de mangue com os níveis da salinidade da água de irrigação; isso reforça a importância de se realizar mais estudos voltados ao melhor entendimento dos mecanismos que regem as características de emissão de folhas nesta planta; podendo posteriormente ser utilizado como recurso para aumentar a eficiência na produção de mudas com melhor qualidade.

Diâmetro do caule (DC)

Para a variável DC, Tabela 5 verificou-se que houve um comportamento semelhante ao de NF, na conversão de fotoassimilados dirigidos ao aumento de DC da planta, ou seja, com maior tendência de crescimento ao longo do período experimental nos tratamentos 0,5; 24 e 55 dS m⁻¹ sendo observado a estabilização nos demais tratamentos.

A variável DC foi influenciada pela salinidade da água, ao longo do período experimental, a partir dos tratamentos 101, 124 e 77 dS m⁻¹, levando a paralisação do crescimento e consequentemente à morte de algumas plantas.

Tabela 5. Médias do diâmetro do caule (DC) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS	DC					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	2,43Cc	2,36Cc	2,14Cc	2,19Cc	1,88Cc	1,90Cc
40	3,08CBb	2,51Cbc	2,22Cbc	2,34Cbc	1,96Cbc	1,32Cc
60	3,45CBAa	3,16CBba	2,56Cba	2,77Ccba	2,13Cbc	1,49Cc
80	3,81BAa	2,99CBba	3,00CBba	2,63Cba	2,22Ccb	1,19Cc
100	4,45Ad	3,74Bad	3,87Bad	2,66Cab	2,17Cbc	1,09Cc
Média geral	3,44	2,952	2,76	2,518	2,072	1,40

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Dependendo do grau de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior. Esta ação é denominada plasmólise e ocorre quando uma

solução altamente concentrada é posta em contato com a célula vegetal. O fenômeno é devido ao movimento da água, que passa das células para a solução mais concentrada.

Esta diminuição pode ser explicada, devido a menor absorção de água pela planta; este comportamento é considerado um fator de adaptação das plantas às condições de estresse salino, uma vez que quanto maior a salinidade do meio, maior, também, é a dificuldade para absorção de água; esta é uma assertiva fisiológica para todo tipo de cultivo, no qual a abundância de água não impede a dificuldade em sua absorção na condição salina.

Os resultados encontrados nesse estudo são conflitantes com os encontrados por Vale et al. (2006) que estudaram o estresse salino em mudas plantas tolerantes a salinidade; afirmam que as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,06 e 4,2 dS m⁻¹, reduziram as variáveis DC e NF, sugerindo então, que as mesmas não podem ser cultivadas em solos salinos; assim os dados aqui apresentados são conflitantes, uma vez que para as condições de estresse salino utilizadas no presente trabalho favoreceram ao desenvolvimento inicial das plântulas de mangue.

Altura da planta (AP)

Ao final do experimento (100 DAT) a variável AP foi influenciada pelo uso de água hipersalina, bem como houve interação significativa entre o período experimental e os tratamentos aplicados, durante a realização do estudo de acordo com (Apêndice 1); sabe-se que com níveis crescentes de sais na água as plantas tendem a sofrer reduções na AP; este fato, pode explicar o pequeno crescimento em altura das plantas irrigadas com águas de alto teor salino durante a realização deste estudo.

No geral, observou-se que a variável AP Tabela 6, teve maior crescimento nos tratamentos 0,5; 24 e 55 dS m⁻¹, semelhante aos ocorridos com as variáveis NF e DC, fato contrário foi notado nos maiores níveis de salinidade da água (77, 101 e 124 dS m⁻¹).

Vale salientar que os tratamentos 24 e 55 dS m⁻¹ tiveram crescimentos semelhantes, durante a realização do experimento, com maiores médias de 17,62 e 16,25 cm, respectivamente Tabela 6.

Tabela 6. Médias da altura da planta (AP) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS	AP					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	8,22Cc	8,10Cc	6,80Cc	7,10Cc	6,80Cc	6,12Cc
40	13,00Cb	9,75Cc	9,25Cc	9,37Cc	7,05Cc	4,85Cc
60	15,92Cb	12,12Cc	9,12Cc	9,00Cc	6,37Cc	4,75Cc
80	19,65Cb	13,55Ccb	10,25Ccb	8,50Ccb	6,25Cc	3,50Cc
100	21,50Ba	17,62Cba	16,25Cba	9,25Cba	19,50Bcb	3,62Cc
Média geral	15,66	12,23	10,33	8,64	9,19	4,57

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Este comportamento pode estar relacionado à quantidade tóxica de sais presentes na água de irrigação utilizada, este excesso promove, então, desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água havendo, nessas regiões, acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez de sais.

Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade frequentemente acompanham ou complicam os de salinidade ou permeabilidade, podendo surgir mesmo quando a salinidade for baixa. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura se as concentrações de sais no interior são suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância da cultura.

Nos maiores níveis salinidade 77, 101 e 124 dS m⁻¹, percebeu-se que AP tendeu a se equilibrar, indicando que a alta salinidade poderá influenciar de maneira decisiva no acúmulo de matéria seca; evidenciando que, mesmo o mangue sendo altamente tolerante a salinidade, quando existem grandes quantidades de sal na água torna-se prejudicial ao desenvolvimento de mudas que ainda não tem seus mecanismos de excreção bem desenvolvidos.

Comprimento do sistema radicular (CS-R)

O resumo da anova consta que houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos utilizados no estudo, como observado no (Apêndice 1); este comportamento da planta pode estar relacionado com a dificuldade da muda em extrair água e nutrientes do solo, pois, à medida que aumenta a salinidade a disponibilidade de água para a planta, também, diminui.

Verificou-se que o CS-R (Tabela 7), não diferiu estatisticamente, quando a aplicação de altos níveis da salinidade, no tempo 40 DAT. Foi obtido com o tratamento 0,5 dS m⁻¹ média de 18,97 cm de comprimento da raiz, duas vezes maior quando comparado com o 124 dS m⁻¹, onde se obteve média de 9,75 cm, entende-se que com um alto nível salino há uma tendência de queda na produção de biomassa.

Este comportamento pode ser causado pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Silveira et al. (2009), cultivando *Atriplex nummularia* irrigada com solução de 600 mmol L⁻¹ de NaCl (~ 60 dS m⁻¹) aos 49 dias após o transplante encontraram médias de raiz de 7,50 e 4,50 cm, respectivamente, valores inferiores aos deste estudo; estes autores citam que, o sal fora das raízes podem afetar o crescimento da planta, não só por meio do seu efeito sobre a pressão osmótica, mas, também pela presença em excesso do Na⁺; os autores não encontraram efeitos tóxicos para o Cl⁻, durante a primeira fase do estresse salino em milho, sendo revelado menores tamanhos de raiz.

Tabela 7. Médias do comprimento do sistema radicular (CS-R) submetido a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	CS-R (cm)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	18,97Cc	18,87Cc	14,32Cc	13,82Cc	12,45Cc	9,75Cc
40	27,12CBa	22,25Cab	21,00Cab	18,00Cabc	11,88Ccb	7,38Cc
60	30,00CBa	25,25Cab	23,75Cab	22,25Cab	13,62Cbc	7,00Cc
80	36,38Bd	26,38Cad	22,75Cab	19,02Cabc	13,38Cbc	6,88Cc
100	38,25Ba	26,75Cab	37,00a	17,00Cbc	15,12Cbc	6,50Cc
Média geral	30,14	23,90	23,76	18,02	13,29	7,50

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na literatura há relatos que a *Atriplex nummularia*, é uma das plantas halófitas tolerante a altos níveis salinos, por isso é muito utilizada para realizar fitorremediação de solos afetados por sais, devido ao seu potencial de produção de biomassa vegetal (Souza, 2010); fato este que difere dos resultados encontrados neste estudo, demonstrando que a planta de mangue branco, quando submetido alta concentração salina, a biomassa vegetal tendeu a cair.

Aos 100 DAT, percebe-se diferença estatística entre os teores salinos das águas, sendo que no tratamento 0,5 dS m⁻¹ obteve-se 36,38 cm, enquanto, no tratamento 55 dS m⁻¹ obteve-se

22,75 cm, diferindo estatisticamente, bem como o tratamento 124 dS m⁻¹ teve uma média de 6,88 cm, a diminuição do crescimento das raízes pode estar relacionado com as grandes quantidades de sais presentes no solo.

Os resultados obtidos nesse trabalho são confirmados pelos estudos de Pimentel (2005) ao observar que espécies vegetais que se desenvolvem em ambientes sujeitos ao estresse salino possuem mecanismos de tolerância à salinidade, destacando-se, dentre outros, a diminuição da área foliar e alterações da razão raiz/parte aérea, para a manutenção da necessidade hídrica.

Constata-se que com o passar do tempo até o tratamento S₅ houve incremento no CS-R, entretanto, os maiores valores foram obtidos nos três tratamentos com a menor CE, este comportamento pode estar relacionado com as estratégias bioquímicas utilizadas pela planta, tais como: acumulação ou exclusão seletiva de íons, controle da entrada de íons pelas raízes, transporte para as folhas, compartimentalização de íons a nível celular (vacúolos) e estrutural (folhas).

5.1.2. Fitomassa

Matéria fresca da parte aérea (MF-PA)

Nota-se no resumo da anova presente no (Apêndice 2), que houve interação significativa entre o fator tempo e as distintas salinidades da água para a variável MF-PA. Esta variável, de modo geral, comportou-se ao longo de todo estudo de forma crescente em relação a cada tempo de avaliação (Tabela 8).

Tabela 8. Médias da matéria fresca da parte aérea (MF-PA) submetido a seis níveis de salinidades da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MF-PA (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	1,09Cc	0,85Cc	0,67Cc	0,70Cc	0,51Cc	0,28Cc
40	2,97CBb	1,35Ccb	1,41Ccb	1,12Ccb	0,69Cc	0,35Cc
60	4,44BAa	2,78CBab	1,65Cbc	1,41Cbc	0,66Cbc	0,39Cc
80	5,24ADa	2,63CBb	2,20Cbc	1,31Cbc	0,95Cbc	0,41Cc
100	7,22Da	4,46Bba	5,17Bb	1,40Cc	0,56Cc	0,27Cc
Média geral	4,19	2,41	2,22	1,19	0,67	0,34

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Esta resposta da planta a excessiva salinidade já era esperado, pois, o sal diminui a disponibilidade de água para as plantas, como o fluxo de sais para a parte aérea é função da

taxa transpiratória, diminui a quantidade de CO₂ fixado na fotossíntese com consequente queda na fitomassa aérea da planta (Gorham,1996).

Autores como Fricke et al. (2002) e Munns et al. (2000) relataram que o mecanismo de regulação do crescimento da folha e do desenvolvimento da parte aérea sob estresse não é conhecido com precisão. Dessa forma, a redução no crescimento da planta e da folha deve ser regulada por sinais de longa distância, sob a forma de hormônios ou os seus precursores, pois a taxa de crescimento reduzida da folha e da planta são independentes do fornecimento de hidratos de carbono e o estado da água.

No tempo de avaliação 120 DAT, percebeu-se que com a água de baixa salinidade 0,5 dS m⁻¹, obteve-se uma média de 7,22 g, valor esta seis vezes maior que o encontrado no tratamento 77 dS m⁻¹ com média de 1,40 g de matéria fresca, dessa forma, nota-se que até a CE de 55 dS m⁻¹, verifica-se que as mudas tiveram bom rendimento de MF-PA, nos tratamentos seguintes observa-se que houve decréscimos acentuados provavelmente a efeitos tóxicos dos sais, também pelo impedimento da planta absorver nutrientes para ser convertido em matéria fresca.

Matéria seca da parte aérea (MS-PA)

Constata-se no resumo da anova (Apêndice 2), que houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos utilizados no estudo, confirmando que a salinidade contribui negativamente no acúmulo da MS-PA.

A MS-PA (Tabela 9) sofreu diminuição com os incrementos das condutividades elétricas da água, para todos os tratamentos e em todos os tempos em estudo, como evidenciado pelas médias dos tratamentos 0,5; 24; 55; 77; 101 e 124 dS m⁻¹, no tempo 60 DAT, de 0,57; 0,26, 0,23, 0,14 e 0,08 g, respectivamente.

As plantas irrigadas com o tratamento 0,5 dS m⁻¹, tiveram uma dinâmica crescente ao longo do tempo, no tempo 40 DAT obteve-se média de 0,21 g e no tempo 120 DAT média de 1,67, ou seja um acúmulo de matéria seca de 1,46 g ao longo de período de realização do estudo. Comportamento diferente do tratamento 124 dS m⁻¹, não teve grandes variações nas médias, tendo no tempo 40 DAT média de 0,11 g e aos 100 DAT média de 0,10 g, esse fato pode estar relacionado com o impedimento da planta emitir folhas.

Os resultados encontrados por Meloni et al. (2001) em condições experimentais distintas foram diferentes dos obtidos neste trabalho; os referidos autores estudaram plantas de mangue e verificaram que o aumento dos níveis de NaCl resultou na significativa diminuição na

biomassa das raízes e da parte aérea, tendo como consequências negativas na relação raiz/parte aérea de algumas plantas.

Tabela 9. Médias da matéria seca da parte aérea (MS-PA) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MS-PA (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,21Cc	0,16Cc	0,15Cc	0,16Cc	0,13Cc	0,11Cc
40	0,57BCc	0,26Cc	0,26Cc	0,23Cc	0,14Cc	0,08Cc
60	0,88ABb	0,57BCbc	0,36Cc	0,31Cc	0,14Cc	0,08Cc
80	1,09Ab	0,53BCc	0,46Cc	0,29Cc	0,21Cc	0,10Cc
100	1,67Dc	0,97Bc	1,20Bc	0,33Cb	0,14Cab	0,08Ca
Média geral	0,88	0,50	0,49	0,26	0,15	0,09

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Constatou-se que no tempo 120 DAT diferença significativa no tratamento 0,5 dS m⁻¹ (1,67 g), quando comparado aos tratamentos 24 dS m⁻¹ (0,97 g) e 77 dS m⁻¹ (0,33 g), esta dinâmica de queda é observado ao longo de todo experimento, para a variável em estudo.

Ressaltando que não foi encontrado na literatura estudos com avaliação de MS-PA em mangue, observou-se que em estudos realizados por Porto et al. (2006) com *Atriplex nummularia* obtiveram produtividade de MS-PA equivalente a 13,82 Mg ha⁻¹em campo, enquanto, Glenn et al. (2009) encontraram produtividade que variou de 14,00 a 18,00 Mg ha⁻¹ após cinco anos de cultivo em campo.

Matéria fresca do sistema radicular (MFS-R)

O resumo da anova (Apêndice 2) verifica-se interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos utilizados no estudo, indicando que com aumento da salinidade da água de irrigação no solo existem espécies que tem a capacidade de se adaptar as condições salinas.

Notou-se para a MFS-R, de modo geral, que houve aumento nas médias do tratamento S₁ até o S₃, sendo seguido de queda brusca nos demais tratamentos, possivelmente pode-se atribuir aos efeitos tóxicos dos sais ao longo dos períodos de avaliação; entende-se que, com o aumento na matéria MFS-R, pode-se dizer que a energia captada pela fotossíntese foi revertida para o aumento do diâmetro da raiz, facilitando a absorção de água e nutrientes. No entanto, com o incremento de maiores níveis de salinidade, ocorreu queda nas massas MFS-R, já que a raiz aumentou em diâmetro e não em comprimento.

Observou-se na (Tabela 10), para as médias da variável MFS-R que houve uma dinâmica decrescente para cada incremento de salinidade, na primeira avaliação realizada, ou seja, aos 40 DAT, tem-se a média para o tratamento 0,5 dS m⁻¹ de 0,51 g e no tratamento 55 dS m⁻¹ de 0,35 g, notou-se que houve uma perda de matéria fresca de 0,16 g, podendo este resultado prejudicar na qualidade das mudas de mangue branco. No entanto, houve diminuição no tratamento 124 dS m⁻¹ para a variável MFS-R, este comportamento da planta pode estar relacionado com a dificuldade da muda em extrair água e nutrientes do solo, pois, à medida que aumenta a salinidade a disponibilidade de água para a planta diminui.

Tabela 10. Médias da matéria fresca do sistema radicular (MFS-R) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MFS-R (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,51Cc	0,37Cc	0,35Cc	0,21Cc	0,22Cc	0,11Cc
40	2,28Cc	1,13CBc	0,90Cc	0,76Cc	0,27Cc	0,17Cc
60	2,48Cc	2,51CBAc	1,08Cc	0,91Cc	0,36Cc	0,14Cc
80	5,12Bc	3,26BAc	2,5CBbc	1,34Cbc	0,59Cab	0,22Ca
100	8,06Ac	4,85Ac	4,53Bc	1,46Cb	0,49Cb	0,27Ca
Média geral	3,69	2,42	1,87	0,94	0,39	0,18

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na última avaliação realizada aos 120 DAT do tratamento 0,5 dS m⁻¹, contatou-se média de 8,06 g de MFS-R, porém as mudas que foram irrigadas com água de alta salinidade 124 dS m⁻¹, tiveram média de 0,27 g, ou seja, quando a muda de mangue esta em ambiente hipersalino a emissão de raízes tem tendência a decrescer em consequência da alta concentração de sais próximo a raiz da planta.

Ainda na ultima avaliação aos 120 DAT, observa-se efeito significativo para os incrementos salinos na água de irrigação (Tabela 10), a média do tratamento 0,5 dS m⁻¹ (8,06 g) difere das mudas tratadas com água 77 dS m⁻¹ (1,46 g), tendo uma perda de 6,6 g de MFS-R, esta redução pode estar relacionada com a grande capacidade da planta de se adaptar a ambientes salinos.

Nos estudos de Souza (2010) com *Atriplex*, comparando níveis de salinidades, estes autores encontraram resultados para MFS-R, semelhantes ao de folha, sendo superior nos tratamentos com 75 e 95% de umidade, com valores superiores aos dos outros tratamentos, valores que divergem dos encontrados nesse estudo.

Outro fato a ser observado foi que a média do tratamento 55 dS m⁻¹ (0,35 g) aos 40 DAT é estatisticamente diferente da média de 4,53 g encontrada no tempo 120 DAT. Este fato pode estar relacionado com a maior necessidade da planta em expandir o seu sistema radicular, dessa forma aumentando a área de absorção de cátions prejudiciais ao desenvolvimento da planta fazendo com que as reservas da planta sejam convertidas para produção de mecanismos de excreção de sais.

Matéria seca do sistema radicular (MSS-R)

Nota-se no resumo da anova, (Apêndice 2), que houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos utilizados no estudo,

Entende-se que do total de energia retida na planta para sua manutenção, parte é convertida para o aumento do diâmetro das raízes, para auxiliar na maior absorção de água, como observado na (Tabela 11) referente à MSS-R; dessa forma, é mantido equilibrado a concentração de íons dentro da planta, estudos não conclusivos indicaram que existe um alto dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse salino (Fricke et al, 2002).

Constatou-se no tratamento 55 dS m⁻¹ média de 0,39 g e no tratamento 77 dS m⁻¹ média de 0,21 g, desta maneira, tem-se incremento na salinidade da água de 22 dS m⁻¹, com queda de 0,18 g no acúmulo de MSS-R confirmando o efeito nocivo dos sais em excesso no solo e na água de irrigação.

Tabela 11. Médias da matéria seca do sistema radicular (MSS-R) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MSS-R (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,09Cc	0,06Cc	0,06Cc	0,04Cc	0,04Cc	0,03Cc
40	0,39Cc	0,18Cc	0,14Cc	0,13Cc	0,05Cc	0,03Cc
60	0,42CBc	0,40CBc	0,21Cc	0,18Cc	0,12Cc	0,03Cc
80	0,81Bb	0,41CBbc	0,39Cbc	0,21Cc	0,10Cc	0,03Cc
100	1,46Ad	0,77Bab	1,07Bad	0,34Cbc	0,11Cc	0,07Cc
Média geral	0,63	0,36	0,37	0,19	0,08	0,04

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No tratamento 124 dS m⁻¹ é evidente o comportamento constante da planta, ao longo dos períodos de avaliação, evidenciou-se no tempo 40 DAT, média de 0,03 g, mantendo-se dessa

maneira até o tempo 100 DAT, pode-se dizer que, para que a planta tenha esse comportamento, a energia adquirida através da fotossíntese poderia estar sendo gasta na produção de mecanismos que permitem a excreção de sais.

Por fim, observou-se que as plantas submetidas aos altos níveis da salinidade ficavam com a parte abacial da folha com cristais de sais evidentes. E como é escassa na literatura estudos que relacionem diminuição da MSS-R em função da salinidade para a espécie *Laguncularia racemosa*, sugerindo estudos posteriores para melhor investigação dos mecanismos que regem o aumento ou a diminuição do acúmulo de matéria seca no sistema radicular.

Por ocasião do término do experimento, realizou-se a avaliação da MSS-R como consta na Tabela 11, o tratamento 24 dS m⁻¹ teve efeito significativo nas avaliações de 60 e 120 DAT, com maiores médias 0,39 g e 1,46 g, respectivamente, este fato pode estar relacionado com o equilíbrio osmótico dentro da planta, e o não desperdício de energia para formação de mecanismos de adaptação ao ambiente salino.

Matéria fresca total (MF-T)

Aos 40 DAT, notou-se que não foi detectada diferença estatística para o tempo de aplicação da água salina, no entanto, houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados nessa mesma época, sendo obtida a maior média no tratamento 0,5 dS m⁻¹ (1,60 g), enquanto a menor média ocorreu no tratamento 124 dS m⁻¹ (0,39g).

Verificou-se, também, que no dia 60 DAT, os níveis salinos 24 dS m⁻¹ (2,48 g), 2,31 g) e 77 dS m⁻¹ (1,89 g), não foram influenciados com os incrementos salinos, porém, quando se comparou com o tratamento 101 dS m⁻¹ (0,96 g), constatou-se diferença estatística para MF-T (Tabela 12).

Observou-se acréscimo pouco expressivo da MF-T no tratamento 124 dS m⁻¹, onde os valores de 0,39, 0,52, 0,52, 0,63 e 0,54 g ocorreram nos tempos de 40, 60, 80, 100 e 120 DAT, quando comparados com os tratamentos 0,5 e 24 dS m⁻¹ em todas as épocas de avaliações. Este fato, possivelmente pode estar relacionado com o decréscimo na emissão de folhas pelas plantas quando irrigadas com águas hipersalinas, como visto na Tabela 12.

Tabela 12. Médias da matéria fresca total (MF-T) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MF-T (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	1,60Cc	1,22Cc	1,02Cc	0,91Cc	0,72Cc	0,39Cc
40	5,24BCb	2,48BCbc	2,31Cbc	1,89Cbc	0,96Cbc	0,52Cc
60	6,92ABa	5,29ABCab	2,74Cabc	2,31Ccb	1,03Ccb	0,52Cc
80	10,36Aa	5,89ABc	4,70Cbc	2,65Cbc	1,54Cbc	0,63Cc
100	15,27Da	9,31Ab	9,70Bb	2,86Cc	1,05Cc	0,54Cc
Média geral	7,87	4,83	4,09	2,12	1,06	0,52

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 120 DAT, constatou-se queda na MF-T quando analisados os tratamentos 0,5 dS m⁻¹ (15,22 g) e 55 dS m⁻¹ (9,70g), ou seja, houve perda de 5,52 g de MF-T das plantas de mangue.

Estudos realizados pelos pesquisadores Taiz & Zeiger (2006), usando salinidade, indicam que a redução do potencial osmótico do substrato atua de forma negativa sobre o processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, como consequência, redução no crescimento e desenvolvimento das plantas, tais resultados confirmam os achados nesse estudo.

Verificou-se com o uso do alto nível de sais na água de irrigação (124 dS m⁻¹), que a matéria fresca foi reduzida, a ponto de algumas plantas morrerem, Taiz & Zeiger (2006), relataram que algumas espécies vegetais em meios salinos usam estratégias de alterações morfológicas e anatômicas para superar a deficiência hídrica e essas mudanças incluem a redução do tamanho e o número de folhas, diminuição do número de estômatos, alteração na distribuição das folhas, aumento na espessura da cutícula foliar e desenvolvimento do tecido vascular; esses mecanismos de adaptação foram observados durante a realização do estudo em casa de vegetação, corroborando com os resultados obtidos nesses estudo.

Vale salientar que na literatura não foram encontradas pesquisas que relacionem a influencia da salinidade no aporte de matéria fresca em plantas de mangue.

Matéria seca total (MS-T)

De modo geral, observou-se tendência decrescente em todas as médias da variável MS-T a partir do S₃ com os incrementos salinos na água de irrigação (Tabela 13). Esta ocorrência já era esperada, pois, segundo Lacerda (2000), há menor crescimento das plantas, devido à salinidade, também tem sido atribuído à redução na absorção de alguns dos principais nutrientes constituintes da matéria seca, estando o Ca⁺² e o K entre os mais bem

documentados, podendo-se atribuir também a afeitos tóxicos, osmóticos causados pelos altos níveis salinos da água de irrigação.

Percebeu-se que nos primeiros 40 DAT, os tratamentos não foram influenciados pelos incrementos salinos na água de irrigação, no entanto, constatou-se que a MS-T foi influenciada significativamente com os incrementos salinos, ao longo do período do estudo (Tabela 13).

Tabela 13. Médias da matéria seca total (MS-T) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	MS-T (g)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S3 (77 dS m ⁻¹)	S4 (101 dS m ⁻¹)	S5 (124 dS m ⁻¹)
20	0,30Cc	0,23Cc	0,21Cc	0,20Cc	0,17Cc	0,14Cc
40	0,96BCc	0,45Cc	0,40Cc	0,36Cc	0,19Cc	0,11Cc
60	1,29ABb	0,97BCbc	0,57Cbc	0,49Cbc	0,27Cc	0,11Cc
80	1,90Ab	0,95BCc	0,85Cc	0,50Cc	0,31Cc	0,13Cc
100	3,13Da	1,74Bb	2,27Bab	0,67Cc	0,25Cc	0,15Cc
Média geral	1,52	0,87	0,86	0,44	0,24	0,13

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A partir dos 60 dias após a aplicação dos tratamentos 77 dS m⁻¹, obteve-se média de 0,36 g, sendo influenciado positivamente pelos incrementos salinos, quando comparado com o tratamento 101 dS m⁻¹ com média de 0,19 g, que sofreu uma perda de 0,17 g de MS-T; este decréscimo pode estar relacionado ao impedimento da planta em absorver nutrientes que favorecem o crescimento e desenvolvimento da planta com consequente aumento no aporte de matéria seca.

No México, os pesquisadores O'Leary e Glenn (1994) avaliaram a produtividade de algumas forrageiras halófitas em condições extremas, utilizando água de irrigação altamente salina (52 dS m⁻¹ água do mar); e observaram produtividades de matéria seca de 17,9; 17,3; 17,2; 10,3 e 8,6 t ha⁻¹ano⁻¹ para *Atriplex lentiformis*, *Batis maritima*, *Atriplex canescens*, *Atriplex nummularia* e *Atriplex barclayana*, respectivamente.

Por não encontrar relatos de trabalhos com salinidade e produção de matéria seca utilizou-se de outras plantas halófitas para auxiliar na discussão, os resultados dos trabalhos de Barroso et al. (2006) foram diferentes, ao avaliarem a produtividade da erva-sal cultivada sob irrigação com efluentes de criação de tilápia, com salinidade de 8,3 dSm⁻¹ e observaram produtividades que variaram de 7,5 a 11,4 tMS ha⁻¹ano⁻¹.

Em estudos com vários tipos de plantas halófitas os estudiosos El Shaer & Zahran (2010) avaliaram diversas espécies de forrageiras halófitas (*Arthrocnemon glaucum*, *Atriplex sp.*) entre outras espécies; estes pesquisadores obtiveram valores de 21,7 g até 42,6 g para as MS, estes resultados são conflitantes com os obtidos neste estudo, evidenciado que a alta salinidade causa drásticas reduções no acúmulo de matéria seca.

5.1.3 Índices fisiológicos

Teor de água no sistema radicular (TA-SR)

Verifica-se no resumo da anova que houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos salinos utilizados, (Apêndice 3). De modo geral, nota-se que no tratamento 0,5 dS m⁻¹ aos 100 DAT valor médio de TA-SR de 4,31 %, diferindo estatisticamente quando comparado com o tempo 120 DAT, com média de 6,60 %, confirmando que a alta salinidade em ambientes de mangue prejudica a absorção de água pela planta, podendo levar a morte.

Esses resultados expressão a capacidade das plantas de mangue se adaptarem à ambientes salinos ,onde estão inseridas, dessa forma, percebeu-se que em ambientes com o aumento da salinidade a planta tende a diminuir o teor de água na raiz, isso reflete a grande variação na AP, durante o estudo como visto na Tabela 14.

Os tratamentos 77, 101 e 124 dS m⁻¹, apresentaram médias muito próximas, não sendo observada diferença estatística entre os tempos de aplicação de água hipersalina (Tabela 11), porém, nos demais tratamentos salinos, notou-se influência significativa no tratamento 77 dS m⁻¹ aos 40 e 120 DAT, com média de 0,17 % de água na raiz e 1,13 %, respectivamente.

Tabela 14. Médias do teor de água no sistema radicular (TA-SR) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	TA-SR (%)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,43Cc	0,31Cc	0,29Cc	0,17Cc	0,18Cc	0,08Cc
40	1,88Cc	0,95BCc	0,76Cc	0,64Cc	0,22Cc	0,14Cc
60	2,06Cc	2,11ABCc	0,87Cc	0,72Cc	0,24Cc	0,11Cc
80	4,31Ba	2,85ABab	2,11BCbc	1,13Cbc	0,49Cc	0,18Cc
100	6,60Aa	4,09Ab	3,4Bb	1,12Cc	0,38Cc	0,19Cc
Média geral	3,06	2,06	1,49	0,76	0,30	0,14

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nos estudos de Chen & Jiang (2010) com solutos salinos dissolvidos na zona das raízes, houve a geração de potencial osmótico mais baixo, o que diminui o potencial total do solo; assim, o desenvolvimento das plantas é prejudicado por gerar potenciais mais negativos que o encontrado nos solos, causando dificuldade de absorção de água estas dificuldades geram gastos de energia e envolvem uma transpiração maior por parte da planta, quanto maior for a salinidade do solo.

Ghoulam et al. (2002) em condições experimentais diferentes em estudos com salinidade em cultivares de beterraba, diferença crescente de acordo com o aumento da salinidade em que a cultura foi submetida ao teor relativo de água na raiz.

Assim, com os resultados aqui obtidos para a variável TA-SR, verificou-se tendência da planta diminuir a emissão de raízes, prejudicando o crescimento e desenvolvimento, reforçando a importância dos resultados discutidos anteriormente.

Teor de água na parte aérea (TA-PA)

O resumo da anova revelou que houve interação significativa entre o fator tempo e os níveis salinos da água no estudo para a variável TA-PA, (Apêndice 3), este resultado confirma a ação de ambientes salinizados de causar alto potencial matricial no solo.

No tratamento 24 dS m⁻¹, houve perda de 0,18 % de umidade da parte aérea, quando comparamos ao tratamento 0,5 dS m⁻¹ aos 40 DAT. Observou-se, ainda, que aos 60 DAT, para os tratamentos 0,5 e 55 dS m⁻¹ não foi verificada diferença estatística; no entanto, verificou-se que com um incremento de 55 dS m⁻¹, houve um decréscimo no teor de umidade na parte aérea de 1,25 %, isso pode estar relacionado ao fato dos teores altos de sais diluídos na água reduzir em a capacidade da planta de absorver água e manter seus teores osmóticos equilibrados.

Nas médias referentes ao teor de água na parte aérea das mudas de mangue, ao longo do estudo verificou-se que os tratamentos 0,5 dS m⁻¹ (5,54 %), 24 dS m⁻¹ (3,39 %) e 55 dS m⁻¹ (3,97 %), foram influenciados de maneira significativa pelos incrementos de sais (Tabela 15).

Tabela 15. Médias do teor de água na parte aérea (TA-PA) submetidos a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	TA-PA (%)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,87Ac	0,69Cc	0,52Cc	0,54Cc	0,38Cc	0,17Cc
40	2,4BCb	1,08Cbc	1,15Cbc	0,89Cbc	0,55Cc	0,27Cc
60	3,57ABa	2,21CBab	1,30Ccb	1,10Cbc	0,52Cc	0,31Cc
80	4,15CDa	2,10CbB	1,74Cbc	1,02Cbc	0,74bCc	0,31Cc
100	5,54Da	3,39Bab	3,97Bb	1,07Cc	0,42Cc	0,19Cc
Média geral	3,31	1,89	1,74	0,92	0,52	0,25

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 120 DAT, percebeu-se tendência constante das mudas para a variável TA-PA, sendo obtidas médias próximas nas plantas que foram irrigadas com água de alta salinidade. Já nos tratamentos 77, 101 e 124 dS m⁻¹, o TA-PA não foram influenciados pelos incrementos de condutividade elétrica (CEa) na água de irrigação ao longo do período de avaliação.

Os resultados encontrados por Bernstein et al. (2010) em condições experimentais diferentes são conflitantes com os resultados encontrados desse estudo, estes autores trabalharam com manjeriço hidropônico; notou-se que o teor de água de caule e folhas foi pouco influenciado até uma concentração de 75 mM de NaCl (CEa ≈ 7,5 dS m⁻¹), porém com redução de 1,13 % desse ponto até 130 mM de NaCl (CEa ≈ 13 dS m⁻¹). Por outro lado, Attia et al. (2009) não detectaram efeito nocivo da salinidade sobre o teor de água da parte aérea de três variedades de manjeriço, submetidas à salinidade.

Este fato pode ser explicado com os resultados encontrados nos estudos de Kramer (1983) que relatou o comportamento das plantas que crescem em substratos salinos, comumente, denominados de halófitas, mantêm seu turgor e suculência característica marcante nesse tipo de plantas.

São escassos trabalhos que tratem do teor de água na parte aérea das plantas de mangue, no entanto, para efeito de comparação e auxílio científico, buscou-se na literatura trabalhos com plantas tolerantes a salinidades, os resultados encontrados por Santos et al. (2010) e Soares et al. (2010) em condições experimentais diferentes são diferentes dos achados nesse estudo, relacionando aspectos coriáceos das folhas.

Vale ressaltar que o excesso de sais promove desbalanceamento no citoplasma, resultando em danos, principalmente, na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde,

por transpiração, quase que tão somente água, havendo, nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta e intensa toxidez de sais.

Relação raiz/parte aérea (R/PA)

No geral, as médias permaneceram constantes com os incrementos salinos na água de irrigação dos tratamentos 0,5; 24; 55 e 77 dS m⁻¹, ou seja, as plantas não foram influenciadas pelo teor salino contido na água de irrigação no tempo 100 DAT.

Com aumento da salinidade para 101 dS m⁻¹ em relação a água do mar as plantas tiveram significativas perdas, indicando que em ambientes com altos níveis de salinos, mesmo a planta estando em seu habitat natural pode existir um atraso no crescimento e desenvolvimento da planta.

Observando-se médias de 0,87e 0,90 nos tratamentos 0,5 e 55 dS m⁻¹, respectivamente, verificou-se ausência de efeito significativo entre os tratamentos demonstrando que as mudas de mangue branco toleraram a salinidade alta da água de irrigação, indicando que ela pode ser irrigada com água de até 55 dS m⁻¹, durante todo o tempo de produção da muda, sem ter prejuízos ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para a relação R/PA não foi observada diferença estatística entre as médias dos tratamentos 0,5, 24, 55, 101 e 124 dS m⁻¹, em relação aos tempos de aplicação das águas hipersalinas (Tabela 116), obtendo-se menores médias de 0,25 e 0,17 no tratamento 124 dS m⁻¹ nos tempos de 40 e 100 DAT, respectivamente.

Tabela 16. Médias da relação raiz/parte aérea (R/PA) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	R/PA					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,40Cc	0,39Cc	0,43Cc	0,27Cc	0,29Cc	0,25Cc
40	0,69Cc	0,67Cc	0,53Cc	0,56BCc	0,38Cc	0,30Cc
60	0,49Cc	0,72Cc	0,59Cc	0,58BCc	0,78Cc	0,25Cc
80	0,75Cc	0,75Cc	0,80Cc	0,71BCc	0,43Cc	0,17Cc
100	0,87Cc	0,79Cc	0,90Cc	0,98Bc	0,69Cc	0,47Cc
Média geral	0,64	0,66	0,65	0,63	0,51	0,29

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As mudas irrigadas com o tratamento 77 dS m⁻¹ foram as mais adaptadas às condições salinas impostas, durante a realização do estudo, ou seja, a maior média 0,98 na última avaliação, indicando que a água com salinidade de 77 dS m⁻¹, influenciou de forma positiva as variáveis envolvidas no cálculo da relação raiz/parte aérea.

Nos estudos de Lopes et al. (2013) com produção de mudas de mangue em casa de vegetação, encontrou médias de 1,10 e 0,90 para a variável R/PA, sendo estas superiores aos que foram constatados nesse estudo, tendo em vista que as condições climáticas e experimentais que podem influenciar nos resultados encontrados por este autor.

Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Constatou-se na (Tabela 17), que houve diferença significativa quando se avaliou o índice de qualidade de Dickson (IQD) para as mudas de *Laguncularia racemosa*. Os maiores valores desse índice foram 0,52 e 0,43 nos tratamentos 0,5 e 55 dS m⁻¹, respectivamente, aos 120 DAT.

No tratamento 0,5 dS m⁻¹ verificou-se um amplo ganho de qualidade do tempo 40 DAT até o tempo de 120 DAT, obtendo-se ganho de 0,47, expressando dessa forma que, em condições de ótima qualidade da água de irrigação a planta de mangue tem uma tendência de manter boas qualidades de muda para ir ao campo.

Já os menores valores 0,02 e 0,03 com o tratamento S6 em todas as épocas de avaliação. Assim, as mudas irrigadas com água hipersalinas, condutividade elétrica de 101 e 124 dS m⁻¹, sofrem quedas significativas na qualidade final da muda.

Em estudos realizados por Bernardino et al.(2005) com mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, evidenciaram que as mudas com maior IQD são classificadas como de melhor qualidade em que estes resultados são diferentes dos obtidos por esse estudo.

Lopes et al. (2013) em seus estudos com produção de mudas de mangue com níveis de sombreamento em casa de vegetação, obtiveram valores de IQD de 0,11, 0,08 e 0,07, sendo estes inferiores aos encontrados nesse estudo, indicando que apesar das plantas serem produzidas em casa de vegetação, a luz incidente influencia qualidade final das mudas.

Tabela 17. Médias do índice de qualidade de Dickson (IQD) submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	IQD					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,05Cc	0,04Cc	0,04Cc	0,03Cc	0,02Cc	0,02Cc
40	0,17Cc	0,08Cc	0,07BCc	0,06Cc	0,03Cc	0,02Cc
60	0,19BCb	0,18BCb	0,11BCbc	0,10Cbc	0,06Cbc	0,02Cc
80	0,32Ba	0,18BCabc	0,20Bab	0,13Cc	0,09Cc	0,04Cc
100	0,52Ad	0,29Bab	0,43Aad	0,15Cbc	0,04Cc	0,03Cc
Média geral	0,25	0,15	0,17	0,09	0,05	0,03

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve diferença estatística no tratamento 55 dS m⁻¹ para todas as épocas de avaliação; esse comportamento das mudas irrigadas com este nível salino pode estar relacionado à grande variação sofrida por parte da AP e DC, bem como das variáveis que compõe o cálculo de IQD.

Além disso, aos 100 DAT, verificou-se diferença estatística entre as médias 0,32 e 0,20 para as mudas irrigadas com 0,5 e 55 dS m⁻¹. Comportamento semelhante foi observado aos 120 DAT, com médias de 0,52 e 0,29 para as mudas nos tratamentos 0,5 e 24 dS m⁻¹, respectivamente; essa variação pode estar relacionada à água de irrigação de baixa salinidade (0,5 dS m⁻¹), ou seja, a planta não necessita desviar energia para produção de mecanismos de tolerância a salinidade, tendo uma melhor qualidade final da muda.

5.1.4 Atributos químicos do substrato ao longo do estudo

Cálcio (Ca²⁺)

Conforme a análise de variância houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos salinos utilizados para a variável Ca²⁺, (Apêndice 4). Observou-se que as maiores médias 4,11 cmol_c dm⁻³ e 4,76 cmol_c dm⁻³, foram obtidas nos tratamentos 101 e 124 dS m⁻¹ no tempo de 40 DAT, respectivamente; sendo que esse aumento pode ser atribuído à característica das águas salinas utilizadas nas irrigações, pois as mesmas possuíam íons de Ca²⁺ e Na⁺ na sua composição, constata-se também que, com o aumento da salinidade do solo, os cátions anteriormente adsorvidos (Ca²⁺, Mg²⁺) podem ser substituídos por outros cátions, introduzidos na solução do solo, em especial o Na⁺.

Enquanto as menores médias foram obtidas nos tratamentos 0,5 dS m⁻¹ e 124 dS m⁻¹ com valores de 2,18 e 1,97 cmol_c dm⁻³, nos tempos de 100 e 80 DAT, respectivamente (Tabela 18), nos tratamentos 101 e 124 dS m⁻¹, ao serem comparados com os demais níveis salinos, houve diferença estatística; verificou-se, também, que aos 80 DAT, o solo tendeu a se manter equilibrado em relação às quantidades de Ca²⁺ dos demais tratamentos (Tabela 18).

Este comportamento da variável Ca²⁺ é semelhante ao tratamento 124 dS m⁻¹, ou seja, com o acréscimo da salinidade da água de irrigação, houve aumento linearmente a concentração desse mineral no solo. Esse aumento pode ser atribuído à característica das águas salinas utilizadas nas irrigações, pois as mesmas possuíam grandes quantidades de Ca²⁺ na sua composição.

Tabela 18. Médias dos teores de Cálcio (Ca^{2+}) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	Ca^{2+} ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)					
	S1 (0,5 dS m^{-1})	S2 (24 dS m^{-1})	S3 (55 dS m^{-1})	S4 (77 dS m^{-1})	S5 (101 dS m^{-1})	S6 (124 dS m^{-1})
20	2,59Cc	3,69Cc	3,46Cc	3,50Cc	4,11Cc	4,76Cc
40	2,75Cc	3,71Cc	3,09Cc	3,94Cc	3,82Cc	3,06Cc
60	2,50Cc	2,62Cc	2,80Cc	2,93Cc	2,61Cc	1,97Cc
80	2,18Cc	2,98Cc	3,32Cc	3,48Cc	3,32Cc	2,10BCc
100	2,29Cc	2,64Cc	3,16Cc	3,35Cc	3,99Cc	2,18Bc
Média geral	2,46	3,13	3,17	3,44	3,57	2,81

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Concordando com os resultados obtidos nesse estudo, Almeida & Gisbert (2004), estudaram o efeito da utilização de água de drenagem em diferentes frações de lixiviação em um solo de textura argilosa, encontraram resultados semelhantes. Já Macedo (1992), estudaram o efeito da aplicação de água salina sobre os solos irrigados na região de Sumé, PB, encontrando resultados semelhantes ao do presente trabalho.

Quanto à influência da concentração excessiva de sais solúveis na água de irrigação destacam-se o efeito no aumento da condutividade elétrica do solo (Tabela 23) e na concentração de ânions, na solução do solo, outro fato é que em condições sódicas, o pH tende a se elevar ($> 8,5$).

Vale ressaltar que estas condições originam toxicidade e provocam deficiências nutricionais às plantas. A compreensão da dinâmica dos íons, assim como da reação do solo é indispensável para que se possa evitar concentrações excessivas e desbalanceadas no solo, como relatado por Rivaldo et al. (2010).

Magnésio (Mg^{2+})

Conforme a análise de variância houve interação significativa entre o fator tempo e os tratamentos salinos utilizados para a variável Ca^{2+} , (Apêndice 4). Para a variável Mg^{2+} verificou-se nos tratamentos 0,5 e 24 dS m^{-1} , que não foram detectadas diferença estatística em função dos tempos de avaliação (Tabela 19). No entanto, obteve-se as maiores médias 2,60 e 5,69 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, nos tratamentos 0,5 e 24 dS m^{-1} , aos 60 e 80 DAT, respectivamente.

Estes altos valores de Mg^{2+} indicaram alta saturação por bases, fato este que não garante que os nutrientes estão disponíveis para a planta, em seus estudos Lopes (1989) trabalhando com solos salinizados relataram a complexidade de um sistema salinizado, devido a potencial

infertilidade do solo, mesmo sendo rico em nutrientes, sendo este fato confirmado pelos achados nesse estudo.

Tabela 19. Médias dos teores de Magnésio (Mg^{2+}) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	Mg^{2+} (cmolc/dm ³)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	0,72Cc	4,63Cbc	5,97Cab	7,05Cab	9,43Cab	10,16Ca
40	2,60Cc	3,51Cc	2,89Cc	3,79Cc	3,67Bc	2,96Cc
60	0,86Cc	5,69Cc	7,37Cb	7,71Cb	8,67BBb	7,48BCb
80	1,20Cc	3,96Cbc	6,58Cab	8,08Cab	10,37Ba	4,14BCbc
100	1,03Cc	3,46Cbc	4,85Cabc	8,09Cab	8,51Ba	5,74Babc
Média geral	1,28	4,25	5,53	6,94	8,13	5,08

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com maiores incrementos na salinidade da água de irrigação (55, 77, 101 e 124 dS m⁻¹) verificou-se que houve diferença estatística entre os tratamentos; esse comportamento pode estar relacionado com as altas concentrações de Mg^{2+} presentes na água utilizada na irrigação das mudas de mangue (Tabela 19).

Verificou-se que aos 100 DAT, houve uma tendência de aumento com incrementado dos teores salinos na água de irrigação (Tabela 19). Esta dinâmica foi observada nos demais tratamentos, ao longo de tempo, podendo estar relacionado aos resíduos da evaporação da água, que são em sua grande parte precipitados de cálcio e magnésio. Apesar do substrato conter teores elevados de Mg^{2+} , o potencial osmótico sendo bastante negativo no solo, torna indisponível esse nutriente para a planta.

A importância das relações entre os cátions trocáveis, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , no solo tem sido motivo de controvérsias no meio agrônômico brasileiro. No tratamento verifica-se que no nível salino de 124 dS m⁻¹, devido aos altíssimos índices de Mg^{2+} , não se esperava diagnósticos visuais de deficiência desse nutriente, porém, devido às condições do solo e a alta relação com o íon Na^+ a planta absorve água com menor eficiência.

Sódio (Na⁺)

Verifica-se, na (Tabela 20), altos teores de Na⁺, no substrato utilizado durante o estudo, o tratamento 0,5 dS m⁻¹ foi o que teve o menor nível salino, sendo confirmando pelas menores médias em todos os períodos de avaliação, não sendo detectada diferença estatística, nota-se também que com exceção do tratamento S₆ para as distintas CEa não foi verificado diferença estatística ao longo do período experimental.

Rivaldo et al. (2010) evidenciaram o efeito negativo dos íons que contribuem para a salinidade do solo (principalmente Na e Cl); os efeitos desses íons estão relacionados ao efeito osmótico, que induz condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

No entanto, a grande quantidade de Na⁺ detectada pela análise, tem relação com a proporção de solo de mangue misturado com a areia lavada, notou-se que à medida que o tempo foi passando, houve de maneira geral, uma tendência de queda da salinidade do substrato, refletindo o efeito da lavagem sofrida ao longo do período experimental sendo causada pelo uso de água de baixa salinidade, esse comportamento não sendo verificado o mesmo para o tratamento 24 dS m⁻¹, não tendo qualquer hipótese que possa explicar as causas desse aumento.

Tabela 20. Médias dos teores de Sódio (Na⁺) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	Na ⁺ (mg/dm ³)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	267,4Cc	1090,89Cbc	1374,48Cabc	1554,45Cab	2181,62Cab	2416,12Ba
40	283,76Cc	1096,35Cbc	1292,68Cabc	1827,13Cab	2247,06Ca	1772,55CBab
60	272,85Cc	1008,22Cbc	1185,90Cbc	1669,57Cb	2049,59Cb	1616,16CBb
80	147,15Cc	855,23Cbc	1027,97Cbc	1462,28Cb	1960,75Cb	1054,41Cbc
100	198,46Cc	843,1Cbc	1226,82Cbc	1820,30Cb	1830,54Cb	1061,08Cbc
Média geral	233,92	978,76	1221,57	1666,75	2053,91	1584,06

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Sabe-se que a maioria das plantas cultivadas não resiste aos níveis obtidos nesse estudo, no entanto, constatou-se que os tratamentos 101 e 124 dS m⁻¹, foram os que tiveram maiores médias 2247,06 e 2416,12 mg dm⁻³, estes níveis salinos causaram morte em algumas plantas, tratadas com estes níveis, evidenciado que a presença de sais na solução do solo faz com que

umentem as forças de retenção por seu efeito osmótico, e portanto, a magnitude do problema com escassez de água na planta.

Em seus estudos Rivaldo et al. (2010) relataram que ao umedecer o solo, a dupla camada se expande, causando o fechamento dos poros interagregados e reduzindo a condutividade hidráulica do solo; além disso, a pressão que originou a expansão empurra as partículas individuais de argila uma contra a outra, dispersando o solo e seus agregados, fazendo-os desaparecer em partes. As partículas finas que ficam soltas obstruem os poros do solo, reduzindo, ainda, mais a permeabilidade à água e ao ar; este fato foi evidenciado durante a condução do estudo, no qual, as mudas irrigadas com os maiores níveis salinos aumentaram o tempo de infiltração da água no solo.

Potássio (K^+)

Na (Tabela 21) constata-se que não houve diferença estatística, nos tempos de avaliação para os tratamentos 0,5; 24; 55; 77 e 101 dS m^{-1} , no entanto, as maiores médias obtidas foram nos tratamentos 101 dS m^{-1} (569,31mg dm^{-3}) e 124 dS m^{-1} (618,17 mg dm^{-3}), sendo as menores médias constatadas nos tratamentos 24 dS m^{-1} (261,43 mg dm^{-3}) e 124 dS m^{-1} (274,16 mg dm^{-3}), são encontrados diversos escritos que relatam o comportamento do K^+ no solo e planta, contata-se também que com o aumento da Cea aplicada promoveu aumento no teor de K^+ no solo sendo observado que ao longo do tempo houve para a maioria dos tratamentos redução ou estabilização nos teores desse nutriente. .

Em seus estudos Epstein & Bloom (2006) relatam que os nutrientes K^+ e Na^+ são fisicamente similares, os sistemas de transporte em halófitas, têm a habilidade de manter concentrações, relativamente, baixas de Na^+ e relativamente altas de K^+ no citoplasma, independente de um ambiente do solo em que a proporção de Na^+ e K^+ tenda para a direção oposta.

Esses transportadores incluem canais retificadores internos de K^+ e são altamente seletivos a K^+ e antiportos Na^+/H^+ que unem efluxo de Na^+ contra um gradiente de concentração a efluxo de próton, ao longo de um gradiente eletrogenicamente.

Tabela 21. Médias dos teores de Potássio (K^+) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	K^+ (mg/dm^3)					
	S1 (0,5 dS m^{-1})	S2 (24 dS m^{-1})	S3 (55 dS m^{-1})	S4 (77 dS m^{-1})	S5 (101 dS m^{-1})	S6 (124 dS m^{-1})
20	86,15Cc	325,02Cbc	373,88Cbc	433,60Cb	553,03Cb	618,17Bb
40	86,15Cc	325,02Cbc	368,45Cbc	487,88Cb	569,31bC	435,13BCb
60	159,01Cc	265,19Cc	366,31Cc	416,87Cc	482,60Cc	365,74BCc
80	88,23Cc	239,91Cbc	361,25Cbc	396,65Cbc	512,93Cb	274,16Cbc
100	83,16Cc	261,43Cbc	337,84Cbc	490,64Cb	567,04Cb	352,29BCbc
Média geral	100,54	283,31	361,55	445,13	536,98	409,10

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verificou-se que houve diferença estatística, quanto ao teor de K^+ , em todos os tratamentos estudados, no tempo de avaliação 40 DAT; a literatura cita que a alta concentração de Na^+ , também, provoca deficiência de outros nutrientes, tais como o K^+ (Rivaldo et al., 2010).

Na Tabela 6, constou o crescimento da planta evidenciando que com os incrementos salinos causaram drástica redução de crescimento da planta, em seus estudos (Zhu, 2002; Yoshida, 2002), relatam que incrementos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K^+ e Ca^{2+} , e interferem nas suas funções fisiológicas, os resultados desses pesquisadores vem a confirmar os achados nesses estudo.

Então, a habilidade dos genótipos de plantas em manter altos teores de K^+ e Ca^{2+} e baixos níveis de Na dentro do tecido é um dos mecanismos chaves que contribui para expressar a maior tolerância à salinidade, sendo desse modo confirmado o comportamento das plantas irrigadas com teores acima do tolerado pelas mudas de mangue, durante o período de condução do estudo.

Possivelmente as plantas que foram irrigadas com o tratamento 124 dS m^{-1} , morreram por ter absorvido Na^+ em quantidades tóxicas a planta, não conseguindo retornar ao estado natural, pois, na maioria dos casos, genótipos tolerantes à salinidade são capazes de manter altas relações K/Na nos tecidos (Mansour, 2003; Zeng et al., 2003), pelo aumento da absorção de K^+ e consequente redução da absorção de Na^+ , o K^+ contribuindo para manter a relação K/Na alta na planta, conforme constatado em plantas de pimentão (Rubio et al., 2003).

Fósforo (P)

Na (Tabela 22), notou-se que houve diferença estatística significativa em todas as épocas de avaliação para a variável P, o decréscimo da disponibilidade de fósforo pode ser decorrente da maior adsorção desse elemento no solo.

Segundo Cavalcante et al. (1998), o nutriente fósforo é altamente adsorvido aos colóides do solo, desta maneira, observou-se que à medida que o tempo avançou houve um aumento nos teores de P, sendo observada uma tendência de aumento com os níveis crescentes de salinidade, podendo ser atribuído a água de irrigação utilizada por conter altos níveis desse nutriente, diferentemente do resultado de Batra et al. (1997) mas se assemelham aos de Cavalcante et al. (1998).

As maiores médias foram obtidas com os tratamentos 24 dS m^{-1} ($16,81 \text{ mg dm}^{-3}$) e 55 dS m^{-1} ($18,21 \text{ mg dm}^{-3}$) não sendo detectada diferença estatísticas para estas duas médias no tempo de avaliação de 100 DAT; ao final do estudo constatou-se que a tratamento $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ não foi influenciado estatisticamente, devidos aos incrementos salinos quando comparado com os níveis salinos 24, 55 e 101 dS m^{-1} .

Confirmando os estudos de Khalil et al. (1967) que sugeriram respostas positivas das plantas ao P, sob condições salinas, podendo ser devidas ao fato de que, sob tais condições, o crescimento radicular é limitado e uma elevada concentração de P no solo pode compensar a demanda total da planta, neste nutriente.

Verifica-se que as médias aos 100 DAT dos teores de P foram crescentes ao longo do tempo, este comportamento pode estar relacionado com a baixa mobilidade desse nutriente no solo e a alta solubilidade sendo liberadas grandes quantidades desse nutriente no solo.

Tabela 22. Médias dos teores de Fósforo (P) no substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	P (mg/dm^3)					
	S1 ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$)	S2 (24 dS m^{-1})	S3 (55 dS m^{-1})	S4 (77 dS m^{-1})	S5 (101 dS m^{-1})	S6 (124 dS m^{-1})
20	6,29Cc	7,96Cc	14,89Cc	10,02BCc	6,05Bc	6,91Bc
40	8,55Cc	7,36Cc	6,72Cc	4,70Cc	6,17Bc	5,88Bc
60	15,36Cc	12,51Cc	13,90Cc	17,62Bc	15,30Bc	13,10Bc
80	12,07Cc	16,81Cc	18,21Cc	13,66BCc	11,44Bc	7,34Bc
100	16,99Cc	14,93Cc	15,57Cc	17,95Bc	15,27Bc	8,02Bc
Média geral	11,85	11,91	13,86	12,79	10,85	8,25

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As variações no crescimento da planta, bem como na emissão de folhas podem estar relacionados à indisponibilidade de nutrientes no substrato, devido a presença de outros nutrientes que impossibilitem a absorção, em seus estudos Grattan & Grieve (1998) relataram que as interações entre salinidade e nutrição de P são bastante complexas, uma vez que são altamente dependentes da espécie ou da cultivar, do estágio de desenvolvimento, da composição e do nível de salinidade e da concentração de P no substrato; portanto, dependendo da planta selecionada e das condições do experimento, diferentes resultados podem ser obtidos, dessa forma, entende-se que os resultados encontrados neste estudo foram confirmados.

Condutividade Elétrica (CE)

Na Tabela 23, verificou-se que a CE do substrato irrigado com água de baixa salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) não foi detectada diferença estatística, ao longo os períodos de avaliação.

No entanto, a maior média no $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ($1,23 \text{ dSm}^{-1}$) no tempo 40 DAT, podendo ser atribuída a salinidade do solo de mangue que foi utilizado na mistura com areia restinga, porém, observou-se que a condutividade teve comportamento decrescente, ao longo dos períodos de avaliação, sendo atribuído a lavagens realizada com o uso de água de baixa salinidade.

Verificou-se uniformidade nas médias de CE, ao longo do estudo, podendo estar relacionadas à grande quantidade de nutrientes presentes tanto na água de irrigação, quanto no substrato; os resultados obtidos nesse estudo são confirmados pelos relatos de Maia et al. (2001), a CE aumentou com a concentração de íons, porém se deve levar em consideração as constantes de solubilidade iônica (K_{ps}) que, ao serem atingidas, os íons precipitam limitando a contribuição para o seu aumento; além disso, a CE não depende exclusivamente de um íon apenas, mas de todas as formas ionizadas presentes na água.

Tabela 23. Condutividade Elétrica (CE) do substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	CE (dS/m)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	1,23Cc	3,20Cbc	4,05Cbc	6,77Cb	5,75Cbc	5,70Cbc
40	0,71Cc	3,42Cbc	4,40Cbc	5,94Cb	7,08Cb	5,60Cb
60	2,11Cc	3,11Cc	5,02Cc	5,67Cc	6,60Cc	5,53Cc
80	0,24Cc	3,49Cbc	4,87Cbc	6,21Cb	7,34Cb	4,34Cbc
100	0,30Cc	3,55Cbc	3,92Cbc	5,99Cb	7,19Cb	4,67Cbc
Média geral	0,92	3,35	4,45	6,12	6,79	5,17

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na época de avaliação 80 DAT, constatou-se efeito deletério do incremento salino no solo, sendo evidenciado pela média 6,60 dS m⁻¹ do tratamento 101 dS m⁻¹, sendo evidente o efeito prejudicial na estrutura do solo, no que diz respeito a expansão das argilas, se esta for exagerada, poderá causar a dispersão, modificando a estrutura do solo.

É evidente que os valores de CE (Tabela 20), à maioria das plantas cultivadas não conseguiriam concluir seu ciclo de vida, no entanto, constatou-se que os tratamentos 55 e 77 dS m⁻¹, foram os que proporcionaram melhores resultados nas variáveis de DC e AP, comportando-se de forma semelhante, ao longo do estudo.

Potencial de Hidrogênio (pH)

Conforme (Tabela 24), que as médias de pH obtidos ao final do experimento, não diferiram estatisticamente com os altos níveis de salinidade da água de irrigação nem em função do tempo, no entanto, as maiores médias foram encontradas nos tratamentos 77 dS m⁻¹(9,50) e 101 dS m⁻¹(9,47) com exceção do tratamento S₆ todos tiveram pH maior que 8,5.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), o excesso de Na⁺ contribui para elevar o pH do solo, causando desbalanços nutricionais e diminuindo a disponibilidade de alguns nutrientes às plantas além disso, em altas concentrações o Na⁺ promove o fenômeno de dispersão de argila, proporcionando o entupimento de poros, diminuindo a capacidade de armazenamento e movimentação de água e aumentando, assim, a resistência mecânica à penetração de raízes Ribeiro et al. (2003).

Tabela 24. pH do substrato usado na produção da muda submetida a seis níveis da salinidade da água ao longo do período experimental. Experimento I.

TEMPOS (DAT)	pH (água)					
	S1 (0,5 dS m ⁻¹)	S2 (24 dS m ⁻¹)	S3 (55 dS m ⁻¹)	S4 (77 dS m ⁻¹)	S5 (101 dS m ⁻¹)	S6 (124 dS m ⁻¹)
20	8,99Cc	8,70Cc	8,84Cc	9,03Cc	9,10Cc	9,06Cc
40	9,01Cc	8,87Cc	9,02Cc	9,12Cc	9,18Cc	6,94Cc
60	8,80Cc	8,92Cc	8,93Cc	9,04Cc	9,02Cc	6,76Cc
80	9,11Cbc	9,13Cbc	9,13Cbc	9,33Cbc	9,47Cb	6,78Cc
100	9,03Cbc	8,97Cbc	9,05Cbc	9,50Cb	9,47Cb	6,84Cc
Média geral	8,99	8,92	8,99	9,20	9,25	7,78

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tratamento e minúscula nas linhas para cada tempo de avaliação não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Do mesmo modo, Freitas et al. (2007) observaram que os valores do pH em um Latossolo Amarelo Distrófico e um Espodossolo Cárbico Hidromórfico diminuíram com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Gomes et al. (2000) estudaram o comportamento do solo em cultivo de arroz sob inundação em um solo salino-sódico, observaram um decréscimo do valor do pH pelas mesmas razões. Vale lembrar que em trabalho clássico, o pesquisador Brady (1989) cita que o decréscimo nos valores do pH, com a aplicação de água salina, pode ser atribuído à adição de CaCl₂ ao solo via água de irrigação, resultando, assim, no aumento da concentração dos íons de H⁺ na solução do solo.

Vale ressaltar que são poucas as literaturas que relacionam o pH do solo com a produção de mudas de mangue bem como, relatam sobre a dinâmica e o comportamento do pH em solos com altos níveis de salinidade, sendo desse modo importante, a realização de pesquisas que visem esclarecer esse problema tão complexo nos dias atuais.

5.1.5 Plantas aptas ao transplântio (PAT %)

Aos 100 DAT procedeu-se a avaliação da percentagem de plantas aptas ao transplântio, foi verificado que durante a fase de produção na casa de vegetação, as mudas tiveram respostas favoráveis ao crescimento e desenvolvimento, com exceção do tratamento 124 dS m⁻¹, que conseguiu manter poucas plantas vivas nas parcelas até a 5ª avaliação, após esse período todas as plantas morreram não sendo possível fazer o transplântio para o campo (Figura 16).

Constatou-se que houve uma dinâmica semelhante na avaliação das plantas aptas ao transplântio, nos tratamentos 0,5; 24; 55 e 77 dS m⁻¹, houve um elevado índice de plantas

dentro dos padrões pré-estabelecidos para serem conduzidas ao campo, sendo estes de 95; 92,5; 95 e 95,5%, respectivamente.

Estes valores refletem a alta capacidade das mudas de mangue se adaptar a altos níveis salinos, bem como se adaptar bem a água de baixa salinidade, não necessitando gastar energia na produção de mecanismos para tolerar sais.

Na literatura não foram encontrados relatos que avaliem as mudas após o transplântio para o campo, no entanto, os funcionários da Estação Ambiental Mangue Pequeno na praia da Requenguela-CE, relatam que as mudas transplântadas tem alto índice de morte, não se sabe ainda atribuir qual são as causas de morte das mudas.

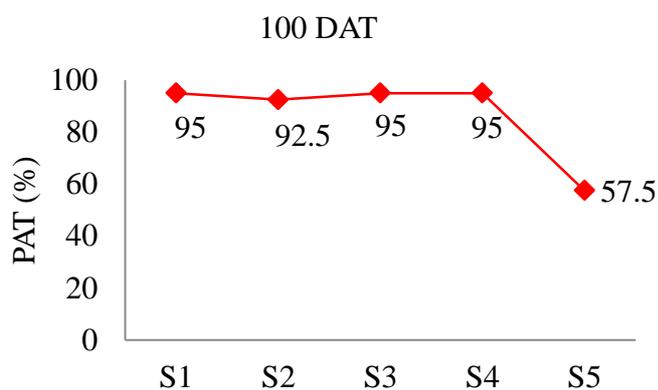


Figura 13. Plantas aptas ao transplântio aos 120 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) ($S_1 = 05$, $S_2 = 24$, $S_3 = 55$, $S_4 = 77$, $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ $dS\ m^{-1}$) – Experimento I.

Possivelmente o alto índice de morte pode estar relacionado com a fase de produção da muda em casa de vegetação, ao irrigar com água de baixa salinidade, as mudas não desenvolvem mecanismos de adaptação ao ambiente salino, dessa forma, ao serem transplântadas sofrem estresse que na maioria das vezes causa morte.

5.2 Experimento II: Acompanhamento das mudas em campo

Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC), Altura de planta (AP)

De modo geral, os tratamentos com níveis salinos próximos a água do mar se comportaram de maneira equilibrada no que diz respeito ao número de folhas (Figura 14 A), no entanto, notou-se que o tratamento com uso de água de baixa salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), durante toda fase de casa de vegetação teve o maior NF ao longo das avaliações.

Verificou-se que a variável NF (Figura 14 A), para o tratamento 24 dS m^{-1} teve comportamento atípico, quando comparado com os demais tratamentos, na 3ª avaliação teve o maior pico de acúmulo de materiais convertidos em folhas, no entanto, sendo seguida de queda em relação à avaliação posterior, esta queda no NF pode ser explicado pela senescência das folhas, ao longo do estudo, este fenômeno ocorre em todas as células não meristemáticas dos vegetais.

Ao serem transplantadas para o campo as mudas que foram tratadas em casa de vegetação com água de baixa salinidade se comportaram com maiores perdas de folhas no campo, podendo ser explicado devido ao fato das plantas de mangue branco ter grande parte das glândulas excretoras nas folhas, em água de baixa salinidade não se desenvolvem tais mecanismos.

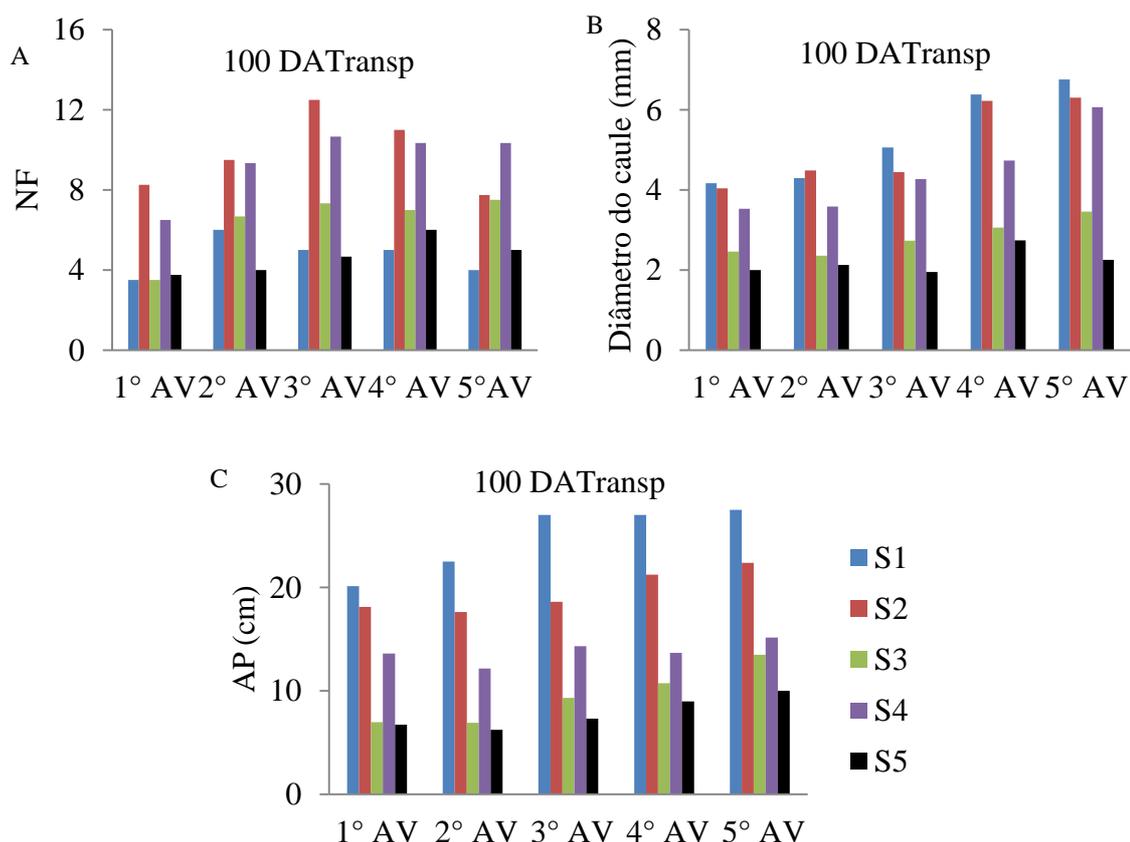


Figura 14. Número de folhas (NF), Diâmetro do caule (DC) e Altura da planta (AP) do mangue branco das mudas produzidas com as salinidades ($S_1 = 05$, $S_2 = 24$, $S_3 = 55$, $S_4 = 77$, $S_5 = 101$ e $S_6 = 124$ $dS\ m^{-1}$) em casa de vegetação, aos 100 dias após o transplante (DATransp) – 1° avaliação = 20 DATransp; 2° avaliação = 40 DATransp; 3° avaliação = 60 DATransp; 4° avaliação = 80 DATransp e 5° avaliação = 100 DATransp - Experimento II.

Na Tabela 25, consta a menor média para o NF estando no tratamento $77\ dS\ m^{-1}$ (4,00) sendo seguindo do $0,5\ dS\ m^{-1}$ (3,50), os menores valores de desvio padrão podem ser observados nos tratamentos $0,5\ dS\ m^{-1}$ (1,18) e $77\ dS\ m^{-1}$ (1,75), os coeficientes de variação mais altos podem ser vistos nos tratamentos $24\ dS\ m^{-1}$ (58,43) e $77\ dS\ m^{-1}$ (43,76), os valores altos para estes parâmetros podem estar relacionados com as diversas mudanças ambientais que as mudas ficaram expostas, durante o período de condução do estudo em campo.

Para a variável DC (Figura 14 B) houve um aumento crescente, ao longo das avaliações no tratamento $0,5\ dS\ m^{-1}$, tendo o mesmo comportamento os demais tratamentos. Verificou-se que os tratamentos 55 e $101\ dS\ m^{-1}$ tiveram comportamentos equilibrados, durante o período de condução do estudo em campo, refletindo a adaptação que a planta adquiriu durante a fase de casa de vegetação, sendo irrigada com água próxima a salinidade da água do mar e acima da salinidade da água do mar, respectivamente.

As maiores médias foram constatadas nos tratamentos $0,5\ dS\ m^{-1}$ (24,25) e $24\ dS\ m^{-1}$ (20,25), estas são resultado da maior captação de fotoassimilados, durante a permanência em

casa de vegetação, bem como no período de campo, os maiores valores de desvio padrão estão nos tratamentos 0,5 dS m⁻¹ (4,63) e 24 dS m⁻¹ (5,00), não se tendo qualquer hipótese que esclareça este comportamento em campo, os menores coeficientes de variação foram obtidos nos tratamentos 0,5 dS m⁻¹ (19,00) e 77 dS m⁻¹ (22,06), (Tabela 25).

Tabela 25. Médias, Desvio padrão e Coeficiente de variação das mudas transplantadas para o campo aos 100 DATransp. Experimento II.

	NF			D (mm)			AP (cm)		
	MD	DESV	CV(%)	MD	DESV	CV(%)	MD	DESV	CV(%)
S ₁ (0,5 dS m ⁻¹)	4,50	1,18	26,14	4,69	1,18	25,08	24,25	4,63	19,00
S ₂ (24 dS m ⁻¹)	8,00	4,67	58,43	4,94	1,26	25,56	20,25	5,00	24,67
S ₃ (55 dS m ⁻¹)	7,00	1,90	27,14	2,72	0,59	21,87	7,75	2,69	34,74
S ₄ (77 dS m ⁻¹)	4,00	1,75	43,76	2,12	0,34	16,00	7,00	1,55	22,09
S ₅ (101 dS m ⁻¹)	9,50	2,89	30,39	4,16	1,24	29,91	13,50	2,98	22,06

A variável AP no tratamento 0,5 dS m⁻¹ foi a que se mostrou com maior altura, no entanto, verificou-se que nas primeiras avaliações houve um comportamento crescente, porém, nas últimas avaliações praticamente o crescimento em altura não existiu, isso pode estar ligado à grande perda de folhas sofrida pela planta, durante o período de adaptação em campo das plantas irrigadas com água de baixa salinidade.

O tratamento 24 dS m⁻¹ durante a fase de campo teve um crescimento linear, isso evidencia que a planta já estava adaptada a condições salinas, verificou-se no campo que este tratamento comportou-se com maior eficiência em relação aos demais tratamentos, no entanto, o tratamento 77 dS m⁻¹ em campo, as plantas se mostraram mais vigorosas e com melhor aspecto nas condições ambientais naturais.

São rasos os estudos que visem o acompanhamento do ecossistema de manguezal no Brasil e na literatura internacional, vale salientar que não foram encontrados na literatura brasileira estudos que acompanhem a muda desde a produção em casa de vegetação até o total estabelecimento da muda no campo.

5.2.1 Percentagem de plantas vivas (PPV)

Na Figura 15, constam as percentagens de plantas vivas e mortas após o transplântio para o campo, verificou-se que para a PPV (%), as plantas que foram tratadas com água de baixa salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), tiveram sua capacidade vital bastante reduzida confirmando-se pela média de sobrevivência de 36,84 %, observando-se no campo plantas com poucas folhas e pouco vigorosas, quando compradas com os tratamentos com salinidades próximas a água do mar.

Para se adaptar as condições salinas do ambiente natural um mecanismo de sobrevivência adotado pelas mudas de mangue foi perder as folhas que não desenvolveram as glândulas excretoras de sal, em função da baixa salinidade da água de irrigação adotada nas primeiras fases de crescimento da muda na casa de vegetação.

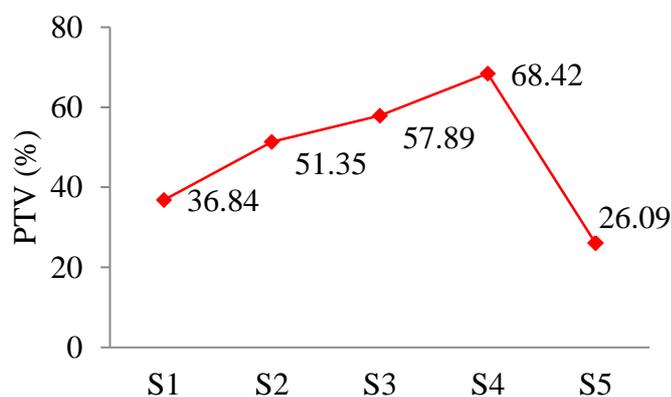


Figura 15. Percentagem de plantas de mangue branco vivas (PPV) no campo, produzidas com as salinidades (S1= 05, S2 = 24, S3 = 55, S4 = 77, S5 = 101 e S6 = 124 dS m^{-1}) em casa de vegetação, aos 100 dias após o transplântio (DATransp) – Experimento II.

Notou-se um comportamento crescente com os incrementos salinos próximos aos da água do mar, os tratamentos 24 e 55 dS m^{-1} tiveram números satisfatórios na quantidade de plantas vivas no período de 100 dias, tendo médias de 51,35 e 57,89 %, respectivamente; este comportamento mais adaptado ao ambiente natural revelado pelas mudas transplantadas ao campo, pode ser explicado, devido às mudas já estarem adaptadas ao ambiente salino e desenvolvido as glândulas excretoras de sal, este fato, pôde ser constatado nas mudas ainda na casa de vegetação.

Aos 100 dias após o transplântio verificou-se a maior quantidade de plantas vivas foi no tratamento 77 dS m^{-1} , e média de 68,42%, indicando que a planta precisou desviar parte da energia adquirida pela fotossíntese para desenvolver mecanismos de adaptação a água de

irrigação com alta salinidade estando ainda na casa de vegetação, ao ser transplantada para o ambiente natural não sofreu o mesmo nível de estresse que as outras plantas sofreram.

O tratamento 101 dS m^{-1} (26,09%), observado na Figura 18, foi à menor percentagem, indicando que ao ser submetida a ambientes com nível de salinidade acima do suportado pelas mudas, estas possivelmente não terão a capacidade de voltar ao turgor de uma planta sadia e irão morrer, mesmo que a salinidade da água venha a baixar para um nível tolerado.

Contatou-se, também, que a salinidade da água de irrigação próxima a água do mar as mudas conseguiram menor taxa de morte tratamento 77 dS m^{-1} (31,58%), evidenciando maior adaptação dessas mudas ao ambiente natural.

Vale ressaltar que as mudas irrigadas com o tratamento 124 dS m^{-1} , não foi possível transplantar as mudas para o campo, tendo em vista que as plantas não toleram a salinidade da água usada no período de casa de vegetação.

Dessa forma, torna-se fundamental estudos que busquem elucidar com maior clareza dos problemas propostos nesse estudo, ressaltando que no Brasil são poucos os estudos de acompanhamento de mudas de mangue no campo em maiores intervalos de tempo, bem como com manejo de água hipersalina na produção de mudas de mangue branco.

7 CONCLUSÕES

- A salinidade da água influenciou de forma negativa todas as variáveis analisadas nesse estudo.
- O uso de água hipersalina com salinidade de $S_3 = 55 \text{ dS m}^{-1}$, pode ser uma alternativa viável na produção de mudas de mangue, de acordo com as condições de realização desse estudo.
- As mudas com melhor Índice de qualidade de Dickson foram as irrigadas com os tratamentos $S_2 = 24$ e $S_3 = 55 \text{ dS m}^{-1}$, de acordo com as condições experimentais desse estudo.
- O tratamento mais salino ($S_6 = 124 \text{ dS m}^{-1}$), promoveu a morte de grande parte das plantas nos primeiros 100 dias após a aplicação dos tratamentos.
- A alta concentração de Sódio no substrato utilizado influenciou o não crescimento e desenvolvimento das mudas no período de casa de vegetação.
- A produção de mudas de mangue em casa de vegetação com a salinidade próxima a água do mar $40\text{-}50 \text{ dS m}^{-1}$, nas condições desse estudo pode reduzir o índice de mortalidade das plantas ao serem transplantadas para o campo.
- As plantas irrigadas com água de baixa salinidade quando transplantadas para o campo sofreram reduções no número de folhas.
- No campo verificou-se que as plantas irrigadas com as salinidades $S_3 = 55$ e $S_4 = 77 \text{ dS m}^{-1}$ foram as que melhor se desenvolveram.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M.M.O; Mehlig, U.; Nascimento, R.E.A.; Menezes, M.P.M. Análise de composição florística e estrutura florestal de um fragmento de bosque de terra firme e um manguezal adjacente na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. Boletim. Museu. Paraense Emílio Goeldi, 1: 27-34.2006.
- Adam, P. 1993. *Salt marsh ecology*. Cambridge University Press. 461 pp.
- Alamdari, A.; Rahimpour, M. R.; Esfandiari, N.; Nourafkan, E. Kinetics of Magnesium hydroxide precipitation from sea bittern. *Chemical Engineering and Processing*, V. 47, p. 215-221, 2008.
- Almeida, O. A.; Gisbert, J. M. Efecto de la utilización del água de drenaje en suelos argilosos. In: Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, XII, 2002, Uberlândia. Resumos. Uberlândia: ABID, p. 1-6. 2004.
- Angiosperm Phylogeny Group. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 531-553. 1998.
- Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos (Aquasis) / Fundação Brasil Cidadão para a Ciência, Tecnologia, Educação e meio Ambiente (FBC). Relatório Parcial de Atividades. Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação e Recuperação. Aquasis e Fbc, Icapuí-CE: 550pp. 2003.
- Attia, H.; Karray, N.; Ellili, A.; Msilini, N.; Lachaâl, M. Sodium transport in basil. *Acta Physiologia e Plantarum*, v.31, p.1045-1051, 2009.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 218p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado). 1991.
- Ayoub, G. M.; Merhiebi, F. Characteristics and quantities of sludge produced by coagulating wastewater with seawater bittern, lime and caustic. *Advances in Environmental Research*, V. 6, p. 277- 2002.
- Barroso, D.D.; Araújo, G.G.L.; Porto, E.R. et al. Produtividade e valor nutritivo das frações forrageiras da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com quatro diferentes volumes de efluentes da criação de tilápia em água salobra. *Agropecuária. Técnica*, v.27, n.1, p.43-48, 2006.
- Barroso, G. M.; Peixoto, A. L.; Costa, C. G.; Ichaso, C. L. F.; Guimarães, E. F. & Lima, H. C. Sistemática de angiospermas do Brasil. Universidade Federal de Viçosa, MG, Impr. Univ., v. 3, 326 p. 1991.
- Batra, L.; Kumar, A.; Manna, M.C.; Chhabra, R. Microbiological and chemical amelioration of alkaline soil by growing Karnal Grass and gypsum application. *Experimental Agriculture*, v.33, p.389-397, 1997.
- Bernardino, D.C.S.; Paiva, H.N; Neves, J.C.L.; Marques, V.B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. *Revista Árvore*, 29: 863-870. 2005.

- 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, 2010.
- Bezerra, E. A barragem do Castanhão e a transposição do Rio São Francisco. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 53 p. 1996.
- Böer, B. Plants as soil indications along the sandi coast of the Arabian Gulf. *Journal of Arid Environments* **33**: 417-423. 1996.
- Brady, N. C. Natureza das propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 218 p. 1989.
- Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Contagem populacional. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em julho de 2013.
- Brown, S. L.; Lugo, A. E. A comparison of structural and functional characteristics of saltwater and freshwater forested wetlands. In: Gopal, B.; Turner, R. E.; Wetzel, R. G.; Whigham, D. F. (Eds). *Wetlands and Management*. National Institute of Ecology and International Scientific Publications, Jaipur, India, p. 109-130. 1982.
- Camilleri, J.C.; Ribí, G. Leaf thickness of mangroves (*Rhizophora mangle*) growing in different salinities. *Biotropica*, v.15, p.139-141, 1983.
- Carmo Filho, F.; Oliveira, O. F. Mossoró: Um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 62p. Coleção Mossoroense, série B. 1995.
- Cavalcante, A. A. *Impactos ambientais na região do baixo curso do Rio Jaguaribe, CE*. Tese de Mestrado, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 317 p. 2001.
- Cavalcante, L.F.; Vieira, J.E.; Oliveira, F.A.; Santos, C.J.O.; Souza, C.C. Teores de sódio, cálcio e fósforo no solo e absorvidos por plantas de vigna em um solo irrigado tratado com gesso agrícola I: Solo normal quanto à salinidade. *Anais Curso de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Areia*, v.20, p.23-31, 1998.
- Chapman, V. J. *Mangrove vegetation*. Lehre: J.Cramer, 1975.
- Chauhan, C.P.S.; Singh, R.B. supplemental irrigation of wheat with saline water. *Agricultural water management*, Amsterdam, V.95, N.3, P.253-258, 2008.
- Chaves, J. C. M.; Cavalcante Junior, A. T.; Correia, D.; Souza, F. X. de; Araújo, C. A. T. Normas de produção de mudas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 37p. (Documento, 41). 2000.
- Cheeseman, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology* **87**: 547-550. 1988.
- Chen, H.; Jiang, J. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews*, v.18, p.309-319, 2010.

- Cintrón, G; Schaeffer-Novelli, Y. Introducción a la ecología del manglar. *Monte vídeo: RostlaC/Unesco*, 1983.
- Davide, A. C.; Faria, J. M. R. & Botelho, S. A. Propagação de espécies florestais. Companhia Energética de Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Belo Horizonte. 1995.
- Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Florest Chronicle*, 36:10-13, 1960..
- Diegues, A. C. - Ecologia Humana e Planejamento Costeiro. Editora NUPAUB – USP. 2ª Edição. 2001.
- Duke, N. C., O. Meynecke, S. Dittmann, A. M., Ellison, K., Anger, U. Berger., S. Cannicci, K., Diele, K.C. Ewell., C. D. Field., N. Koedam, S.Y. Lee., C. Marchand., I. Nordhaus And F. Dahdouh-Guebas. 2007. A World without mangrove ? *Science* 317: 41 – 42. 2007.
- Duke, N.C., M.C.J.C. Ellison. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography, Letters* 7: 27-47. 1998.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. Rio de Janeiro: (EMBRAPA-CNPS. Documento, 1) 212p. 1997.
- Epstein, E. & Bloom, A. Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas. Tradução. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina: Editora Planta. 2006.
- El Shaer, H.M. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. *Sm. Rum. Res.*, v.91, n.1, p.3-12, 2010.
- Fahn, A. *Plant anatomy*. (4ª ed.). Butterworth-Heinemann. 1995.
- Fao. The world's mangrove 1980 – 2005. FAO Forestry paper 153. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy. 77, p 2007.
- Fernandes, R.T.V: Recuperação de manguezais, ecologia dos manguezais, 2012.
- Ferreira, D. F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, v. 6, n. 02, p. 36-41, 2008.
- Flowers, T.J., Hajibaccheri, M.A. & Clipson, N.J. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology* 61(3): 313-337. 1986.
- Flowers, T.J., Troke, P.F. & Yeo, A.R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 89-121. 1977.
- Freitas, E. V. S. et al. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, João Pessoa*, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007.
- Freitas, H. & Breckle, S.-W. Importance of bladder hairs for salt tolerance of field-grown *Atriplex* species from a Portuguese salt marsh. *Flora* 187: 283-297. 1993.
- Fricke W, Peters WS. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. *Plant Physiol.* 129:374–88. 2002.

- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme)– Posto de Fortaleza. Total de chuvas por mês. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em 26 ago. 2014.
- Gentry, A. H. A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago Press, Chicago, 895 p. 1993.
- Ghoulam, C.; Foursy, A.; Fares, K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, v.47, p.39-50, 2002.
- Giri, C.; Ochieng, E.; Tieszen, L.L.; Zhu, Z.; Singh, A.; Loveland, T.; Masek, J; Duke, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 2010.
- Glenn, E. P.; Mckee, C.; Gerhart, V.; Nagler, P. L.; Jordan, F. &Artiola, J. Deficit irrigation of a landscape halophyte for reuse of saline waste water in a desert city. *Landscape and Urban Planning*,89: 57–64, 2009.
- Gomes, E. M. et al. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2000.
- Gorham, J. Mechanisms of tolerance of halophytes. In: Choukr- Allah, R.; Malcolm, C. V.; Hamdy, A. (ed.). *Halophytes and biosaline agriculture*. New York: Marcel Dekker Inc. p.31-53. 1996.
- Grattan, S.R. &Grieve, C.M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. Cap.9. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*. M. Pessarakli (Ed.). Marcel Dekker, Inc. pp: 203-226. 1994.
- Grattan, S.R.; Grieve, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture*, Amsterdam, v.78, n.1-4, p.127-157, 1998.
- Greenway, H. & Munns, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology* **31**: 149-190. 1980.
- Guy, R.D., Warne, P.G. & Reid, D.M. Glycinebetaine content of halophytes: improved analysis by liquid chromatography and interpretations of results. *Physiologia Plantarum* **61**: 195-202. 1984.
- Herz, R. *Manguezais do Brasil*. São Paulo: Instituto Oceanográfico USP / CIMR, 1991.
- Ippc, *Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change –Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge. 2001.
- Jacoby, B. Mecanismos envolvidos in salt tolerance by plants. Cap. 5. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*. M. Pessarakli (Ed.). Marcel Dekker, Inc. pp: 97-122. 1994.
- Jennings, D.H. The effects of sodium chloride on higher plants. *Biological Review* **51**: 453-486. 1976.
- Khalil, M.A.; Amar, F.; Elgabaly, M.M. A salinity-fertility study on corn and cotton. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.31, p.683-686, 1967.

- Kjerfve, B. & Lacerda, L. A Mangroves of Brazil. In: p: 245-272, L.D. Lacerda (ed.) Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. *Part I. Latin America*. Itto/Isme, Okinawa. . 1993.
- Lacerda, L.D., Martins, R.V. River damming and changes in mangrove distribution. *Isme/ Glomis Electronic Journal* 2 (1): 1-4. <http://www.glomis.com/ej/pdf/ej03.pdf>. 2002.
- Lacerda, L.D.; Maia, L.P.; Monteiro, L.H.U.; souza, G.M.; Bezerra, L.J.C.; Menezes, M.O.T. Manguezais do nordeste, in *Ciência Hoje* nº229, ago. 2006.
- Larcher, W. *Physiological Plant Ecology* (3ª ed.). Springer-Verlag.1995.
- Leite, R. M. V. B. C.; Brighenti, A. M.; Castro, C. de. (ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 613p. 2005.
- Levitt, J. Responses of plants to environmental stresses. *In: Water, radiation, salt and other stresses*. Vol 2. (2ª ed.). Academic Press. 1980.
- Lopes, E. C.; Araújo, E. C.; Costa, R. S.; Daher, R. F.; Fernandes, M. E. B. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará, *Acta Amazônica* VOL. 43 (3): 291 – 296. 2013.
- Lopes, A. S. *Manual de Fertilidade do Solo*. São Paulo. Anda/Potafos, 153p. 1989.
- Lugo, A. E. & Snedaker, S.C. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 39-64.1974.
- Maas, E. V.; Hoffman, G. J Crop salt tolerance - Current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage*, New York, v 103. p.115-134. 2007.
- Macedo, L. S. et al. Efeito da aplicação de água salina sobre os solos irrigados na Bacia Sucuru/Sumé, PB. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n.06, p. 915-922, 1992.
- Maciel, N. C., Alguns aspectos da ecologia do manguezal. *In: CPRH*, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração de Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, No 003, 9-37. 1991.
- Maia, C.E.; Morais, E.R.C. de Oliveira, M. de. Classificação da composição iônica da água de irrigação usando regressão linear múltipla. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.1, p.55-59. 2001.
- Malash, N.; Flowers, T.J.; Ragab R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. *Agricultural water management*, Amsterdam, V.78, N.1, P.25-38, 2006.
- Mansour, M.M.F. 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants. *Plant Science*, v.164, p.891–900, 2003.

- Marins, R.V. & Dias, F.J.S. Alteração na hidroquímica do Estuário do Rio Jaguaribe: Descarga ou retenção de sedimentos. *Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Belém, p: 480-482. 2003.
- Marins, R.V.; Lacerda, L.D.; Abreu, I.M. & Dias, F.J.S. Efeitos da açudagem no Rio Jaguaribe. *Ciência Hoje* 33(197): 66-70. 2002.
- Marschner, H. General Introduction to the mineral nutrition of plants (1.1). In: *Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series. Vol.15A.A.Läuchli & R.L. Bielecki*. (Eds.). Springer-Verlag. pp: 5-49. 1995.
- McDonnell, E. & Jones, R.G. Glycinebetaine biosynthesis and accumulation in unstressed and salt – stressed wheat. *Journal of Experimental Botany* 39: 421-430. 1988.
- Meireles, A. J. A., Serra, J. R. e Thiers, P. R. L. Aspectos Geodinâmicos do Delta de Maré da Planície Costeira de Icapuí/CE. In: Borzacciello, J. S., Dantas, E. W. e Meireles, A. J. A: Litoral e Sertão - Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Expressão gráfica, v. 1, p. 367-382. 2006
- Meireles, A. J. de A.: Atlas de Icapuí, Santos, Ana Maria Ferreira dos Santos. 1º Ed. Fortaleza-CE, Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.
- Meloni, D.A.; Oliva, M.A.; Ruiz, H.A. & Martinez, C.A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 599-612, 2001.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L.. *Anatomy of the dicotyledons*. Vol 2. (3ª ed.). Oxford University Press. 1972
- Mochel, F. Manguezais degradados têm salvação, *Jornal da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia* Edição nº 7-Novembro de 2010, disponível em: cermangueufma.blogspot.com.br/2011/06/manguezais-degradados-tem-salvacao.html, acesso em: 20 de junho de 2014.
- Momonoki, Y.S. & Kamimura, H. Studies on the mechanism of salt tolerance in *Salicornia europaea* L. *Japanese Journal of Crop Science* 63 (3): 518-523. 1994.
- Munns R, Guo J, Passioura JB, Cramer GR. Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:949–57. 2000.
- Munns, R., and Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol* 59:651–81. 2008.
- National Geographic Magazine, 2007.
- O'leary, J.W.; Glenn, E.P. Global distribution and potential of halophytes. *Tas. Veg. Sci.*, v.32, n.34, p.7-17, 1994.
- Obey, R.S. & Mahall, B.E. Salinity and root conductivity: differential responses of a coastal succulent halophyte, *Salicornia virginica* and a weedy glycophyte, *Raphanus sativus*. *Physiologia Plantarum* 57: 189-195. 1983.

- Osmond, C.B., Björkman, O. & Anderson, D.J. *Physiological processes in plantecology. Toward a synthesis with Atriplex*. Springer Verlag. 1980.
- Oxelman, B.; Backlund, M. & Bremer, B. Relationships of the Buddlejaceae. I. Investigated using parsimony jackknife and branch support analysis of chloroplast *ndhF* and *rbcL* sequence data. *Systematic Botany*, 24: 164-182. 1999.
- Paez-Osuna, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: Causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management*, vol. 28, n° 1, p. 131-140. 2001.
- Pimentel, C. Respostas fisiológicas a falta d'água: limitação difusiva ou metabólica. In: *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Eds. Nogueira, R.J.M.C.; Araújo, E.L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. Recife, UFRPE, Imprensa universitária, p.14, 500p. 2005.
- Porto, E. R.; Amorim, M. C. C.; Dutra, M. T.; Paulino, R. V.; Brito, L. T. L. & Matos, A. N. B. Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 97-103, 2006.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A.M.; Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. 117p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48 revisado). 2000.
- Rhoades, J.D. Quality of water for irrigation. *Soil.Sci.* 113:277-284, 1992.
- Ribeiro, M. R.; Freire, F. J.; Montenegro, A. A. A. Solos halomórficos do Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S.; Alvarez, V. H. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, 430p. 2003.
- Richards, L.A. (Ed.) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: United States Salinity Laboratory, 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60). 1954.
- Rivaldo V. dos Santos, Lourival F. Cavalcante & Adriana de F. M. Vital, *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Interações salinidade-fertilidade do solo*, Fortaleza – CE, 2010.
- Robertson, A.I.; Alongi, D.M. (eds.). *Tropical mangrove ecosystems*. Washington, DC: American Geophysical Union, 1992.
- Rozema, J., Bijwaard, P., Prast, G. & Broekman, R. Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. *Vegetatio* 62: 499-521. 1985.
- Rozema, J., Otte, M.L., Broekman, R.A. & Wezenbeek, J.M. The uptake and translocation of heavy metals by salt marsh plants from contaminated estuarine salt marsh sediment: possibilities of bioindication. In: *Proceedings of the international conference on heavy metals in the environment*. W.H.O. Ernst. (Ed.). CEP Consultants. pp: 123-125, 1983.
- Rubio, F., Flores, P., Navarro, J.M., Martinez, V. Effects of Ca^{+2} K^{+} and cGMP on Na^{+} uptake in pepper plants. *Plant Science*, v.165, p.1043-1049, 2003.

- Sá, J. R. Níveis de salinidade da água sob o comportamento do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) cultivada em recipiente de polietileno. Areia: UFPB. 53p. Trabalho Conclusão Curso.1999.
- Sacher, R.F. & S Taples, R.C. Inositol and sugars in adaptation of tomato to salt. *Plant Physiology* **77**: 206-210. 1985.
- Sant'Anna, E.M. & Whately, M.H. Distribuição dos manguezais do Brasil. *Revista Brasil. Geogr.*, v. 43, n. 1, p. 47-63, 2012.
- Santos, A. N.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Silva, D. J. R.; Montenegro, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.961-969, 2010.
- Schaeffer-Novelli, Y. - Avaliação e Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha: In <http://www.bdt.org.br/workshop/costa/mangue/relatorio>. 1999.
- Schaeffer-Novelli, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 2011.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M. L. G.; DE Rosa, T. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 561-570. 2000.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Molero, G. C.; Adame, R. R. ; Camargo, T. M. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries, Local*, v. 13, n. 2, p.204-218, ago.1990.
- Schwarzbach, A, E. & Mcdade, L. A. Phylogenetic relationships of the mangrove family Avicenniaceae based on chloroplast and nuclear ribosomal DNA sequences. *Systematic Botany*, 27(1): 84-98. 2002.
- Selvaraj, G., Jain, R.K., Olson, D.J., Hirji, R., Jana, S. & Hoogge, L.R. Glycinebetaine in oilseed and flax leaves: detection by liquid chromatography/ continuous flow secondary ion-masspectrometry. *Phytochemistry* **38** (5): 1143-1146. 1995.
- Semace, Política Estadual para Preservação de Manguezais e Estuários do Ceará (Proposta). Governo do Estado do Ceará, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SOU), Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Fortaleza – CE, 1990.
- Semace. Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará. Política Estadual para Preservação de Manguezais e Estuários do Ceará (Proposta). Fortaleza, 32p. 2011.
- Setes, Disponível em : <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/37-O-Problema-da-Escassez-de-%C3%81gua--no-Mundo>, Acessado em agosto de 2014.
- Silveira, J. B. A.; Araujo, S. A. M.; Lima, J. P. M. S.; Viegas, R. A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany*, 66:1–8, 2009.

- Shirmer, U. & Breckle, S.-W. The role of bladders for salt removal in some Chenopodiaceae (mainly *Atriplex* species). In: *Contributions to the ecology of halophytes*. D.N. Sem & K. S. Raj purohit (Eds.). Junk Publishers. pp: 215-231. 1982.
- Soares, M. L. G. Zonação e as Marés. In: Shaeffer-Novelli, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. 1.ed. São Paulo: Caribbean Ecological Research, cap. 5, p. 23-27.1995.
- Souza, M. M . A; Sampaio, E. V. S. B. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-pe após a construção do porto. Acta bot. bras. v.15, n.1, p.1-12, 2001.
- Souza, W.L. & Knoppers, B.A. Fluxos de água e sedimentos do Rio São Francisco para o Oceano Atlântico, *Geochimica Brasiliensis* 17(1): 57-74. 2003.
- Souza. E. R. Fitorremediação de Neossolo Flúvico salino sódico de Pernambuco com *Atriplex nummularia*. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 68f. 2010.
- Soares, T. M. et al. Combinação de águas doce e salobra para a produção de alface hidropônica. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, Campina Grande, v.14, n.7, p.705714, 2010.
- Spalding, M. The global distribution and status of mangrove ecosystems. *International Newsletter of Coastal Management - Intercoast Network*, Special edition, **1** : 20-21. 1997.
- Stewart, G.R. & Popp, M. The ecophysiology of mangroves. In: *Plant life in aquatic and amphibious habitats-British ecological society special symposium*. R.M.M. Crawford (Ed.). Blackwell. 1987.
- Storey, R., Ahmad, N. & Wynjones, R.G. Taxonomic and ecological aspects of the distribution of glycinebetaine and related compounds in plants. *Oecologia* (Berl.) **27**: 319-332. 1977.
- Strahler, A. Geografia física. 3. ed. Barcelona: Omega, 1989.
- Sugiyama, M. 1995. A flora do manguezal. In: SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research. p.17-21.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia do estresse. In: Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Artmed: Califórnia, 719p. 2004.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Art-med, 719p. 2006.
- Tomlinson, P. B. The botany of mangroves. Cambridge University Press, Cambridge. 413 p. 1986.
- Uicn. Global status of Mangrove Ecosystems. World Rainforest Movement. Netherlands Committee for the World Conservation Union. Glands. 336p. (2002). Mangroves: Local livelihoods vs. corporate profits. World Rainforest Movement. Netherlands Committee for the World Conservation Union. 108p.
- Vale, L.S.; Severino, L.S.; Beltrão, N.E. Efeito da salinidade da água sobre o pinhão-mansão. In: Congresso da rede brasileira de biodiesel, 1, 2006, Brasília: DF. Anais... Brasília, DF: MCT/ABIPTIT, v.1, p.87-90, 2006.

- Valiela, I.; Bowen, J. L. and York, J .K. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience*, OCT, vol. 51, nº 10, p. 807-815.2001.
- Vanucci, M. Os manguezais e nós: uma síntese de percepções. 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2010 p. 2002.
- Vernberg, F.J. Salt-marsh processes: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry* **12**: 2167-2195. 1993.
- Vilas-Bôas, D. A. C.; lins, M. V. A. de B.; Almeida-Cortez, J. S. de.; Silva, J. D. V. Estudo do Comportamento Germinativo de *Rhizophora mangle* L. em Solução Nutritiva. In: Mangrove 2000 (Conferência Internacional). Recife. 2000. 5p.
- Voutchkov, N. The ocean: a new resource for drinking water. [S.l.], Public Works, 30p. 2004.
- Wagstaff, S. J. & Olmstead, R. G. Phylogeny of Labiatae and Verbenaceae inferred from *rbcL* sequences. *Systematic Botany*, 22: 165-180. 1997.
- Waisel, Y., Eshel, A. & Agami, M. Salt balance of leaves of mangrove *Avicennia marina*. *Physiologia Plantarum* **67**: 67-72. 1986.
- Walter, F. Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global. São Paulo: EPU, 1985.
- Wim, G., Stephan W., Max Z., & Liesbeth, S., Mangrove Guidebook for Southeast Asia, ISBN: 974-7946-85-8, Fao and Wetlands International, 2007,
- Yeo, A.R. Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiologia Plantarum* **58**:214-222. 1983.
- Yoshida, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *Journal Bioscience Bioengineering*, v.94, n.4, p.585-590, 2002.
- Zeng, L., Poss, J., Wilson, C., Draz, A.S.E., Grieve, C.M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. *Euphytica*, v.129, p.281-292, 2003.
- Zhu, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.53, p.247-273, 2002.

9 APÊNDICE

Apêndice1. Resumo da ANOVA para número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP) e comprimento do sistema radicular (CS-R) em função dos tratamentos – Experimento I.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	DC	AP	CS-R
BL	3	9,36	1,30	70,70	46,62
Trat	5	222,50**	10,23**	276,31**	1342,39**
R (a)	15	2,17	0,62	23,49	39,04
Tem	4	85,20**	2,79**	184,57**	259,83**
Tem x Trat	20	15,17**	0,69**	34,69**	69,21**
R (b)	72	2,68	0,18	22,65	21,54
CV parcela(%)		22,05	31,15	47,94	32,09
CV subparcela(%)		24,51	16,84	47,07	23,84

** , * , ⁰ e ^{ns} significativos a 1%, significativos a 5% ,significativos a 10% de probabilidade e não significativo a 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Apêndice2. Resumo da ANOVA para matéria fresca da parte aérea (MF-PA), matéria fresca do sistema radicular (MFS-R), matéria seca da parte aérea (MS-PA), matéria seca do sistema radicular (MSS-R) e teor de água no sistema radicular (TA-SR), em função dos tratamentos – Experimento I.

Fonte de variação	GL	QM				
		MF-PA	MFS-R	MS-PA	MSS-R	TA-SR
BL	3	2,15	1,43	0,11	0,064	0,92
Trat	5	40,12**	36,20**	1,71**	0,99**	25,34**
R (a)	15	0,92	1,10	0,048	0,03	0,84
Tem	4	21,00**	32,53**	1,17**	1,94**	21,44**
Tem x Trat	20	4,20**	5,42**	0,23**	0,19**	3,66**
R (b)	72	0,67	0,93	0,038	0,03	0,68
CV parcela(%)		52,41	66,38	54,77	62,88	70,50
CV subparcela(%)		44,73	61,04	48,73	61,86	63,43

** , * , ⁰ e ^{ns} significativos a 1%, significativos a 5% ,significativos a 10% de probabilidade e não significativo a 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

Apêndice3. Resumo da ANOVA para teor de água na parte aérea (TA-PA), matéria seca total (MS-T), matéria fresca total (MF-T), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de Dickson (IQD), em função dos tratamentos – Experimento I.

Fonte de variação	GL	QM				
		TA-PA	MS-T	MF-T	R/PA	IQD
BL	3	1,29	0,33	6,71	0,067	0,011
Trat	5	25,27**	5,30**	152,04**	0,42**	0,14**
R (a)	15	0,55	0,15	3,68	0,13	0,0044
Tem	4	12,31**	4,71**	104,66**	0,62**	0,16**
Tem x Trat	20	2,46**	0,82**	18,50**	0,056**	0,023**
R (b)	72	0,40	0,13	2,99	0,06	0,0039
CV parcela(%)		51,50	56,96	56,26	64,38	53,28
CV subparcela(%)		43,92	52,02	50,71	43,10	50,04

** , * , ⁰ e ^{ns} significativos a 1%, significativos a 5% ,significativos a 10% de probabilidade e não significativo a 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Apêndice4. Resumo da ANOVA para teores de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺), potássio (K²⁺), fósforo (P²⁺), condutividade elétrica (CE) e potencial de hidrogênio (pH) em função dos tratamentos utilizados no estudo – Experimento I.

Fonte de variação	GL	QM						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ²⁺	P ²⁺	Ce	pH
BL	3	4,07	20,97	1193453	80371,87	102,4	15,96	11,54
Trat	5	3,32**	114,50**	8069782**	456366,9**	73,78**	89,71**	22,71**
R (a)	15	1,72	9,98	590160,8	46987,28	37,06	7,52	10,63
Tem	4	4,65**	38,78**	658680,9**	26725,36**	335,95**	0,53**	0,90**
Tem x Trat	20	0,90**	10,32**	195628,2**	13028,89	25,8	1,38**	2,42**
R (b)	72	0,53	2,67	112035,4	11144,08	22,55	2,59	1,66
CV parcela (%)		42,31	58,83	59,52	60,87	52,53	61,35	37,74
CV subparcela (%)		23,48	30,43	25,93	29,64	40,97	36	14,91

** , * , ⁰ e ^{ns} significativos a 1%, significativos a 5% ,significativos a 10% de probabilidade e não significativo a 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.