



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

CAIO FRANKLIN VIEIRA DE FIGUEIREDO

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA
Salicornia neei Lag. SUBMETIDA A DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO**

Recife, 31 de março de 2020

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia neei* Lag. SUBMETIDA A DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais
Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Arminda Saconi Messias

Co-orientador: Prof. Dr. Josimar Gurgel Fernandes (IPA)

Recife, 31 de março de 2020

F475a Figueiredo, Caio Franklin Vieira de.
Avaliação do desenvolvimento da *Salicorni neei* Lag
Submetida a diferentes espaçamentos de cultivo / Caio
Franklin Vieira de Figueiredo, 2020.
42 f. : il.

Orientadora: Arminda Saconi Messias.
Coorientador: Josimar Gurgel Fernandes.
Mestrado (Dissertação) - Universidade Católica de
Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento
de Processos Ambientais. Mestrado em Desenvolvimento de
Processos Ambientais, 2020.

1. Halófitas - Cultivo. 2. Solo - Salinidade. I. Título.

CDU 574.6

Pollyanna Alves - CRB/4-1002

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA
***Salicornia neei* Lag. SUBMETIDA A DIFERENTES**
ESPAÇAMENTOS DE CULTIVO

CAIO FRANKLIN VIEIRA DE FIGUEIREDO

Examinadores:

Profa. Dra. Armanda Saconi Messias (Orientadora)
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Prof. Dr. Valdemir Alexandre dos Santos
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Prof. Dr. Sergio Carvalho de Paiva
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Defendida em: 31/03/2020.

Coordenador (a): Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki

DEDICATÓRIA

À minha família que ficou ao meu lado,
durante todos os momentos,
ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) campus Vitória de Santo Antão e ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), locais onde foram realizados os experimentos. Em especial, aos funcionários dos Laboratórios de Fertilidade do Solo, de Física do Solo e de Análise de Planta, Ração e Água do IPA, pelas análises laboratoriais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROSUC) pela bolsa de mestrado.

À Fundação para o Apoio da Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo auxílio pesquisa.

Ao Consórcio Universitas pelo auxílio pesquisa.

Ao Laboratório de Química Analítica da Universidade Católica de Pernambuco, pelo apoio nos experimentos.

A professora Arminda Saconi Messias pela exímia orientação, nos mostrando o melhor caminho a seguir em momentos decisivos, sempre com muito esmero e zelo, dando toda a assistência necessária para o êxito desta.

Ao professor Josimar Gurgel Fernandes que muito agregou com sua coorientação realizada de maneira ímpar.

E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a elaboração desta dissertação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano	15
3.2 Solos Afetados por Sais	17
3.3 Dessalinizadores	19
3.4 Resposta das Plantas ao Estresse Salino	20
3.5 Aspectos Gerais da Salicornia	21
3.5.1 Caracterização da espécie estudada	23
REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO II	31
ABSTRACT	32
1. INTRODUCTION	33
2. MATERIALS AND METHODS	33
3. RESULTS AND DISCUSSION	35
4. CONCLUSION	40
ACKNOWLEDGEMENTS	40
COMPETING INTERESTS	40
REFERENCES	41
CAPÍTULO III	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Delimitação do semiárido pernambucano	15
Figura 2 - Distribuição da precipitação pluviométrica de Pernambuco	16
Figura 3 - Temperatura média (°C) em Pernambuco	17
Figura 4 - Detalhe da <i>Salicornia neei</i> (a) e da sua floração (b)	25

CAPÍTULO II

Fig. 1. Sketch of the planting sites of <i>Salicornia neei</i> depending on the spacings...	34
Fig. 2. Log-normal regression between green matter weight averages (kg/ha) of <i>Salicornia neei</i> as a function of spacings, after six months of cultivation	36
Fig. 3. Log-normal regression between dry matter weight averages (kg/ha) of <i>Salicornia neei</i> as a function of spacings, after six months of cultivation.....	37
Fig. 4. Mineral Matter (MM), Total Protein (PT), Acid Detergent Fiber (FDA), Neutral Detergent Fiber (NDF), Total Fiber (FT) and Extract Ethereal (EE) of <i>Salicornia neei</i> depending on spacings, after six months cultivation	38
Fig. 5. Results of Total Nitrogen (NT), Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) of <i>Salicornia neei</i> as a function of spacings, after six months of cultivation	39

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Tipos de solos e suas classificações.....	19
--	----

CAPÍTULO II

Table 1. Results of bromatological analysis (%) and production (kg/ha) of Salicornia neei in different crop spacings. Averages of three repetitions	36
--	-----------

RESUMO

No Brasil, os solos salinos ocupam cerca de 160.000 km² ou 2 % do território nacional, com predominância na região semiárida nordestina. No nordeste brasileiro o uso dos recursos hídricos é limitado devido à elevada concentração de sais, pois grande parte da região está situada sobre rochas cristalinas e o contato, por longo tempo, no subsolo, entre a água e esse tipo de rocha, leva a um processo de salinização. O método mais utilizado para a dessalinização de água no Nordeste tem sido o processo de osmose reversa que, também, implica na geração de uma água residuária (rejeito). O cultivo de halófitas em áreas degradadas pela salinização é uma alternativa para reutilização do solo e destino para efluentes com salinidade elevada. Dentre as halófitas pertencentes à flora brasileira, encontra-se a *Salicornia* uma planta que tolera elevados níveis de salinidade intersticial e que pode atuar na fitorremediação de áreas sujeitas a degradação por sais. Assim, nesse estudo analisou-se o efeito de espaçamentos entrelinhas e entre plantas sobre o crescimento e a produtividade da halófitas *Salicornia neei* irrigada com rejeito de dessalinizador. O cultivo foi realizado em canteiros cujos espaçamentos correspondeu a 5, 10, 15, 20, 30 e 40 cm entre linhas e plantas, por seis meses. Após coleta, análises laboratoriais e estatística, os resultados indicam que a maioria das determinações bromatológicas apresentou valores mais eficientes no espaçamento 15x15 cm: peso da matéria seca - PMS (9.353,0 kg/ha); nitrogênio total - NT (3,09 %); proteína total - PT (19,31 %); fibra detergente ácido - FDA (30,50 %); fibra detergente neutro - FDN (38,15 %); fibra total - FT (26,71 %) e Extrato Etéreo - EE (1,91 %). Em relação à fitoextração pela *Salicornia neei*, os espaçamentos mais eficientes foram: 20x20 cm para o sódio - Na (15,5 %); 30x30 cm para o potássio - K (3,00 %) e 40x40 cm para o cálcio - Ca (4,18 %) e o magnésio - Mg (3,90 %).

Palavras-chave: Plantas halófitas. Cultivo. Rejeito. Solos salinos. Espaçamento entre plantas.

ABSTRACT

In Brazil, saline soils occupy about 160,000 km² or 2% of the national territory, with a predominance in the Northeast semi-arid region. In northeastern Brazil, the use of water resources is limited due to the high concentration of salts, since much of the region is located on crystal line rocks and contact, for a long time, underground, between water and this type of rock, leads to a salinization process. The most used method for water desalination in the Northeast has been the process of reverse osmosis that also implies the generation of a wastewater (tailings). The cultivation of halophytes in areas degraded by salinization is an alternative for soil reuse and destination for effluents with high salinity. Among the halophytes belonging to the Brazilian flora, *salicornia* is a plant that tolerates high levels of interstitial salinity and which can act in the phytoremediation of areas subject to degradation by salts. Thus, in this study, we analyzed the effect of spacing between lines and between plants on the growth and productivity of the halophyte *Salicornia neei* irrigated with desalinator tailings. The cultivation was carried out in beds whose spacings corresponded to 5, 10, 15, 20, 30 e 40 cm between lines and plants, for six months. After collection, laboratory and statistical analyses, the results indicate that most bromatological determinations presented more efficient values in spacing 15x15cm: dry matter weight - PMS (9,353.0 kg/ha); total nitrogen - NT (3.09%); total protein - PT (19.31 %); acid detergent fiber - FDA (30.50 %); neutral detergent fiber - NDF (38.15 %); total fiber - FT (26.71 %) and Ethereal Extract - EE (1.91 %). Regarding phytoextraction by *Salicornia neei*, the most efficient spacings were 20x20cm for sodium - Na (15.5 %); 30x30 cm for potassium - K (3.00 %) and 40x40 cm for calcium - Ca (4.18%) and magnesium - Mg (3.90%).

Keywords: Halophyte plants. Cultivation. Reject. Saline soils. Spacing between plants.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A salinização é um tema discutido em todo o mundo, por ser considerado uma das formas mais devastadoras de degradação dos solos, não só devido a seus efeitos sobre a produção de alimentos como, também, sobre os recursos hídricos (DE SOUZA et al., 2016). De acordo com a Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO, 2017), existem mais de 397 milhões de hectares de terras completamente salinizadas.

No Nordeste Brasileiro, o uso dos recursos hídricos é limitado devido à elevada concentração de sais, pois grande parte da região (796.200 km², cerca de 51 % da área total do Nordeste) está situada sobre rochas cristalinas e o contato, por longo tempo, no subsolo, entre a água e esse tipo de rocha, leva a um processo de salinização. Sem opção, diversas comunidades rurais nordestinas consomem água com salinidade acima do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é de 500 ppm. Nessas comunidades, a única fonte de água é o aquífero cristalino subterrâneo (RIBEIRO et al., 2016).

No semiárido pernambucano, também predomina o embasamento cristalino, sendo as águas subterrâneas um importante manancial que contribui para o atendimento da demanda hídrica, tendo um papel de destaque no equacionamento dos problemas da falta de água para consumo humano nessa região do Estado. Dessa forma, novas tecnologias para complementar a baixa disponibilidade de água, de forma sustentável são almejadas. O principal método utilizado para dessalinização de águas salinas no nordeste brasileiro é baseado na osmose reversa. Contudo, este processo tem a desvantagem de gerar águas residuais com altos teores de sal (rejeito), o que acaba por impactar solos e águas subterrâneas (TAHERI et al., 2016).

Nos últimos anos, tem-se estudado a viabilidade de algumas espécies de plantas halófitas que possuem a rusticidade e produtividades adequadas para o desenvolvimento de cultivos comerciais em solos salinizados do semiárido nordestino (PEDROTTI et al., 2015).

O cultivo de espécies halófitas requer práticas agrícolas que, por sua vez, é ajustado para cada cultura particular. A *Salicornia* é um exemplo de halófito utilizada para fitorremediação de rejeitos/efluentes salinos, produção de biomassa vegetal para diferentes finalidades e restauração de ambientes costeiros. A espécie *Salicornia neei* tem despertado grande interesse nos últimos anos. Os caules e as sementes dessa espécie

apresentam alta qualidade nutricional, com elevados teores de minerais, tais como potássio, magnésio, cálcio e zinco, de ácido palmítico e ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o ácido linoleico e o ácido oleico, além de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (DONCATO; COSTA, 2018). Conseqüentemente, a *Salicornia neei* pode ser utilizada na alimentação humana e animal, em geral, para a produção de biocombustível, para a produção de um biosal da sua massa seca pulverizada, rico em minerais e com um teor de sódio de cerca de 30 %, e na indústria farmacêutica (COSTA et al., 2016).

Estudos sobre os efeitos dos fatores físico-químicos, nutricionais e fisiológicos destas halófitas cultivadas necessitam ser melhor conhecidos para a definição das condições ideais de cultivo e maximização da produtividade. Assim, a pesquisa sobre o cultivo da *Salicornia neei* em diferentes espaçamentos se faz necessário, a fim de contribuir para a sua adaptação nas características únicas e próprias do semiárido pernambucano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar a composição nutricional, o efeito de espaçamentos entre linhas e plantas sobre o crescimento e a produtividade da *Salicornia neei* irrigada com rejeito de dessalinizador.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o desenvolvimento da *Salicornia neei* em cultivo de campo, submetidas à irrigação com rejeito de dessalinizador;
- Analisar o efeito de espaçamentos entrelinhas e entre plantas sobre o crescimento e a produtividade da *Salicornia neei* em cultivo de campo submetidas à irrigação com rejeito de dessalinizador;
- Avaliar a intensidade da competição intraespecífica estabelecida pelo manejo do espaçamento/densidade populacional;
- Verificar a eficiência de fitoextração da *Salicornia neei* pela retirada do sódio, potássio, cálcio e magnésio do solo;
- Analisar estatisticamente os dados obtidos nas determinações laboratoriais.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Características Gerais do Semiárido Pernambucano

A região semiárida cobre aproximadamente 11 % do território brasileiro, com aproximadamente um milhão de km², abrangendo 1.262 municípios em nove estados do Nordeste e Norte de Minas Gerais (IBGE, 2010). O semiárido brasileiro é composto pelos municípios que pertencem aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Pernambuco (Figura 1).

Os critérios para delimitação do semiárido foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de n. 107 de 27/07/2017 e de n. 115 de 23/11/2017 (SUDENE, 2017):

- Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;
- Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50;
- Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60 %, considerando todos os dias do ano.

Figura 1 - Delimitação do semiárido pernambucano

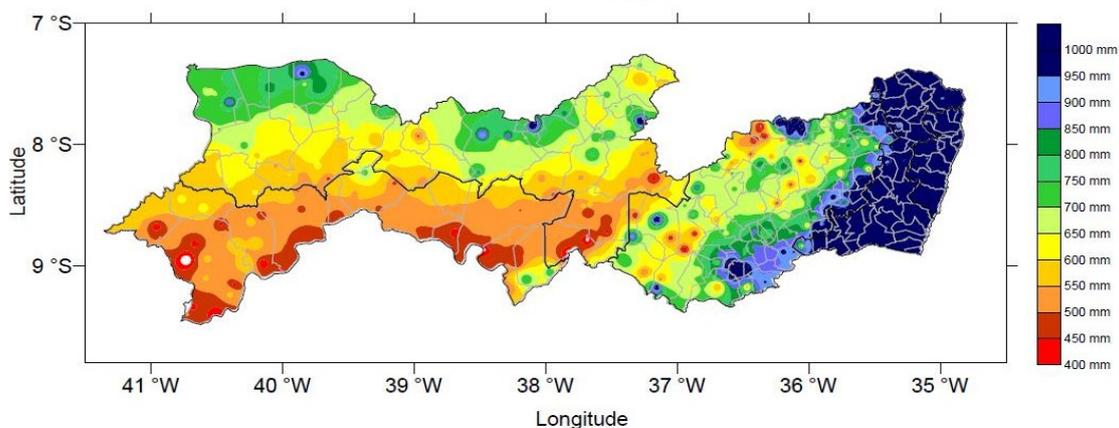


Fonte: SUDENE (2017).

A maior parte da região semiárida do Nordeste é ocupada por uma vegetação adaptada ao clima local, denominada Caatinga. Fito geograficamente, o bioma Caatinga é um dos maiores do Brasil, ocupando grande parte do Nordeste brasileiro, sendo um bioma único que apresenta grande variedade de paisagens e riquezas biológicas, resultando em um ecossistema que reúne a maior diversidade espacial de paisagens do país (DE LUNA SOUTO et al., 2016).

Em Pernambuco, a região semiárida é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principais períodos chuvosos os meses de janeiro a abril (Sertão) e maio a julho (Agreste). As chuvas que ocorrem na região têm sua origem nas frentes frias, nos vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS) e na zona de convergência intertropical (ZCIT), sendo esse último, o principal sistema de produção de chuvas no semiárido de Pernambuco. Os totais pluviométricos anuais na região semiárida oscilam, geralmente, entre 400 e 1000 mm. A estação seca pode se prolongar até sete meses; porém, na parte oeste e sul da região de Pernambuco, a semiaridez é bem mais acentuada e predominam totais anuais entre 400 e 600 mm. Para o norte e leste, as precipitações aumentam e atingem médias entre 600 e 1000 mm (Figura 2), conforme dados obtidos pelo Laboratório de Meteorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (LAMEP/ITEP), entre 1961 e 2012, em 300 postos pluviométricos do estado (MARENGO et al., 2016).

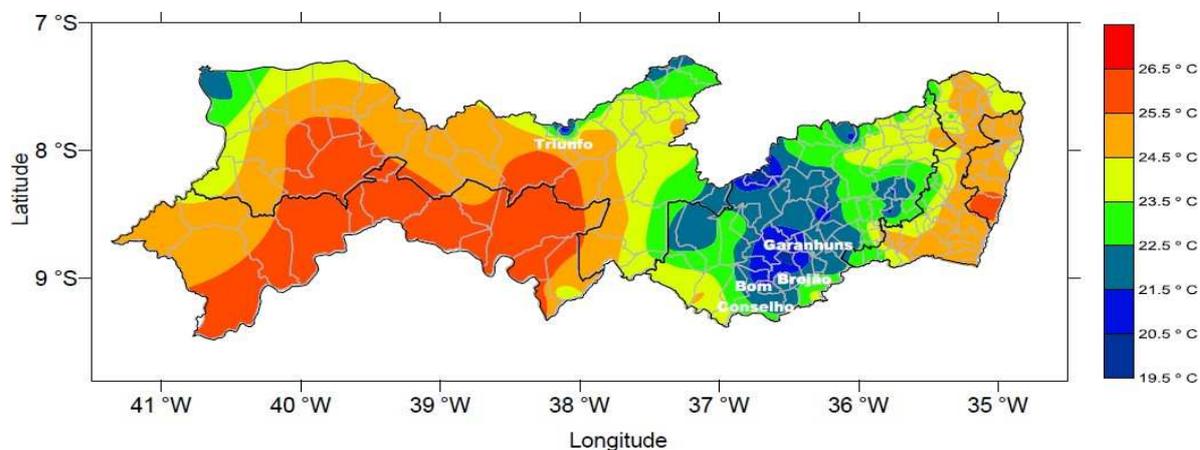
Figura 2 - Distribuição da precipitação pluviométrica de Pernambuco



Fonte: Marengo et al. (2016).

De acordo com Marengo et al. (2016) a temperatura média anual é de 19,5 °C a 25,5 °C, temperatura máxima média é de 24 °C a 33 °C e a temperatura mínima média é de 16,5 °C a 21,5 °C. Para as temperaturas máximas médias anuais, os maiores valores são encontrados no Sertão, com exceção do Município de Triunfo que juntamente com os Municípios do Agreste, Bom Conselho, Brejão e Garanhuns apresentam as menores temperaturas mínimas médias anuais do Estado, explicado pela influência da altitude (Figura 3).

Figura 3 - Temperatura média (°C) em Pernambuco



Fonte: Marengo et al. (2016).

As classes de solos predominantes no semiárido pernambucano são: Argissolos, Planossolos, Luvisolos e Neossolos. Os Argissolos possuem acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo; os Planossolos são solos com horizontes superficiais arenosos e maior teor de argila em profundidade, apresentando susceptibilidade mediana à erosão nas condições climáticas do semiárido nordestino; os Luvisolos, em geral com maiores conteúdos de argila, apresentam alta susceptibilidade; e os Neossolos, são os que apresentam maior potencial

de erosão devido à presença de conteúdos significativos de areia, associado, em alguns casos, a relevos dissecados (COELHO et al., 2013).

3.2 Solos Afetados por Sais

A salinização do solo está aumentando dia a dia onde mais de 7 % da massa terrestre total do mundo é afetada pela salinidade (XU et al., 2016). Uma proporção significativa dessa área pertence a terras agrícolas, resultando em quase 45 milhões de hectares sendo excluídos do cultivo (FAO, 2017).

Áreas afetadas por sais ocorrem em todo o mundo, principalmente em regiões de clima árido e semiárido, onde a irrigação e o seu manejo e a falta de drenagem dos solos irrigados são fundamentais para uma agricultura bem-sucedida. Este avanço da irrigação nas regiões semiáridas em áreas de terras marginais e com o uso de águas de baixa qualidade tem incrementado o acúmulo de sais nos solos e, conseqüentemente, sua degradação. A salinização pode ser um efeito de processos naturais (eventos geológicos, hidrológicos ou climáticos), bem como da atividade antropogênica (métodos inadequados de irrigação e fertilização, desmatamento, contaminação química e má gestão da água) conforme Maia et al. (2016) e Pedrotti et al. (2015).

Os efeitos negativos da salinidade estão diretamente relacionados ao crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura. Pode, inclusive, prejudicar a própria estrutura do solo, pois a absorção de sódio pelo solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores deste elemento, poderá provocar a dispersão das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (FREIRE et al., 2014).

Estudos científicos e algumas experiências localizadas têm demonstrado, no entanto, que práticas convencionais de redução de problemas decorrentes da salinidade são onerosas e, na maioria das vezes, inviáveis do ponto de vista econômico. Assim como práticas alternativas de convivência ainda não estão disponíveis, em grande escala, para que se possa avaliar sua rentabilidade em termos econômicos e dos efeitos na melhoria da qualidade de vida do solo. Espécies adaptadas aos extremos de salinidade, podem se constituir em alternativas viáveis para se conviver com os problemas da salinidade induzida e, incorporar os solos salinizados ao processo de produção agrícola (GOMES FILHO et al., 2019; MELO et al., 2019a; MELO et al., 2019b).

De acordo com Pequeno, Silva e Brasileiro (2014) para classificação dos solos afetados por sais devem ser consideradas determinadas propriedades químicas dos solos: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e porcentagem de sódio trocável (PST). Além disso, existem parâmetros específicos que qualificam os solos salinos, solos salino-sódicos e sódicos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de solos e suas classificações

	Solos normais	Solos Salinos	Solos Salino-Sódicos	Solos Sódicos
CEes	< 4 dS m ⁻¹	≥ 4 dS m ⁻¹	≥ 4 dS m ⁻¹	< 4 dS ⁻¹ m ⁻¹
pH	< 8,5	< 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5
PST	< 15 %	< 15 %	> 15 %	≥ 15 %

Onde: CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; pH = potencial hidrogeniônico; PST = porcentagem de sódio trocável.

Fonte: Pequeno, Silva e Brasileiro (2014).

3.3 Dessalinizadores

Cerca de 50 % dos solos da Região Nordeste localizados nas zonas de maior aridez dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e leste do Piauí são representados por rochas do embasamento cristalino (granitos, gnaisses, xistos etc.), de reduzida potencialidade hídrica. Para solucionar ou amenizar problemas de acesso à água de qualidade na região semiárida brasileira, uma das técnicas utilizadas é a destilação solar, que serve tanto para dessalinização quanto para desinfecção, a partir de uma fonte de energia renovável e que pode ser realizada a nível familiar e de forma descentralizada (LIMA et al., 2019).

À vista disso, principalmente nas comunidades rurais do Nordeste brasileiro que utilizam água subterrânea, através de poços tubulares, que apresenta um alto teor de sais dissolvidos limitando bastante a sua utilização, são instalados dessalinizadores a fim de se obter água potável para as famílias (SOUZA et al., 2015).

Para melhoria dessas águas, tem-se utilizado o processo de dessalinização por osmose reversa que possui baixo custo de investimento, baixo consumo energético,

aproveitamento dos efluentes, qualidade constante da água produzida, possui flexibilidade para futuras instalações, consegue tratar 99 % do volume de água encaminhado ao dessalinizador a qual, por um processo de filtração físico-químico, dessaliniza parte da água, separando-a dos sais (RIBEIRO et al., 2016). Portanto, a técnica de dessalinização além da água potável, própria para o consumo humano, também gera um rejeito que, com o descarte inadequado, causa impactos ambientais severos no solo (NEVES et al., 2017).

Contudo, diante da utilização do dessalinizador faz-se necessário escolher a melhor opção para a reutilização do rejeito, a fim de evitar impactos negativos a quem se beneficia desta tecnologia (CAETANO; SILVA NETO, 2018).

3.4 Resposta das Plantas ao Estresse Salino

A salinidade do solo afeta o desenvolvimento dos vegetais através do aumento da pressão osmótica da solução do solo (que dificulta a inibição da absorção de água), desequilíbrio iônico e toxicidade (alta concentração dos íons Na^+ e Cl^- nas células vegetais) e a deficiência nutricional pela interferência na absorção de nutrientes essenciais, como K^+ e Ca^{+2} causando alterações e inibições metabólicas, que constitui um dos principais fatores de estresse abiótico que limita o desenvolvimento de culturas na região semiárida (AKINSHINA et al., 2016).

A redução da disponibilidade de água às plantas com a diminuição do potencial total do substrato provoca maior gasto de energia para absorção da mesma. Logo, as diferentes concentrações salinas afetam a emergência de sementes, o crescimento e o desenvolvimento de plantas devido ao déficit hídrico, que causam estresse osmótico e desequilíbrio iônico celular devido a entrada de íons em quantidades tóxicas (SILVA et al., 2017).

As plantas sob estresse salino mostram, inicialmente, reduções na condutância, taxa fotossintética estomática e na biossíntese de clorofila, além de alterações na eficiência do uso da água e do estado da água da planta, o que leva à inibição do crescimento (MELO et al., 2017).

Por isso que os efeitos gerados pelo déficit hídrico incluem a redução do crescimento, da área foliar e da produção de matéria seca. Já os efeitos iônicos são, principalmente, promovidos por sódio, em consequência da acumulação de íons nos tecidos da planta, causando desequilíbrios nutricionais, toxicidade e alterações metabólicas. As alterações morfológicas, anatômicas e metabólicas em algumas plantas dependem do genótipo e da quantidade de sal na planta. No entanto, algumas plantas têm

a capacidade de prevenir a entrada de sais para minimizar a sua concentração no citoplasma via compartimentação vacuolar, assim evitando os efeitos tóxicos dos sais na fotossíntese e outros processos metabólicos. Diferentes mecanismos de tolerância, no entanto, podem ocorrer em espécies diferentes ou em diferentes cultivares das mesmas espécies (MAIA et al., 2016).

Com isso, Silva et al. (2017) informam que as plantas tendem a realizar mecanismos de resposta ao estresse, como, por exemplo, por meio do fechamento dos estômatos, mediado por hormônios, ou por mudanças fotoquímicas, bem como mudanças no metabolismo do carbono para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma taxa fotossintética menor e contribuindo para a redução do crescimento das espécies sob tal estresse.

A salinidade pode inibir o crescimento das plantas por vários fatores a curto e longo prazos. Os efeitos a curto prazo incluem a redução do crescimento, devido ao efeito osmótico do sal, o que reduz a expansão celular. Os efeitos a longo prazo incluem o estresse iônico, devido à excessiva absorção de sal, levando a uma redução na área da folha fotossintética disponível para manutenção do crescimento. Em ambos os casos, a redução do crescimento é frequentemente acompanhada de baixa assimilação fotossintética de CO₂, devido a limitações estomáticas e não estomáticas, como o fechamento de estômatos e redução do metabolismo causada pelo estresse. No entanto, independentemente da limitação, a salinidade, ainda, pode alterar a condutância estomática, a transpiração, o CO₂ disponível nos locais de absorção no cloroplasto e pigmentos fotossintéticos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2016).

As plantas halófitas representam 1 % da flora mundial e podem sobreviver em locais onde a concentração de NaCl é superior a 200 mM; portanto, a sua tolerância pode atingir até cerca de 15 g de cloreto de sódio por litro, equivalente à metade da concentração da água do mar. Através de mecanismos fisiológicos e bioquímicos, elas possuem a capacidade de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo trazendo bastante benefícios para as comunidades rurais tais como: melhorar a salinidade, as terras salinas e a subsistência (GUNNING, 2016).

As halófitas são classificadas em três grupos: **Halófitas obrigatórias** que necessitam de sais como diversas espécies dos gêneros *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Arthrocnemum*, *Limonium*, *Suaeda*, *Limoniastrum*, *Atriplex*, *Frankenia*, *Spartina*, *Puccinellia*; **Halófitas preferenciais** que preferem sais como o exemplo da *Scirpus maritimus var. compactus*, *Juncus maritimus*, *Salsola vermiculata*, *Hordeum marinum*;

Halófitas de subsistência que toleram sais como *Phragmites australis*, *Juncus acutus*, *Cotula coronopifolia*, *Beta vulgaris* subsp. *Maritima*, entre outras (MELO et al., 2019a; COSTA; HERRERA, 2016).

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. Essa acumulação iônica permite a manutenção do elevado conteúdo hídrico na célula, mesmo na presença de baixo potencial hídrico externo em salinidades elevadas (DONCATO; COSTA, 2018).

3.5 Aspectos Gerais da *Salicornia*

A *Salicornia* foi introduzida no mercado europeu como vegetal sem folhas semelhantes ao aspargo verde. Os caules carnudos deste vegetal são altamente procurados para cozinhas *gourmet*, não só pelo seu sabor salgado, mas também pelo seu valor nutricional em termos de minerais e vitaminas antioxidantes, como também vitamina C, β -caroteno; ao mesmo tempo, tem sido utilizada para fins industriais, terapêuticos e alimentares. Possui brotos suculentos comestíveis e é promissora para produção comercial em água salgada (KURMANBAYEVA et al., 2017).

A família *Salicornioideae* está distribuída em, aproximadamente, 15 gêneros (reconhecendo *Salicornia* diferente de *Sarcocornia*) e 80 espécies. Os estudos correspondentes à *Salicornia* indicam que é uma halófito que pertence à família *Amaranthaceae* e que, na idade adulta, é altamente tolerante à salinidade. O gênero *Salicornia*, é constituído pelas espécies *S. pacifica*; *S. subterminalis*; *S. virginica*; *S. borealis*; *S. ramosissima*, *S. maritima*; *S. rubra* e *S. bigelovii*, *S. neei* (BURBOA et al., 2017; LUTTS; LEFEVRE, 2015).

A *Salicornia*, geralmente presente nas áreas de restinga, está adaptada para o alto teor de sal, pela formação de células de armazenamento de água, gerando a típica aparência suculenta, e pelo acúmulo de solutos, que mantêm baixo teor de água potencial dentro do tecido, que permite uma absorção de água suficiente, mesmo em ambientes hipersalinos. Além disso, os solos colonizados pela *Salicornia* são muitas vezes saturados de água exibindo baixas concentrações de oxigênio, que são controladas pela frequência de inundação, concentração de oxigênio na coluna de água e nos poros do solo (WITE et al., 2016).

O gênero *Salicornia* apresenta caules esponjosos com escalas; as folhas, flores e frutos são discretos; já o gênero *Sarcocornia* é apresentado como plantas perenes,

ramificadas, com ramos prostrado-ascendente, cuja altura varia de acordo com a espécie, mas, geralmente, não é maior que 70 cm (PATEL, 2016).

Os estudos realizados na Província de Guaya, no Equador, por Rondón et al. (2017) e Patel (2016), revelaram para a espécie *Salicornia fruticosa*, a presença de alcalóides, flavonóides, taninos, antraquinonas, quinonas, menor proporção de triterpenos e saponinas e extrato de etanol; também, um alto teor de sal, devido à sua condição de planta halófito, possuindo atividade antibacteriana e propriedades anti-hipertensivas e, são citadas na medicina popular, pelo alívio de dor de dente, reumatismo crônico, obesidade, diabetes, câncer, estresse oxidativo, inflamação, asma, hepatite e gastroenterite. No Equador é utilizada associada a leguminosa devido ao seu conteúdo nutricional ser rico em sódio, potássio, magnésio e proteína.

Nos estudos de Wang et al. (2016) e Mroczek (2015) foi identificado que a atividade citotóxica dos glicosídeos nortriterpedoides da *Salicornia bigelovii* foi testada em linhas de cancro humano HL-60 (leucemia). A espécie *Salicornia bigelovii*, tem um grande potencial biotecnológico como cultura irrigada com água salgada. No entanto, não há informações suficientes sobre a qualidade e conteúdo de óleo desta espécie. Foi identificado composições qualitativas e quantitativas de ácidos graxos nas sementes de *Salicornia bigelovii* cultivadas na Arábia Saudita; além de ter capacidade antioxidante, também é recomendada para o consumo animal ou produção de biodiesel (AL-RASHED et al., 2016).

Algumas das espécies de *Salicornia* (*S. bigelovii*) estão sendo cultivadas em escala comercial, para ração animal e extração de sal e óleo (CYBULSKA et al., 2014). Esta espécie produz sementes oleaginosas que foram avaliadas como matéria-prima promissora para a produção de biodiesel (FALASCA et al., 2014). A remoção de metais pesados é outro uso possível desta planta.

O cultivo controlado de várias espécies adquiridas em vários habitats mostrou resultados diferentes. *S. bigelovii* foi cultivado em casa de vegetação, o que refletiu que o rendimento da colheita pode variar dependendo das plantas provenientes de diferentes habitats. O ambiente da estufa reduziu a biomassa e a produção de frutos, embora o cultivo tenha sido bem-sucedido (BRES DIN et al., 2016). Além disso, foi observado rendimento específico da espécie, como observado em *S. ramosissima*, que produziu mais biomassa colhível que *S. dolichostachya* (SINGH et al., 2014).

Neste sentido, por habitarem locais onde existe uma alta concentração de sal, essas plantas criaram táticas de adaptação a estas condições extremas, como por exemplo, o desenvolvimento da suculência nas folhas, que resulta no aumento da relação volume/área externa. Na presença de grande concentração de sódio no meio externo há absorção de

potássio e sódio e, também, inibição do crescimento e produtividade, como resposta ao estresse salino (DONCATO; COSTA, 2018).

3.5.1 Caracterização da espécie estudada

A halófito *Salicornia neei* é uma espécie nativa sul-americana e era anteriormente chamada de *Salicornia gaudichaudiana* Moq. e *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo. É uma halófito da região costeira que cresce em solos com salinidade intersticial elevada (16 a 55 dS m⁻¹) (ALVES et al., 2019; COSTA et al., 2018; DONCATO; COSTA, 2018).

Esta halófito pertence à classe Equisetopsida, subclasse Magnoliidae, à ordem Caryophyllales, à família Amaranthaceae, ao gênero *Salicornia* e à espécie *Salicornia neei* (Tropicos, 2019).

As folhas apresentam vértice arredondado a subagudo. Possui estruturas florais reduzidas, com inflorescências (150 x 4 mm) dispostas em um ponto terminal no ápice das brácteas. Suas sementes possuem diâmetro de 1,4 x 0,9 mm e são cobertas em seus bordos por tricomas (50 a 95 µm). O sistema radicular produz poucas ramificações e tende a ser superficial, muitas vezes penetrando menos de 10 a 20 cm no solo (ALVES et al., 2019; LOPES et al., 2017).

Esta halófito apresenta-se na forma de haste (caule) suculenta com altura máxima de 50 cm, ereta ou decumbente, de forma cilíndrica e segmentada, correspondendo aos pares de folhas fusionadas sobre a haste. Apresentam-se hastes de cores verde e avermelhadas, estas últimas devido à presença de betacianina (AMEIXA et al., 2016).

Os caules e as sementes dessa espécie apresentaram elevada qualidade nutricional, com altos teores de minerais, tais como K, Mg, Ca e Zn, de ácido palmítico e ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o ácido linoleico, um ω-6, e o ácido oleico, um ω-9 (BERTIN et al., 2016; BERTIN et al., 2014; COSTA et al., 2018); além de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (TIMM et al., 2015).

Por apresentar ciclo de vida perene, a *S. neei* pode sobreviver por vários anos, podendo ser propagada por sementes ou através de crescimento vegetativo, devido à sua capacidade caulinar de rebrotamento após a poda. Apresenta floração entre novembro e março. A produção de biomassa e subprodutos da *S. neei* permite a utilização de áreas antes não exploradas, contribuindo para a preservação de mananciais de água doce (ALVES et al., 2019; SILVA et al., 2019).

Uma vez que a *Salicornia neei* cresce no limite superior da maré, passa longos períodos do seu desenvolvimento fora de água, sofrendo com elevada exposição aos raios UV. Um estudo revela que esta espécie exibe uma resposta foto protetora aos raios UV, relacionada com o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante da mesma. O crescimento da *Salicornia neei* é influenciado pela salinidade do meio. Esta halófito apresenta um crescimento ótimo a salinidades baixas ou moderadas, em vez de salinidades elevadas, pelo que é considerada uma halófito não obrigatória ((SILVA et al., 2019).

A *Salicornia neei* (Figura 4) é um exemplo de halófito utilizada para fitorremediação de rejeitos/efluentes salinos, produção de biomassa vegetal para diferentes finalidades e restauração de ambientes costeiros. A espécie *Salicornia neei* tem despertado grande interesse nos últimos anos (ALVES et al., 2019; SILVA et al., 2019).

Figura 4 - Detalhe da *Salicornia neei* (a) e da sua floração (b)



Fonte: Autoria própria (2019).

REFERÊNCIAS

AKINSHINA, N.; AZIZOV, A.; KARASYOVA, T. et al. On the issue of halophytes as energy plants in saline environment. **Biomass and Bioenergy**, v. 91, p. 306 - 311, 2016.

AL-RASHED, S.A.; IBRAHIM, M.M.; HATATA, M.M.A. et al. Biodiesel production and antioxidant capability from seeds of *Salicornia begelovii* collected from Al Jubail, Eastern Province, Saudi Arabia. **Pakistan Journal of Botany**, v.48, n.6, p. 2527 - 2533, 2016.

ALVES, P.R.; LUCENA, E.M.P.; BONILLA, O.H. et al. Fenologia da *Salicornia neei* Lag. cultivada no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n. 2, p. 489 - 504, 2019.

AMEIXA, O.M.C.C.; MARQUES, B.; FERNANDES, V.S. et al. Dimorphic seeds of *Salicornia ramosissima* display contrasting germination responses under different salinities. **Ecological Engineering**, v. 87, p. 120 - 123, 2016.

BERTIN, R.L.; GONZAGA, L.V.; BORGES, G.S.C. et al. Nutrient composition and identification/ quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 55, p.404 - 411, 2014.

BERTIN, R.L.; MALTEZ, H.F.; GOIS, J.S. et al. Mineral composition and bioaccessibility in *Sarcocornia ambigua* using ICP-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.47, p.45 - 51, 2016.

BRESDIN, C.; GLENN, E. P.; BROWN, J. J. Halophytes for food security in dry lands. **Halophytes for Food Security in Dry Lands**, Academic Press, 2016, 360p.

BURBOA, C. E. B.; ARCE, M. E.; BIANCIOTTO, O. et al. *Salicornia bigelovii* (TORR.): un sistema modelo para incorporarse como cultivo agrícola en zonas árido-desérticos. **Biotecnia**, v. 19, p. 46 - 50, 2017.

CAETANO, E.; SILVA NETO, R. Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 372 - 379, 2018.

COELHO, I. A. M.; JACOMINE, P.K.T.; OLIVEIRA, L.B. et al. Caracterização da produção florestal em áreas de assentamentos rurais localizados no sertão pernambucano. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 5, n. 1, p. 78 - 84, 2013.

COSTA, C.S.B.; CHAVES, F.C.; ROMBALDI, C.V. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A.Alonso & M.B.Crespo: a halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. **South African Journal of Botany**, v.117, p. 95 - 100, 2018.

COSTA, C.S.B.; HERRERA, O.B. Halophytic life in Brazilian salt flats: biodiversity, uses and threats. In: KHAN, M.A.; BOËR, B.; AZTURK, M.; CLÜSENER-GODT, M.; GUL, B.; BRECKLE, S.W. (Eds). Americas. Berlin: Springer, **Sabkha Ecosystems**, vol. V, p. 11 - 27, 2016.

COSTA, C.S.B.; VICENTI, J.R.M.; MORON-VILLAREYES, J.A. et al. Extraction and characterization of lipids from *Sarcocornia ambigua* meal: a halophyte biomass produced with shrimp farm effluent irrigation. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p.935 - 943, 2016.

CYBULSKA, I.; CHATURVEDI, T.; BRUDECKI, G. P. et al. Chemical characterization and hydrothermal pretreatment of *Salicornia bigelovii* straw for enhanced enzymatic hydrolysis and bioethanol potential. **Bioresource Technology**, v. 153, p.165 - 172, 2014.

DE LUNA SOUTO, A. G; CAVALCANTE, L.F.S.; LIMA NETO, A.J. et al. Biometria em plantas de noni sob irrigação com águas salinas e lixiviação dos sais do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, 2016.

DE SOUZA, E. S.; ANTONINO, A.C.D.; MACIEL. NETTO, A. et al. Comportamento hidrodinâmico de solos em cultivos de vazante no semiárido de Pernambuco. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, n.11, p.52 - 60, 2016.

DONCATO, K. B.; COSTA, C. S. B. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 54, n. 3, p. 399 - 416, 2018.

FALASCA, S. L.; ULBERICH, A.; ACEVEDO, A. Identification of Argentinian saline drylands suitable for growing *Salicornia bigelovii* for bioenergy. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, p. 8682 -8689, 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Terrastat Database**. 2017. Disponível em <http://www.fao.org/about/en/>. Acesso em 30 nov.2019.

FREIRE, M.B.G.S.; MIRANDA, M.F.A.; OLIVEIRA, E.E.M. et al. Agrupamento de solos quanto à salinidade no perímetro irrigado de Custódia em função do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. S86 - S91, 2014.

GOMES FILHO, A.J.; LIMA FILHO, H.J.B.; PAIVA, S.C. et al. Use of the *Moringa oleifera* seeds fixed-bed model and Pernambuco semi-arid desalinator reject. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v.37, n.4, p. 1 - 7, 2019.

GUNNING, D. **Cultivating *Salicornia europaea* (marsh samphire)**. Dublin, Ireland: Irish Sea Fisheries Board, s.p., 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 30 nov. 2019.

KURMANBAYEVA, A.; BEKTUROVA, A.; SRIVASTAVA, S. et al. Higher novel L- Cys degradation activity results in lower organics and biomass in *Sarcocornia* than the related saltwort, *Salicornia*. **Journal of Plant Physiology**, v. 175, n. 1, p. 272 - 289, 2017.

LIMA, S.S.A.; PAIVA, S.C.; FIGUEIREDO, H.T. et al. Production of activated carbon from agroindustrial residues and application in the treatment of desalinator reject. **Asian Journal of Environment & Ecology**, v.9, n.2, p. 1 - 8, 2019.

LOPES, M.; CAVALEIRO, C.; RAMOS, F. Sodium reduction in bread: a role for Glasswort (*Salicornia ramosissima* J. Woods). **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1056 - 1071, 2017.

LUTTS, S.; LEFEVRE, I. How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas? **Annals of Botany**, v. 115, n. 3, p. 509 - 528, 2015.

MAIA, F.M.A.; NEVES C.J.; COSTA A. et al. Photosynthesis and water relations of sunflower cultivars under salinity conditions. **African Journal of Agricultural**, v. 11, p. 2817 - 2824, 2016.

MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. **A seca de 2012-15 no Semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico**. Centro Nacional de Monitoramento e Aletas de Desastres Naturais - CEMADEN, São Paulo, 2016, 6p.

MELO, C.F.; GOMES, E.W.F.; MESSIAS, A.S. Mycorrhizal colonization in *Atriplex nummularia* Lind. Subjected to desalinator reject. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.36, n.1, p. 1 - 6, 2019a.

MELO, C.F.; GOMES, E.W.F.; OLIVEIRA, J.P. et al. Analysis of the *Atriplex* Subjected to *Claroideoglossum etunicatum* and to the desalinator reject. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v.36, n.1, p. 1 - 7, 2019b.

MELO, H. F.; SOUZA, E.R.; DUARTE, H.H.F. et al. Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos em pimentão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 1807 - 1929, 2017.

MROCZEK, A. Phytochemistry and bioactivity of triterpene saponins from *Amaranthaceae* family. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n.4, p. 577 - 605, 2015.

NEVES, A.L.R.; ALVES, M.P.; LACERDA, C.F. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste - CE. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 124 - 135, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; REIS, F.O.; FAGUNDES, J.L. et al. Respostas eco fisiológicas e bioquímicas de erva-sal submetida a salinidade. **Pesquisa Agropecuária Tropical Research**, v. 46, n.2, 2016.

PATEL, S. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **Biotech**, v. 6, n.1, p.1 - 10, 2016.

PEDROTTI, A.; DAVIES, S.; MERRIFIELD, D. L. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v 19, p.1308 - 1324, 2015.

PEQUENO, O. T. B. L.; SILVA, J.L.B.C.; BRASILEIRO, I.M.N. Fitoextração de sais através de estresse salino por *Atriplex nummularia* do semiárido Paraibano. **Revista Saúde e Ciência On line**, v 3, p 37 - 52, 2014.

RIBEIRO, P.H.P.; HANS RAJ GHEYI, H.R.; UYEDA, C.A. et al. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 1, n.1, p.233 - 247, 2016.

RONDÓN, M.; MONCAYO, S.; CORNEJO, X. et al. Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas Province Ecuador. **Journal of King Saud University-Science**, 6 p., 2017.

SILVA, K.A.V.; OLIVEIRA, J.P.; GOMES, E.W.F. et al. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. **BioMedical - Journal of Scientific & Technical Research**, v.21, n.3, p.15943 - 15946, 2019.

SILVA, R. C. B.; BRAZ, M.R.S.; ROSSETO, C.A.V. et al. Emergência de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) sob estresse salino. **Revista Semiárido de Visu**, v. 5, p. 80 - 87, 2017.

SINGH, D.; BUHMANN, A. K.; FLOWERS, T. J. et al. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. **AoB Plants**, 2014.

SOUZA, F.C.R.; MARQUES, H.G.; OLIVEIRA, A.M. et al. Fitorremediação da água de rejeito de dessalinizadores utilizados no oeste potiguar por *Eichhornia crassipes*. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 842 - 851, 2015.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido**, 2017. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 21/11/2019.

TAHERI, R.; GHORBANI, R.; ALLAMEH, P. et al. Biodesalination: on harnessing the potential of nature's desalination processes. **Bioinspiration & Biomimetics**, n.4, v.11, p. 1748 - 3190, 2016.

TIMM, T.G.; SILVA JR., A.A.; BERTIN, R.L. et al. Processamento de conservas de *Sarcocornia perennis*. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, p.97 - 102, 2015.

TROPICOS. Tropicos.org. **Missouri Botanical Garden**, 2019. Disponível em: < <http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?name id=7200300> >. Acesso em: 30 nov. 2019.

WANG, Q.; LIU, X.-F.; SHAN, Y. et al. Impact of pedological conditions on the distribution of *Salicornia* species (Southern North Sea coast). **Journal of Coastal Conservation**, p. 1 - 7, 2016.

WITTE, S.; HOLGER, F.; NIKLAS, B. et al. Impact of pedological conditions on the distribution of *Salicornia* species (Southern North Sea coast). **Journal of Coastal Conservation**, p. 1 - 7, 2016.

XU, C.; XIAOLI, T.; HONGBO, S. et al. Salinity tolerance mechanisms of economic halophytes from physiological to molecular hierarchy for improving food quality. **Current Genomics**, v.17, n. 3, p. 207 - 214, 2016.

CAPÍTULO II



Advances in Research

20(6): 1-7, 2019; Article no.AIR.54298

ISSN: 2348-0394, NLM ID: 101666096

Behaviour of *Salicornia neei* Cultivated in Different Spacing and Irrigated with Desalinizer Tailings

C. F. V. De Figueiredo¹, J. G. Fernandes², E. W. F. Gomes² and A. S. Messias^{3*}

¹Development of Environmental Processes, Catholic University of Pernambuco, 50.050-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

²Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil.

³Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. Author CFVF performed the experiment as a master's thesis, performed the statistical analysis and wrote the first draft of the manuscript. Authors JGF and EWFG managed the analysis of the study. Author ASM designed the study and wrote the Protocol. All authors have read and approved the final manuscript.

Article Information

DOI: 10.9734/AIR/2019/v20i630174

Editor(s):

(1) Dr. Paola Deligios, Department of Agriculture, University of Sassari, Italy.

Reviewers:

(1) Manuel Cezar Macedo Barbosa Nogueira de Souza, Universidade Federal do Rio Grande, Brazil.

(2) Jackson Akpojar, University of Africa, Nigeria.

(3) Benjawan Chutichudet, Maharakham University, Thailand.

Complete Peer review History: <http://www.sdiarticle4.com/review-history/54298>

Received 01 December 2019

Accepted 03 February 2020

Published 10 February 2020

Original Research Article

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of line and row spacing on biomass yield and minerals absorbed by *Salicornia neei* irrigated with desalination reject. The experiment was conducted in beds at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco-IPA, Recife, Pernambuco, Brazil. The experimental design was randomized blocks with treatments consisting of six spacings between plants and rows: 5x5, 10x10, 15x15, 20x20, 30x30 and 40x40 cm, with three repetitions and 30 *Salicornia neei* plants per repetition. After six months, the aerial part of the plant was collected and analyzed bromatologically. It was statistically noticed that the 15x15 cm spacing between plants favored where most bromatological determinations: dry matter weight - DMW (9,353.0 kg/ha); total nitrogen - NT (3.09%); total protein - PT (19.31%); acid detergent fiber - ADF (30.50%); neutral detergent fiber - NDF (38.15%); total fiber - FT (26.71%) and ethereal extract - EE (1.91%). Regarding the phytoextraction by *Salicornia neei*, the most efficient spacing were: 20x20 cm for sodium - Na (15.5%); 30x30 cm for potassium - K (3.00%) and 40x40 cm for calcium - Ca (4.18%) and magnesium - Mg (3.90%), showing the potential use of *Salicornia neei* in soils affected by salts.

*Corresponding author: E-mail: arminda.saconi@unicap.br;

Keywords: Halophyte; saline water; plant growth; Amaranthaceae.

1. INTRODUCTION

Salinity is a major problem in Pernambuco semi-arid region. In view of this, producers are obliged to use waters with high salt concentrations for irrigation and food production [1]. Therefore, salinity tolerant halophyte plants, even beyond seawater concentrations, can bring a great deal of benefit to communities: controlling salinity and improving saline land.

Moreover, there is no competition for land or water use between lucrative conventional attitudes and high salt tolerant plants [2,3]. Among these species is *Salicornia*, which has broad development in saline areas associated with shorelines, tidal floodplains and salty lakes. They are distributed worldwide and found on all continents except Antarctica [4,5].

Salicornia neei halophyte is a native South American species and was formerly called *Salicornia gaudichaudiana* Moq. and *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo. It is a coastal halophyte that grows in soils with high interstitial salinity (16 to 55 dS m) [6,7,8].

This halophyte belongs to the class *Equisetopsida*, subclass *Magnoliidae*, order *Caryophyllales*, family *Amaranthaceae*, genus *Salicornia* and species *Salicornia neei* [9].

Salicornia neei is an example of halophyte used for phytoremediation of saline reject / effluents, production of plant biomass for different purposes and restoration of coastal environments. The *Salicornia neei* species has aroused great interest in recent years [10], hence the proposal of this experiment to verify its behaviour in different cultivation spacing.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Seedling Production

The vegetative propagation of *Salicornia neei* was performed on a black sombrite screen with partial retention (50%) of sunlight, located at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), in Recife, Pernambuco. The 10 cm-long stem fragments (cuttings) with preserved nodes and bevelled bottom were removed from the parent plants. These cuttings were placed in polystyrene sowing trays with 128

cells with saline soil, and maintained for 15 days for rooting. Throughout the period, the plants were irrigated with water and sprayed with acclimatization tailings every three days.

2.2 Planting and Experimental Design

The seedlings of *Salicornia neei* were planted in the cultivation beds (720 cm x 90 cm) according to Fig. 1, at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), with soil from its São Bento do Una Experimental Station, with the following attributes: sandy texture, soil density = 1.34 g/cm³, pH = 7.60, P = 209 mg/dm³ and Ca, Mg, Na and K = 33.60, 6.00, 12.00 and 0.70 cmolc/dm³ respectively. According to Köppen's classification, the region has an As' climate (Tropical Humid).

Salicornia neei beds were irrigated with waste from the desalinator located in Riacho das Almas, Pernambuco, with the following characteristics: Electrical conductivity = 11.54 mS/cm at 25°C, Ca = 403 mg/l, Mg = 393.09 mg/l, Na = 200 mg/l and K = 40 mg/l, Sodium Adsorption Ratio (SAR) = 23.67, pH = 7.9, Irrigation rating = C4S4 (Very high salinity water and high sodium concentration).

The experimental design was in randomized blocks with three repetitions, whose treatments consisted of different planting spacings (5x5, 10x10, 15x15, 20x20, 30x30 and 40x40cm between plants and rows) with 30 *Salicornianeii* seedlings and daily irrigation with 10 liters of desalinator tailings per repetition. After one week of planting, the seedlings that did not adapt (only 10) were replaced by other equivalents and the experiment was maintained daily until collection.

2.3 Collection and Laboratory Tests

After six months of experiment, the aerial parts of *Salicornia neei* were collected, separated at a height of 5 cm from the soil surface and washed with deionized water. To evaluate the yield of fresh matter, green matter weight (GMW) on the day of collection was determined. Then, all the material was placed in paper bags, dried in air circulating oven at 60°C for 72 hours to determine the yield of dry matter (DMW).

Immediately after drying, the aerial part was ground in a Wiley mill with a 42 mm aperture screen to determine the contents of the absorbed elements (K, Na, Ca and Mg) by

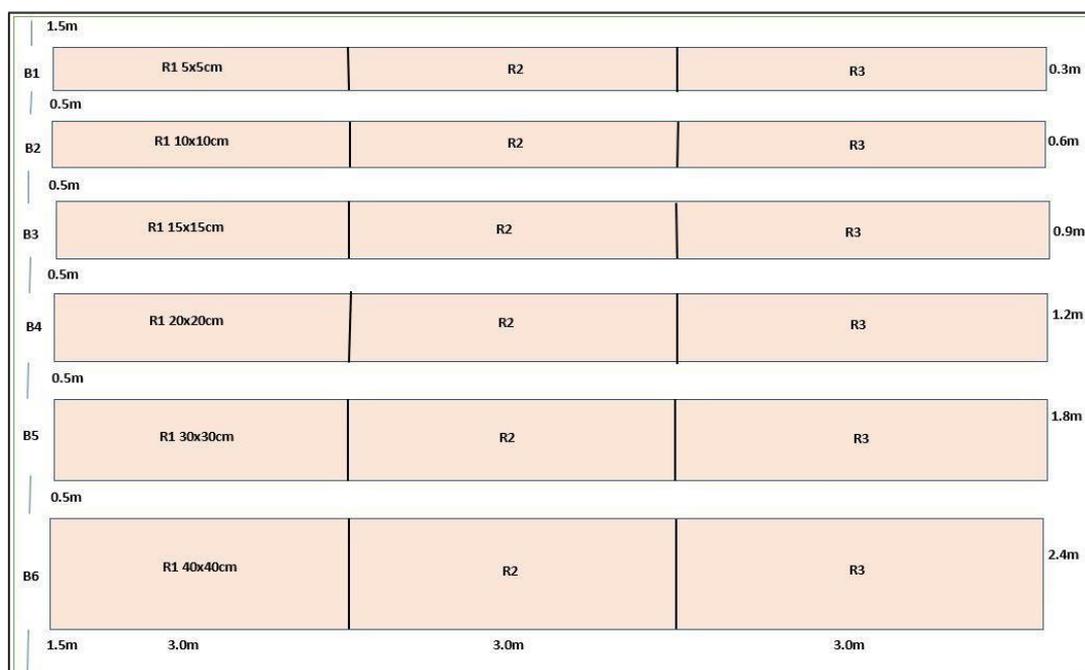


Fig. 1. Sketch of the planting sites of *Salicornia neei* depending on the spacings

nitroperchloric digestion [11] and total nitrogen by micro Kjeldahl method, in addition to mineral matter, total protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, non-nitrogen extract, total fiber and ethereal extract, according to Official Methods of Analysis [12].

2.4 Statistical Analysis

The data obtained were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and means compared by Tukey test at 5% probability, using the GLM (General Linear Model) procedure and regression analysis using SAS® 2002 [13].

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of bromatological analysis and production of *Salicornia neei* are shown in Table 1, showing significant difference ($P < 0.05$) due to plant spacing.

It can be seen from Table 1 and Fig. 2 that the Green Matter Weight (GMW) presented a quadratic regressive effect, with its peak in the 10x10 cm (46,816.0 kg/ha) spacing with R^2 of 0.6329 and the lowest average in the 40x40 cm spacing (11,638.3 kg/ha). Therefore, a reduction of 75% in GMW is observed as the spacing between plants increased.

Alves [14] in a field experiment with plant spacing of 40x40 cm in cultivation of saline effluent irrigated *Sarcocornia ambigua* found a fresh biomass yield after 24 weeks of 12,540.0 kg/ha, similar to the lowest value found in this experiment (11,638.3 kg/ha), in the same spacing.

On the other hand, Dry Matter Weight (DMW), according to Table 1 and Fig. 3, presented quadratic regressive effect in the 5x5 cm (9,356.0 kg/ha), 10x10 cm (9,400.0 kg/ha) and 15x15 cm (9,353.0 kg/ha) spacing with R^2 of 0.8963 and the lowest averages were presented in the 30x30 cm (5,731.0 kg/ha) and 40x40 cm (5,412.0 kg/ha) spacing. Thus, there was a 42% reduction in DMW as plant spacing increased.

These results for Green Matter Weight and Dry Matter Weight may have been due to the intraspecific competition for water, light and nutrients among plants, established by the management of spacing / population density.

Debez et al. [15] in cultivation of the halophyte *Batis maritima* had yield of 17 t/ha of dry mass. These results are inferior to the dry mass productivity obtained in this research.

Figueiredo, C. F. V. de. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei*...

According to Priesnitz et al. [16], working with pearl millet (*Pennisetum glaucum*) biomass productivity, they observed that biomass production decreased due to the increase in line spacing. The spacing of 20 cm between lines showed, on average, the highest production of green mass and dry mass in the pasty grain stage, with 50.84 t/ha and 17.60 t/ha respectively. There was significant interaction between cultivar and spacing factors for dry matter production at physiological maturation.

Table 1 and Fig. 4 show the results of Mineral Matter (MM), Total Protein (PT), Acid Detergent Fiber (ADF), Neutral Detergent Fiber (NDF), Total Fiber (FT) and Ethereal Extract (EE).

It is noticed that the values for MM presented superior quadratic regressive effect in the 20x20 cm (37.61%) and 30x30 cm (36.29%) spacings and lower in the 10x10 cm (18.33%) spacing. For PT the quadratic regressive effect presented the highest value in the 15x15 cm spacing (19.31%) and the lowest value in the 20x20 cm spacing (13.05%). The ADF presented quadratic regressive effect whose best results were in the 5x5 cm (29.40%) and 15x15 cm (30.50%) spacing and the least favourable result in the 20x20 cm (13.24%) spacing. For NDF the 15x15 cm spacing (38.50%) was the best and the 20x20 cm spacing (19.20%) was the one that presented unsatisfactory results in the quadratic regressive effect. FT presented linear regressive

Table 1. Results of bromatological analysis (%) and production (kg/ha) of *Salicornia neei* in different crop spacing. Averages of three repetitions

Determination_	Spacing between plants and rows, cm					
	5x5	10x10	15x15	20x20	30x30	40x40
GMW, kg/ha	29.742,0c	46.816,0a	36.050,8b	12.761,0d	11.670,0e	11.638,3f
DMW, kg/ha	9.356,0a	9.400,0a	9.353,0a	8.834,0b	5.731,0c	5.412,0c
MM, %	21,33b	18,33d	21,12b	37,61a	36,29a	19,14c
NT, %	2,38d	2,68b	3,09a	2,08e	2,31d	2,42c
PT, %	14,87d	16,75b	19,31a	13,05e	14,48d	15,12c
ADF, %	29,40a	27,78b	30,50a	13,24d	14,12c	14,35c
NDF, %	35,16b	36,20b	38,15a	19,20d	20,35c	21,12c
FT, %	24,61b	25,34a	26,71a	12,14d	13,21c	12,30d
EE, %	1,76b	1,81a	1,91a	0,95d	0,92d	1,02c
Na, %	1,6d	4,2c	1,0e	15,5a	14,5a	5,09b
K, %	1,9c	1,5d	0,9f	2,30b	3,00a	1,32e
Ca, %	0,8c	0,7d	0,8c	1,5b	1,7b	4,18a
Mg, %	1,4c	1,5c	1,5c	2,1b	2,4b	3,90a

Different letters in the line differ from each other by Tukey's test at 5% probability; Where: GMW = green matter weight; DMW = dry matter weight; MM = mineral matter; NT = total nitrogen; PT = total protein; ADF = acid detergent fiber; NDF = neutral detergent fiber; FT = total fiber; EE = ethereal extract; Na = sodium; K = potassium; Ca = calcium; Mg = magnesium; Source: Plant, Feed and Water Analysis Laboratory-LAPRA, Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil (2019)

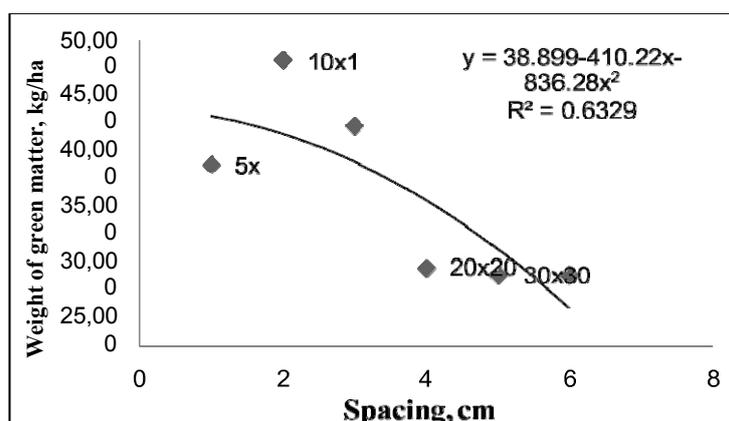


Fig. 2. Log-normal regression between weight of green matter averages (kg/ha) of *Salicornia neei* as a function of spacing, after six months of cultivation

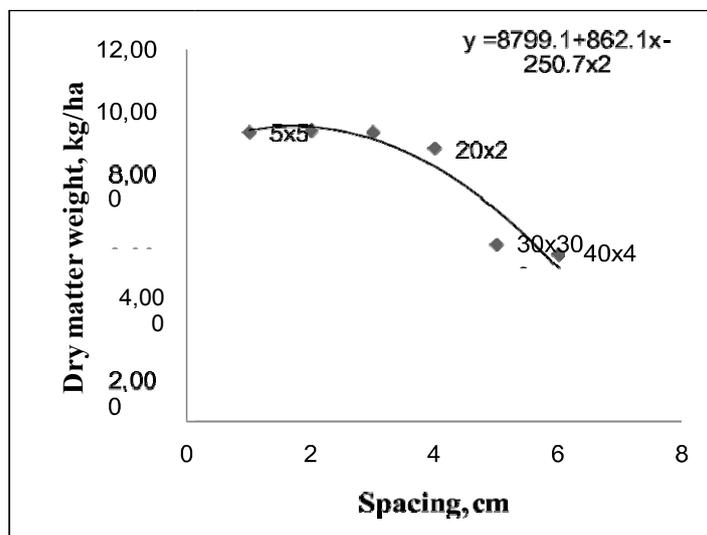


Fig. 3. Log-normal regression between dry matter weight averages (kg/ha) of *Salicornia neei* as a function of spacing, after six months of cultivation

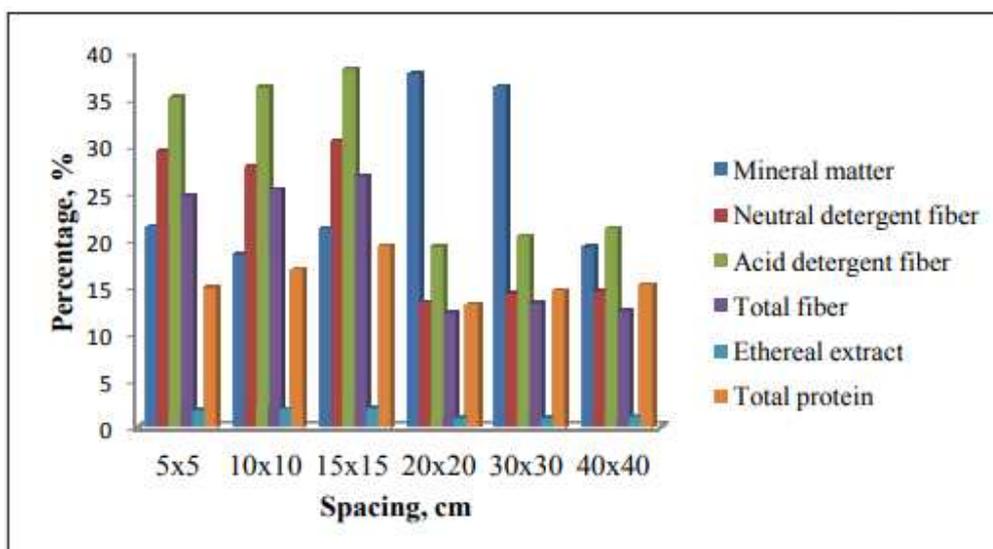


Fig. 4. Mineral Matter (MM), Total Protein (PT), Acid Detergent Fiber (ADF), Neutral Detergent Fiber (NDF), Total Fiber (FT) and Extract Ethereal (EE) of *Salicornia neei* depending on spacings, after six months cultivation

effect and the 10x10 cm (25.34%) and 15x15 cm (26.71%) spacing presented satisfactory results, *Salicornia ramosissima* found total protein (PT) values of 8.10%, 6.90% and being more efficient in the 10x10 and 15x15 cm (1.91%) spacing cm (1.81%) than in the 20x20cm (0.95) and 30x30 cm (0.92) spacing.

Barreira et al. [17] working with *Salicornia erennis alpini*, *Sarcocornia perennis perennis* and *Salicornia ramosissima* found total protein (PT) values of 8.10%, 6.90%,

5.20% respectively, and the 40x40 cm spacing (12.30) was less indicated. EE presented linear regressive effect and for neutral detergent fiber 34.1% and 22.5%, well below (NDF) 20.8%, those of this experiment.

Table 1 and Fig. 5 show the results of Total Nitrogen (NT), Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca) and Magnesium (Mg).

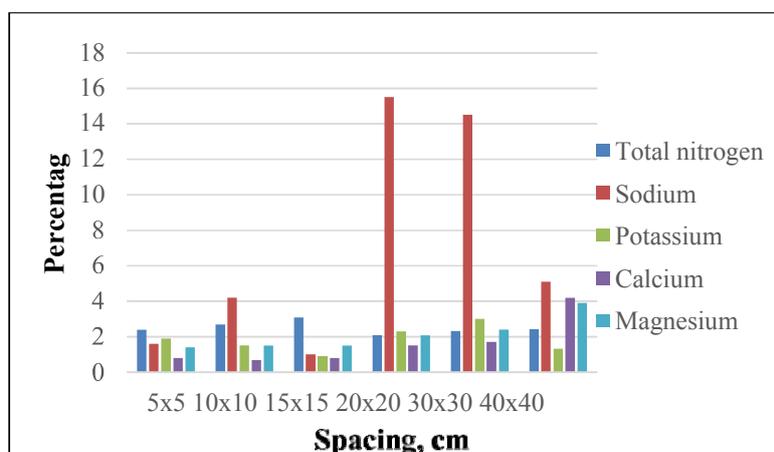


Fig. 5. Results of Total Nitrogen (NT), Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) of *Salicornia neei* as a function of spacings, after six months of cultivation

NT presented the most significant value in the 15x15 cm spacing (3.09%) and the lowest value in the 20x20 cm spacing (2.08%). For Na the 20x20 cm (15.5%) and 30x30 cm (14.5%) spacing were the best results and the 15x15 cm spacing (1.0%) the lowest result. The 30x30 cm spacing (3.0%) presented the highest K content and the 15x15 cm spacing (0.9%) presented the lowest content. For Ca the highest value was found in the 40x40 cm spacing (4.18%) and the lowest value was in the 10x10 cm spacing (0.7%). Mg content was higher in the 40x40 cm spacing (3.90%) and lower in the 5x5 cm (1.4%), 10x10 cm (1.5%) and 15x15 cm (1.50%) spacing.

Barreira et al. [17] working with *Salicornia perennis alpini*, *Sarcocornia perennis perennis* and *Salicornia ramosissima* found values for Na equal to 6.43%, 6.41% and 8.99%, for K equal to 1.03%, 1.39% and 0.89%, for Ca equal to 0.26%, 0.23% and 0.49%, for Mg equal to 0.70%, 0.67% and 0.94%, respectively.

Julião [18] found Na (18.19 g / 100 g), K (1.06 g / 100 g) and Ca (0.27 g / 100 g) content in the evaluation of the potential of *Salicornia ramosissima* (halophyte) for use in fresh or powdered salads (green salt).

4. CONCLUSION

According to the results obtained, it can be concluded that the development and productivity of *Salicornia neei* was influenced by the cultivation spacing, where most bromatological determinations presented more efficient values

in the 15x15 cm spacing: dry matter weight- DMW (9,353.0 kg/ha); total nitrogen-NT (3.09%); total protein-PT (19.31%); acid detergent fiber- ADF (30.50%); neutral detergent fiber-NDF (38.15%); total fiber-FT (26.71%) and Ethereal Extract-EE (1.91%). Regarding the phytoextraction by *Salicornia neei*, the most efficient spacing were 20x20 cm for sodium-Na (15.5%); 30x30 cm for potassium-K (3.00%) and 40x40 cm for calcium-Ca (4.18%) and magnesium -Mg (3.90%).

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are grateful to the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the master's scholarship, to the Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE) for the research aid, to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the physical space, to the Consortium Universitas for the research aid and to the Analytical Chemistry Laboratory of Catholic University of Pernambuco for the support in the experiments.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

1. Ribeiro PHP, Hans Raj Gheyi HR, Uyeda CA, Teixeira MB. Growth rate and production of sunflower irrigated with

Figueiredo, C. F. V. de. Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia neei*...

- saline water under nitrogen doses. Irriga, 2016;1(1):233-247.
2. Akinshina N, Azizov A, Karasyova T, Klose E. On the issue of halophytes as energy plants in saline environment. Biomass and Bioenergy. 2016;91:306-311.
 3. Gunning D. Cultivating *Salicornia europaea* (marsh samphire). Dublin, Ireland: Irish Sea Fisheries Board; 2016.
 4. Marasco R, Mapelli F, Rolli E, Mosqueira MJ, Fusi M, Bariselli P, Reddy M, Cherif A, Tsiamis G, Borin S, Daffonchio D. *Salicornia strobilacea* (Synonym of *Halocnemum strobilaceum*) grown under different tidal regimes selects rhizosphere bacteria capable of promoting plant growth. Frontiers in Microbiology. 2016;7: 1286. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01286
 5. Patel S. *Salicornia*: Evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. Biotech. 2016; 6(1):1-10.
 6. Alves PR, Lucena EMP, Bonilla OH, Costa CSB. Phenology of *Salicornia neei* Lag. cultivated in the semi-arid Ceará. Brazilian Journal of Physical Geography. 2019; 12(2):489-504.
 7. Costa CSB, Chaves FC, Rombaldi CV, Souza CR. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) Alonso MA, Crespo MB: A halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. South African Journal of Botany. 2018;117:95-100.
 8. Doncato KB, Costa CSB. Growth and mineral composition of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. Experimental Agriculture, Cambridge. 2018;54(3):399-416.
 9. TROPICOS. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden; 2019. Available:<http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?name id=7200300>. (Acesso em: 30 nov. 2019)
 10. Silva KAV, Oliveira JP, Gomes EWF, Fernandes JG, Messias AS. Use of the *Salicornia ramosissima* for the phytoextraction of minerals from the desalinizer reject. Bio Medical - Journal of Scientific & Technical Research. 2019; 21(3):15943-15946.
 11. EMBRAPA. Brazilian Agricultural Research Company. Manual methods of soil analysis. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011;230.
 12. AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 18. Ed.; 2007.
 13. Ramon CL, Walter WS, Rudolf JF. SAS for Linear Models. SAS Institute, 4. ed.; 2002; 492.
 14. Alves PR. Cultivation of *Ambiguous Sarcocornia* (Michx.) Alonso MA, Crespo MB. irrigated with saline effluent. Dissertation (Master's degree). State University of Ceará. Center for Science and Technology. Fortaleza, Ceará, Brazil. 2016;43.
 15. Debez A, Saadaoui D, Slama I, Huchzermeyer B, Abdelly C. Responses of *Batis 315 maritima* plants challenged with up to two-fold seawater NaCl salinity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2010;173:291-299.
 16. Priesnitz R, Costa ACT, Jandrey PE, Fréz JRS, Duarte Júnior JB, Oliveira PSR. Space between the lines in the productivity of biomass and grains in genotypes of pearl millet. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. 2011;32(2): 485-494.
 17. Barreira L, Resek E, Rodrigues MJ, Rocha MI, Pereira H, Bandarra N, Silva MM, Varela J, Custódio L. Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? Journal of Food Composition and Analysis. 2017;59:35-42.
 18. Julião MRA. Evaluation of the potential of *Salicornia ramosissima* for fresh salads or powder (green salt). University of Algarve Master's Thesis in Food Technology. Portugal. 2013;208.

© 2019 Figueiredo et al.; This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Peer-review history:

The peer review history for this paper can be accessed here:

<http://www.sdiarticle4.com/review-history/54298>

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados com a *Salicornia neei* demonstraram a sua capacidade de adsorção dos sais oriundos do rejeito de dessalinizador colaborando com a redução do impacto ambiental causado pela deposição dos rejeitos na superfície do solo.

Verificou-se, também, que o plantio das mudas foi fortemente influenciado pelos espaçamentos entre plantas e fileiras, em relação ao seu desenvolvimento, produtividade e absorção de elementos químicos.

Recomenda-se a condução de experimentos onde a parte microbiológica seja levada em consideração, bem como a produção de extrato com a *Salicornia neei* para controle de doenças em culturas onde as aplicações de agrotóxicos são numerosas.

Entender melhor a interação entre a aquicultura e o cultivo de *Salicornia* também é outra linha de trabalho que pode aumentar a eficiência da redução do impacto ambiental, além de gerar renda para famílias que residem no semiárido pernambucano.

Assim, recomenda-se novos experimentos sobre adubação, fertilização, maior período de tempo de condução experimental, e, principalmente, caracterização das enzimas que podem influenciar a competição intraespecífica, a fim de aumentar a bibliografia sobre a *Salicornia neei* para uso gourmet e na agricultura.