



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

KARLA ALESSANDRA VILLELA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia ramosissima*
SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E À PRESENÇA
DE MICORRIZA ARBUSCULAR**

Recife

2019

KARLA ALESSANDRA VILLELA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia ramosissima*
SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E À PRESENÇA
DE MICORRIZA ARBUSCULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco como 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. José de Paula Oliveira (IPA)

**Recife
2019**

Silva, K.A.V. da.

Avaliação do desenvolvimento da *Salicornia ramosissima* submetida à irrigação com água salina e à presença de micorriza arbuscular, 2019.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2019. 51 páginas.

1. Plantas halófitas. 2.Cultivo. 3.Solos salinos. 4.*Claroideoglobus etunicatum*. 5.Rejeito de dessalinizadores. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Centro de Ciências e Tecnologia.

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA *Salicornia ramosissima*
SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E À PRESENÇA
DE MICORRIZA ARBUSCULAR**

Karla Alessandra Villela da Silva

Examinadores:

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

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

Prof. Dr. Eric Xavier de Carvalho
Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA

Dedicatória

A Deus, aos meus pais, irmão, esposo, amigos e aos orientadores pelo apoio, força, companheirismo e amizade, pois sempre incentivaram a perseguir meu ideal.

Posso ter defeitos, viver ansioso e ficar irritado algumas
vezes. Mas não esqueço de que minha vida
é a maior empresa do mundo...

E que posso evitar que ela vá à falência.
Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver
apesar de todos os desafios, incompreensões e
períodos de crise.

Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e
se tornar um autor da própria história...
É atravessar desertos fora de si, mas ser capaz de
encontrar
um oásis no recôndito da sua alma...

É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.
Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos.
É saber falar de si mesmo.
É ter coragem para ouvir um "Não"!!!
É ter segurança para receber uma crítica,
mesmo que injusta...

Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou construir um castelo...

(Augusto Cury)

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, por tudo que realizou em minha vida e por guiar meus caminhos.

Aos meus pais, Andreia Carla Vilela da Silva e Luiz Carlos da Silva, que desde o princípio acompanharam minha jornada, sempre me apoiando e incentivando em todas as circunstâncias da minha vida; assim como todos os parentes que fizeram parte da minha trajetória. Amo vocês.

Ao meu irmão, Erick Vilela, pelo apoio, disponibilidade, companheirismo, zelo e amizade, e por acreditar tanto em mim.

Ao meu esposo, Diego Pontes, por ter caminhado ao meu lado, pela sua paciência, compreensão e ajuda, especialmente por se apresentar sempre sorrindo quando sacrificava os dias, fins-de-semana e os feriados em prol da realização deste estudo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Arminda Saconi Messias, a quem tenho profunda admiração, pela confiança depositada, orientação, pelo constante incentivo e apoio para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. José de Paula Oliveira, pela sua disponibilidade, incentivo e apoio.

Às coordenadoras do curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, Prof^a Dr^a Clarissa Dayse da Costa Albuquerque e Prof^a Dr^a Galba Maria de Campos Takaki.

Aos técnicos de laboratório e funcionários do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, pela paciência e ajuda conferida na realização dos experimentos.

Às minhas amigas (Amanda Simas, Camila Amorim, Daniele Souza, Jimene Tavares e Luciana Maciel) que me incentivaram e participaram de mais uma etapa da minha vida.

Aos professores e amigos da 13^a turma do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, pela convivência e amizade; em especial, Juliana Martins e Rafaela Santos que juntas compartilhamos diversos momentos.

Ao CNPq, à FACEPE, à CAPES, ao IPA e à UNICAP pelo apoio financeiro e estrutura física para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMENTOS | vi |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | x |
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPÍTULO I | 13 |
| 1.1 Introdução | 14 |
| 1.2 Objetivos | 15 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 15 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 15 |
| 1.3 Revisão de Literatura | 16 |
| 1.3.1 Efeito da salinidade sobre os solos | 16 |
| 1.3.2 Classificação de plantas quanto à tolerância aos sais | 17 |
| 1.3.3 Características gerais da <i>salicornia</i> | 18 |
| 1.3.4 Caracterização da espécie estudada | 20 |
| 1.3.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) | 21 |
| REFERÊNCIAS | 24 |
| CAPÍTULO II | 31 |
| ABSTRACT | 32 |
| 1.INTRODUCTION | 33 |
| 2.METHODOLOGY | 34 |
| 3.RESULT AND DISCUSSION | 35 |
| CONCLUSION | 38 |
| ACKNOWLEDGEMENTS | 38 |
| REFERENCES | 39 |
| CAPÍTULO III | 41 |
| SUMMARY | 42 |
| 1. INTRODUCTION | 43 |
| 2. METHODOLOGY | 43 |
| 3. RESULTS AND DISCUSSION | 45 |
| CONCLUSION | 47 |
| THANKS | 48 |
| REFERENCES | 48 |
| CAPÍTULO IV | 50 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 51 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| Figura 1 - <i>Salicornia ramosissima</i> | 21 |
|---|----|

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figure 1 - Effect of saline irrigation (AG - water); RE (Reject); S1 (Reject + 1 NaCl); S2 (Reject + 2 NaCl) and S3 (Reject + 3NaCl) on the mycorrhizal colonization (MC) of <i>Salicornia ramosíssima</i> | 37 |
| Figure 2 - Relationship between the presence and absence of <i>Claroideoglo mus etunicatum</i> (A) and Nutritive Solution (B) for the growth of <i>Salicornia</i> | 37 |
| Figure 3 - Height of <i>Salicornia ramosissima</i> irrigated with AG (water), RE (Reject), S1 (Reject + 1NaCl), S2 (Reject + 2 NaCl) and S3 (Reject + 3 NaCl). | 37 |
| Figure 4 - <i>Salicornia</i> height (A) and Mycorrhizal colonization (B) in the autoclaved and non-autoclaved soil | 38 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Figure 1 - Average absorption of chemical elements (Ca, Mg, K, Na, N) in relation to the treatments used | 45 |
| Figure 2 - Nutritional Analysis of <i>Salicornia ramosissima</i> | 46 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Classificação taxonômica da <i>Salicornia</i> | 20 |
|--|----|

RESUMO

As plantas do gênero *Salicornia* são utilizadas pelos humanos desde a antiguidade, quer como alimento, quer na medicina tradicional. Essas plantas são responsáveis por atividades biológicas, tais como antioxidantes, anti-hiperlipidêmica, anti-hiperglicêmica, antiproliferativa, antifúngica, antibacteriana e moduladora do sistema imunitário. Contudo, a espécie *Salicornia ramosissima* pouco se conhece. Este projeto objetivou avaliar o efeito da associação de fungos micorrízicos arbusculares – FMA oriundos do Banco de Esporos do Laboratório de Biologia do Solo do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA no desenvolvimento de *Salicornia ramosissima* submetida a cinco tratamentos: água, rejeito, rejeito mais uma dose de NaCl, rejeito mais duas doses de NaCl e rejeito mais três doses de NaCl. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, na sede do IPA, Recife, Pernambuco, em delineamento inteiramente casualizado, com solo autoclavado e não autoclavado, com e sem fungo micorrízico arbuscular. Quinzenalmente foi adicionado em cada vaso uma dose correspondente a 1,0 mL/ L de solo da solução completa de Hoagland & Arnon. Na condução do experimento foi utilizado vasos de polietileno com oito quilos de solo salino proveniente da Estação Experimental do IPA, município de São Bento do Una, Pernambuco. As regas diárias foram realizadas para complementação da água perdida por evapotranspiração, a fim de manter a umidade do solo. Ao final, os dados obtidos nas análises laboratoriais foram submetidos à análise estatística individual e conjunta, indicando que as doses intermediárias (Rejeito + 14 NaCl, Condutividade Elétrica (CE) = 13,744 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), no solo não autoclavado, na ausência de fungo e de solução nutritiva foram as mais adequadas para o desenvolvimento da *Salicornia*.

Palavras-chave: Plantas halófitas. *Salicornia*. Cultivo. Solos salinos. *Claroideoglopus etunicatum*. Rejeito de dessalinizadores.

ABSTRACT

Plants of the genus *Salicornia* have been used by humans since ancient times, both as food and in traditional medicine. These plants are responsible for biological activities, such as antioxidants, antihyperlipidemic, antihyperglycemic, antiproliferative, antifungal, antibacterial and modulating the immune system. However, the species *Salicornia ramosissima* is little known. This project aims to evaluate the effect of the association of arbuscular mycorrhizal fungi - FMA originating from the Bank of Spores of the Laboratory of Soil Biology - IPA in the development of *Salicornia sp.* submitted to five levels of salinity. The experiment will be conducted in conditions in vegetation house, at the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco. The plant in question is distributed on all continents and presents several utilities, being these medicinal properties, pharmacological, bioactive compounds, and even a nutritional benefit as a gourmet. Its adaptation to saline environments allows cost reduction to neutralize the salinity problem associated to FMA. In the production of vegetable seedlings, polyethylene vase with eight liters of soil should be used from the IPA Experimental Station, in the city of São Bento do Una, Pernambuco. The daily waterings will be with saline water to complement the water lost by evapotranspiration in order to maintain soil moisture. At the end, the data obtained in the laboratory analyzes were submitted to the individual and joint statistical analysis, indicating that the intermediate doses (Reject + 14 NaCl, Electrical Conductivity (EC) = 13,744 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), in the non-autoclaved soil, in the absence of fungus and nutrient solution were the most adequate for the development of *Salicornia*.

Keywords: Halophytic plants. Cultivation. Saline soils. *Claroideoglossum etunicatum*. Rejection of desalinizers.

CAPÍTULO I

1.1 Introdução

A salinidade do solo tornou-se um grave problema de degradação das terras e está aumentando de forma constante em muitas partes do mundo, particularmente em zonas áridas e semiáridas. Dentre os principais fatores naturais que contribuem para essa salinização encontram-se: meteorização das rochas, deposição de sais oceânicos, fator topográfico e flutuação das águas subterrâneas (SAXENA et al., 2017).

A problemática dos recursos hídricos é uma das mais importantes para o Nordeste brasileiro, pois se compreende que a água é utilizada na agricultura de sequeiro, de vazante ou de irrigação (DE SOUZA et al., 2016). Diante disso, produtores são obrigados a utilizarem águas com altas concentrações de sais; porém, devido ao manejo adequado de água e das práticas de cultivo, várias espécies conseguem ser produzidas e comercializadas quando irrigadas com águas salinas, garantindo, também, a produção de alimentos (RIBEIRO et al., 2016).

É importante saber que plantas halófitas, tolerantes à salinidade, podem trazer bastante benefícios para as comunidades rurais tais como: controlar a salinidade, melhorar as terras salinas e melhorar a subsistência; além disso, não existe qualquer competição pelo uso da terra ou água entre atitudes convencionais lucrativas e plantas tolerantes ao alto teor de sais (AKINSHINA et al., 2016; GUNNING, 2016).

Um exemplo de plantas halófitas, são as espécies do gênero *Salicornia* e *Sarcocornia* (subfamília *Chenopodiaceae*; família *Salicornioideae*), que estão entre as mais tolerantes ao sal, ocorrendo, frequentemente, em áreas salinas associadas às linhas costeiras, várzeas de maré e lagos salgados. Estão distribuídas mundialmente e encontradas em todos os continentes, com exceção da Antártida (MARASCO et al., 2016; PATEL, 2016).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos que estão em toda parte do solo construindo associações simbióticas com a maioria das plantas superiores. Estabelecem uma ligação física direta entre o solo e as raízes das plantas e constituem um componente integral dos ecossistemas naturais e dos ambientes salinos onde predominam (SAXENA et al., 2017).

Os fungos micorrízicos arbusculares podem aumentar o crescimento de plantas, a fotossíntese, o metabolismo de armazenamento de nutrientes, os compostos químicos benéficos e diminuir as doenças das plantas no solo pela inibição do patógeno fúngico (SINEGANI; MASOMEH, 2017).

Assim, o uso de FMA em *Salicornia* pode beneficiá-la nutricional e energeticamente, pela melhor adaptação ao cultivo em áreas salinizadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Determinar o efeito da associação de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de *Salicornia ramosissima* submetida a níveis diferentes de salinidade.

1.2.2 Objetivos específicos

- Testar a resposta da inoculação de fungos micorrízicos em *Salicornia ramosissima* em condições de casa de vegetação, com solo autoclavado e não autoclavado, submetido a níveis diferentes de salinidade;
- Quantificar a porcentagem de colonização micorrízica nas raízes da variedade testada de *Salicornia*;
- Avaliar o rendimento de produção da *Salicornia ramosissima*;
- Analisar a capacidade absorviva de minerais pela *Salicornia ramosissima*.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 Efeito da salinidade sobre os solos

De acordo com Major de Sales (2012) e Ribeiro (2010) citados por Pedrotti et al. (2015), os solos afetados por sais, também conhecidos por solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são solos desenvolvidos em condições imperfeitas de drenagem, que se caracterizam pela presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes próximos à superfície. Quando a concentração de sais se eleva ao ponto de prejudicar o rendimento econômico das culturas, diz-se que tal solo está salinizado. O acúmulo de sais no perfil do solo provocado pela irrigação com água de salinidade elevada e outras práticas realizadas na agricultura, como a aplicação excessiva de fertilizantes minerais de elevado índice salino, torna-se um risco para a produção agrícola em muitas áreas irrigadas do mundo. Esses riscos são potencialmente mais agressivos, tanto pela carência de pluviosidade como pela distribuição irregular das chuvas e deficiência de drenagem dos solos para lixiviação dos sais acumulados nas camadas superficiais para as mais profundas, como é o caso da maioria dos solos da região semiárida do Nordeste brasileiro (RESENDE et al., 2014; SILVA et al., 2013; GABRIEL et al., 2012; FENG et al., 2005 citados por DE LUNA SOUTO et al., 2016).

O problema de salinização do solo e escassez de água superficial vem crescendo em todo o mundo onde estimativas apontam que 300 milhões de poços foram perfurados no mundo, nas últimas três décadas e, praticamente, todos os países desenvolvidos, ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades (NEVES et al., 2017).

A precipitação pluviométrica limitada nessas regiões, associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, drenagem deficiente e a utilização de água de má qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais, havendo necessidade em se definir de forma específica níveis de salinidade e sodicidade que atenda satisfatoriamente a todas as situações agrônomicas. Diferentes estratégias são adotadas para recuperação de áreas que apresentam elevadas concentração de sais, tais como: uso de plantas extratoras, uso de corretivos como o gesso agrícola, uso de técnicas para melhorar a drenagem do solo etc. Em geral, os resultados mais satisfatórios, ou mais eficientes, são alcançados quando são aplicadas técnicas combinadas de recuperação de tais áreas (HOLANDA et al., 2007; RIBEIRO, 2003 citados por PEDROTTI et al. 2015).

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; FERNANDES et al., 2010). Porém, para melhoria dessas águas, tem-se utilizado processo de dessalinização por osmose reversa, a qual por um processo de filtração físico-químico, dessaliniza parte da água, separando-a dos sais. 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; DOS SANTOS, 2011).

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 et al., 2018).

1.3.2 Classificação de plantas quanto à tolerância aos sais

As plantas superiores podem ser classificadas basicamente em dois tipos: halófitas, plantas que se desenvolvem naturalmente em solos com elevadas concentrações salinas; e glicófitas, aquelas que não são capazes de crescer e se desenvolver em elevadas concentrações salinas (NAIDU, 2003). A espécie halófita tem sido estudada principalmente no âmbito de tolerância à salinidade do solo; no entanto, pela característica de adaptação a ambientes de clima árido e semiárido, faz-se necessário avaliar, também, o desempenho dessa espécie quanto à tolerância a baixos teores de água no solo (MONTENEGRO, 2004).

No trabalho de Buhmann et al. (2015) foi constatado que as halófitas, também, possuem potencial de serem utilizadas para produtos farmacêuticos, alimentos funcionais, além de práticas de manejo adequadas para aproveitar as áreas de solos salinos e o rejeito de dessalinizadores. Como visto, esse tipo de planta possui um uso muito diversificado, que vai desde a recuperação de áreas degradadas, poluição de biomassa, alimentação de gados ou alimentação humana.

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 *Scirpusmaritimus* var. *compactus*, *Juncusmaritimus*, *Salsolavermiculata*, *Hordeummarinum*; **Halófitas de subsistência** que toleram sais como *Phragmitesaustralis*, *Juncusacutus*, *Cotulacoronopifolia*, *Beta vulgaresubsp. Maritima*, entre outras (COSTA; HERRERA, 2016).

1.3.3 Características 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 *Chenopodiaceae* 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. ramosíssima*, *S. maritima*; *S. rubra* e *S. bigelovi* (LUTTS; LEFEVRE, 2015; BURBOA et al., 2017).

A *Salicornia* geralmente presente nas áreas de pântano mais salinos, com alto teor de sal, é formada por 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 (WITTE 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).

Diante dos estudos, as espécies do gênero *Salicornia* vem sendo bastante valorizadas pelas suas propriedades medicinais, farmacológicas, compostos bioativos, e até mesmo pelo seu potencial alimentar, sendo introduzida como um produto "gourmet" principalmente na Europa, pois são ricas em sal, conseguindo substituir este elemento na alimentação; também apresentam um elevado valor nutricional. No trabalho de Ventura et al. (2011) foi destacado que a *Salicornia* foi introduzida como uma cultura de legumes frescos que prospera em condições extremas de sal. O crescente interesse no cultivo de culturas sob condições salinas levou à redescoberta dos potenciais de várias espécies de plantas halófitas promissoras para serem cultivadas como vegetais folhosos (VENTURA; SAGI, 2013).

Nos estudos realizados na Província de Guaya, no Equador, por Deepa et al. (2014), Patel (2016) e Rondón et al. (2017), revelaram para a espécie *Salicornia fruticosa*, 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 halófita 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 como leguminosa devido ao seu conteúdo nutricional ser rico em sódio, potássio, magnésio e proteína.

Em estudos de Mroczek (2015) e Wang et al. (2012), 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 identificadas 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 (D'OCA, 2012; AL-RASHED et al., 2016).

Ainda de acordo com Ventura e Sagi (2013), as cultivares *Salicornia* e *Sarcocornia*, em solo irrigado com água do mar, pode contribuir para a produção agrícola sustentável, onde os efeitos benéficos da irrigação salina sobre os parâmetros de qualidade através do aumento dos metabólitos secundários introduzidos pelo estresse, com capacidade antioxidante, devem ser considerados durante o cultivo.

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, 2017).

Na Tabela 1 encontra-se a classificação taxonômica da *Salicornia*.

Tabela 1 - Classificação taxonômica da *Salicornia*

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Reino | Plantae |
| Sub-reino | Tracheobionta |
| Subdivisão | Spermatophyta |
| Divisão | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Subclasse | <i>Caryophyllales</i> |
| Família | Chenopodiaceae |
| Gênero | <i>Salicornia</i> |

Fonte: Julião (2013).

1.3.4 Caracterização da espécie estudada

Salicornia ramosissima (Figura 1) é uma halófito anual, pertencente à família Chenopodiaceae, desenvolve-se, preferencialmente, no litoral costeiro, em pântanos, em outros lugares com hipersalinidade ou salinas temporariamente alagadas (LOPES et al., 2017).

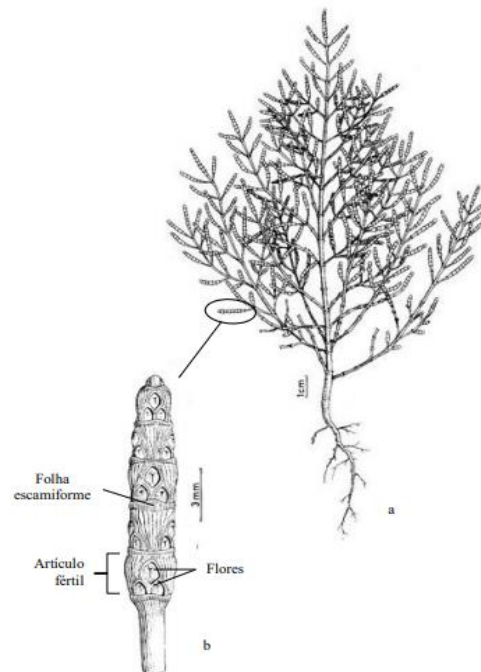
Apresenta caule ereto, podendo atingir 40 cm ou prostrado, é simples e/ou bastante ramificado, segmentado por articulações e sem folhas aparentes, exibe inflorescência parecida com espigas com duas ou três flores em cada segmento; cresce em áreas poluídas; pode acumular concentrações relativas de metais pesados, particularmente nas raízes; é considerada uma fonte de vitamina A e de compostos antioxidantes (AMEIXA et al., 2016).

Uma vez que a *Salicornia ramosissima* 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 fotoprotetora aos raios UV, relacionada com o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante da mesma (HUPEL et al., 2011).

O crescimento da *Salicornia ramosissima* é influenciado pela salinidade do meio. Um estudo realizado por Silva et al. (1999) comprova que esta halófito apresenta um crescimento ótimo a salinidades baixas ou moderadas, em vez de

salinidades elevadas, pelo que é considerada uma halófita não obrigatória (ISCA et al., 2013).

Figura 1- *Salicornia ramosissima*



Fonte: Isca (2013).

1.3.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são endossimbiontes obrigatórios que vivem dentro das raízes das plantas vasculares em ambientes terrestres. Fora das raízes, eles formam hifas que vão além dos limites das raízes melhorando a aquisição de água e nutrientes inorgânicos do solo. Os principais benefícios das micorrizas para a planta hospedeira envolvem uma melhor nutrição, mas nem todas as plantas dependem dessa associação (PARNISKE, 2008; SMITH; READ, 2008; JAROS, 2007 citados por MARINS; CARRENHO, 2017).

Entre os diversos tipos de micorrizas existentes, as micorrizas arbusculares, também chamadas de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ou endomicorrizas, são o grupo mais estudado pelos pesquisadores em biologia do solo. Os FMA são simbiotróficos obrigatórios, ou seja, não são capazes de completar seu ciclo de vida, sem estarem associados com um hospedeiro metabolicamente ativo. Atualmente

pertencem ao filo Glomeromycota, subfilo monofilético Glomeromycotina classe Glomeromycetes, ordem Glomerales, estando distribuídos em quatro ordens (Archaeosporales, Diversisporales, Glomerales e Paraglomerales), 11 famílias, 19 gêneros e possuem cerca de 273 espécies reconhecidas (SPATAFORA et al., 2016; REDECKER et al., 2013).

Esta simbiose entre plantas e fungos micorrízicos arbusculares originou-se há cerca de 450 milhões de anos (CHAGNON et al., 2013) e é de grande relevância para a agricultura sustentável devido à sua capacidade de aumentar a produtividade, absorção de nutrientes, agregação de solo e proteção de plantas (SOSA-HERNANDEZ et al., 2018).

Os principais benefícios dessa relação simbiótica para as plantas são a ocorrência de alterações metabólicas diversas, com reflexos positivos sobre seu desenvolvimento e estado nutricional. Plantas micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, maior atividade enzimática e maior produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos). Ecologicamente, a micorrização possibilita melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta, por possibilitar às plantas melhor adaptação ao ecossistema, bem como a maior capacidade de adaptação de mudas transplantadas (SPATAFORA et al., 2016).

De acordo com De Souza et al. (2011) as hifas dos fungos micorrízicos são, em geral, muito mais eficientes na aquisição e no transporte de fósforo do solo até as raízes do que o sistema radicular das plantas, principalmente em condições de baixa disponibilidade, como é o caso da maioria dos solos brasileiros.

Riter Netto et al. (2014) também confirmaram o efeito benéfico dos fungos micorrízicos arbusculares nas mais variadas condições e espécies vegetais, na maioria dos casos, estimulando o crescimento vegetal como consequência do efeito sobre a nutrição da planta, principalmente no aumento da absorção de fósforo (P). Deve ser ressaltado que a importância dos FMA não se restringe somente em aumentar a capacidade de absorção de P, já tendo sido constatado experimentalmente em plantas cultivadas, devido à presença de FMA em suas raízes, um maior incremento na absorção de cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe) (LEHMANN; RILLIG, 2015).

Todavia, as espécies vegetais diferem quanto à capacidade de formar simbiose e de se beneficiarem dela, pelo crescimento das plantas serem predominantemente nutricionais, como também, em razão de características próprias das plantas e da

fertilidade do local onde estão sendo cultivadas. Dessa forma, não pode ser generalizado que plantas micorrizadas terão sempre um maior crescimento devido à presença de FMA em suas raízes (FERREIRA et al., 2015).

De fato, os FMA melhoram os processos fisiológicos e as atividades metabólicas gerais da planta e ajudam na mitigação da seca fisiológica, que é muitas vezes imposta sob condições salinas. Portanto, a aplicação do mesmo pode oferecer uma alternativa mais barata e econômica para neutralizar o problema da salinidade (SAXENA et al., 2017).

A colonização por FMA aumenta o transporte de soluto ativo como um mecanismo para continuar o fluxo de água através das raízes das plantas. As plantas micorrizadas são conhecidas por uma melhor absorção de potássio (K) sob estresse salino em comparação com as plantas não micorrizadas, contribuindo, assim, para uma maior condutividade hidráulica da raiz sob estresse salino (AUGÉ et al., 2014; SAXENA et al., 2017).

Pertencentes à divisão Glomeromycota, os Fungos Micorrízicos Arbusculares formam método simbiótico pelo meio da agregação com raízes de plantas, com suas hifas que se ramificam no interior da raiz, constituindo arbúsculos no interior das células do córtex, para facilitar as trocas entre os membros da simbiose (OLIVEIRA; ALIXANDRE, 2013).

Contudo, os FMAs além de serem considerados agente de crescimento também vêm sendo utilizados na recuperação de áreas degradadas, na descontaminação de solos com metais pesados e no controle de fitopatógenos (DE OLIVEIRA LOPES, 2018).

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.; EL-GAALY, G.A. 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.

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

AUGÉ, R. M.; HEATHER, D. T.; ARNOLD, M. S. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and osmotic adjustment in response to NaCl stress: a meta-analysis. **Plant Science**, v.5, p.562, 2014.

BUHMANN, A. K. WALLERB, B; WECKERC; PAPENBROCKA, J. Optimization of culturing conditions and selection of species for the use of halophytes as bio filter for nutrient-rich saline water. **Agricultural Water Management**, n.149, p.102-114, 2015.

BURBOA, C. E. B.; ARCE, M. E.; BIANCIOTTO, O.; AHUMADA, G. A. L.; VARGAS, J. M.; HERNÁNDEZ-MONTIEL, L. G.; ALMAZÁN, R. R. C. *Salicornia bigelovii* (TORR.): un sistema modelo para incorporarse como cultivo agrícola en zonas árido-desérticos. **Biotecnia**, v. 19, p. 46-50, 2017.

CAETANO, E. et al. 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.

CHAGNON, P.L.; BRADLEY, R.L.; MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J.N. A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 9, p. 484-491, 2013.

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), **Sabkha Ecosystems**, vol. V: the Americas. Berlin: Springer, p. 11-27, 2016.

DE LUNA SOUTO, A. G; CAVALCANTE, L.F.S.; LIMA NETO, A.J.; MESQUITA, F.O.; SANTOS, J.B. 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 OLIVEIRA LOPES, L. J. et al. Produção de propágulos micorrízicos em sorgo e/ou em braquiária. **Scientia Plena**, v. 14, n. 8, 2018.

DE SOUZA, E. S.; ANTONINO, A.C.D.; M. 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.

DE SOUZA, F. A. et al. Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae-gramíneas. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

DEEPA, S.; SRIPRIYA, S.N.; CHANDRASEKARAN, B. Studies on the phyto chemistry, spectroscopic characterization and antibacterial efficacy of *Salicornia brachiata*. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, p. 430-432, 2014.

D'OCA, M.G.M. Fatty acids composition in seeds of the South American glasswort *Sarcocornia ambigua*. **Academia Brasileira de Ciências**, v.84, n.3, p. 865-870, 2012.

DONCATO, K.B.; COSTA, C.S.B. Growth and mineral of two lineages of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. **Experimental Agriculture**, p.1-18. 2017.

DOS SANTOS, A.N. et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011.

FENG, X. Two new nor triterpenoid saponins from *Salicornia bigelovii* Torr. and their cytotoxic activity. **Fitoterapia**, v. 83, n.4, p.742-749, 2012.

FERNANDES, F.B.P. et al. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.

FERREIRA, G.M.R.; MELLONI, R.; SILVA, L.F.O.; MARTINS, F.B.; GONÇALVES, E.D. Fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de mudas de oliveira (*Olea europaea* L.) cultivadas no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 361-366, 2015.

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

HUPEL, M.; LECOINTRE, C.A.M.; POUPART, N.; GALL, E.A. Comparison of photo protective responses to UV radiation in the brown seaweed *Pelvetia canaliculata* and the marine angiosperm *Salicornia ramosissima*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, n. 401, p.36-47, 2011.

ISCA, V.M.S. ***Salicornia ramosissima* J. Woods**: estudo fitoquímico das partes aéreas. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Aveiro. 2013. 116p.

ISCA, V.M.S.; SECA, A.M.L.; PINTO, D.C.G.A.; SILVA, A.M.S. An overview of *Salicornia* genus: the phytochemical and pharmacological profile. **Natural Products – ResearchReviews**, Daya Publisher, Deli, 2013.

JULIÃO, M.R.A. **Avaliação do potencial da *Salicornia ramosissima* para saladas frescas ou em pó (sal verde)**. 2013. 208 p. Universidade do Algarve – Portugal (Tese de Doutorado).

KURMANBAYEVA, A.; BEKTUROVA, A.; SRIVASTAVA, S.; SOLTABAYEVA, A. et al. Higher novel L-Cys degradation activity results in lower organics and biomass in

Sarcocornia than the related saltwort, *Salicornia*. **Plant Physiology**, v. 175, n. 1, p. 272-289, 2017.

LEHMANN, A.; RILLIG, M.C. Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops—a meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 81, p. 147-158, 2015.

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.

MARASCO, R.; MAPELLI, F.; ROLLI, E.; MOSQUEIRA, M.J. et al. *Salicornia strobilacea* (Synonym of *Halocnemumstrobilaceum*) grown under different tidal regimes selects rhizosphere bacteria capable of promoting plant growth. **Frontiers in Microbiology**, n. 7, 2016.

MARINS, J.F. de; CARRENHO, R. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi in plants associated with aquatic environments. **Acta BotanicaBrasilica**. Belo Horizonte, v. 31, n. 2, p. 295-308, Jun. 2017.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no semi-árido. In: CABRAL, JSP; FERREIRA, J.P.C.L; MONTENEGRO, S.M.G.L; COSTA, W.D. **Água Subterrânea: Aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e reaproveitamento. Tópicos especiais em recursos hídricos**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, v. 4, p.447, 2004

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

NAIDU, B. P. Production of betaine from Australian *Melaleuca* spp. for use in agriculture to reduce plant stress. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 43, n. 9, p. 1163-1170, 2003.

NEVES, A.L.R.; ALVES, M.P.; LACERDA, C.F. de.; GHEYI, H.R. 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, fev. 2017.

OLIVEIRA, J.J.F.; ALIXANDRE, T.F. Parâmetros biométricos de mudas de sabiá micorrizadas sob níveis de fósforo em Latos solo Amarelo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 159-167, 2013.

PATEL, S. *Salicornia*: evalua ting the halophyt icextremophile as a foodand a pharmaceutical candidate. **Biotech**, v. 6, n.1, p.1-10, 2016.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**,v.19, n.2, p.1308-1324, 2015.

REDECKER, D.; SCHÜSSLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L.; MORTON, J.B.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

RIBEIRO, P.H.P.; HANS RAJ GHEYI, H.R.; UYEDA, C.A.; TEIXEIRA, M.B. 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.

RITER NETTO, A. F.; FREITAS M.S.M.; MARTINS, M.A.; CARVALHO, A.J.C.; VITORAZI FILHO, J.A. Total phenols in *Passiflora alata* Curtis inoculated with mycorrhizal fungi. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2014.

RONDÓN, M.; MONCAYO, S.; CORNEJO, X.; SANTOS, J.; VILLALTA, D.; SIGUENCIA, R.; DUCHE, J..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.

SAXENA, B.; KAMLESH, S.; BHOOPANDER, G. Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants. **Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants**. Springer Singapore, p. 67-97, 2017.

SILVA, H.; FREITAS, H.; CALDEIRA, G. Aspects of the population biology of *Salicornia ramosissima* from Aveiro Lagoon. **Journal of Biology**, n.17, p.193-202, 1999.

SINEGANI, A.A.S.; MASOMEH, E.Y. The occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soil and root of medicinal plants. **Bu-Ali Sina Garden in Hamadan**, Iran. v. 5, n. 20, p. 43-59, 2017.

SOSA-HERNANDEZ, M.A.; ROY, J.; HEMPEL, S. et al. Subsoil arbuscular mycorrhizal fungal communities in arable soil differ from those in topsoil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 117, p. 83-86, 2018.

SOUZA, F.C.R. 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.

SOUZA, R. M.S.; SOUZA, E.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIMA, J.R.S. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, 2015.

SPATAFORA, J.W.; CHANG, Y; BENNY, G.L; LAZARUS, K. et al. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**, v. 108, n. 5, p. 1028-1046, 2016.

VENTURA, Y.; SAGI, M. Halophyte crop cultivation: the case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 144-153, 2013.

VENTURA, Y.; WUDDINEH, W.A.; SHPIGEL, M.; SAMOCHA, T.M.; KLIM, B.C.; COHEN, S.; SHEMER, Z.; SANTOS, R.; SAGI, M. Effects of day length on flowering and yield production of *Salicornia* and *Sarcocornia* species. **Scientia Horticulturae**, n.130, p. 510–516. 2011.

WANG, Q.; LIU, X.-F.; SHAN, Y.; GUAN, F.-Q.; CHEN, Y.; WANG, X.-Y., WANG, M.; WITTE, S.; SARAH WITTE, S.; FREUND, H.; NIKLAS BUHK, N.; KLEMENT, N. LUISE GIANI. L. Impact of pedological conditions on the distribution of *Salicornia* species (Southern North Sea coast). **Journal of Coastal Conservation**, p. 1-7, 2016.

Silva, K.A.V.da. Avaliação do Desenvolvimento da *Salicornia ramosissima*.....

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

CAPÍTULO II

1 **INFLUENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL**
2 **FUNGUS IN THE DEVELOPMENT OF**
3 **SALICORNIA IN SALINE WATER**

4
5 **Karla Alessandra Villela da Silva¹, José de Paula Oliveira², Armanda Saconi**
6 **Messias^{3*}**

7 ¹ Graduate student in the Master in Development of Environmental Processes,
8 Universidade Católica de Pernambuco, 50.050-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

9 ²Researcher at Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco,
10 Brazil. Rua Conselheiro Nabuco, 210, apt 401, Recife, Pernambuco, CEP 52070-010,
11 Brazil.

12 ³Professor and Researcher at Universidade Católica de Pernambuco; Researcher at
13 Agronomic Institute of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil. E-mail:
14 arminda.saconi@unicap.br. *Corresponding author. Av. Conselheiro Aguiar, 2122,
15 apto 1101, Boa Viagem, Recife, Pernambuco, CEP 51111-010, Brazil.

16
17 **ABSTRACT**

18
19 The objective of this work was to evaluate the effect of the inoculation of the arbuscular
20 mycorrhizal fungus (AMF) *Claroideoglossum etunicatum* on the development of
21 *Salicornia ramosissima* submitted to five treatments: water, desalinator reject, reject
22 plus a dose of NaCl, reject plus two doses of NaCl and reject plus three doses of
23 NaCl. The experiment was conducted under greenhouse conditions at the Instituto
24 Agronômico de Pernambuco - IPA, in a completely randomized design, with autoclaved
25 and non-autoclaved soil, with three replications. A dose corresponding to 1.0 mL/kg of
26 Hoagland & Arnon complete nutrient solution soil was added to each well and watered
27 daily with the corresponding treatments. In the conduction of the experiment,
28 polyethylene vessels with 8 kg of saline soil were used. The results showed that the
29 reject with the intermediate doses (Reject + 1NaCl and Reject + 2NaCl) was more
30 significant for the growth (17,16 cm and 17,37 cm respectively) of *Salicornia*.

31 **Keywords:** *Salicornia*. Inoculation. Reuse. Salinity.
32

1.INTRODUCTION

In Brazil, the scarcity of water is quite visible, especially in the semi-arid region of the Northeast, which corresponds to 58% of the territory. Water used in irrigation in this region has a high salt content, both in surface and underground waters, in small and medium dams (surface) and wells (groundwater). In addition, the availability of water for human consumption and for agricultural practice has been gradually reduced in both quality and quantity, thus necessitating the use of alternative water of inferior quality to meet the demand of agricultural irrigation in these regions (Medeiros et al., 2004 and Silva et al., 2014 cited by José et al., 2018).

To minimize this problem, reverse osmosis water treatment plants were installed in several rural communities in the Northeast in order to obtain drinking water for families through the desalination of brackish water from wells. However, in the desalination process it generates, in addition to drinking water, a highly saline and high pollutant reject (Neves et al., 2017).

Desalination reject can pose a serious environmental threat due to its salinity; therefore, systems were developed aiming at the use of evaporation tanks for the creation of fish, particularly of the genus *Tilapia*, along with the irrigation of salt tolerant forage plants. However, this technique can transform an environmental problem (the discarding of desalination reject) into a water source for new economic activities (Sanchez and Matos, 2018).

According to Ventura et al. (2011), as an example of halophyte, there is *Salicornia* which was introduced in the European market as a culture that develops in the presence of high salt concentration with shoots without leaves. It resembles green asparagus, is in high demand in the gourmet market, not only for its salty taste, but also for its nutritional value in terms of minerals, antioxidants and vitamins. Even so, little information is available on cultivation conditions.

The studies of Riter Netto et al. (2014) confirmed the beneficial effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the most varied plant species and conditions, stimulating plant growth as a consequence of the effect on their nutrition.

In order to contribute to minimizing the negative effects of the inappropriate use of the desalinator reject, an experiment was proposed to analyze the effect of the association of arbuscular mycorrhizal fungi on the development of *Salicornia ramosissima* submitted to different levels of salinity.

2.METHODOLOGY

The experiment was conducted from November 2017 to March 2018, in a greenhouse, at the Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, located at Avenida General San Martin, 1371 - Bongi, Recife, Pernambuco, Brazil.

The experimental design was completely randomized, in a 2 x 2 x 2 x 5 factorial arrangement, corresponding to autoclaved and non-autoclaved soil, inoculated and noninoculated plants, presence and absence of nutrient solution of Hoagland & Arnon (1950) (fortnightly) and 5 levels of irrigation treatment: water (absolute control), desalinator waste (control) and three salinity combinations, whose concentrations were obtained from addition of sodium chloride (NaCl) to the reject, calculated according to Richards (1954), namely: 7g – EC=12,612 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$; 14g = EC=13,744 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ and 21g = EC=14, 746 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, with three replicates.

The soil used in the experiment was collected at the IPA Experimental Station, in the city of São Bento do Una, Pernambuco, which had the following characteristics: sandy texture, soil density - 1,34 g/cm^3 , pH - 7,60, P - 209 mg/dm^3 and Ca, Mg, Na and K - 33,60, 6,00, 12,00 and 0,70 cmol/dm^3 respectively. The average temperature inside the greenhouse during the experiment was 34°C. According to the classification of Köeppen, the region presents an As' (Tropical Wet) climate. The mean relative air humidity inside the greenhouse was 56.6%.

The reject used in the experiment was collected in a desalinator located in the city of Riacho das Almas, Pernambuco, Brazil, Electric Conductivity - $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 25°C 10.905,00, pH - 7,0 and Ca, Mg, Na and K - 139,83, 304,94, 2.760,00 and 22,00 cmol/dm^3 respectively.

In the experiment, 5 cm cuttings of *Salicornia ramosissima* were planted with commercial substrate in germination trays with 128 cells, for a period of 30 days. After 30 days of rooting, the plants were transferred to the polyethylene pots with 8 kg of air dried soil, dewormed, homogenized and sieved in 2 mm mesh, where 50% of the soil was sterilized by autoclaving.

The inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) was performed when the rooted plants were transported to the vessels, adding 50g of inoculum of *Claroideoglossum etunicatum* from the AMF Inoculum Bank of the Laboratory of Soil Microbiology (IPA).

100 After four months, the roots were collected, separating them at the height of the
101 plant colon and washed with deionized water, determining the weight of the root fresh
102 matter (RFM).

103 The root staining for observing the colonization was carried out using the
104 methodology described by Philips and Hayman (1970) modified where five grams of
105 secondary roots were removed from the plants, washed, and placed in a solution of
106 KOH at 10% and heated in a water bath at 90 ° C for 10 minutes. The roots were then
107 washed in running water to remove the excess of KOH, placed in an H₂O₂ solution at
108 10% for 2 minutes, washed in running water again and placed in an HCl solution
109 at 1% for 5 minutes. The HCl was discarded and a trypan blue solution at 0.05% was
110 added, heated at 90°C for 10 minutes, excess dye was removed and the roots were
111 placed in lactoglycerol.

112 The evaluation of the mycorrhizal colonization was done through the technique
113 of Giovannetti and Mosse (1980), by observing the fungal structures (hyphae, arbusculi,
114 vesicles and glomerospores) inside the roots, in the cortex region. Root segments of
115 approximately 1cm of the stained sample were randomly selected and assembled in
116 parallel slides, in groups of 10 (10 slides with 10 root segments each). One hundred
117 segments of roots were sufficient for evaluation. The root segments were fixed with
118 lactoglycerol, covering the entire surface of the slide, which were then covered with
119 coverslip, without forming air bubbles.

120 The method consisted in evaluating the presence or absence of colonization in
121 each segment and the result expressed in percentage of colonized roots.

122 The data were submitted to individual and joint statistical analysis, pertinent to
123 the studied variables. The variance was tested by anova (Analysis of Variance) using the
124 statistical software Minitab.

125 3.RESULTS AND DISCUSSION

126

127 The roots of *Salicornia ramosissima* inoculated with *Claroideoglosum etunicatum*
128 showed characteristic structures of AMF at all levels of salinity, including water
129 irrigation (absolute control), respectively 39%, 37%, 43%, 37% and 44%. Therefore, for
130 the increase or decrease of mycorrhizal colonization (MC), these levels did not present
131 significant statistical difference. However, the reject + 3NaCl (highest dose) showed the

132 best mycorrhizal colonization - 44% (Figure 1). Tavares et al. (2012) studying sapiens'
133 seedlings with different levels of salinities, noticed that mycorrhizal root colonization
134 was reduced. Da Silveira Lucio et al. (2013) working with melon also noticed the
135 reduction of mycorrhizal colonization in the presence of salinity.

136 It can also be verified that in relation to *Salicornia* height there was no
137 significant difference, both for the presence and absence of *Claroideoglossum*
138 *etunicatum* and for the presence and absence of nutrient solution (Figures 2A and 2B).
139 De Sousa et al. (2014) in an experiment under greenhouse conditions showed that the
140 increase in soil salinity due to irrigation with saline water causes a reduction in plant
141 height. Da Silva Santos (2018) showed that using arugula with saline solution there was
142 no difference in arugula growth as a function of the salinity of the nutrient solution.

143 The increased salinity of irrigation water inhibited the growth of *Salicornia*
144 (Figure 3). A similar result was found by Souza et al. (2017) in the growth of the
145 sesame plant. Reduction of salinity growth has been attributed to osmotic stress caused
146 by the reduction of external water potential and the ionic effect caused by the
147 accumulation of ions in plant tissues (Munns and Tester (2008)).

148 As shown in Figures 4A and 4B, non-autoclaved soil is ideal for *Salicornia*
149 growth compared to autoclaved soil and also for mycorrhizal colonization - MC. Weber
150 et al. (2004) evaluated the effects of the inoculation of native arbuscular mycorrhizal
151 fungi (AMF) formed by the species *Glomusetunicatum*, *G. glomerulatum*, *Scutellospora*
152 *sp.* and *Acaulosporafoveata*, from the first community, and *G. etunicatum*,
153 *Entrophospora sp.* and *Scutellospora sp.*, from the second community, with autoclaved
154 soil, on the growth and accumulation of nutrients in seedlings of the precocious dwarf
155 cashew CCP 76. An advantageous response was observed in the development of cashew
156 tree seedlings at four months of sowing.

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

Figure 1- Effect of saline irrigation (AG - water); RE (Reject); S1 (Reject + 1 NaCl); S2 (Reject + 2 NaCl) and S3 (Reject + 3NaCl) on the mycorrhizal colonization (MC) of *Salicornia ramosissima*.

167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202

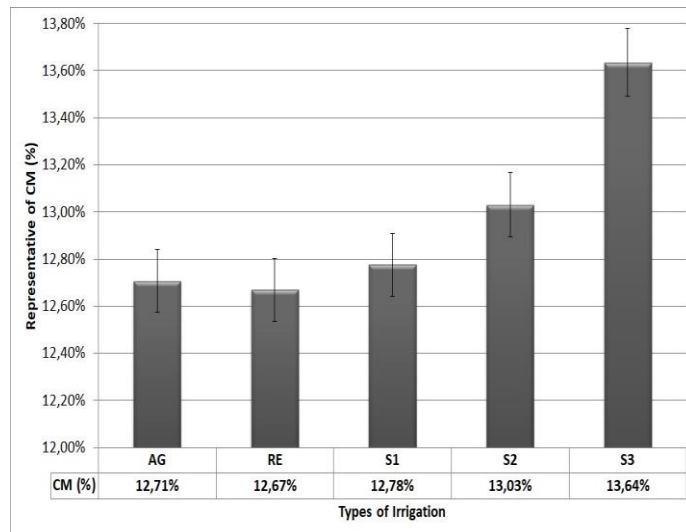


Figure 2 - Relationship between the presence and absence of *Claroideoglopus etunicatum* (A) and Nutritive Solution (B) for the growth of *Salicornia*.

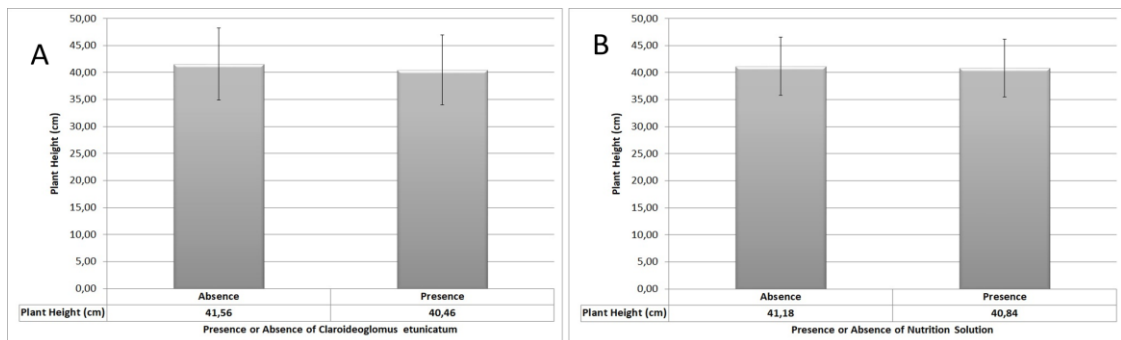


Figure 3 – Height of *Salicornia ramosissima* irrigated with AG (water), RE (Reject), S1 (Reject + 1NaCl), S2 (Reject + 2 NaCl) and S3 (Reject + 3 NaCl).

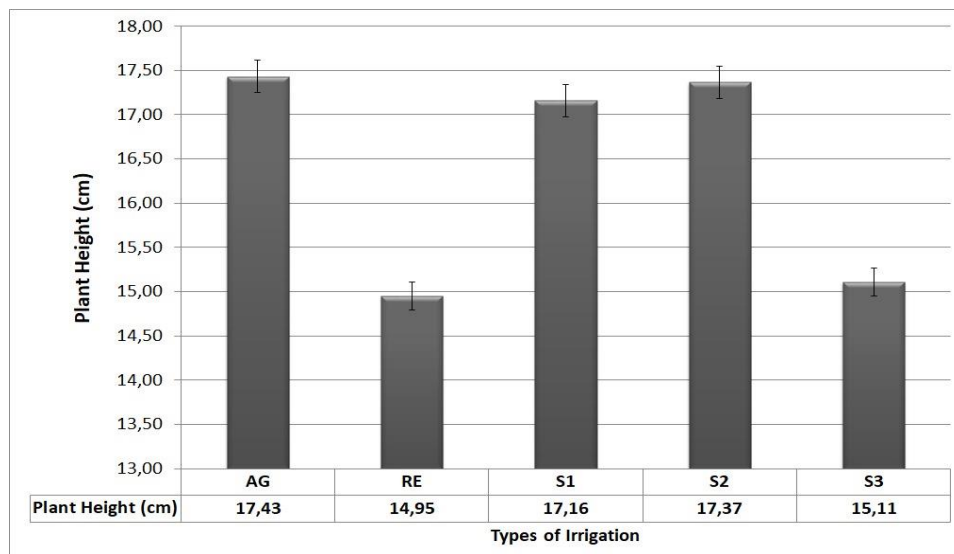
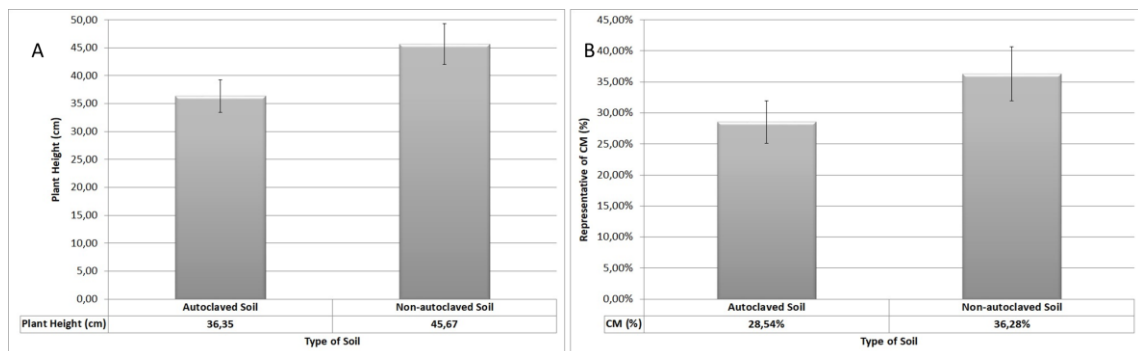


Figure 4 – *Salicornia* height (A) and Mycorrhizal colonization (B) in the autoclaved and non-autoclaved soil.



CONCLUSION

Based on these results it is concluded that:

1. High salinity (reject + 21g NaCl, EC = 14, 746 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) reduces the growth of *Salicornia ramosissima*;
2. The intensification of saline stress conditions (reject + 21g NaCl, EC = 14, 746 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) increases mycorrhizal colonization (44%);
3. The growth of *Salicornia ramosissima* (30.45 cm) is favored in the non-autoclaved soil;
4. Mycorrhizal colonization showed more significant results in non-autoclaved soil;
5. The addition of Hoagland & Arnon nutrient solution is not significant for Mycorrhizal colonization nor for the growth of *Salicornia ramosissima*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the masters scholarship, Fundação para o Apoio da Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) for the financial support, Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) for the physical space, the Universitas Consortium for the financial support and Universidade Católica de Pernambuco for support in the experiment.

237 **REFERENCES**

238

239 **Da Silva Santos, Rafaelly Suzanye et al. 2018.** Cultivo da Rúcula em substrato de
240 fibra de Coco sob solução nutritiva salina. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências*
241 *Agronômicas*, v. 27, n. 1, p. 12-21.

242

243 **Da Silveira Lúcio, Wilber et al. 2013.** Crescimento e respostas fisiológicas do
244 meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. *Semina:*
245 *Ciências Agrárias*, v. 34, n. 4.

246

247 **De Sousa, Geocleber Gomes et al. 2014.** Irrigação com água salina na cultura do
248 amendoim em solo com biofertilizante bovino. *Nativa*, v. 2, n. 2, p. 89-94.

249

250 **Giovannetti, M.; Mosse, B. 1980.** An evaluation of techniques for measuring vesicular
251 arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, v.84, p.489-500.

252

253 **José, L. de A. et al. 2018.** Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e
254 produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia*
255 *Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 18, n. a00101s1, p. 66-72.

256

257 **Munns, R.; Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of*
258 *Plant Biology*, v. 59, p. 651-681.

259

260 **Neves, Antônia Leila Rocha et al. 2017.** Socio-environmental aspects and quality of
261 water from desalination plants in rural communities of Pentecoste-CE. *Revista*
262 *Ambiente & Água*, v. 12, n. 1, p. 124-135.

263

264 **Phillips, J.M.; Hayman, D.S. 1970.** Improved procedures for clearing roots and
265 staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of
266 infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v.55, p.158-161, 1970.

267

268 **Riter Netto, A. F. et al. 2014.** Total phenols in *Passiflora alata* Curtis inoculated with
269 mycorrhizal fungi. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 16, n. 1, p. 1-9.

- 270 **Sánchez, Antonio Santos; Matos, Ângelo Paggi. 2018.** Desalination Concentrate
271 Management and Valorization Methods. In: Sustainable Desalination Handbook.
272 Chapter.9. p. 351-399.
273
- 274 **Sousa, Geocleber Gomes et al. 2017.**Água salina e biofertilizante de esterco bovino na
275 cultura do gergelim. Agropecuária Técnica, v. 38, n. 3, p. 117-124.
276
- 277 **Tavares, Rodrigo Castro et al. 2012.** Colonização micorrízica e nodulação radicular
278 em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes níveis de
279 salinidade. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 3, p. 409-416.
280
- 281 **Ventura, Yvonne et al. 2011.**Effect of seawater concentration on the productivity and
282 nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy
283 vegetable crops. Scientia Horticulturae, v. 128, n. 3, p. 189-196.
284
- 285 **Weber, Olmar Baller et al. 2004.** Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e
286 adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. Pesquisa Agropecuária
287 Brasileira, v. 39, n. 5, p. 477-483.

CAPÍTULO III

DEVELOPMENT OF *Salicornia ramosissima* WITH THE USE OF WASTER OF DESSALINIZER

Karla Alessandra Villela da Silva¹; José de Paula Oliveira²; Josimar Gurgel Fernandes²; Arminda Saconi Messias³

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

²Researcher of the Agronomic Institute of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

³Professor and Researcher of the Catholic University of Pernambuco; Researcher at the Agronomic Institute of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil. E-mail: arminda.saconi@unicap.br. * Corresponding author. Av. Conselheiro Aguiar, 2122, apt 1101, Boa Viagem, Recife, Pernambuco, CEP 51111-010, Brazil.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the absorption of Nitrogen (N), Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) by *Salicornia ramosissima* cultivated in pots with saline soil and submitted to treatments: TA(water) , T1 (waster), T2 (waster + 7g / NaCl), T3 waster + 14g / NaCl) and T4 (reject + 21g / NaCl) monitored for four months. The experiment was conducted under greenhouse conditions at the headquarters of the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, a completely randomized design with autoclaved and non - autoclaved soil. A dose corresponding to 1.0 mL/kg of soil of complete nutrient solution of Hoagland & Arnon (1950) was added every ten weeks. The desalinator rejects were daily and the results obtained for absorption of the elements by *Salicornia* showed that with the intermediate dose there was a better absorption mainly of Magnesium (Mg).

Keywords: Halophyte. *Salicornia*. Salinity. Absorption.

1. INTRODUCTION

Salinization is one of the main problems in the semi-arid Pernambuco region. Therefore, producers are obliged to use water with high concentrations of salts for irrigation and food production (RIBEIRO et al., 2016).

In view of the above, desalinators have been implanted with increasing frequency in order to obtain potable water. However, despite having advantages, it has as main disadvantage the generation of high salt level waste that can cause environmental problems (RIBEIRO and RIBEIRO, 2016).

Therefore, salt-tolerant halophytes, even beyond the concentrations of seawater, can bring significant benefits to rural communities. However, there is no competition for the use of land or water between profitable conventional attitudes and plants tolerant to high salt content (AKINSHINA et al., 2016; GUNNING, 2016).

In the work of Buhmann et al. (2015), it was found that halophytes also have the potential to be used for pharmaceuticals, functional foods, and adequate management practices to exploit saline soils and desalinator rejects. As seen, this type of plant has a very diversified use, ranging from the recovery of degraded areas, pollution of biomass, feeding of cattle or human feeding.

Among these species is *Salicornia* (family *Salicornioideae*), which presents extensive development in saline areas associated with coastal lines, tidal floodplains and salt lakes. They are distributed worldwide and found on all continents, except Antarctica (MARASCO et al., 2016; PATEL, 2016).

In order to contribute to the minimization of the negative effects of the inadequate use of the desalinator waste, an experiment was proposed to analyze the absorption of the chemical-bromatological composition o in the development of *Salicornia ramosissima* submitted to different levels of salinity.

2. METHODOLOGY

The experiment was conducted from November 2017 to March 2018, under greenhouse conditions, at the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, Recife, Pernambuco, Brazil.

The experimental design was completely randomized, in a 2 x 2 x 2 x 5 factorial arrangement, corresponding to autoclaved and non-autoclaved soil, inoculated and noninoculated plants, presence and absence of Hoagland & Arnon nutrient solution

(biweekly) and 5 levels of (total control), water (absolute control), desalinator waste (control) and three salinity combinations, whose concentrations were obtained from addition of sodium chloride (NaCl) to the waste, calculated according to Richards (1954): 7g - CE = 12,612 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$; 14g = CE = 13,744 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ and 21g = CE = 14, 746 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, with three replicates.

The soil used in the experiment was collected at the IPA Experimental Station, in the city of. State, Brazil, with the following characteristics: sandy texture, soil density - 1.34 g / cm^3 , pH - 7.60, P-209 mg / dm^3 and Ca, Mg, Na and K-33.60, 6.00, 12.00 and 0.70 $\text{cmolc} / \text{dm}^3$ respectively. The average temperature inside the greenhouse during the experiment was 34 °C. According to Köppen classification, the region presents an As' (Tropical Moist) climate. The mean relative air humidity inside the greenhouse was 56.6%.

The reject used in the experiment was collected in a desalinator located in the city of Riacho das Almas, Pernambuco, Brazil, with the following characteristics: Electrical Conductivity - $\mu\text{S} / \text{cm}^2$ at 25°C 10,905.00, pH - 7.0 and Ca, Mg, Na and K- 139.83, 304.94, 2,760.00 and 22.00 $\text{cmolc} / \text{dm}^3$ respectively.

Salicornia ramosissima 5 cm cuttings were used in the experiment, which were planted on commercial substrates in 128-cell germination trays for a period of 30 days. After 30 days of rooting, the plants were transferred to the polyethylene pots with 8 kg of air dried soil, dewormed, homogenized and sieved in 2 mm mesh, where 50% of the soil was sterilized by autoclaving.

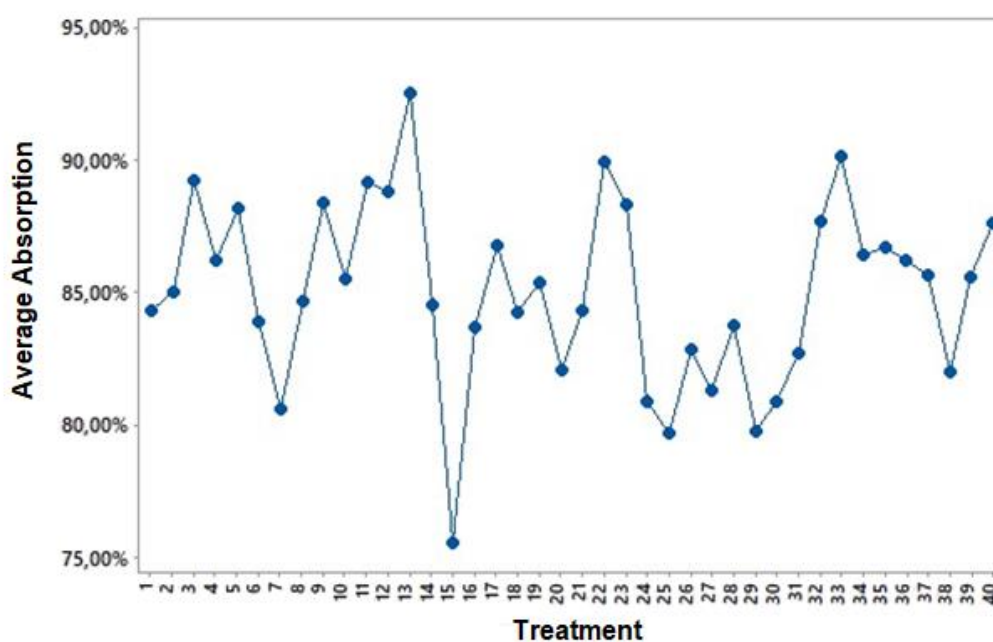
The inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus - FMA was carried out when the rooted plants were transported to the vessels, adding 0.32 g of inoculum of *Claroideoglomu setunicatum* from the FMA Inoculum Bank of the Laboratory of Soil Microbiology - IPA, where they were kept under refrigeration at ± 4 °C.

After four months, the shoot and root were collected, separating them at the height of the plant neck, in paper bags, dried in an air circulation oven at 60 °C for 72 hours, to determine the dry matter of shoot (MSPA) and root (MSR), the material was ground in a Wiley-type mill, provided with a 42 mm aperture sieve, by means of nitroperchloric digestion (EMBRAPA, 1999), determine the contents of the absorbed elements (K, Ca, Mg, Na) and total nitrogen by the microkjedahl method. A soil sample, too, was collected for complete chemical analysis (EMBRAPA, 1997).

The data were submitted to individual and joint statistical analysis, pertinent to the studied variables. The variance was tested by ANOVA (Analysis of Variance) using Minitab statistical software.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the absence of a nutrient solution and the fungus *Claroideoglomus etunicatum* (Figure 1), the treatment with reject plus 14 g of NaCl (S2) with autoclaved soil favored Na, K, Ca, Mg and N absorption. Neves et al. (2004) working with umbuzeiro seedlings in nutrient solution, with different levels of NaCl. Under greenhouse conditions, the low concentrations of NaCl favored the presence of Na in the roots, translocating a small amount to the aerial part and that N and Ca were few significant in the absorption by the umbuzeiro with the increase of NaCl concentration.



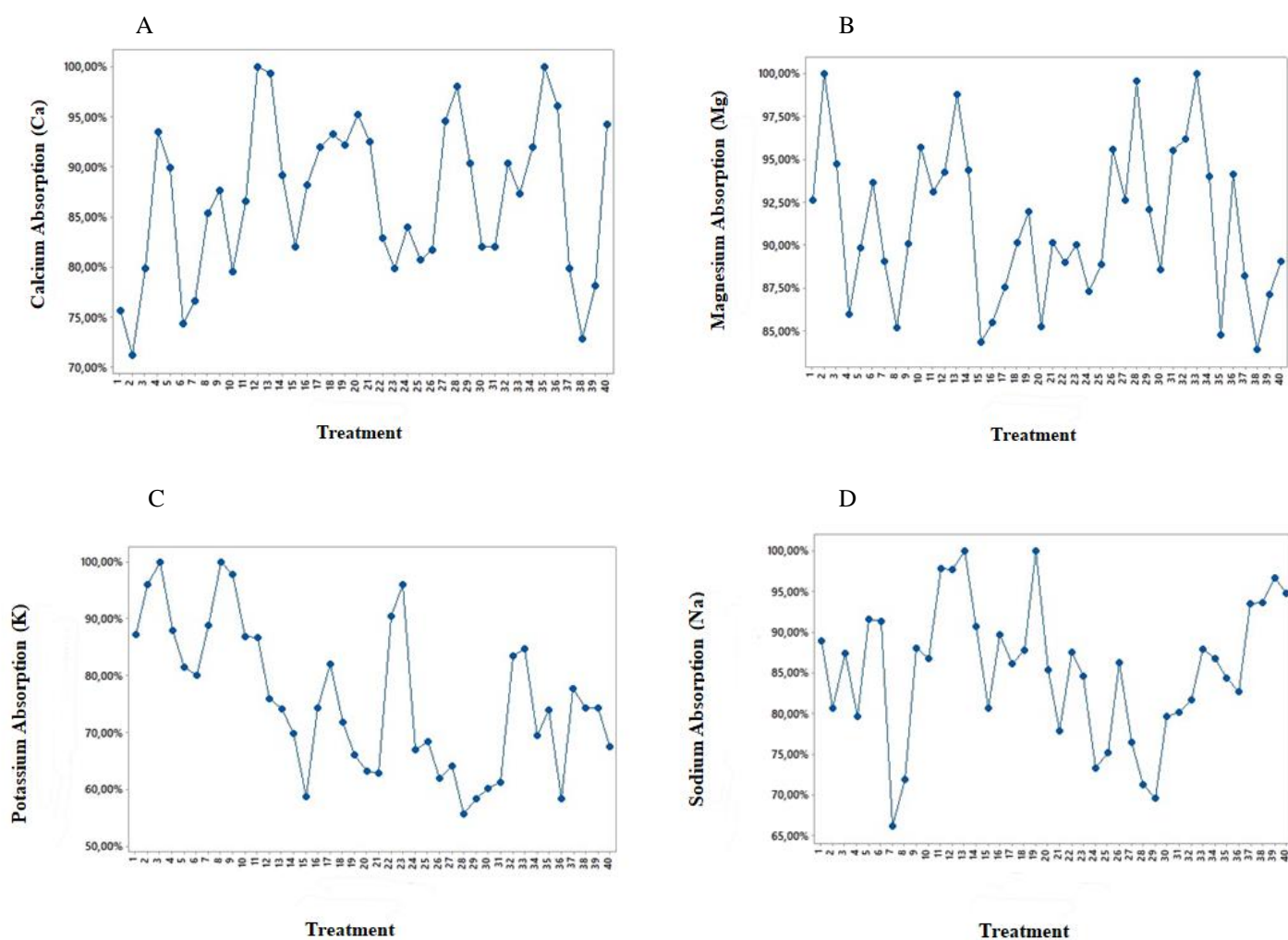
Caption: ONLY AUTOCLAVA: 1. Water - 2. Water + FMA - 3. Water + FMA + Solution - 4. Water + Solution - 5.Reject - 6.Reject + FMA - 7.Reject + FMA + Solution - 8. Reject + Solution -9. Rejected + 1NaCl - 10. Reject+ 1NaCl+ FMA - 11. Reject+ 1NaCl+ FMA+ Solution - 12. Reject+ 1NaCl+ Solution - 13. Rejected + 2NaCl - 14.Rejected + 2NaCl + FMA - 15.Rejected + 2NaCl + FMA+ Solution - 16.Reject + 2NaCl + Solution - 17.Reject + 3NaCl - 18.Reject + 3NaCl + FMA - 19.Reject + 3NaCl + FMA + Solution - 20. Reject + 3NaCl + Solution.

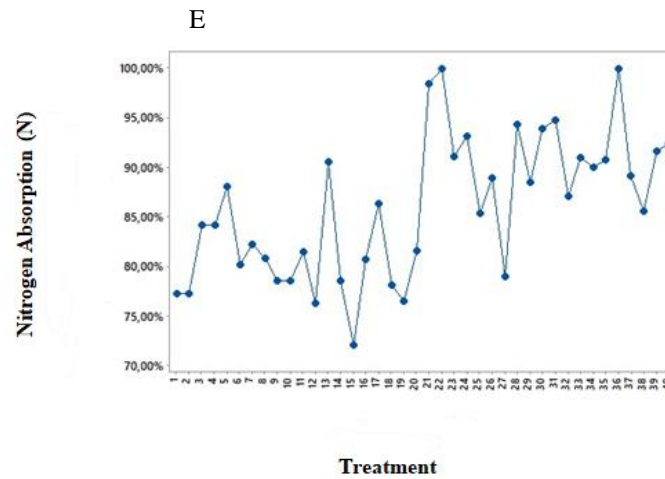
ONLY NO AUTOCLAVA: 21. Water - 22. Water + FMA - 23. Water + FMA + Solution - 24. Water + Solution - 25.Rejection - 26.Rejection + FMA - 27.Rejection + FMA + Solution - 28. Reject+ Solution

29. Reject + 1NaCl + Solution – 30. Reject_ 1NaCl+ FMA - 31.Reject + 1NaCl + FMA + Solution – 32. Reject+ 1NaCl+ Solution - 33. Reject + 2NaCl - 34. Reject + 2NaCl + FMA - 35. Rejection + 2NaCl + FMA+ Solution - 36.Rejected + 2NaCl + Solution - 37.Rejected + 3NaCl - 38.Rejected + 3NaCl + FMA - 39.Rejected + 3NaCl + FMA + Solution - 40. Rejected + 3NaCl + Solution.

Figure 1. Average absorption of chemical elements (Ca, Mg, K, Na, N) in relation to the treatments used.

Figure 2A, 2B, 2C, 2D and 2E present individualized information on the absorption of the nutritional composition of the plant with all the treatments used, indicating that Magnesium was the element most absorbed by *Salicornia ramosissima*. De Souza et al. (2011) observed that Na absorbed by *Atriplex* was higher than those of Ca, Mg and K when grown in greenhouse on saline-sodium soil. De HolandaFilho et al. (2011) in experiment with cassava, observed that, in the case of magnesium, the highest levels were also observed in the treatments that received saline water, which provided greater moisture in the soil, which facilitates the absorption of this ion.





Caption: ONLY AUTOCLAVA: 1. Water - 2. Water + FMA - 3. Water + FMA + Solution - 4. Water + Solution - 5. Reject - 6. Reject + FMA - 7. Reject + FMA + Solution - 8. Reject + Solution - 9. Rejected + 1NaCl - 10. Reject+ 1NaCl+ FMA - 11. Reject+ 1NaCl+ FMA+ Solution - 12. Reject+ 1NaCl+ Solution - 13. Rejected + 2NaCl - 14. Rejected + 2NaCl + FMA - 15. Rejected + 2NaCl + FMA+ Solution - 16. Reject + 2NaCl + Solution - 17. Reject + 3NaCl - 18. Reject + 3NaCl + FMA - 19. Reject + 3NaCl + FMA + Solution - 20. Reject + 3NaCl + Solution.

ONLY NO AUTOCLAVA: 21. Water - 22. Water + FMA - 23. Water + FMA + Solution - 24. Water + Solution - 25. Rejection - 26. Rejection + FMA - 27. Rejection + FMA + Solution - 28. Reject+ Solution - 29. Reject + 1NaCl + Solution - 30. Reject_ 1NaCl+ FMA - 31. Reject + 1NaCl + FMA + Solution - 32. Reject+ 1NaCl+ Solution - 33. Reject + 2NaCl - 34. Reject + 2NaCl + FMA - 35. Rejection + 2NaCl + FMA+ Solution - 36. Rejected + 2NaCl + Solution - 37. Rejected + 3NaCl - 38. Rejected + 3NaCl + FMA - 39. Rejected + 3NaCl + FMA + Solution - 40. Rejected + 3NaCl + Solution.

Figure 2. Nutritional Analysis of *Salicornia ramosissima*.

CONCLUSIONS

In view of the obtained results, it is concluded that:

1. The bromatological composition of *Salicornia ramosissima* was not affected by the increase of salinity of irrigation water;
2. The intermediate dose (S2 - reject plus 14g NaCl) showed a better absorption mainly of magnesium;
3. High salinity (S3 - reject plus 21g NaCl) reduces the growth of *Salicornia ramosissima*;
4. The addition of nutrient solution and FMA is not significant for the absorption of the determined elements (N, Na, K, Ca and Mg).

THANKS

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 aid search, to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the space physicist, for the Universitas Consortium for the research aid and to the Catholic University of Pernambuco, for the support in the experiment.

REFERENCES

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.

DE HOLANDA FILHO, R.S.F. et al. Salt water in the soil chemical attributes and nutritional status of the mandiocqueira. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 15, n. 1, 2011.

DE SOUZA, E. R. et al. Phytoextraction of salts by *Atriplex nummularia* Lindl. under water stress in sodium saline soil. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 15, n. 5, p. 477-484, 2011.

GUNNING, D. **Cultivating *Salicornia europaea* (marsh samphire)**. Dublin, Ireland: IrishSeaFisheriesBoard, 2016.s.p.

MARASCO, R.; MAPELLI, F.; ROLLI, E.; MOSQUEIRA, M.J. et al. *Salicornia strobilacea* (Synonym of *Halocnemum strobilaceum*) grown under different tidal regimes selects rhizosphere bacteria capable of promoting plant growth. **Frontiers in Microbiology**, n. 7, 2016.

NEVES, O. S.C.; CARVALHO, J.G de; RODRIGUES, C.R.. Growth and mineral nutrition of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) seedlings submitted to salinity levels in nutrient solution. **Science and Agrotechnology**, v. 28, n. 5, p. 997-1006, 2004.

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

RIBEIRO, P.H.P.; HANS RAJ GHEYI, H.R.; UYEDA, C.A.; TEIXEIRA, M.B. et al. Growth rate and yield of sunflower irrigated with saline water under nitrogen doses. **Irriga**, v. 1, n.1, p.233-247, 2016.

RIBEIRO, L.; SANCHES-PAGLIARUSSI, M. and RIBEIRO, J. Reuse of permeate and waste water from a reverse osmosis water treatment plant from a hospital hemodialysis unit. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 3, p. 259-272. Set., 2016.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos indicam que a utilização do rejeito do dessalinizador apresenta uma potencialidade rentável. Todavia, a lucratividade do sistema deve ser considerada como ponto de menor relevância, visto que o ganho importante é a redução do impacto ambiental causado pela deposição dos rejeitos de dessalinizadores na superfície do solo. Com isso, diante das análises a *Salicornia ramosissima* (halófito em questão) consegue absorver parte do sal incorporado ao solo pela irrigação.

Entender melhor a interação entre a aquicultura e o cultivo de *Salicornia* também é outra linha de trabalho que pode aumentar a eficiência na redução do impacto ambiental, além de gerar renda para famílias que ali residem.

Finalmente, é importante ressaltar que este sistema de produção está sendo recomendado para situações em que a dessalinização é a única alternativa para obtenção de água potável.

Assim, recomenda-se novos experimentos sobre adubação, fertilização, espaçamentos entre plantas, maior período de tempo de condução experimental para chegar a possível floração, experimentos em condições de campo, análise gastronômica, a fim de aumentar a bibliografia sobre a *Salicornia ramosissima* para uso gourmet entre outros usos.