

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA  
REGIÃO CENTRO OESTE

**ANDREZZA KARLA DE QUEIROZ CASTELO BRANCO MACHADO**

**HALÓFITAS: NUTRIENTES, COMPOSTOS BIOATIVOS, CARACTERIZAÇÃO  
QUÍMICA E APLICAÇÕES POTENCIAIS**

CAMPO GRANDE

2024

**ANDREZZA KARLA DE QUEIROZ CASTELO BRANCO MACHADO**

**HALÓFITAS: NUTRIENTES, COMPOSTOS BIOATIVOS, CARACTERIZAÇÃO  
QUÍMICA E APLICAÇÕES POTENCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste para obtenção do título de mestre sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia Avellaneda Guimarães.

CAMPO GRANDE

2024

**ANDREZZA KARLA DE QUEIROZ CASTELO BRANCO MACHADO**

**HALÓFITAS: NUTRIENTES, COMPOSTOS BIOATIVOS, CARACTERIZAÇÃO  
QUÍMICA E APLICAÇÕES POTENCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste para obtenção do título de mestre sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia Avellaneda Guimarães.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24/07/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rita de Cassia Avellaneda Guimarães (Orientadora)  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dr. Valter Aragão do Nascimento  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dra. Magalli Costa Barbosa Lima e Silva  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dra. Evelyn de Andrade Salomão  
Prefeitura Municipal de Três Lagoas - MS

Dedico esse trabalho e especialmente esta formação a todas as mulheres da minha família, da geração passada que de alguma forma através de suas vidas permitiram que eu estivesse nesta posição “Maria Caetana dos Santos, Adelaide de Castelo Branco Machado”, minha mãe Dulcineia de Queiroz Castelo Branco e a geração futura, “Maitê, Lara, Mariana, Juliana Kill e Chloe Castelo Branco” para que elas sempre se lembrem que nada será barreira onde possa vir a impedi-las de fazer qualquer coisa em suas vidas e que a única barreira que dificultará suas vidas será a própria mente presa a preconceitos e medos impostos pelos medrosos e fracassados.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, senhor de todas as coisas, princípio meio e fim de tudo que é e de tudo que há, senhor de minha vida, meu salvador.

A minha Mãe Dulcineia de Queiroz Castelo Branco Machado, por toda ajuda física, financeira, amorosa e cuidadosa em minha vida todos os dias.

Ao meu amado Pai João Carlos Castelo Branco Machado, pelo exemplo de vida íntegra, correta, corajosa, amorosa, e destemida que deixou como exemplo para mim.

Aos meus filhos Armem João Castelo Branco e Maitê Castelo Branco Ferreira, que mesmo sem nenhuma intenção ou conhecimento deliberado me encheram de força e coragem para seguir meus caminhos rumo a felicidade e realização dos meus sonhos.

Aos meus professores que de forma única e especial depositaram suas sementes de conhecimento, fé e coragem no jardim da minha vida acadêmica e profissional e principalmente humana, especialmente ao professor Dr. José Antônio Braga Neto que me ajudou a delimitar o caminho para meu futuro.

Ao meu querido professor Dr. Joao Renato de Jesus Junqueira que me ajudou de todas as formas a não desistir nos momentos mais difíceis.

As minhas queridas professoras Dra. Mariana Ferreira Oliveira Prates, Juliana Rodrigues Donadon, Luciana Miyagusku e Marcela de Rezende Costa que sempre me atenderam com tanto acolhimento e carinho, me esclarecendo dúvidas e me orientando no caminho certo.

A minha querida e amorosa professora Dra. Raquel Pires Campos, que nunca se negou em corrigir meus escritos, a me ajudar na formação em Alimentos me orientando no TCC e em todos os escritos produzidos por mim até hoje, sempre corrigindo tudo com um toque de cuidado e amor, obrigada.

Especialmente a minha querida professora Dra. Danielle Bogo, amorosa sempre, cuidadosa em tudo, orientando meus sonhos e direcionando meus estudos para o alcance das minhas realizações. Obrigada pela confiança em minha pessoa, sempre.

A minha querida orientadora professora Dra. Rita de Cássia Avellaneda Guimarães a consideração de ter aceitado a orientação de minha dissertação, ao seu

cuidado carinhoso de suas correções, obrigada especialmente por confiar no meu trabalho e a me ajudar a chegar até aqui.

As colegas que me ajudaram com este estudo a Dra. Lidiani Santana e Dra. Fabiana Andreia Padia Maniçoba, e especialmente pelo cuidado e carinho que a Dra. Raquel Silva Viera teve comigo e com minha pesquisa, respondendo as minhas dúvidas e anseios, acalmando o meu coração nesse campo gigantesco que é os caminhos da ciência. Pela colaboração na realização deste trabalho e carinho dispensado de todas vocês.

Ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

A todos, meus agradecimentos!

*“Educação não transforma o mundo,  
educação muda as pessoas. Pessoas  
transformam o mundo”.*

Paulo Freire

## RESUMO

MACHADO, A. K. Q. C. B. **Halófitas:** nutrientes, compostos bioativos, caracterização química e aplicações potenciais. 2024. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024.

Halófitas são plantas adaptadas a solos salinos encontrados em uma diversidade de ambientes com condições climáticas variadas e com alta salinidade, desenvolvendo diferentes estratégias para completar seu ciclo de vida. Suas adaptações ecológicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas permitem resistência aos estresses abióticos sofridos e a formação de compostos bioativos que conferem a essas plantas propriedades antiinflamatória, antiparasitária, antimicrobiana, antiviral e potencialidade antioxidante. Deste modo, este trabalho teve como objetivo fazer uma revisão sobre plantas halófitas compilando suas diferentes atividades biológicas, seus compostos nutricionais, potenciais aplicações para indústria farmacêutica, alimentícia, seu uso biotecnológico, produção de energia renovável e sua participação na economia azul. As halófitas apresentam um vasto potencial para indústria farmacêutica e cosmética além de alternativa sustentável na produção de ração animal e possibilidade viável para substituição do uso do sal de cozinha e suas diversas aplicações na alimentação humana. Demonstraram serem importantes aliadas para reconstrução ambiental com seu uso voltado para fitorremediação de solos salinos e ambientes costeiros afetados pela poluição, além do fortalecimento e desenvolvimento da economia azul através do seu cultivo integrado com a carcinocultura, servindo de substrato para ração animal.

**Palavras-chave:** Bioindicadores. Alimentos. Economia Azul. Sal vegetal.

## ABSTRACT

MACHADO, A. K. Q. C. B. **Halófitas:** nutrientes, compostos bioativos, caracterização química e aplicações potenciais. 2024. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024.

Halophytes are plants adapted to saline soils found in a diversity of environments with varying climatic conditions and high salinity, developing different strategies to complete their life cycle. Their ecological, morphological, physiological and biochemical adaptations allow resistance to the abiotic stresses suffered and the formation of bioactive compounds that give these plants anti-inflammatory, antiparasitic, antimicrobial, antiviral and antioxidant potential properties. Therefore, this work aimed to carry out a review on halophyte plants, compiling their different biological activities, their nutritional compounds, potential applications for the pharmaceutical and food industries, their biotechnological use, production of renewable energy and their participation in the blue economy. Halophytes have vast potential for the pharmaceutical and cosmetic industries, as well as being a sustainable alternative in the production of animal feed and a viable possibility for replacing the use of table salt and its various applications in human nutrition. They have proven to be important allies for environmental reconstruction with their use aimed at phytoremediation of saline soils and coastal environments affected by pollution, in addition to strengthening and developing the blue economy through their cultivation integrated with shrimp farming, serving as a substrate for animal feed.

**Keywords:** Bioindicators. Foods. Blue Economy. Vegetable salt.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia de uma planta halófitas .....	18
Figura 2 - Amazonia Azul - Faixa oceânica de delimitação .....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Interesse Terapêutico - Espécies de halófitas, constituintes químicos, atividades biológicas e suas principais substâncias encontradas .....	31
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A549	–Células neoplásicas
ACh	–Acetilcolina
Ache	–Acetilcolinesterase
ALA	–Ácido alfa-linoleico
BChE	–Butirilcolinesterase
BVS	–Biblioteca Virtual em Saúde
CAPES	–Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DHA	–Ácido docosaenoico
DM	–Diabetes Méltus
EPA	–Ácido eicosapentaenoico
FPC	–Compostos Fenólicos Livres
GAE	–Ácido Gálico Equivalente
HIV	–Vírus da Imunodeficiência Humana
HPJ40	–Cepa <i>Bacillus zangzhouensis</i>
IC50	–Concentração que
LDL	–Lipoproteína de Baixa Densidade
LILACS	–Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
MEDLINE	–Sistema Online de Busca e Análise de Literatura Médica
MUFA	–Ácido Graxo Monoinsaturado
NaCl	–Cloreto de sódio
OMS	–Organização Mundial de Saúde
PC	–Plataforma Continental
PME	– <i>Poliganummaritimum</i> L.
PSU	–Unidades Práticas de Salinidade
PubMed	–Base de dados bibliográfica nacional de medicina dos Estados Unidos
PUFA	–Ácidos Graxos Poli-insaturados
QE	–Quecertina
SCIELO	–Scientific Eletronic Library Online
SDT3	– <i>Pseudomonas</i> sp.
SFA	–Ácido Graxo Saturado
SMT38	–Cepa <i>Bacillus velezensis</i>

SRT15 –Cepa *Pseudarthrobacter oxydans*  
UV –Raios Ultravioleta  
Vit. C –Ácido ascórbico  
Vit. E –Tocoferol  
ZEE –Zona Econômica Exclusiva

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	–Porcentagem
B	–Boro
B1	–Tiamina
B2	–Riboflavina
Ca	–Cálcio
Fe	–Ferro
g	–Grama
K	–Potássio
kg	–Quilograma
Mg	–Magnésio
mg	–Miligrama
Mn	–Manganês
O	–Omicron
O <sub>2</sub>	–Oxigênio
P	–Fósforo
ρ	–Rho
ppm	–Partes por milhão
γ	–Gama
Zn	–Zinco
α	–Alfa
β	–Beta
δ	–Delta (minúsculo)
μg	–Micrograma
Cd	– Cádmiio
Pb	– Chumbo
As	- Arsênio
ω-6	–Ômega 6
ω-9	–Ômega 9

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
<b>2.1 Evolução das plantas halófitas</b> .....	17
<b>2.2 Características das plantas halófitas</b> .....	17
<b>2.3 Uso de halófitas na antiguidade</b> .....	18
<b>2.4 Halófitas: espécies e suas aplicações</b> .....	19
<b>2.5 Nutrientes, compostos bioquímicos e toxicidade das halófitas</b> .....	25
<b>2.5.1 Nutrientes</b> .....	25
<b>2.5.2 Compostos bioativos</b> .....	27
<b>2.5.3 Toxicidade e componentes minerais</b> .....	28
<b>2.6 Área farmacêutica</b> .....	29
<b>2.7 Área cosmética</b> .....	35
<b>2.8 Área de alimentação</b> .....	36
2.8.1 Alimentação animal .....	36
2.8.2 Nutrição humana (alimentos, bebidas e sal à base de halófitas) .....	37
<b>2.9 Economia azul: benefícios e viabilidade real</b> .....	40
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	44
<b>3.1 Objetivo geral</b> .....	44
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	44
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	45
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50
<b>APÊNDICE A – ARTIGO</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

O termo “halófitas” deriva do grego “halos”, que significa “sal”, e “phyton”, que significa “planta” (Flowers; Hajibagheri; Clipson, 1986). O termo é usado para descrever um grupo de plantas altamente capazes de crescer e se desenvolver em ambientes influenciados direta ou indiretamente pelas águas oceânicas, como manguezais, estuários, desertos salinos, dunas costeiras, pântanos costeiros e terras degradadas por práticas agrícolas inadequadas (Hameed; Khan, 2011).

Halófitas são plantas com flores e adaptadas a solos salinos, que são encontradas em diversos ambientes com salinidade e condições climáticas variadas (Duarte; Caçador, 2021), para completar seu ciclo de vida em condições tão adversas, as halófitas desenvolveram diferentes estratégias como desenvolvimento de suculência, compartimentação de íons tóxicos, síntese de osmóticos, aumento da atividade de antioxidantes e síntese de solutos compatíveis (Tipirdamaz *et al.*, 2006).

A síntese de metabólitos secundários permite que essas plantas tenham capacidade diferenciada de se desenvolver em habitats salinos (Todorović *et al.*, 2022). Diversas adaptações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e ecológicas afetam as plantas halófitas para que possam resistir aos estresses abióticos sofridos, como raízes adaptativas, ajustes osmóticos para manter o equilíbrio hídrico, excesso de glândulas excretoras salinas, interações com a microbiota local e com os próprios animais, tornando-se um importante objeto de estudo em todo o mundo (Grigore, 2008).

O alto grau de estresse sofrido por essas plantas contribui para a formação de compostos bioativos que conferem propriedades anti-infecciosas, antiparasitárias, antimicrobianas, anti-inflamatórias e alta atividade antioxidante, sendo estes compostos responsáveis pela utilização de plantas halófitas de diversos gêneros e espécies como plantas medicinais (Rodrigues *et al.*, 2023).

Presença de biflavonóides volkensiflavona e fukugetina, com promissora atividade analgésica (Botta *et al.*, 2004; Ferreira; Carvalho; Silva, 2012) e xantonas preniladas (Monache *et al.*, 1984) são alguns dos compostos importantes encontrados em halófitas. Esses compostos estão associados a atividades biológicas, como eliminação de radicais livres e efeito antiúlcera (Yamaguchi *et al.*, 2000), citotoxicidade, inibição da síntese do óxido nítrico (Shan *et al.*, 2015), quimioprevenção do câncer (Ito *et al.*, 2003) e efeitos tripanocidas (Abe *et al.*, 2004).

A fitoterapia de base científica tem sido alavancada através do Sistema Único de Saúde (SUS) por meio da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS) (Marmitt *et al.*, 2015), com o objetivo de promover o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional de forma a garantir à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos (Brasil, 2016). Um exemplo de potencialidade fitoterápica é a *Atriplex littoralis* L. que no trabalho de Gojčević *et al.* (2015), demonstrou efeitos antivirais e antimicrobianos através de seus metabólitos secundários. Alto teor de compostos fenólicos, flavonoides e efeito antioxidante conforme Todorovic *et al.* (2023). Além da necessidade de cultivo alimentar com menor ou nenhuma utilização de água doce a produção de alimentos e substâncias bioativas é completamente possível em nosso país através da diversificada flora de plantas halófitas em nosso território, sendo necessário, porém, um maior conhecimento de suas espécies, condição de reprodução e principalmente dos seus compostos bioativos e de sua qualidade nutricional (Costa; Bonilla, 2017).

Devido às diferentes atividades biológicas apresentadas pelas halófitas, este estudo tem como objetivo descrever os compostos nutricionais e bioativos encontrados em suas diferentes espécies, suas potenciais aplicações voltadas às indústrias farmacêutica, nutracêutica, cosmética e alimentícia, bem como suas aplicações em biotecnologia, energias renováveis e sua importância na Economia Azul.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Evolução das plantas halófitas**

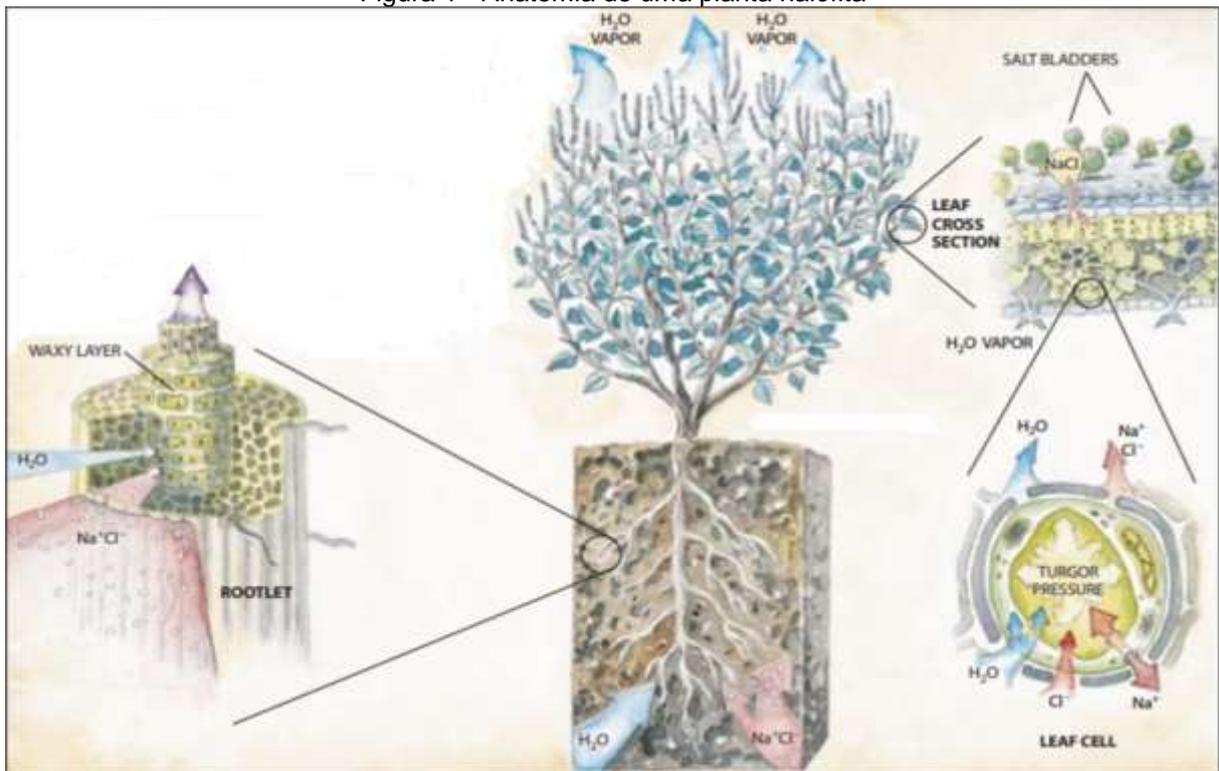
As plantas halófitas são seres vivos que desempenham um papel crucial na manutenção da vida na Terra. Eles viveram há cerca de 500 milhões de anos e evoluíram para se adaptar a diferentes condições ambientais, desde ambientes mais secos até mais úmidos, e áreas de baixa altitude até montanhas mais altas (Delwiche; Cooper, 2015).

Uma das características da evolução das halófitas é o seu desenvolvimento em ambientes com altas concentrações de sal (Orrego *et al.*, 2018). A evolução das halófitas envolveu a adaptação de diversos mecanismos fisiológicos, bioquímicos e moleculares capazes de sobreviver em ambientes com salinidade superior a 200 mm de cloreto de sódio (NaCl) (Orrego *et al.*, 2018). Por exemplo, algumas espécies acumulam sal nas folhas e caules, enquanto outras excretam o excesso de sal através de glândulas especiais. Além disso, as halófitas desenvolveram sistemas de absorção e transporte de água e nutrientes adaptados à alta salinidade (Flowers; Colmer, 2008).

### **2.2 Características das plantas halófitas**

As plantas halófitas desenvolveram controle fisiológico, bioquímico e molecular para lidar com o excesso de sal, permitindo-lhes crescer e se reproduzir em condições extremas (Flowers; Galal; Bromham, 2010). Uma das características das halófitas é a capacidade de acumular grandes quantidades de sal em suas células, sem sofrer danos ao completarem seu ciclo de vida (Flowers; Colmer, 2008), isso é possível devido à propriedade de compartimentar íons em vacúolos de suas células, evitando que altas cargas de sal do substrato atinja o protoplasma, conseguindo assim a regulação da salinidade e sua tolerância aos efeitos tóxicos associados ao aumento desta concentração (Holanda *et al.*, 2011). Além de desenvolverem raízes mais profundas e extensas para fixar a planta no solo, camadas de células semipermeáveis para o NaCl na epiderme e uma camada serosa na endoderme que funciona como uma espécie de filtro para o sal (Figura 1) (Gleen; Brown; O'leary, 1998).

Figura 1 - Anatomia de uma planta halófitas



Fonte: Gleen; Brown; O'leary (1998).

Comumente, as halófitas realizam alguns mecanismos de adaptação e tolerância ao sódio, como possuir glândulas especiais que excretam o excesso de sal na superfície da folha, formando uma camada de cristais de sal (Meng; Zhou; Sui, 2018). Algumas espécies reprimem a absorção de íons sódio pelas raízes, reduzindo o transporte para as partes aéreas das plantas (Sui *et al.*, 2010). Outros diluem o sal acumulado nas folhas (Flowers; Galal; Bromham, 2010) ou o excretam através de estruturas localizadas na epiderme (Yuan *et al.*, 2015). Além disso, as halófitas desenvolveram um sistema radicular especializado, composto por raízes adventícias capazes de tolerar o alagamento (Flowers; Galal; Bromham, 2010).

### 2.3 Uso de halófitas na antiguidade

Na antiguidade, muitas civilizações em regiões costeiras ou próximas a desertos já possuíam conhecimentos tradicionais para tratar diversas doenças infecciosas utilizando plantas halófitas, explorando essas plantas em busca de propriedades terapêuticas (Grigore; Constantin, 2010).

Partes da planta, como folhas, frutos, sementes, raízes e cascas, foram amplamente utilizadas no preparo de chás e pastas tópicas de uso terapêutico. Em

algumas regiões do Mediterrâneo, eram utilizadas para tratar doenças urinárias e respiratórias, além do consumo na alimentação (Öztürk *et al.*, 2014). Espécies halófitas costeiras ao longo do Mar da Arábia são descritas para fins terapêuticos, como *Amaranthus viridis* L. (Amaranthaceae) usado para tratamento de constipação, pedras na vesícula biliar/ rins, *Album chenopodium* L. (Chenopodiaceae) usado para tratamento de constipação e muitas outras plantas descritas em (Qasim; Gulzar; Khan, 2011).

Na Grécia antiga, por exemplo, o uso de plantas do gênero Amaranthaceae, como *Salicornia* e *Salsola*, eram muito comuns na culinária e no uso medicinal (Lombardi *et al.*, 2022). No antigo Egito, algumas plantas eram cultivadas para a produção de óleos, cosméticos e medicamentos, além de serem utilizadas na alimentação (Grigore; Constantin, 2010).

É bem sabido que o problema da salinidade afetou civilizações antigas, como aquelas próximas às regiões de água salgada e desérticas. Contudo, a prática do cultivo de plantas halófitas tornou-se promissora, o que permitiu às civilizações superarem os desafios impostos pela salinidade, além de fornecer alternativas de cultivo que hoje se tornaram soluções inovadoras para alguns problemas ambientais (Ventura *et al.*, 2015).

## **2.4 Halófitas: espécies e suas aplicações**

*Salicornia* é um gênero botânico pertencente à família Amaranthaceae, halófitas ricas em nutrientes, incluindo vitaminas, minerais e antioxidantes, além de alto teor proteico, todos descritos no Quadro 1. De modo geral, *Salicornia* possuem notável importância na nutrição humana, principalmente em regiões costeiras e em locais onde o cultivo de alimentos é dificultado devido à salinidade do solo (Mishra; Patel; Jha, 2015).

Existem diversas espécies de *Salicornia* importantes para estudos, como *S. bigelovii*, planta nativa da América do Norte. É uma planta perene, suculenta, com folhas reduzidas a pequenas escamas e caule cilíndrico e articulado. O aspecto distintivo desta espécie é a sua cor verde brilhante, que contrasta com as áreas pantanosas e salinas (Alfheaid *et al.*, 2022). Entre as espécies de *Salicornia* mais estudadas, *S. bigelovii* Torr é a espécie mais pesquisada por ser mais tolerante ao sal

(Ayala; O'Leary, 1995), o que as tornam promissoras para o cultivo desta espécie de oleaginosa em áreas desérticas sob irrigação com água do mar (Glenn *et al.*, 2013).

*S. bigelovii* tem despertado interesse crescente devido ao seu potencial uso em diversas aplicações, como na alimentação devido à sua riqueza em nutrientes como ácido ascórbico e clorofila além de seu sabor característico (Lyra; Ismail; Brown, 2020; Liu *et al.*, 2020), na produção de biocombustíveis devido ao seu teor de óleo (El-Tarabily *et al.*, 2020) e no potencial agrícola e econômico como biofertilizantes, devido a esta espécie estar associada a uma variedade de microrganismos que colonizam raízes de plantas e estabelecem uma relação mutualística (micorriza), que conseqüentemente promove o crescimento das plantas e também confere benefícios a outras plantas (*Pseudomonas sp.* (SDT3), *Bacillus velezensis* (SMT38), *Pseudarthrobacter oxydans* (SRT15) e *Bacillus zhangzhouensis* (HPJ40) (Mathew *et al.*, 2020; Valle-Romero *et al.*, 2023). As propriedades terapêuticas de *S. bigelovii* são atribuídas ao alto teor de óleo em suas sementes (cerca de 30%), constituído pelo ácido linolênico (C(18:3) ômega 3 (77%), essencial para o coração, pois auxilia na redução dos níveis de triglicérides e colesterol (Lipoproteína de baixa densidade-LDL), além de regular a pressão arterial, atua no sistema imunológico, reduzindo risco de doenças crônicas (Anwar *et al.*, 2002), atua reduzindo risco de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer (ácido alfa-linolênico (ALA) produz ácido eicosapentaenóico (EPA) (20 carbonos) e ácido docosahexaenóico (DHA) (22 carbonos), precursores de um grupo de eicosanóides (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos) que são antiinflamatórios, antitrombóticos, antiarrítmicos e vasodilatadores) (Maggie; Covington, 2004).

*S. europaea*, também conhecida como erva-vidro, é nativa das regiões costeiras da Europa, Norte da África e Ásia Ocidental. É caracterizada por apresentar caules brilhantes e suculentos, ramificados e de cor verde a avermelhada, com folhas reduzidas a pequenas estruturas em forma de escamas que circundam os caules (Zhang *et al.*, 2014). Alguns compostos são encontrados nesta espécie, incluindo flavonóides, flavanonas, cromonas, esteróis, ligninas, compostos alifáticos e saponinas triterpenóides (Kim *et al.*, 2021). Ao analisar as propriedades biológicas e terapêuticas de *S. europaea*, foram observadas atividades antiproliferativas contra células neoplásicas A549 (células epiteliais basais alveolares humanas adenocarcinômicas) com IC50 (concentração que inibe 50% do crescimento celular) de 52,35 e 79,39  $\mu\text{m}$ , *S. europaea* também mostrou atividades antioxidantes,

antiinflamatórias, antidiabéticas, antimicrobianas, anti-hipertensivas (Kim *et al.*, 2021) e antivirais (Ayeleso; Matumba; Mukwevho, 2017).

*S. herbacea* é uma planta suculenta com folhas em formato de escamas, também é considerada uma planta comestível, o que tem despertado o interesse humano pelo seu uso. *S. herbacea* possui propriedades bioativas como antioxidantes, compostos fenólicos, flavonóides, saponinas, alcaloides e taninos (Limongelli *et al.*, 2022). A mesma espécie de halófito do estudo de Essaidi, continha oito ácidos fenólicos e oito flavonóides, contendo antioxidantes que ajudam a neutralizar os radicais livres no corpo e a protegê-lo contra danos celulares associados a uma série de doenças crônicas (Essaidi *et al.*, 2013) no controle da hiperglicemia (Lee *et al.*, 2015), efeito hepatoprotetor (Yi *et al.*, 2015) e no controle da obesidade (Lee *et al.*, 2023).

*S. ramosíssima*, também conhecida como “vidro roxo”, é uma planta nativa de regiões costeiras de clima temperado. Possui caules suculentos e carnudos, geralmente verdes, mas podem adquirir tons avermelhados durante o crescimento (Limongelli *et al.*, 2022). Suas extremidades fornecem vitaminas, minerais, proteínas e aminoácidos, que os tornam valiosos na culinária, podendo ser consumidos em saladas, cozidos ou acompanhados de pratos de carne ou peixe (Antunes *et al.*, 2021). *S. ramosíssima* pode ser cultivada em sistema hidropônico sustentável, proporcionando um alimento com bom perfil nutricional e seguro em termos de estudos microbiológicos (Lima *et al.*, 2020) seu extrato contém uma variedade de fitoquímicos presentes na fração acetato de etila, sendo capaz de proteger contra raios ultravioleta (UV) (Surget *et al.*, 2015).

Além disso, halófitas são consideradas potentes antioxidantes e antiinflamatórias (Isca *et al.*, 2014; Lima, 2023). *S. brachiata*, nativa de regiões costeiras da Ásia, assim como outras *Salicornia* são plantas que possuem estruturas morfológicas adaptativas semelhantes entre si, tal a sua capacidade de adaptação a ambientes salinos. Na prospecção fitoquímica foi possível encontrar diversos metabólitos com diferentes bioatividades, como flavonóides utilizados para suplementação nutricional, ácidos graxos saturados e poliinsaturados no tratamento de doenças inflamatórias e antiproliferativas, incluindo selênio e enxofre como agentes anticancerígenos (Mishra; Patel; Jha, 2015).

O Brasil possui uma flora diversificada de halófitas com potencial biotecnológico para produção de biofertilizantes, econômica para produção de alimentos e

terapêutica para produção de substâncias bioativas. Distribuem-se em ambientes costeiros sob influência de inundações por água salgada, como em manguezais, ocorrência de *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *R. racemosa*, *Avicennia germinans*, *A. schaueriana*, *Conocarpus erecta* e *Laguncularia racemosa* (Costa; Herrera, 2016; Costa; Bonilla, 2017); em ambientes de sapais próximos a manguezais, ocorrência de gramíneas, como *Spartina alterniflora* ou *Sporobolus virginicus* (Costa; Iribarne; Farina, 2009), dicotiledôneas *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sarcocornia ambigua* e *Blutaparon vermiculare*, samambaias cosmopolitas *Acrostichum aureum* e *Acrostichum danaefolium*, gramíneas monocotiledôneas *Spartina alterniflora* e *Spartina densiflora*, *Cyperaceae Scirpus maritimus* e *Scirpus olneyi*, junco *Juncus kraussii* e uma área arbustiva coberta por *Myrsine parvifolia* e *Acrostichum danaefolium* (Costa; Marangoni; Azevedo, 2003).

Espécies halófitas (*Apium graveolens*, *Myrsine parvifolia*, *Paspalum vaginatum* e *Schinus terebinthifolius*) provaram ser boas fontes naturais de compostos fenólicos livres (FPC) quando comparadas à soja e ao farelo de arroz, sendo o primeiro estudo a relatar a extração de FPC em *M. parvifolia* e *P. vaginatum*, e seu conteúdo de ácido serínico, vanilina e quercetina não foram afetados pela salinidade (Souza *et al.*, 2018).

Pesquisa realizada com *Salicornia neei* Lag., mostrou que espécies nativas do Brasil apresentam alta tolerância à salinidade e ao clima do semiárido nordestino, destacando o potencial adaptativo e promissor desta espécie para cultivo local (Alves *et al.*, 2020). Outro estudo testou o cultivo de *Salicornia neei* Lag., com irrigação com água salobra ou adubação, com objetivo de avaliar crescimento e ganho de biomassa e constatou maior produtividade de biomassa fresca e seca de plantas na 2ª safra, demonstrando o potencial forrageiro apresentado por esta halófito, promissora para cultivo em grandes áreas do Brasil região semiárida (Alves *et al.*, 2020). Em relação às propriedades nutricionais, observam-se elevados teores de minerais, como Potássio (K), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) (Doncato; Costa, 2018), ácidos graxos ricos em ômega 6 ( $\omega$  -6) e ômega 9 ( $\omega$  -9) (Costa *et al.*, 2014), além de antioxidantes e compostos fenólicos antiinflamatórios (Souza *et al.*, 2018). Estudo mostra que compostos antioxidantes podem ser indicados para o tratamento da obesidade, incluindo diabetes mellitus (DM), que é uma comorbidade intimamente relacionada à obesidade (Khutami *et al.*, 2022).

Mais de 100 países no mundo são afetados pelo problema da salinização (FAO, 2021). Na Ásia, as halófitas têm se mostrado promissoras para a agricultura, biocombustíveis, controle de salinidade e preservação ambiental com uma diversidade de plantas halófitas resultantes da variação climática da região (Khan; Qaiser, 2006).

O baixo impacto ambiental para o cultivo de plantas halófitas é o grande motivo de estudos diversificados ao redor do mundo focados na produção de biomassa para alimentos e outros produtos, sua capacidade de tolerar estresses ambientais e altos níveis de sal, seus nutrientes e substâncias bioativas fazem das plantas halófitas um alternativa viável para a nutrição humana e animal, além da possibilidade de reabilitar áreas degradadas, removendo poluentes do solo e prevenindo a desertificação (Khan *et al.*, 2016).

Na China, estas plantas são recursos naturais de potencial valor económico, pois fornecem grãos, frutas e vegetais importantes na nutrição humana e animal, bem como matérias-primas para a produção de biocombustíveis (Liu; Wang, 2021). *Artiplex canescens* (Pure) Nutri, teve seu potencial de uso questionado e aplicado em terras nutricionalmente pobres, com exploração em aplicação viável em áreas carentes para extrair seus potenciais valores ecológicos e econômicos (Ma *et al.*, 2022).

Estudos nas mais diversas áreas de aplicações biotecnológicas, alimentação animal, alimentos verdes e vegetais gourmet, são desenvolvidos em países como Irã, Tunísia, Argélia, Israel e Argentina, demonstrando potencial para desenvolvimento das mais diversas espécies de halófitas (Farzi; Borghei; Vossoughi, 2017; Ventura *et al.*, 2015).

A halófito *Arthrocnemum fruticosum* (L) presente na costa jordaniana do Mar Morto foi estudada por ser uma das poucas espécies na área que na maior parte do ano prevalece na cor verde, incluindo meses quentes e secos de verão, o entendimento da germinação e o amadurecimento relacionado com esses tipos peculiares de plantas, procura explicar a relação entre solidariedade do solo, chuva e germinação, aspectos ambientais e fisiológicos (Saadeddin; Doddema, 1986).

Em Portugal, um estudo sobre o potencial de compostos bioativos das partes aéreas da halófito *Poliganum maritimum* L. (PME) avaliou as propriedades antioxidantes e antígenotóxicas do extrato etanólico, com o intuito de projetar o desenvolvimento de produtos voltados a algum benefício à saúde nas indústrias alimentícia e farmacêutica (Oliveira *et al.*, 2023).

A produção de extratos botânicos com bioativos de *Salicornia ramosissima* J. Woods tem sido explorada para aplicação em indústrias de alto valor, como nutracêutica, farmacêutica e cosmética e sua fração residual após a extração pode ser utilizada para bioenergia ou produtos químicos derivados da lignocelulose (produção de biogás e bioetanol) (Hulkko *et al.*, 2023).

Na região central da Arábia Saudita, plantas nativas da região (*Euphorbia chamaesyce*, *Bassia arabica*, *Fagonia mollis*, *Haloxylon salicornicum*) tiveram seus conteúdos fitoquímicos estudados, sendo avaliados diferentes níveis de atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo neste estudo o extrato alcoólico com maior potência a bioatividade era de *E. chamaesyce*, rica em polifenóis e metabólitos secundários de flavonóides, como 68,0 mg/g de ácido gálico e 39,23 mg/g de quercetina (Rugaie *et al.*, 2023).

Na República da Sérvia, um estudo revisou atividades biológicas como antioxidante, anticancerígena, antibacteriana, antifúngica e antiinflamatória da família Amaranthaceae com 18 espécies de plantas halófitas envolvidas (Todorović *et al.*, 2022).

O Instituto de Botânica da Universidade Leibniz de Hannover, Alemanha, submeteu três espécies diferentes de halófitas a diferentes salinidades (0 Unidades Práticas de Salinidade (PSU) até 15 PSU), com o objetivo de manter condições adequadas para aumentar a concentração de metabólitos, uma alta produção de biomassa e um período de tempo ideal para indução de estresse, demonstrando que o estresse salino causa aumento na concentração de antioxidantes, produzindo vegetais mais saudáveis, concluindo que as espécies estudadas podem ser cultivadas em estufas com irrigação com água salobra para aumentar seu valor nutricional (Boestfleisch; Papenbrock, 2017).

O melhoramento e o crescimento das plantas halófitas através do acúmulo de agentes osmóticos mantêm suas funções biológicas ativas e sua biossíntese interfere nas fases de desenvolvimento (Slama *et al.*, 2015).

*Lycium humile* (tribo Lyciae), um arbusto não endêmico do Nordeste do Chile e noroeste da Argentina que habita áreas solares (salinas) na região de Puna, foi estudado porque cresce em ambientes multi-estresses com déficit hídrico, temperaturas extremas e alta salinidade, a fim de analisar as respostas germinais das espécies (Palchetti *et al.*, 2020).

Nos Estados Unidos, estudo com uma halófita pertencente à família Amaranthaceae do gênero *Salicornia*, demonstrou seu potencial como alimento, indicando-a como planta de futuro, devido à sua resistência a condições extremas com alto teor de sal, sua relevância culinária e atributos medicinais, sugerindo novos estudos para combater a insegurança alimentar e produção de biomassa através de espécies estudadas, transformadas em pickles, bebidas ou in natura em salada (Patel, 2016).

## **2.5 Nutrientes, compostos bioquímicos e toxicidade das halófitas**

O desenvolvimento de uma cultura alimentar com possibilidade de menor utilização de água doce na irrigação, maior aproveitamento nutricional, produção de energia a partir de biocombustíveis renováveis, desenvolvimento de produtos nutracêuticos e conhecimento de algumas atividades biológicas como antioxidante, vermífuga, anti-inflamatória e bactericida, definitivamente dá características excepcionais das plantas halófitas, direcionando estudos para investigações mais precisas e completas de seus nutrientes, compostos bioquímicos, caracterização química, sua possível toxicidade, bem como fatores antinutricionais para produção não tradicional de alimentos, combustíveis e produtos químicos (Souza; Costa, 2021).

### **2.5.1 Nutrientes**

Nos estudos de Wu *et al.* (2012), a *Suaeda salsa*, popularmente consumida como vegetal no Delta do Rio Amarelo, quando submetida ao estresse hídrico apresenta betaína 10 a 100 vezes maior que outras substâncias metabólicas (etanol, lactato, alanina...), a betaína é um aminoácido que protege contra a inativação osmótica aumentando a retenção de água nas células, responsável pela redução do percentual de gordura corporal em modelos animais (ração para peixes e pintinhos) melhorando a eficiência nutricional e o crescimento (Freitas; Barbosa; Ramos, 2015). Outros estudos mostram que para *Salicornia europaea* L. a dessalinização do pó pode ser realizada visando sua utilização na dieta, devido às suas propriedades antihipertensivas e antilipogênicas, auxiliando no controle da obesidade, seu extrato tem efeito hipoglicemiante devido à inibição da enzima  $\alpha$ -amilase (Rahman *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020).

*S. salsa* possui componentes como vitaminas, aminoácidos essenciais e suas sementes contêm 40% de óleo rico em ácidos graxos insaturados (Wu *et al.*, 2012), rico em proteínas, fibras e carotenoides, indicando seu potencial como cultura vegetal e oleaginosa (Coc-Coj; Cámara-Mota; González-Cortés, 2020; Li; Song, 2019). A porcentagem de lipídios pode variar entre as diferentes espécies de sementes de *Salicornia*; *S. bigelovii* apresentou 29% de extração de lipídios totais, *Salicornia brachiata* 29,4%, *Salicornia fruticosa* 26,4% e *Salicornia europaea* 27,8% além de possuir baixo teor de saponinas nas sementes, permitindo que o óleo extraído seja utilizado para fins alimentícios, os resultados também demonstraram cinco componentes de ácidos graxos em análises de *Salicornia bigelovi* L. com 72,5% de ácido linoleico -  $\omega$  6 (18:2), 13,3% de ácido oleico (18:1), 7,40% em peso de ácido palmítico (16:0), 2,4% em peso % de ácido esteárico (18:0) e 2,3% em peso de ácido  $\omega$  3-linolênico (18:3) (Al-Rashed *et al.*, 2016).

A biomassa de *Salicornia ramosissima* J. Woods, conhecida como aspargo do mar, apresentou ácidos graxos poliinsaturados (PUFA 58,2%), ácido graxo saturado (SFA 41,0%) e ácido graxo monoinsaturado (MUFA 1,3%) com predominância de ácido linoleico (34,5%) e ácido palmítico (30,9%), além de uma proporção de 1,5% de ômega 6 e ômega 3, sugerindo redução no risco de doenças cardiovasculares. Fatores como inundações, altas temperaturas e intensa radiação ultravioleta desencadeiam efeito protetor com produção de proantocianidinas e outros flavonóides, além de compostos bioativos e produção de radicais livres e extrato aquoso de matéria vegetal apresentou compostos bioativos (30,10 mg GAE/g MS) (Hulkko *et al.*, 2023).

Estudos de composição química de *Salicornia ramosissima* e *Sarcocornia perennis* Alpini, demonstraram valores de umidade (89,7 e 87,8%), proteína (6,61 e 4,28%), lipídeo (1,32 e 1,52%), cinzas (40% para ambos), fibras (11,3 e 15,3%) e carboidratos (51,3 e 52,3%), respectivamente. Esses valores foram maiores quando comparados aos encontrados em uma hortaliça comumente utilizada na dieta geral como a beterraba com umidade (88,39%), proteína (1,06%), lipídios (0,22%), cinzas (0,92%), fibra (2,87%) e carboidratos (6,54%) (Lopes *et al.*, 2023; Viudes; Santos, 2014).

### 2.5.2 Compostos bioativos

Na pesquisa de Rugaie *et al.* (2023), de quatro espécies de plantas halófitas estudadas (*Bassia arabica*, *Fagonia mollis*, *Haloxylon salicornicum* e *Euphorbia chamaesyce*, todas nativas da região central da Arábia Saudita), última respectivamente citadas, apresentaram maiores valores de fenólicos e flavonóides 68,00 mg/g de ácido gálico equivalente (GAE) e 39,23 mg/g de quecertina (QE), respectivamente, além de demonstrar três vezes mais atividade eliminadora de radicais livres em comparação com outras espécies em estudo. No mesmo estudo, foram identificados dezesseis compostos flavonóides entre eles; rutina, miricetina, luteolina, quercetina, naringenina e kaempferol, natira e fenólicos como ácido gálico e elágico.

*Salicornia europaea* L. está entre as halófitas mais estudadas e reconhecidas. Entre 1978 e 2019, foram isolados oitenta e nove metabólitos desta espécie e entre vários compostos extraídos, a quantidade variou entre 0,1 e 10 ppm, com três observações específicas em quantidade de 123 ppm para o composto (1) com atividade antifúngica, 467 ppm para o composto (Ventura *et al.*, 2015) ácido 1,3-dicafeoilquínico, possuindo efeitos antioxidantes e citoprotetores e 700 ppm para o composto (Zhang *et al.*, 2014) com atividade antioxidante e capacidade antiinflamatória cardiovascular, lembrando que foram extraídos de material vegetal seco (Kim *et al.*, 2021).

Vários compostos bioativos são descritos na pesquisa de Todorović *et al.* (2022) como glicosídeos de flavonol (Patuletina 3-O-[5''-O-feruloil-β-D-apiofuransil (1'→2'')-β-D-glucopiranosídeo]; Patuletina 3-O-β-D-glucopiranosídeo) e glicosídeos flavonóides (espinacetina 3-O-β-D-glucopiranosídeo; arbutina; 4-hidroxibenzil-β-D-glucopiranosídeo) todos encontrados em *Atriplex littoralis*. Flavonóides como miricetina, quercetina e vários flavonóides glicosilados foram descritos em *Artiplex halimus*. Para *Camphorosma monspeliaca*, óleos essenciais (α-pineno; pentanoato de citronelila; limoneno; pinocarvona; canfeno; α-cadinol; octen-3-ol; β-eudesmol) e para *Chenopodium ambrosioides*, uma grande lista de terpenos (β-mirceno; Cis -β-ocimeno; Nerol; Geraniol; Limoneno; α-terpineno; α-terpinolen; β-felandreno; p-cimeno; Trans-pinocarveol; α-terpineol; Isoascaridol; Dihidroascaridol; Cariofilenopóxido; δ3-careno; δ4-careno; γ-curcumeno; α-caroteno; β-caroteno), sendo

estes compostos apenas alguns dos muitos descritos relativos às espécies estudadas em pesquisa.

### 2.5.3 Toxicidade e componentes minerais

Quanto à análise de toxicidade celular de plantas halófitas, são encontrados poucos estudos, a espécie *Atriplex spp.* apresentou saponinas (principais), ácido fítico, taninos e inibidores de tripsina nas suas folhas (Glenn *et al.*, 2013). *Chenopodium polyspermum*, foi avaliada quanto à sua toxicidade hemolítica e renal devido ao conteúdo de ácido cianídrico e oxálico presentes em sua composição, levando o paciente em estudo à insuficiência renal crônica (Acik *et al.*, 2012). A espécie de grãos *Chenopodium quinoa* W. apresentou compostos triterpenóides e esteróides glicosídeos, que se mostraram estáveis e considerados antinutrientes. Além dos inibidores de tripsina e saponinas, embora a quantidade de tripsina encontrada seja menor em comparação à soja e seja facilmente inativada pelo calor, pois é termolábil (Spehar, 2006; Faustino; Faustino; Pinto, 2019).

O trabalho de Coelho, Ansiliero e Foppa (2021) utilizaram extrato de *Sacocornia ambigua* para verificar o percentual de inibição do crescimento e mutagenicidade em *Allium cepa*, observando não haver efeito tóxico que pudesse favorecer a multagenicidade e inibição do crescimento celular, mas poucos são os estudos quanto a análise de toxidade celular com plantas halófitas. Todorović *et al.* (2022) demonstram que estudos com a espécie *Bassia scoparia*, relatam rinite alérgica como reação ao seu pólen em 14% de 100 pacientes estudados e que sua ingestão na forma de ração animal em alta quantidade, provocou morte de vacas, cavalos e ovelhas devido a substâncias tóxicas como: nitratos, oxalatos, alcaloides e saponinas presentes na sua composição.

No entanto, o extrato etanólico de *Chenopodium hybridum* L. mostrou efeitos citopáticos nos fibroblastos da pele após experimentos para tratamentos de alguns tipos de câncer, indicando citotoxicidade (Nowak *et al.*, 2016).

Metais potencialmente tóxicos como cromo (5,24 µg/g), níquel (2,32 µg/g) e chumbo (1,45 µg/g) relatados em baixas concentrações foram encontrados em *S. ramosíssima*, além de elementos minerais essenciais como sódio, magnésio, potássio e cálcio descritos em (Dias, 2018). Esses metais relatados, mesmo que encontrados em baixas concentrações quando comparados aos metais essenciais, nos levam a

observar que em áreas poluídas, espécimes halófitos locais podem apresentar concentrações mais elevadas, sendo necessária uma investigação mais aprofundada e correlacionar esses parâmetros, área contaminada, estresse nível e acúmulo de metais tóxicos (Cárdenas-Pérez *et al.*, 2022).

A grande maioria dos estudos com plantas halófitas visam a fitorremediação e demonstram a capacidade das plantas halófitas em acumular metais pesados, e como as espécies lidam com altas concentrações de íons tóxicos, desempenhando papel de fitoextratores e estabilizadores em solos poluídos (Manousaki; Kalogerakis, 2011).

*S. maritima* e *S. fruticosa* demonstraram um papel importante na fitorremediação de metais de origem antropogênica (resultantes da ação humana), impedindo a sua mobilização para a coluna de água (Resende *et al.*, 2021).

Sistemas de recirculação de águas residuais da carcinicultura utilizando halófitas como tratamento e limpeza são apenas uma das muitas opções de utilização dessas plantas. O uso de biofiltros é uma solução viável para desenvolver a maricultura de forma sustentável, produzindo condições estáveis de qualidade da água, gerando economia de recursos e melhor retorno econômico (Leite *et al.*, 2007).

Diversos autores têm utilizado plantas halófitas de diferentes espécies para fitorremediação de solos, águas salinas e consumidoras de carbono, realizando limpeza atmosférica e bioindicação de contaminação por metais pesados, visando melhor aproveitamento dos recursos hídricos e do solo para maiores áreas plantadas (Schardong; Bonilla; Santaella, 2018; Neves, 2006; Farzi; Borghei; Vossoughi, 2017; Isayenkov *et al.*, 2020; Souza; Costa, 2021).

Populações de *S. ramosíssima* coletadas em sistema contaminados por metais pesados, apresentaram excedente na concentração de Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Arsênio (As), mas não em níveis suficientes para ultrapassar os limites estabelecidos pela FAO/OMS referentes aos metais (Sanjosé *et al.*, 2021), lembrando que espécies halófitas aplicadas na fitoremediação não são utilizadas para alimentação humanas em nenhum dos estudos encontrados.

## **2.6 Área farmacêutica**

Sabemos que os metabólitos primários são moléculas necessárias à vida e presentes nas células vegetais. No interior das plantas são encontrados compostos

secundários, restritos em distribuição e quantidade, de grande interesse terapêutico para a área médica (Pinto, 2011).

Bouayed e Bohn (2010) reconheceram que a atividade antioxidante de fitoquímicos, como os polifenóis, possui atividades citoprotetoras constituintes de alimentos vegetais. Esses mesmos compostos, na presença de íons e em altas doses, podem exercer atividade pró-antioxidante que depende de suas concentrações. A atividade pró-oxidativa da quercetina (50  $\mu\text{M}$ ) pode aumentar a geração de radical superóxido ( $\text{O}^2$ ) em concentrações mais elevadas (>50  $\mu\text{M}$ ), diminuindo a sobrevivência e a viabilidade celular.

A publicação da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse para o SUS (RENISUS), proporciona incentivo a pesquisa e leva ao conhecimento de espécies vegetais plantas medicinais e seus fitoterápicos proporcionando a troca de saberes e a construção de novos conhecimentos, desenvolvendo e fortalecendo seu uso racional (Brasil, 2012a). Dentro do elenco de medicações e insumos da Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME) no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), citamos a Espinheira-santa (*Maytenus officinali* Mabb.) (Brasil, 2012b). Apresentando Triterpenos e polifenóis (flavonóides e taninos) que atuam no sequestro de radicais livres, minimizando o estresse oxidativo oferecendo como propriedade terapêutica ação antiinflamatória (Negri; Possamai; Nakashima, 2009).

Especie como *Sacocornia ambigua* com ampla distribuição na costa Nordeste e Sudeste do Brasil (Costa; Bonilla, 2017), demonstrou potente ação antioxidante e ação antiinflamatória nos trabalhos de Bertin *et al.* (2014) e Coelho, Ansiliero e Foppa (2021), sendo possível candidata a inclusão da lista do Renisus e a novas pesquisas voltadas a seu uso como fitoterápico.

Lee (2016) estudou extrato de *Salicornia herbacea* L. administrado por via oral, que mostrou diminuição significativa de triglicerídeos e colesterol total nos animais do grupo teste. Triglicerídeos elevados no sangue são um fator de risco cardiovascular, sangue com partículas elevadas de triglicerídeos, especialmente em pacientes resistentes à insulina, são fatores chave para o desenvolvimento de arteriosclerose e eventos cardiovasculares, através de ação direta no endotélio e na parede vascular (Ponte, 2009).

*Sacocornia ambigua* possui maior quantidade de potássio e conseqüente menor concentração de sódio intracelular, demonstrando potencial de ação no tratamento da hipertensão (Rodrigues *et al.*, 2013).

As espécies halófitas *Carpobrotus edulis* e *Frankenia laevis* apresentaram atividade inibitória contra Acetilcolinesterase (AChE) e Butirilcolinesterase (BChE), enzimas que hidrolisam o neurotransmissor Acetilcolina (ACh), sendo possíveis na terapia como abordagens neuroprotetoras em distúrbios neurodegenerativos (Bouayed; Bohn, 2010).

Os compostos bioativos, estrutura química, principais substâncias encontradas e atividade biológica das halófitas estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Interesse Terapêutico - Espécies de halófitas constituintes químicos, atividades biológicas e suas principais substâncias encontradas

Espécie	Principais Constituintes Fitoquímicos	Atividades Biológicas	Autor/Data
<i>Salicornia sp.</i>	Carboidratos, proteínas, óleos, compostos fenólicos, flavonóides, esteróis, saponinas, alcaloides e taninos, fibras alimentares, minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos insaturados, esteróis e compostos fenólicos Lipídeos, prótidos, mucilagens, esteróis, triterpenos ( $\alpha$ -amirina), cumarinas	Anticancerígena, proteção dos vasos, anti-hipertensivo, antioxidante, antiglicêmico, hepatoprotetor e hipolipidêmico e atv. inseticida	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020)
<i>Salicornia brachiata</i>	Alto teor de proteínas, rica em aminoácidos sulfurados, selênio e ácidos graxos poli-insaturados, monossacarídeos, ramnose, arabinose, manose, galactose e glicose, com pouca presença de ribose e xilose.	Bactericida com atividade sinérgica com o antibiótico fluoroquinolona ofloxacina. Ação antibacteriana. Altas ligações dissulfeto em proteínas globulinas com monossacarídeos e ação antioxidante	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020); Patel (2016)
<i>Salicornia iranica</i> Akhani	Ésteres metílicos de ácidos graxos	Ação antimicrobiana sobre bactérias patogênicas	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020) Rahmani e Heydarian (2016)
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	Compostos fenólicos e flavonoides; Níveis mais elevados de compostos fenólicos	Antioxidante, antitumoral (carcinoma de Ehrlich)	Coc-Coj, Cámara-Mota e González-Cortés (2020)
<i>Juncus maritimus</i>	Compostos fenólicos e flavonóides	Antioxidante, antitumoral e antihepática	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020)
<i>Salicornia bigelovii</i>	Ácidos graxos, saponinas, nortriterpeno e triterpeno, fonte alternativa de ácidos graxos poliinsaturados, ômega-3, $\beta$ -caroteno, triterpenóides, saponina nortriterpênica. Ácido 3-O- $\gamma$ -D glucuronopiranosil-30-norolano-12,20(29)-dien-23-oxo-28-óico, bigelovii D	Antioxidante, antifúngicos	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020); Shan <i>et al.</i> , (2015); Patel (2016)
<i>Sarcocornia ramosissima</i>	Alto teor de proteínas e ácidos graxos poliinsaturados e baixo teor de metais tóxicos (cádmio nas raízes)	Antioxidante	Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020)
<i>Salicornia ambigua</i>	Lipídeos, fibra alimentar solúvel, fibra alimentar insolúvel, carboidratos, principais minerais: Na, K, Mg e Ca. Fenóis, ácido ascórbico e ácidos fenólicos (ácidos ferúlico e caféico) e flavonóides (galangina, kaempferol e quercetina)  Predominância de potássio, sódio, magnésio e cálcio. Polifenólicos: Ácido vanílico, ácido clorogênico, cumarina, ácido p-cumárico, 4-metilumbelife-rona, coniferal-deído, siringaldeído, escopole-tina, ácido ferú-lico, ácido	Antioxidante; Osmoprotetor adjuvante no tratamento da hipertensão.	Bertin <i>et al.</i> (2014)  Coelho, Ansiliero e Foppa (2021)

Espécie	Principais Constituintes Fitoquímicos	Atividades Biológicas	Autor/Data
	siringico, sinapaldeído, ácido sinápico, resveratrol, apigenina, na-ringenina, luteolina, kaempferol, aromadendrina hispidulina, quercetina, apigenina 7-glicosídeo, miricetina, isoquercetina, naringina, rutina, ácido cinâmico, galangina, catequina, epicatequina.		
<i>S. salicornia</i>	Açúcares, aminoácidos, ácidos graxos poliinsaturados, flavonóides, polifenóis, carotenoides, sorbitol, prolina.	Antioxidante, antiinflamatório, bactericida e vermífugo	Souza e Costa (2021)
<i>Atriplex littoralis</i> L.	Flavonóides e fenólicos (fonte de proteínas, minerais, vitamina A) ácidos graxos instaurados.	Antioxidante, antimicrobiano, antiviral, anticancerígeno	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Atriplex rosea</i> L.	Fonte de proteínas, minerais, vitamina A, alcaloides, ácidos graxos, esteróis e aminoácidos, flavonóis, flavanonas, flavonas e glicosídeos de isoflavonas, compostos fenólicos e flavonoides.	Redução de níveis elevados de glicose no sangue e níveis de hepatite em ratos diabéticos, antioxidantes	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Bassia scoparia</i>	Taninos e oxalatos, valor nutricional semelhante ao da alfafa ( <i>Medicago sativa</i> ); Fitoecdisteroides na semente (20-hidroxiecdisona e polipodina B (5 $\gamma$ ,20-dihidroxiecdisona); Valor nutricional semelhante ao da alfafa ( <i>Medicago sativa</i> ); As substâncias tóxicas são saponinas, alcaloides, oxalatos e nitratos.	Inibição do fungo <i>Colletotrichum graminicola</i> ; Efeito antibacteriano em bactérias resistentes à metilina, propriedades inseticidas e efeito acaricida em três tipos de ácaros ( <i>Tetranychus sp.</i> , Acari, Tetranychidae); Atividade antioxidante, hipotensoras e estimulantes	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Bassia prostrata</i> (L.) Beck	Alcaloides harmen e harmina, ácidos orgânicos, flavonóides, saponinas, prolina, naringina, rutina e proteínas. Fonte de proteína e caroteno	Anti-helmíntico	Todorović <i>et al.</i> ,(2022)
<i>Camphorosma annua</i> Pall.	Glicina, betaína, prolina e pinitol; Ânions orgânicos (malato, citrato e oxalato); Osmólitos derivados de carboidratos e aminoácidos.	Não descrito nos estudos	Todorović <i>et al.</i> , (2022) Murakeözy <i>et al.</i> , (2003)
<i>Gmelini de limão</i>	Glicina, betaína e pinitol	D-pinitol (Inibi a liberação de citocinas pró-inflamatórias em modelos animais de diabetes mellitus).	Todorović <i>et al.</i> ,(2022) Moreira, (2015)
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L.	Alcalóides, ácidos orgânicos, saponinas, flavonóides, cumarinas, betaína, esteroides. Óleos essenciais com cânfora, fenóis, aminoácido e prolina.	Diaforético, expectorante, estimulante, antioxidante, antiasmático e diurético	Todorović <i>et al.</i> , (2022)
<i>Atriplex litoralis</i>	Flavonóides e fenólicos (fonte de proteínas, minerais, vitamina A), ácidos graxos instaurados, glicosídeos de flavonol, Patuletina 3-O-[5 $^{''}$ - O-feruloil- $\gamma$ -D-apiofuransil (1 $^{''}$ $\gamma$ 2 $^{''}$ )- $\gamma$ -D-glucopiranosídeo], Patuletina 3-O- $\gamma$ -D-glucopiranosídeo; Espinacetina 3-O- $\gamma$ -D-glucopiranosídeo; arbutina; 4-hidroxibenzil- $\gamma$ -D-glucopiranosídeo	Antioxidante, antimicrobiano, antiviral, anticancerígeno e antioxidante	Todorović <i>et al.</i> , (2022)
<i>Álbum chenopodium</i>	Flavonóides, fenólicos, fenóis, esteróis e terpenos (fonte de proteínas, fibras, minerais, potássio, vitamina A e vitamina C), ácidos graxos insaturados/ácido oxálico e ácido cianídrico. Ascaridol, limoneno, ácido gálico, aldeído protocatecuico, ácido vanílico, ácido caféico, ácido siringico kaempferol 3-O-glicosídeos; quercetina, sornmetina. P-cimeno, ascaridol, canela etil; $\gamma$ -pineno; linalol, pinan-2-ol; $\gamma$ -terpineol, acetato de linalila, safrol e saponina. ascaridol, $\gamma$ -mirceno, limoneno; $\gamma$ -terpineno; y-isômero; p-cimeno; $\delta$ 3-careno;	Antioxidante, diurético, laxante, antibacteriano, purificador do sangue, sedativo, hepatoprotetor, antiescorbúctico, antihelmíntico, cardiotônico, digestivo, imobilizador de espermatozoides, anticoncepcional, antipruriginoso, antinociceptivo, antirreumático, antiflogístico, antitumoral, antifúngico, antibacteriano. Eficaz no tratamento de queimaduras, distúrbios hepáticos e cegueira. Contem ácido oxálico e o ácido cianídrico (causam toxicidade hemolítica	Todorović <i>et al.</i> (2022)

Espécie	Principais Constituintes Fitoquímicos	Atividades Biológicas	Autor/Data
		e renal quando consumidos por humanos).	
<i>Chenopodium rubrum</i>	Flavonóides, fenólicos, fenóis, esteróis e terpenos (fonte de proteínas, caroteno, minerais, vitamina A) ácidos graxos insaturados, glicosídeo fenólico, óleo essencial, esteróis, terpenos, citocininas aromáticas, ascaridol, acilglicosídeos, hidroxicinâmico-ácidos p-cumárico, ferúlico e salicílico. γ-terpineno, sitosterol, estigmasterol, campesterol, avenasterol e espinasterol. Ascaridol, limoneno; γ-elemene; γ-cariofileno; γ-selineno; δ <sup>3</sup> -careno; Ascaridol, 6-[2(γ-D-Glucopiranosiloxi) benzilamino]purina; 6-[2-(γ-D-glucopiranosiloxi)benzilamino]-2-metilpurina; 6-benzilamino-9-γ-D-glucopirano-silpurina	Efeitos antioxidantes, antitumorais e citotóxicos.	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Chenopodium vulvaria</i>	Flavonóides, fenólicos e terpenos (fonte de proteínas, minerais, vitamina A) ácidos graxos insaturados, óleo essencial ascaridol e acetato de γ-terpinila	Antiespasmódico, antioxidante e antitumoral, bacteriostático e bactericida. Não pode ser utilizado por pacientes com reumatismo, artrite e gota.	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Suaeda maritima</i>	Ácidos fenólicos, fibra alimentar, cálcio, sódio e substâncias antioxidantes. Flavonóides e fenólicos, prolina, glicina, betaina, ácido ascórbico, triterpenóides dihidrocafeato de n-tetradecanilo; dihidrocafeato de n-hexadecanil; nonanil-n-octa-dec-9-enoato;	Antioxidante, antimicrobiano, bactericida, antitumoral, hepatoprotetor, ácido ascórbico com capacidade de quelar metais. Extrato deve ser evitado em alguns grupos de risco (hipertensão, doenças cardiovasculares e doenças renais), tratamento de hepatite.	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Chenopodium hybridum</i> L.	Fenóis	Atividade biológica multidirecional, como propriedades anticancerígenas, antioxidantes e analgésicas. Efeito antiproliferativo nas células tumorais.	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>Salsola refrigerante</i> L.	Flavonóides, alcaloides, selênio, rutina, quercetina 3-O-glucopiranosídeo, isorhamnetina 3-O-rutinosídeo e isorhamnetina 3-O-glucopiranosídeo	Inibição de enzimas recombinantes humanas, processos antidiabéticos e inflamatórios, anticâncerígeno, antihipertensivo, anticolinesterase, atividade inibitória seletiva contra butirilcolinesterase.	Todorović <i>et al.</i> (2022)
<i>S. herbacea</i> L.	Fibras alimentares, polissacarídeos bioativos, polifenóis, proteínas, carboidratos, lipídios, esteróis, flavonóides e minerais (Mg, Ca, Fe, K), óleo composto por ácido linoleico, ácido oleico, ácido araquídico, ácido palmítico, tocoferol (tipo γ, γ, γ), fenol, fitol, clorofila e γ-caroteno, estigmastanol, 24-etil-γ(22)-coprosteno (álcool graxo), saponinas, ácido clorogênico, ácido 3-cafeoil 4-dicafeoilquinico, ferulato de pentadecil, estigmasterol, ergosterol, aldeído vanílico, escopoletina, γ-sitosterol (1), estigmasterol (2), uracila (3) e isorhamnetina-3-O-γ-D-glucopiranosídeo.  Pentadecil ferulato + fitol e ácido γ-linolênico, isorhamnetina, fração de butanol (isorhamnetina 3-O-γ-D-glucopiranosídeo), saponinas triterpênicas do tipo noroleanano, Salbige A e B, Ácido 3-cafeoil, ácido 4-dicafeoilquinico.  Polissacarídeos (ativos (SP1)), 3-cafeína, glicosídeos ácidos	Imunomodulador, antioxidante anticancerígeno, antibacteriano, antidiabético, hipolipemiante, osteoprotetor e antiproliferativo. Controle sobre metástase da linha celular de fibrossarcoma humano HT-1080.  Antiproliferação celular, inibição adipogênica. Ação antioxidante, tônico, remédio para escorbuto, purificador do sangue, diurético e remédio para malária. Citotóxico no cólon humano, antibacteriano e antiosteoporótico, antidiabético, atividade anti-inflamatória, antitrombose e ação anti-hiperlipidêmica.  inibidor do citocromo P450s, P450 (superfamília ampla e diversificada de proteínas	Patel (2016) Coc-Coj <i>et al.</i> , (2020); Essaidi <i>et al.</i> , (2013)

Espécie	Principais Constituintes Fitoquímicos	Atividades Biológicas	Autor/Data
		responsáveis por oxidar um grande número de substâncias) CYP1A2 (metabolização da cafeína no organismo humano).	
<i>Salicornia brachiata</i>	Alto teor de proteínas, rico em aminoácidos sulfurados, selênio e ácidos graxos poli-insaturados, monossacarídeos, ramnose, arabinose, manose, galactose e glicose, com pouca presença de ribose e xilose	Altas ligações dissulfeto em proteínas globulinas com monossacarídeos. Ação antioxidante do selênio	Patel (2016)
<i>Salicornia begelovii</i> Torr	Ácidos graxos, compostos fenólicos, compostos olifenólicos, lipídios totais e proteínas. Alto teor de ácidos graxos poli-insaturados; Ácido linoléico-γ6, ácido palmítico, ácido oleico, ácido esteárico e ácido linolênico-γ3	Antioxidante	Al-Rashed <i>et al.</i> (2016)
<i>Artemísia annua</i> L.	Lipídios; Aldeído; Malonaldeído;	Antimalárico	Viudes e Santos (2014)
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Gorduras, proteínas, aminoácidos essenciais (fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina metionina, treonina, triptofano, valina), carboidratos, fibras, minerais e vitamina B2 (riboflavina), alfa-tocoferol, vitamina E. Rico em ácidos graxos essenciais, ferro Ácido linoleico e linolênico	Nutracêutico	Spehar, (2006)
<i>Salicornia ramosissima</i>	Compostos fenólicos totais, flavonóides, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras, minerais Na, K, Mg, P, Ca. Ácidos fenólicos, flavonoides, ácido pcumárico, clorogênico, naringenina	Antioxidante	Lopes <i>et al.</i> (2003)
<i>Sarcocornia perennis</i> Alpini	Compostos fenólicos totais, flavonóides, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras, minerais Na,K, Mg, P,Ca. Ácido caféico, uteolina	Antioxidante	Lopes <i>et al.</i> (2003)
<i>Salicornia europaea</i> L.	Saponinas terpenóides e triterpenóides 30-noroleano, salbige A e B, lavonóides e flavanonas, ácido oleanólico, ácido gipsogenina, derivados do ácido cafeoilquinico, ácido clorogênico, ácido tungtungmádico, quercetina, esteróis, lignanas e compostos alifáticos, (ácido 3-cafeoil-4-dihi-drocafeoil químico), derivados do ácido cafeoilquinico, icariside B2, fitol, vanilina (aldeído vanílico), cumarina (escopoletina), feoforbídeo, ftalato de dibutila, lignanas e compostos alifáticos.  Flavonóides, taninos, alcaloides e óleos essenciais. Minerais: K, Mn, Ca Si, I, B.  Compostos fenólicos, flavonóides, taninos condensados, antocianidinas, clorofila, carotenoides, fibras, ftalato de dioctila, 1 –octacosanol, (-)-syringaresinol, ácido linoleico e acantosídeo B (propriedades antioxidantes, anticolinérgicas, antineuroinflamatórias e anti-amnésicas).	Ação anticancerígena, antioxidante, antibacterianos/microbianos, antihistamínicos, antivirais, antiinflamatório antiaterosclerostico, imunoesstimulantes, antidiabéticos, cardioprotetores, antiproliferativo, hepatoprotetores, anticâncerígenos, citotóxicos, antioxidantes líticos, anticonvulsivantes, imunomoduladores, antinociceptivos, antidepressivos, acetilcolinesterase inibidor, hipoglicêmico, antifúngico, sinérgico, imunomodulador, antitireoidiano, anticélula de leucemia murina P-388 (Leucemia LLAT-murino, tumor não sólido), hiperglicêmico, hiperlipidêmico e antienvhecimento, atividades fotodinâmicas, inibição da γ-glicosidase e inibição da catepsina B, inibidores da melanogênese, hipolipemiante, antiagregante, citoprotetor e antiparkinsoniano, antiagregação plaquetária, artrite reumatoide, eczema, síndrome pré-menstrual e neuropatia diabética, anticolinérgico, antineuro inflamatório e anti-amnésico.	Kim <i>et al.</i> (2021)

Espécie	Principais Constituintes Fitoquímicos	Atividades Biológicas	Autor/Data
<i>S. ramosissima</i>	Ácidos graxos esterificados e livres, álcool graxo, esteróis, alcanos e derivados de ácidos aromáticos, compostos fenólicos.  Ácido palmítico, tetracosanol e octacosanol Flavonoides, quercetina, kaempferol e rutina, e derivados de ácido fenólico, como ácido clorogênico, ácido p-cumárico e ácido protocateuico.  Tetracosanol Octacosano	Antioxidante, cardioprotetor, trata obesidade e diabetes.  Capacidade de $\gamma$ -amilase, o que a torna relevante na terapia do diabetes. Baixa do colesterol	Faustin, Faustino e Pinto (2019)  Patel (2016)
<i>Sarcocornia ambigua</i> (Michx.)	Ácidos fenólicos e flavonóides individuais; Compostos fenólicos; Ácidos clorogênicos e quercetina.	Antioxidante	Souza <i>et al.</i> (2018)
<i>Polygonum maritimum</i> L.	Vitaminas, flavonóides, carotenoides, ortodifenóis e polifenóis (catequina, dímeros e trímeros de (epi) catequina, glicosídeos de quercetina e miricetina). Compostos fenólicos; Glicófitos, favan-3-ols em glicosídeos flavonol.	Antioxidantes; Antiinflamatórios; Antigenotóxico; antimelanogênicos; neuroprotetores.	Oliveira <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Elaboração da Autora (2024).

## 2.7 Área cosmética

O setor da indústria cosmética exige inovação e sustentabilidade, com investimento em produtos naturais e inovadores. Os óleos essenciais são basicamente partes de flores, plantas, sementes, folhas, caules, cascas, raízes de ervas, arbustos, arbustos e árvores. Parte da indústria cosmética está focada em extratos e óleos, em 2011, 55% dos novos materiais registrados vieram de plantas (Zucco; Sousa; Romeiro, 2020). Comparando a porcentagem de extração de óleo em matérias-primas comumente utilizadas na indústria cosmética, como Macadâmia (*Madamia integrifolia*) (50-60%), Uva (*Vitis vinifera*) (6-20%) e Maracujá (*Passiflora edulis*) (20-50%); a extração de óleo da halófito *C. maritimum* L. sobre o peso das sementes foi de 44,4%, para *Salvadora persica* (41%), *K. virginica* (20%), *Salicornia brachiata* (30%) e para *Arthrocnemum indicum*, *Alhaji maurorum*, *Cressa critique*, *Halopyrum mucronatum*, *Haloxylon stocksii*, *Suaeda fruticosa* e *B.maritima*, os valores variaram entre (20-25%), mesmo no mesmo estudo foi comparada a composição de ácido oleico de *C. maritimum* (78,6%) e *Salicornia bigelovii* (67,8%) semelhante à quantidade encontrada no azeite (Átia *et al.*, 2010).

## 2.8 Área de alimentação

### 2.8.1 Alimentação animal

As mudanças climáticas, aliadas aos problemas naturais e antrópicos nas áreas agrícolas resultam no aumento dos problemas de seca e salinidade em diversas regiões do mundo (Nikalje, 2019), as halófitas têm importantes interesses aplicados a diversos fins agrícolas para manter o equilíbrio ecológico, nos quais são atualmente utilizados como plantas alternativas na produção de rações e forragens/forragens para alimentação animal, por serem além de resistentes e ricas em nutrientes (antioxidantes, ácidos graxos e aminoácidos) (Centofanti; Baúelos, 2019).

Nizar, Hajer e Kamel (2015) relatam que a maioria dos países africanos sofrem com a escassez de água e salinização dos solos agrícolas, e esta situação agrava-se todos os anos devido às alterações climáticas, sendo este um dos motivos em que a pecuária sofre de escassez crônica de alimentos, essencialmente durante os períodos secos do ano, tornando-se necessário importar uma grande percentagem de alimentos para animais.

As halófitas são consideradas uma solução alternativa para problemas relacionados à segurança alimentar, algumas delas, como *Chenopodiaceae*, contêm compostos indesejáveis para consumo humano e para superar esta desvantagem, podem ser oferecidas aos animais como suplemento ou cultivadas em combinação com outras glicófitas, como leguminosas (Scopel, 2019).

Nikalje (2019) destacam que as culturas forrageiras apresentam alta biomassa, digestibilidade e palatabilidade para os animais, e que dentre as diferentes halófitas, *Desmostachya bipinnata* e *Panicum turgidum*, são potenciais candidatos à produção de rações, pois contêm altos níveis de proteínas, baixo teor de oxalato, fibra e cinzas. Desta forma, culturas forrageiras convencionais, como o milho, podem ser substituídas por plantas halófitas, mas devido ao teor relativamente elevado de sal e às propriedades antinutricionais, existem algumas restrições ao seu uso.

Outra questão é que o teor de sal das halófitas pode ser anulado usando uma mistura de plantas forrageiras para alimentação, como *A. nummularia*, quando misturada com outras espécies herbáceas e gramíneas anuais (com baixo teor de sal) podem ser uma boa forragem para animais (Attia-Ismael, 2018).

Plantas como *Aegiceras corniculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* e *Ceriops tagal* são usadas na alimentação de camelos e gado. Nas regiões áridas e semiáridas, *Salvadora*, *Acacia*, *Prosopis* e *Ziziphus* são incorporadas às forragens tradicionais. *Salicornia*, *Chenopodium*, *Atriplex*, *Suaeda*, *Salsola* e *Kochia* são arbustos, enquanto *Chloris virgata*, *C. gayana*, *Echinochloa turnerana*, *E. colonum*, *Aeluropus lagopoides*, *Sporobolus marginatus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Puccinellia distans* e *S. marginatus* são espécies de gramíneas popularmente usadas como alimentação animal e forragem (Shiran *et al.*, 2020).

No entanto, apesar do uso promissor de halófitas na produção de ração animal e forragem, muitos problemas relacionados ao cultivo e comercialização ainda precisam ser resolvidos, necessitando da criação de demanda de mercado para o consumo de halófitas (Nikalje, 2019).

#### 2.8.2 Nutrição humana (alimentos, bebidas e sal à base de halófitas)

O perfil fotoquímico das halófitas indica sua relevância dietética em muitos países, pois esta diversidade pode ser benéfica se as espécies forem integradas de forma racional e sustentável em sistemas de cultivo de muitas regiões do mundo em ambientes extremos, representando 2% da flora total da Terra (Arya *et al.*, 2019).

Espécies como *Salicornia europaea*, *Suaeda fruticosa*, *Salsola sp.* e *Atriplex sp.* estão presentes em regiões áridas e semiáridas e bacias do Mediterrâneo e são utilizadas como alimento e origem de produtos gastronômicos inovadores (Łuczaj; Pieroni, 2016). Na Europa é comercializada como planta exótica (*Salicornia europaea*), sendo consumida como salada em restaurantes exclusivos (Castañeda-Loaiza *et al.*, 2020).

Halófitas do gênero *Atriplex*, *Suaeda*, *Plantago* também ganham espaço no cardápio gastronômico da Austrália e de áreas costeiras de países mediterrâneos, como os brotos de couve-mar (semelhantes ao repolho) que nos últimos tempos têm sido servidos cozidos no vapor em substituição aos aspargos (Fan *et al.*, 2019).

Gêneros *Salicornia* L. (anual) e *Sarcocornia* L. (perene) podem ser encontradas nas salinas costeiras do Ártico ao Mediterrâneo, e produzem rebentos suculentos, muito apreciados na cozinha gourmet devido ao seu sabor salgado, no entanto, apesar da relevância destas espécies para a agricultura sustentável e a cozinha

gourmet, um perfil nutricional completo de essas halófitas ainda não foram estabelecidas (Saleh; Usman; Abu-Dieyeh, 2020).

*Arthrocnemum macrostachyum* L. (glauca glasswort) é um arbusto perene com morfologia muito semelhante à das Salicorniaceae, é uma espécie comum em sapais de países asiáticos, europeus e do norte de África, apresentando interessantes perfis nutricionais com elevados teores de minerais, vitaminas C,  $\beta$ -caroteno, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e uma fonte potencial de antioxidantes (Essaidi *et al.*, 2013; Ben Hamed; Custódio, 2019).

A dosagem de fenol de *Sacocornia ambigua* e *Salicornia ramosissima* apresentou valores próximos aos encontrados em vegetais ricos em fenóis como aspargos, pimentão verde, cebola e tomate e teor de ácido ascórbico com valores superiores ao espinafre (Coelho; Ansiliero; Foppa, 2021).

As plantas halófitas possuem propriedades nutraceuticas que podem potencialmente ser usadas como fonte de compostos funcionais em dietas nutritivas, como flavonóides, taninos de alto peso molecular e ácidos graxos poliinsaturados (Barreira *et al.*, 2017).

Restaurantes em todo o mundo utilizam estas plantas como um produto inovador, que também pode ajudar a manter uma dieta saudável, como folhas, caules e flores de *Crithmum maritimum*, partes aéreas de *Inula crithmoides* ou folhas e flores de *Plantago coronopus* (Petropoulos *et al.*, 2018).

O interesse de um público mais gourmet levou também à introdução destas plantas nas prateleiras dos supermercados e ao reforço da necessidade de uma oferta mais sustentável e amiga do ambiente; isto, por sua vez, levou ao surgimento de produtores comerciais de halófitas em todo o mundo. Dado o recente interesse no consumo de novos alimentos naturais e saudáveis, é cada vez mais necessário estudar as propriedades nutricionais e funcionais das plantas halófitas cultivadas (Saleh; Usman; Abu-Dieyeh, 2020).

*Mesembryanthemum nodiflorum* L. (Aizoaceae), comumente conhecida como planta de gelo de folhas delgadas, é frequentemente cortada em pequenos pedaços e usada como ingrediente para saladas (Petropoulos *et al.*, 2018). *Marítimo suaeda* L. Dum. (Amaranthaceae) as folhas jovens são utilizadas para consumo, frescas ou cozidas, possuem sabor salgado intenso. *Sarcocornia fruticosa* L. AJ Scott (Amaranthaceae) possui caules lenhosos e carnudos com folhas opostas (Castañeda-Loaiza *et al.*, 2020).

A beterraba marinha ou silvestre (*Beta vulgaris* subsp. *Maritima* (L.) Arcang.) pertencente à família Chenopodiaceae e é parente silvestre da beterraba cultivada (*B. vulgaris*). Entre as partes comestíveis da planta estão suas folhas e caules, que são consumidos como vegetais cozidos ou crus em toda a bacia do Mediterrâneo (Petropoulos *et al.*, 2018). A parte comestível da alcaparra (*Capparis spinosa* L.) inclui suas folhas, botões florais e frutos, enquanto, além de fins culinários, os tecidos vegetais são um ingrediente básico na medicina tradicional (Chedraoui *et al.*, 2017).

Outra halófita é *Chenopodium album* L., Chenopodiaceae e *Inula crithmoides* L., Syn. *Limbarda crithmoides* (L.) Dumort., são consideradas ervas verdes comestíveis silvestres com brotos e folhas jovens sendo usadas como salada ou vegetais cozidos, e a chicória espinhosa (*Cichorium spinosum* L., Asteraceae) é um ingrediente comum da dieta mediterrânea (Ntatsi *et al.*, 2017).

Também conhecido como “funcho do mar” (*Crithmum maritimum* L.), é utilizado em pratos tradicionais em toda a bacia do Mediterrâneo, podendo ser consumido fresco como salada de legumes, ou em conserva, além disso, também é utilizado em infusões de copas de flores e caules como chás de ervas e uma fonte alternativa para bebidas. O cardo, planta herbácea anual, (*L. asteraceae*) é consumido em inflorescências ou cabeças imaturas que são utilizadas em muitos pratos tradicionais dos países mediterrânicos, enquanto a planta inteira pode ser utilizada para fins medicinais e industriais, bem como na indústria alimentar como coalho natural para a produção de queijo (Castañeda-Loaiza *et al.*, 2020).

Glasswort (*Salicornia herbacea* L., Amaranthaceae) é uma espécie halófita comestível comumente encontrada em salinas com partes aéreas comestíveis e consumida como vegetal temperado em muitos países mediterrâneos, bem como uso de pó para produzir um novo vinagre com efeitos anti-fadiga (Saleh; Usman; Abu-Dieyeh, 2020).

Também merece atenção a “salgada” de folhas opostas (*Salsola soda* L., Chenopodiaceae) é um arbusto cujas folhas são comestíveis e comumente utilizadas como saladas cruas ou cozidas, como *Suaeda fruticosa* Forssk. que também se destaca, apresenta sementes cujo óleo pode ser utilizado para consumo humano (Arya *et al.*, 2019).

Outro aspecto relevante no consumo de halófitas na alimentação humana é promover a redução do consumo de sal de cozinha, fato que pode ter grandes impactos positivos na saúde humana, reduzindo significativamente a pressão arterial

e diminuindo o risco de doenças cardiovasculares (Loconsole; Cristiano; De Lucia, 2019).

O sabor parece ser um fator crítico que influencia as mudanças na dieta, e os alimentos com baixo teor de sal são percebidos como desagradáveis e sem sabor, dificultando a redução da ingestão de sal. A introdução de produtos halófitos em dietas tipicamente ricas em sódio pode oferecer uma alternativa ao sal com baixo teor de sódio e facilitar a redução da ingestão de sódio, em linha com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) (Custódio *et al.*, 2021).

O sal obtido da *Sacocornia perennis* possui apenas 30% de cloreto de sódio e outros sais que dão sabor aos alimentos, seu processamento permite obter 77% de sal cristalizado puro, também pode ser obtido um pó verde antes da cristalização do sal, onde apresenta vantagens fitoterápicas à farinha contendo fitoesteróis, flavonóides e fenóis, atuando respectivamente no controle da produção hormonal, no controle do colesterol e no combate aos radicais livres (Dias, 2015).

## **2.9 Economia azul: benefícios e viabilidade real**

O tema “Economia Azul” não possui uma definição única sobre o tema, cada autor tem uma posição sobre o termo, mas três aspectos são fundamentais para aplicação relacionada à economia azul, sendo eles: cooperação, segurança e investimento (Zangrando, 2017).

O conceito economia azul foi consolidado pelo belga Gunter Pauli no ano de 2009, economista e escritor do livro “The Blue Economy”, desenvolve em seu livro um modelo econômico com 100 inovações que gerariam, mais de 100 milhões de empregos no período de 10 anos de forma sustentável e voltada ao respeito pelo meio ambiente (Cardoso, 2023).

A economia azul vai além de ser um simples bloco de indústrias costeiras com inclusão de quatro elementos principais; proteção, restauração e apoio aos serviços costeiros e marinhos; criação de benefícios economicamente sustentáveis com crescimento quantitativo e inclusivo; inclusão de indústrias e governos com abordagens integrativas e inovação através da ciência (Whisnat; Reyes, 2015).

Segundo Correa (2022 p. 30) a primeira Conferência sobre economia azul realizada na cidade de Nairóbi no Quênia, originou o relatório sobre termos e estratégias que envolvem a economia azul:

Navegação inteligente, portos, transporte e conectividade global; emprego, criação de empregos e erradicação da pobreza; cidades, turismo, costas e infraestrutura resistentes; energia sustentável e recursos minerais e indústrias inovadoras; gestão e manutenção da vida marinha, conservação e atividades econômicas sustentáveis; acabar com a fome, assegurando o abastecimento de alimentos, promovendo a boa saúde e a pesca sustentável; ação climática, agricultura, gestão de resíduos e oceanos livres de poluição; segurança marítima e aplicação da regulamentação; e pessoas, cultura, comunidades: a economia azul inclusiva.

Ainda sobre as definições acerca do tema, Rigazzi e Procópio (2023) elencam em seu trabalho algumas significações acerca da falta de entendimento único a respeito do tema, os Estados Unidos, no que se refere a economia azul, divide o que envolve a economia resultante dos estados litorâneos das atividades de origem dos mares, mesmo que de forma parcial. No Reino Unido a economia Azul é aquela que compreende o trabalho “no” mar ou “com” o mar. E por fim Portugal que trabalha com a definição que inclui todas as atividades que de forma direta ou indiretas usufrui o mar.

Segundo Moreira (2023), a Austrália tem a definição de economia azul referente as atividades econômicas que geram bens e serviços através dos oceanos, e na China, as atividades relacionadas ao desenvolvimento, utilização e proteção do ambiente marítimo são associadas a economia azul.

Segundo Villaveces (2022), 8,9 mil km<sup>2</sup> são afetados pela salinização, ocupando o equivalente de 7 a 10% do total de terras no mundo, com áreas com solo irrigado representando um total de 20 a 30%, algo próximo a 60 milhões de equitares com solo agrícola, que são degradados pela salinização em alta velocidade.

No Brasil no ano de 2010 foi adotado e registrado o conceito “Amazônia Azul” pela marinha do Brasil, termo definido mediante comparação das propriedades do espaço litorâneo com os do território amazônico, situado nas fronteiras terrestre brasileira (Moreira, 2023). A razão pelo qual chamamos nosso território marítimo de Amazônia azul corresponde a uma área com dimensão de mais da metade do território continental nacional com 5,7 milhões de km<sup>2</sup> segundo Viveiros (2020).

Figura 2 - Amazônia Azul - Faixa oceânica de delimitação



Fonte: Imagem adaptada de Marinha do Brasil (2024).

Segundo Moreira (2017), a soma da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) (faixa marítima, de largura igual a 200 milhas marítimas) com a Plataforma Continental (PC) (porção do fundo oceânico que margeia os continentes, indo da linha da costa até a profundidade de aproximadamente 200 m) refere-se a Amazônia azul e delimita a área de exploração sustentável e conservação de toda biodiversidade existente nesta grande faixa.

A cultura halófitas envolve um agro ecossistema com diversidade de organismos aquáticos, maximizando a produção de espécies com maior valor comercial, seleção artificial de plantas para aumentar a produção visando o lucro comercial, além de remover poluentes naturais desses habitats, que são essenciais para sua sustentabilidade (Henry-Silva; Camargo, 2008). O desenvolvimento da indústria da carcinocultura sustentável através do cultivo integrado com espécies halófitas (Oliveira, 2017) e o tratamento de água da aquicultura com a remoção de compostos nitrogenados e fosfatos, predominantes da água de recirculação demonstram alguns dos potenciais das halófitas dentro da economia azul (Schardong; Bonilla; Saataella, 2018).

Além do uso de plantas halófitas como fitoremediação de solos salinos, utilização como biomassa junto com ração para alimentação de peixes e camarões a

sua introdução no mercado alimentício tem diversificado o desenvolvimento das atividades marinhas (Mendes, 2020; Leite *et al.*, 2007). No mercado europeu, o gênero *Salicornia* foi introduzido como um vegetal fresco desfolhado, em comparação com os espargos verdes. As partes aéreas de *S. herbacea* têm sido utilizadas na produção de vinagre na Itália e na França e como tempero na Coreia. Também utilizado na gastronomia com introdução das suas partes aéreas a partir de planta jovem e suculenta, devido ao elevado valor nutritivo e potencial salgado, realçando o sabor dos alimentos que acompanha e ainda cultivado e vendido como produto fresco nos mercados europeu e americano (Delwiche; Cooper, 2015). Ainda segundo Cardoso (2023), economia azul é uma extensão da economia do mar, com mais foco nas questões de sustentabilidade e defesa das riquezas marítimas.

A produção aquapônica entre *S. ambigua* e cultivo de camarões em sistema de bioflocos obteve redução de 18h de consumo energético sem alteração da produção final Mendes *et al.*, (2017) e o projeto de secagem de efluentes de bioflocos oriundos da carcinicultura utilizado como fertilizante para plantas halófitas foi patentado em 2023 pelo departamento de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (RS); a invenção se refere a um processo de reuso de rejeitos de carcinicultura em bioflocos onde podem ser utilizados como fertilizante orgânico e/ou adicionado à água sendo uma solução nutritiva para cultivo de plantas halófitas em hidroponia e/ou aquaponia, demonstrando a viabilidade econômica e potencialidade de plantas halófitas na economia azul.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Identificar as aplicações científicas e nutricionais das espécies halófitas mais populares, suas partes comestíveis, seus compostos bioativos e composição química especificamente para este estudo e suas aplicações potenciais através da compilação de trabalhos realizados ao redor do mundo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Realizar um estudo sobre halófitas, propriedade funcional e o seu potencial na utilização para o uso na alimentação diária;
- b) Relatar as Composições bromatológica e minerais das halófitas;
- c) Relatar os compostos bioativos presentes nas diferentes espécies estudadas;
- d) Relatar fatores antinutricionais e potencial toxicológico;
- e) Analisar seus benefícios e reais viabilidades de uso dentro da Economia Azul.

## 4 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa em caráter de revisão bibliográfica utilizando-se de uma abordagem qualitativa para produzir uma visão panorâmica do objeto de estudo através da leitura, triagem e fichamentos dos documentos, o que proporcionou uma exploração descritiva.

As buscas foram realizadas em bases de dados como Scientific Electronic Library Online (SCIELO) na sua versão atualizada, LILACS, MEDLINE, PubMed, portal de periódicos CAPES, Portal Regional da BVS e Repositório Institucional de Universidades com teses, dissertações e livros sobre as diversas formações vegetais ocorrentes na flora, buscando diferenciação e adaptações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e ecológicas.

Optou-se pela busca apenas pelo filtro: “halófitas” sem o uso de outro vocabulário controlado (descritores) para recuperação de um maior número de referências para garantir a detecção da maioria dos trabalhos publicados dentro dos critérios pré-estabelecidos. Foram selecionados artigos escritos em inglês, português ou espanhol com a data de publicação escolhida na sua maioria dentro do período de dez anos entre 2013 e 2023. Adotou-se, como critério de inclusão, que as produções pertencessem à área das Ciências Biológicas, Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias haja vista que a proposta desta revisão é analisar as produções dos estudos em áreas variadas com diversificação das suas aplicações no que se refere ao objeto de estudo. Foram excluídos os artigos que não eram das áreas mencionadas.

Desse modo, por meio da aplicação dos critérios estabelecidos, foram encontradas um total de 376 referências preliminares. Após a análise inicial de títulos e resumos, percebeu-se que 124 dessas amostras pertenciam a outras áreas de produções científicas, sendo, portanto, excluídas. Com isso, foram analisadas na íntegra 252 publicações, e utilizadas para este trabalho 148 publicações.

Por fim, o método da pesquisa bibliográfica, juntamente com todas as fontes teóricas aqui citadas, nos propiciou fundamentação para uma melhor seleção dos dados estudados e definição no processo de compilação de mais de trinta espécies de halófitas e seus compostos apresentados em quadro.

## 5 CONCLUSÕES

Na área farmacêutica, os compostos bioativos presentes nas halófitas têm demonstrado atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e neuroprotetoras. Essas propriedades podem ser úteis no desenvolvimento de medicamentos e produtos para tratamento de diversas doenças. Espécies características da costa brasileira apresentam potencial fotoquímico que podem sugerir inclusão na listagem do Rénisus, para tanto, investir em pesquisas nessa área é fundamental para identificar e aproveitar esses benefícios terapêuticos. Além disso, as halófitas podem ter aplicações na indústria cosmética, devido à sua capacidade de proteção celular contra danos oxidativos e estabilidade iônica. Extratos e óleos essenciais dessas plantas podem ser utilizados em produtos naturais e inovadores, atendendo à crescente demanda por produtos sustentáveis na indústria cosmética.

Na alimentação humana, algumas halófitas já são consumidas em várias regiões do mundo, principalmente como saladas e ingredientes de pratos tradicionais. No entanto, é necessário realizar estudos mais abrangentes para entender completamente seus benefícios nutricionais e potenciais riscos à saúde. Investir em pesquisas sobre a composição química e propriedades nutricionais das halófitas é essencial para promover seu uso seguro e eficaz como alimentos, assim como são necessárias novas pesquisas com enfoque nos possíveis compostos antinutricionais existentes em diferentes tipos de halófitas e como a diferença dos solos e o grau de estresse sofridos podem potencializar a formação destes compostos antinutricionais. Se faz também necessários estudos com as diversas formas de preparo e consumo correlacionando a transformação industrial e os reais componentes nutricionais encontrados após preparo e transformação. O uso de halófitas na produção de ração animal, especialmente em regiões afetadas por seca e salinidade oferecem uma alternativa para a produção de forragem e ração, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura em ambientes adversos.

As halófitas utilizadas para a remediação de solos e águas salinas devido a capacidade de acumular metais pesados e lidar com altas concentrações de íons tóxicos, as tornam úteis como fitoextratoras e estabilizadoras de ambientes contaminados. Investir em estudos sobre a aplicação dessas plantas na fitoremediação é essencial para encontrar soluções ambientalmente sustentáveis para problemas de contaminação. Uma área promissora para investimento em

pesquisa é a produção de bioenergia e biomassa a partir de halófitas. Essas plantas podem ser cultivadas em solos marginais e água salgada, evitando a competição com culturas alimentares e contribuindo para fontes sustentáveis de energia limpa.

As halófitas apresentam um vasto potencial nas diversas áreas apresentadas neste estudo, desde a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia até a produção de ração animal, fitorremediação e bioenergia. No entanto, é fundamental investir em pesquisas para entender completamente suas características, propriedades e possíveis aplicações, garantindo assim o uso sustentável e responsável dessas plantas para benefício da sociedade e do meio ambiente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Halófitas de diferentes espécies apresentam potencial para desenvolvimento de fármacos, nutracéuticos e nutricosméticos.

Diversas propriedades terapêuticas foram identificadas em estudos substanciais com diversas espécies de halófitas ao redor do mundo, destacando-se ação antioxidante, bactericida, antitumoral, hepatoprotetora e bactericida, porém, falta estudos clínicos com aplicação das propriedades terapêuticas citadas acima. Nenhuma pesquisa que envolva a avaliação de um novo medicamento, ou de nutricosmético foi encontrada em desenvolvimento até o fim deste estudo.

O maior número de pesquisa encontrada é sobre o gênero *Salicornia*, possivelmente por ter o maior número de espécies com aplicações alimentares. A introdução de halófitas na alimentação já é uma realidade em diversos países, devido as comprovações nutricionais demonstradas em pesquisas ao redor do mundo. O mercado consumidor de alimentos à base de halófitas como brotos frescos e sal-verde, é mais abrangente e diversificado na Europa.

Novos estudos são necessários quando pensamos em halófitas como alimento humano, é fundamental fornecer respostas quanto a possível toxicidade alimentar e suas interações, faltam estudos que analise e correlacione os diferentes modos de preparo e seu consumo *in natura*, com sua composição nutricional, assim como a identificação e disponibilidade de minerais presentes em diferentes espécies após seu preparo. Trabalhos direcionados com a quantificação de sódio de diferentes espécies é necessário para controle, custo de produção e segurança alimentar.

O perfil lipídico já demonstrado nos estudos indica a possibilidade de extração de óleos com altas concentrações de lipídios totais, ômega 6 e ômega 3, mas estudos precisam ser direcionados para analisar custo de produção e rendimento total de cada espécie.

As halófitas são importantes no desenvolvimento da economia azul, se inserem no conceito, através do seu cultivo integrado com a carcinocultura, servindo de substrato para ração animal e reconstrutoras ambientais gerando um sistema de economia circular. A viabilidade financeira de sistema aquapônico com bioflocos foi comprovada em diversos estudos, entretanto ainda é necessário avaliar e identificar os potenciais consumidores para esses produtos através de estudos de mercado, especialmente para os mercados de halófitas.



## REFERÊNCIAS

- ABE, F. *et al.* Trypanocidal constituents in plants 3. Leaves of *Garcinia intermedia* and heartwood of *Calophyllum brasiliense*. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 27, n. 1, p. 141–143, jan. 2004.
- ACIK, D. *et al.* Management of chenopodium polyspermum toxicity with plasma exchange and hemodialysis. **Journal of clinical apheresis**, v. 27, p. 278–81, nov. 2012.
- AKOPIAN, J. *et al.* On some medicinal plants of chenopodiaceae family in the floras of armenia and Uzbekistan. **Electron J Nat Sci.**, v. 34, p. 12–17, fev. 2020.
- ALFHEEAID, H. A. *et al.* *Salicornia bigelovii*, *S. brachiata* and *S. herbacea*: their nutritional characteristics and an evaluation of their potential as salt substitutes. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3402, jan. 2022.
- AL-RASHED, S. A. *et al.* *Salicornia Begelovii* Coletada em Al Jubail, Província Oriental, Arábia Saudita. **Pakistan Journal of Botany**, v. 48, n. 6, p. 2527–2533, 2016.
- ALVES, P. R. *et al.* Cultivation of *salicornia neei* Lag. in Ceará semiarid. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63592–63605, ago. 2020.
- ANTUNES, M. *et al.* Nutritional characterization and storage ability of *salicornia ramosissima* and *sarcocornia perennis* for fresh vegetable salads. **Horticulturae**, v. 7, n. 1, p. 6, jan. 2021.
- ANWAR, F. *et al.* Analytical characterization of *salicornia bigelovii* seed oil cultivated in Pakistan. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 15, p. 4210–4214, jul. 2002.
- ARYA, S. S. *et al.* **Halophytes: the plants of therapeutic medicine**. [S.l.:s.n.]. 2019.
- ÁTIA, A. *et al.* Localization and composition of seed oils of *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). **Afr. J. Biotechnol**, v. 9, n. 39, p. 6482–6485, 2010.
- ATTIA-ISMAIL, S. A. Halophytes as Forages. *In: New perspectives in forage crops*. [S.l.]: IntechOpen, 2018.
- AYALA, F.; O'LEARY, J. W. Growth and physiology of *salicornia bigelovii* torr. at suboptimal salinity. **International Journal of Plant Sciences**, v. 156, n. 2, p. 197–205, mar. 1995.

AYELESO, T. B.; MATUMBA, M. G.; MUKWEVHO, E. Oleanolic Acid and Its Derivatives: Biological Activities and Therapeutic Potential in Chronic Diseases. **Molecules**, v. 22, n. 11, p. 1915, nov. 2017.

BARREIRA, L. *et al.* Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 59, p. 35–42, jun. 2017.

BEN HAMED, K.; CUSTÓDIO, L. How could halophytes provide a sustainable alternative to achieve food security in marginal lands? *In: Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 259–270.

BERTIN, R. L. *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, jan. 2014.

BOESTFLEISCH, C.; PAPENBROCK, J. Changes in secondary metabolites in the halophytic putative crop species *Crithmum maritimum* L., *Triglochin maritima* L. and *Halimione portulacoides* (L.) Aellen as reaction to mild salinity. **Plos One**, v. 12, n. 4, p. e0176303, abr. 2017.

BOTTA, B. *et al.* Chemical investigation of the genus *rheedia*, V. biflavonoids and xanthochymol. **Journal of Natural Products - J NAT PROD**, v. 47, jul. 2004.

BOUAYED, J.; BOHN, T. Exogenous antioxidants-double-edged swords in cellular redox state: health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 3, n. 4, p. 228–237, 2010.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica/Ministério da Saúde**. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2012. 156 p. : il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos) (Cadernos de Atenção Básica; n. 31).

CÁRDENAS-PÉREZ, S. *et al.* *Salicornia europaea* L. Functional Traits Indicate Its Optimum Growth. **Plants**, v. 11, n. 8, p. 1051, abr. 2022.

CARDOSO, N. T. Economia azul: um oceano de responsabilidades e oportunidades na Amazônia azul. **Revista Brasileira de Estudos Estratégicos**, v. 15, n. 29, jan. 2023.

CASTAÑEDA-LOAIZA, V. *et al.* Wild vs cultivated halophytes: nutritional and functional differences. **Food Chemistry**, v. 333, p. 127536, dez. 2020.

CENTOFANTI, T.; BAÚELOS, G. **Practical uses of halophytic plants as sources of food and fodder**. [S.l.:s.n.], 2019.

CHEDRAOUI, S. *et al.* Capparis spinosa L. in a systematic review: a xerophilous species of multi values and promising potentialities for agrosystems under the threat of global warming. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.

COC-COJ, O.; CÁMARA-MOTA, A.; GONZÁLEZ-CORTÉS, N. La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales. **Revista Iberoamericana de Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 26–38, 2020.

COELHO, A. R.; ANSILIERO, A.; FOPPA, T. Avaliação de toxicidade, composição química e sensorial da sarcocórnia ambigua uso em população hipertensa. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 10, n. 1, p. 1–13, nov. 2021.

CORREA, G. A. **Bases para o desenvolvimento regional com foco na economia azul: realidade ou panacea?** 2022. Dissertação (Mestrado em Governança e Desenvolvimento) - Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, DF, 2022

COSTA, C. S. B. *et al.* Extraction and characterization of lipids from Sarcocornia ambigua meal: a halophyte biomass produced with shrimp farm effluent irrigation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p. 935–943, jun. 2014.

COSTA, C. S. B.; BONILLA, O. H. Halófitas brasileiras: formas de cultivo e usos. *In*: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza-CE: Expressão Gráfica, 2017.

COSTA, C. S. B.; HERRERA, O. B. Halophytic Life in Brazilian Salt Flats: Biodiversity, Uses and Threats. *In*: KHAN, M. A. *et al.* (eds.). **Sabkha ecosystems**. Tasks for Vegetation Science. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 48, p. 11–27.

COSTA, C. S. B.; MARANGONI, J. C.; AZEVEDO, A. M. G. Plant zonation in irregularly flooded salt marshes: relative importance of stress tolerance and biological interactions. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 6, p. 951–965, dez. 2003.

COSTA, C.; IRIBARNE, O.; FARINA, J. M. Human impacts and threats to the conservation of South American salt marshes. **Salt Marshes under Global Siege**, p. 337–359, jan. 2009.

CUSTÓDIO, M. *et al.* Halophytes as novel marine vegetables – a consumers' perspective in Portugal and policy implications. **Marine Policy**, jul. 2021.

DELWICHE, C. F.; COOPER, E. D. The evolutionary origin of a terrestrial flora. **Current Biology**, v. 25, n. 19, p. R899–R910, out. 2015.

DIAS, G. Sal verde e mais saudável. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 29–31, 2015.

DIAS, J. R. S. **Valorização da planta halófito Salicornia ramosissima**: nova formulação de bolachas e outros estudos biológicos. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - IPC - Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2018.

DONCATO, K. B.; COSTA, C. S. B. Nutritional potential of a novel sea asparagus, *Salicornia neei* Lag., for human and animal diets. **Biotemas**, v. 31, n. 4, p. 57–63, 2018.

DUARTE, B.; CAÇADOR, I. Iberian Halophytes as Agroecological Solutions for Degraded Lands and Biosaline Agriculture. **Sustainability**, v. 13, n. 2, 2021.

EL-TARABILY, K. A. *et al.* Polyamine-producing actinobacteria enhance biomass production and seed yield in *Salicornia bigelovii*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, n. 4, p. 499–519, maio 2020.

ESSAIDI, I. *et al.* Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant, antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. **Food Control**, v. 32, n. 1, p. 125–133, jul. 2013.

FAN, W. *et al.* Traditional Uses, Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Pharmacokinetics and Toxicology of *Xanthium strumarium* L.: a review. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 24, n. 2, p. 359, jan. 2019.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Map of Salt-affected Soils (GSASmap) Version 1.0**. Suíça: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb7247en/cb7247en.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

FARZI, A.; BORGHEI, S. M.; VOSSOUGH, M. The use of halophytic plants for salt phytoremediation in constructed wetlands. **International Journal of Phytoremediation**, v. 19, n. 7, p. 643–650, 2017.

FAUSTINO, M.; FAUSTINO, M.; PINTO, D. Halophytic grasses, a new source of nutraceuticals? a review on their secondary metabolites and biological activities. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 5, p. 1067, mar. 2019.

FERREIRA, R. O.; CARVALHO, M. G. D.; SILVA, T. M. S. D. Ocorrência de biflavonoides em Clusiaceae: aspectos químicos e farmacológicos. **Química Nova**, v. 35, n. 11, p. 2271–2277, 2012.

FERENHOF, E.; SEIFFERT, W.; FERENHOF, H. **Processo de secagem de efluentes de bioflocos oriundos da carcinicultura e sua utilização como fertilizante e soluções nutritivas para plantas**. Depositante: Universidade Federal de Santa Catarina. Procurador: Elaine Aisenberg Ferenhof; Walter Quadros Seiffert; Helio Aisenberg Ferenhof. BR nº 102021022986-1 A2. Depósito: 16 de novembro de 2021. Concessão: 30 de maio de 2023.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, v. 179, n. 4, p. 945–963, set. 2008.

FLOWERS, T.; GALAL, H.; BROMHAM, L. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. **Functional Plant Biology - Funct Plant Biol**, v. 37, jan. 2010.

FLOWERS, T.; HAJIBAGHERI, M.; CLIPSON, N. Halophytes. **The Biology Quarterly Review**, v. 61, n. 3, 1986.

FREITAS, H. R.; BARBOSA, M.; RAMOS, T. D. S. O papel da suplementação de betaína na atividade física: uma revisão sistemática. **Nutrire**, v. 40, n. 2, p. 246–260, 2015.

GLENN, E. P. *et al.* Three halophytes for saline-water agriculture: an oilseed, a forage and a grain crop. Sustainable cultivation and exploitation of halophyte crops in a salinizing world. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 110–121, ago. 2013.

GLENN, E. P.; BROWN, J. J.; O'LEARY, J. W. Irrigating crops with seawater. **Scientific American**, v. 279, n. 2, p. 76–81, 1998.

GOŸEVAC, D. *et al.* Phenolic compounds from *Atriplex littoralis* and their radiation mitigation activity. **J. Nat Prod.**, v. 78, n. 9, p. 2198-2204, 2015.

GRIGORE, M. N. **Introducere in halofitologie elemente de anatomie integrativa**. [S.l.]: IASI-Române: PIM, 2008.

GRIGORE, M.; CONSTANTIN, T. A proposal for a new halophytes classification, based on integrative anatomy observations. **Muz. Olteniei Craiova. Studii și Comunicări, Științele Naturii**, v. 26, p. 45–50, 9 jun. 2010.

HAMEED, A.; KHAN, M. A. Halophytes: biology and Economic Potentials. *Karachi University Journal of Science*, v. 39, p. 40-44, 2011.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas í relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2008.

HOLANDA, S. J. R. *et al.* Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 47–52, jan. 2011.

HULKKO, L. S. S. *et al.* Bioactive Extracts from *Salicornia ramosissima* J. Woods Biorefinery as a Source of Ingredients for High-Value Industries. **Plants**, v. 12, n. 6, p. 1251, mar. 2023.

ISAYENKOV, S. *et al.* Adaptation strategies of halophytic barley hordeum marinum ssp. marinum to high salinity and osmotic stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 23, p. 9019, nov. 2020.

ISCA, V. M. S. *et al.* Lipophilic profile of the edible halophyte *Salicornia ramosissima*. **Food Chemistry**, v. 165, p. 330–336, dez. 2014.

ITO, C. *et al.* Polyprenylated Benzophenones from *Garcinia assigu* and Their Potential Cancer Chemopreventive Activities. **Journal of Natural Products**, v. 66, n. 2, p. 206–209, fev. 2003.

KHAN, M. A. *et al.* **Sabkha Ecosystems**: volume V: the americas. [S.l.]: Springer Cham, 2016. v. 48.

KHAN, M. A.; QAISER, M. Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. *In*: KHAN, M. A. *et al.* (eds.). **Sabkha Ecosystems: Volume II**: west and Central Asia. Tasks for Vegetation Science. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 129-153.

KHUTAMI, C. *et al.* The effects of antioxidants from natural products on obesity, dyslipidemia, diabetes and their molecular signaling mechanism. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 4, p. 2056, jan. 2022.

KIM, S. *et al.* Chemical structure and biological activities of secondary metabolites from *salicornia europaea* L. **Molecules**, v. 26, n. 8, p. 2252, abr. 2021.

LEE, H.-S. Acute oral toxicity of *salicornia herbacea* L. extract in mice. **Biomedical Science Letters**, v. 22, n. 2, p. 46–52, jun. 2016.

LEE, S. S. *et al.* The effect of swimming exercise and powdered-*Salicornia herbacea* L. ingestion on glucose metabolism in STZ-induced diabetic rats. **Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry**, v. 19, n. 3, p. 235–245, set. 2015.

LEE, Y.-K. *et al.* Sesquiterpene lactones with anti-inflammatory activity from the halophyte *sonchus brachyotus* DC. **Molecules**, v. 28, n. 4, p. 1518, fev. 2023.

LEITE, M. S. *et al.* Cultivo de plântulas de *salicornia gaudichaudiana* mog. para uso em bioremediação junto a viveiros de criação de camarão. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 297–299, 2007.

LI, L. *et al.* Progress in the study and use of seawater vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 22, p. 5998–6006, jun. 2020.

LI, Q.; SONG, J. Analysis of widely targeted metabolites of the euhalophyte *Suaeda salsa* under saline conditions provides new insights into salt tolerance and nutritional value in halophytic species. **BMC Plant Biology**, v. 19, n. 1, p. 388, dez. 2019.

LIMA, A. R. *et al.* Influence of cultivation salinity in the nutritional composition, antioxidant capacity and microbial quality of *Salicornia ramosissima* commercially produced in soilless systems. **Food Chemistry**, v. 333, p. 127525, dez. 2020.

LIMA, S. H. P. **Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação para alimentos e meio ambiente**. 2023. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife 2023.

LIMONGELLI, F. *et al.* Overview of the polyphenols in salicornia: from recovery to health-promoting effect. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 27, n. 22, p. 7954, nov. 2022.

LIU, F. *et al.* Gas exchange characteristics and their influencing factors for halophytic plant communities on west coast of Bohai Sea. **Plos One**, v. 15, n. 2, p. e0229047, fev. 2020.

LIU, L.; WANG, B. Protection of halophytes and their uses for cultivation of saline-alkali soil in China. **Biology**, v. 10, n. 5, p. 353, maio 2021.

LOCONSOLE, D.; CRISTIANO, G.; DE LUCIA, B. Glassworts: from wild salt marsh species to sustainable edible crops. **Agriculture**, v. 9, n. 1, p. 14, jan. 2019.

LOMBARDI, T. *et al.* Biological and agronomic traits of the main halophytes widespread in the mediterranean region as potential new vegetable crops. **Horticulturae**, v. 8, n. 3, p. 195, mar. 2022.

LOPES, M. *et al.* Towards the Sustainable Exploitation of Salt-Tolerant Plants: Nutritional Characterisation, Phenolics Composition, and Potential Contaminants Analysis of *Salicornia ramosissima* and *Sarcocornia perennis alpini*. **Molecules**, v. 28, n. 6, p. 2726, 17 mar. 2023.

ŁUCZAJ, Ł.; PIERONI, A. Nutritional ethnobotany in Europe: from emergency foods to healthy folk cuisines and contemporary foraging trends. *In*: SÁNCHEZ-MATA, M. D. C.; TARDÍO, J. (eds.). **Mediterranean Wild Edible Plants**. New York, NY: Springer New York, 2016. p. 33–56.

LYRA, D. A.; ISMAIL, S.; BROWN, J. J. Crop potential of six salicornia bigelovii populations under two salinity water treatments cultivated in a desert environment: a field study. *In*: HIRICH, A.; CHOUKR-ALLAH, R.; RAGAB, R. (eds.). **Emerging research in alternative crops**. Environment and Politics. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 313–333.

MA, D. *et al.* *Atriplex canescens*, a valuable plant in soil rehabilitation and forage production. A review. **Science of The Total Environment**, v. 804, p. 150287, jan. 2022.

MAGGIE, B.; COVINGTON, M. Omega-3 fatty acids. **American Family Physician**, v. 70, n. 1, p. 133–140, jul. 2004.

MANOUSAKI, E.; KALOGERAKIS, N. Halophytes - an emerging trend in phytoremediation. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, n. 10, p. 959–969, nov. 2011.

MARMITT, D. J. *et al.* Plantas medicinais da RENISUS com potencial anti-inflamatório: revisão sistemática em três bases de dados científicas. **Revista Fitos**, v. 9, n. 2, 2015.

MARINHA DO BRASIL. **Amazônia azul**: nossa fronteira leste é marítima...e também é objeto de nossas pesquisas! [S.l.] Ministério da Defesa, 2024. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/amazoniaazu>. 20 jan. 2024.

MATHEW, B. T. *et al.* Halotolerant marine rhizosphere-competent actinobacteria promote *Salicornia bigelovii* growth and seed production using seawater irrigation. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 2020.

MENDES, L. G. **Avaliação econômica do cultivo da halófito *Sarcocornia ambigua* em sistema hidropônico**. 2020. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, 2020.

MENDES, L. G. *et al.* **Otimização do Uso de Energia Elétrica na Produção de *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* em Sistema de Aquaponia com Bioflocos**. Em: JORNADA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (JNIC) 2017 & 69ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC). Belo Horizonte - MG: 6 jul. 2017.

MENG, X.; ZHOU, J.; SUI, N. Mechanisms of salt tolerance in halophytes: current understanding and recent advances. **Open Life Sciences**, v. 13, n. 1, p. 149–154, jan. 2018.

MISHRA, A.; PATEL, M. K.; JHA, B. Non-targeted metabolomics and scavenging activity of reactive oxygen species reveal the potential of *Salicornia brachiata* as a functional food. **Journal of Functional Foods**, v. 13, p. 21–31, mar. 2015.

MONACHE, G. D. *et al.* Minor xanthenes from *Rheedia gardneriana*. **Phytochemistry**, v. 23, n. 8, p. 1757–1759, 1 jan. 1984.

MOREIRA, A. S. As ameaças sobre a Amazônia verde e Amazônia azul: uma relação possível? **Revista da EGN**, v. 23, n. 1, p. 239–274, 2017.

MOREIRA, P. G. A economia do mar no desenvolvimento regional: discussão de modelos internacionais e a Amazônia azul. **Cadernos de Campo: Revista de Ciências Sociais**, p. e023002–e023002, jul. 2023.

MOREIRA, L. N. **Avaliação da atividade vascular do D-Pinitol em artéria mesenterica.** [S.l.:s.n.], 2015.

MURAKEÖZY, É. P. *et al.* Seasonal changes in the levels of compatible osmolytes in three halophytic species of inland saline vegetation in Hungary. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 395–401, 1 jan. 2003.

NEVES, J. P. C. **Produção primária, ciclo de nutrientes e trocas gasosas em duas espécies halófitas, atriplex portulacoides L. e Limoniastrum monopetalum L., no Sapal de Castro Marim: importância no funcionamento base para o ecossistema.** 2006. Dissertação (Mestrado em Biologia da Conservação) - Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2006.

NIKALJE, G. C. *et al.* Halophytes: prospective plants for future. [S.l.:s.n.], 2019.

NIZAR, M.; HAJER, G.; KAMEL, H. Potential use of halophytes and salt tolerant plants in ruminant feeding: Tunisian study case. In: **Halophytic and salt-tolerant feedstuffs: impacts on nutrition, physiology and reproduction of livestock.** [S.l.:s.n.], 2015. p. 37–59.

NOWAK, R. *et al.* Antioxidative and cytotoxic potential of some Chenopodium L. species growing in Poland. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 1, p. 15–23, jan. 2016.

NTATSI, G. *et al.* Salinity source alters mineral composition and metabolism of Cichorium spinosum. **Environmental and Experimental Botany**, v. 141, p. 113–123, set. 2017.

OLIVEIRA, D. *et al.* Antigenotoxic properties of the halophyte Polygonum maritimum L. highlight its potential to mitigate oxidative stress-related damage. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 3727, mar. 2023.

OLIVEIRA, G. S. Avaliação de dois sistemas aquapônicos com a halófito *Sarcocornia ambigua* (Michx.) Alonso & Crespo para recirculação de água da piscicultura marinha intensiva. 2017. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, 2017.

ORREGO, F. *et al.* Diversidad de halófitas chilenas: distribución, origen y hábito. **Gayana. Botánica**, v. 75, n. 2, p. 555–567, dez. 2018.

ÖZTURK, M. *et al.* **Halophytes in the east mediterranean – their medicinal and other economical values.** [S.l.:s.n.], 2014.

PALCHETTI, M. V. *et al.* Germination responses of Lycium humile, an extreme halophytic Solanaceae: understanding its distribution in saline mudflats of the southern Puna. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 3, p. 540–548, set. 2020.

PATEL, S. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. **3 Biotech**, v. 6, n. 1, p. 104, abr. 2016.

PETROPOULOS, S. A. *et al.* Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 69–84, abr. 2018.

PINTO, J. S. R. O. **Ação do extrato etanólico de sarcocornia perennis em ratinhos**. 2011. Dissertação (Mestrado em m Biologia Molecular e Celular) - Universidade de Aveiro, Portugal 2011.

PONTE, C. I. Rediscovering triglycerides as a cardiovascular risk factor. **Avances Cardiol**, v. 29, n. 4, p. 367–376, 2009.

QASIM, M.; GULZAR, S.; KHAN, M. **Halophytes as medicinal plants**. Pakistan: [s.n.], 2011.

RAHMAN, M. *et al.* Adaptive mechanisms of halophytes and their potential in improving salinity tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 19, 2021.

RAHMANI, N.; HEYDARIAN, Z. Investigation of In vitro antifungal activity of salicornia iranica akhani. **Traditional and Integrative Medicine**, p. 44–46, 2016.

REGAZZI, R. D.; PROCÓPIO, D. Â. **Economia do mar: uma estratégia de desenvolvimento sustentável Brasil - Portugal**. [S.l.]: Editora Senac Rio, 2023.

RESENDE, F. *et al.* Reutilização de águas residuais urbanas tratadas para rega de um laranjal - implicações nas emissões de carbono. *In*: CONGRESSO DA ÁGUA, 15., 2021, [S.l.]. **Anais [...]**. [S.l.]: Universidade do Algarve, 2021.

RODRIGUES, F. S. M. *et al.* Benefício da utilização do novo alimento funcional salgante sem sódio sobre os níveis de pressão arterial em animais hipertensos. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 5, n. 1, p. 09–16, 2013.

RODRIGUES, M. *et al.* Salt-tolerant plants as sources of antiparasitic agents for human use: a comprehensive review. **Marine Drugs**, v. 21, n. 2, p. 66, jan. 2023.

RUGAIE, O. A. *et al.* Antimicrobial, antibiofilm, and antioxidant potentials of four halophytic plants, euphorbia chamaesyce, bassia arabica, fagonia mollis, and haloxylon salicornicum, growing in qassim region of saudi arabia: phytochemical profile and in vitro and in silico bioactivity investigations. **Antibiotics**, v. 12, n. 3, p. 501, mar. 2023.

SAADEDIN, R.; DODDEMA, H. Anatomy of the 'extreme' halophyte arthrocnemum fruticosum (L.)moq. in relation to its physiology. **Annals of Botany**, v. 57, n. 4, p. 531–544, abr. 1986.

SALEH, I. A.; USMAN, K.; ABU-DIEYEH, M. H. Halophytes as Important Sources of Antioxidants and Anti-Cholinesterase Compounds. *In*: GRIGORE, M.-N. (ed.). **Handbook of halophytes: from molecules to ecosystems towards biosaline agriculture**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 1–22.

SANJOSÉ, I. et al. The Bioconcentration and the Translocation of Heavy Metals in Recently Consumed *Salicornia ramosissima* J. Woods in Highly Contaminated Estuary Marshes and Its Food Risk. **Diversity**, v. 14, n. 6, p. 452, jun. 2022.

SCHARDONG, R. M. F.; BONILLA, O. H.; SANTAELLA, S. T. Cultivo de *Batis maritima*, *Sarcocornia ambigua* e *Sporobolus virginicus* com água residuária do cultivo de *Litopenaeus vannamei*. **Revista Biotemas**, v. 31, n. 2, p. 19–32, 2018.

SCOPEL, B. R. **O potencial biotecnológico da halófito *Batis maritima* (Bataceae) e o desenvolvimento de um bioprocesso em aquicultura multitrófica integrada**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40578>. Acesso em: 9 jan. 2024.

SHAN, Y. et al. Triterpenoids from the herbs of *salicornia bigelovii*. **Molecules**, v. 20, n. 11, p. 20334–20340, nov. 2015.

SHIRAN, K. et al. Agroforestry systems for arid ecologies in India. *In*: DAGAR, J. C.; GUPTA, S. R.; TEKETAY, D. (eds.). **Agroforestry for degraded landscapes: recent advances and emerging challenges - vol.1**. Singapore: Springer, 2020. p. 169–188.

SLAMA, I. et al. Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. **Annals of Botany**, v. 115, n. 3, p. 433–447, fev. 2015.

SOUZA, M. M. et al. Growth, Phenolics, Photosynthetic Pigments, and Antioxidant Response of Two New Genotypes of Sea Asparagus (*Salicornia neei* Lag.) to Salinity under Greenhouse and Field Conditions. **Agriculture**, v. 8, n. 7, p. 115, jul. 2018.

SOUZA, M. M.; COSTA, C. S. B. Uso de plantas Halófitas na aquicultura: do tratamento de efluente à alimentação animal. **Aquaculture Brasil**, n. 22, p. 26–31, 2021.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41–62, 2006.

SUI, N. et al. Increase in unsaturated fatty acids in membrane lipids of *Suaeda salsa* L. enhances protection of photosystem II under high salinity. **Photosynthetica**, v. 48, n. 4, p. 623–629, dez. 2010.

SURGET, G. *et al.* Structural elucidation, in vitro antioxidant and photoprotective capacities of a purified polyphenolic-enriched fraction from a saltmarsh plant. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 143, p. 52–60, fev. 2015.

TIPIRDAMAZ, R. *et al.* Clustering of halophytes from an inland salt marsh in Turkey according to their ability to accumulate sodium and nitrogenous osmolytes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 57, p. 139–153, ago. 2006.

TODOROVIĆ, M. *et al.* Biological properties of selected amaranthaceae halophytic species: a review. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 58, p. e21229, 2022.

VALLE-ROMERO, P. *et al.* Biofertilization with PGP bacteria improve strawberry plant performance under sub-optimum phosphorus fertilization. **Agronomy**, v. 13, n. 2, p. 335, fev. 2023.

VENTURA, Y. *et al.* The development of halophyte-based agriculture: past and present. **Annals of Botany**, v. 115, n. 3, p. 529–540, fev. 2015.

VILLAVECES, A. F. G. **Espécies halófitas de importância agrícola como alternativa de biorremediação de solos com problemas de salinização na Colômbia**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônoma) - Universidade de Ciências Aplicadas e Ambientais, Bogotá- Colombia, 2022.

VIUDES, E. B.; SANTOS, A. C. P. Caracterização fisiológica e bioquímica de artemisia (*Artemisia annua* L.) submetida a estresse salino. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n. 2, p. 84–91, dez. 2014.

VIVEIROS, C. P. Amazônia azul. **Revista do Clube Naval**, v. 4, n. 396, p. 52–53, 2020.

WHISNAT, R.; REYES, A. **Blue economy for business in east Asia: towards an integrated understanding of blue economy**. [S.l.]: PEMSEA, 2015. Disponível em: [http://www.pemsea.org/sites/default/files/PEMSEA Blue Economy Report 11.10.15.pdf](http://www.pemsea.org/sites/default/files/PEMSEA%20Blue%20Economy%20Report%2011.10.15.pdf). Acesso em: 9 jan. 2024.

WU, H. *et al.* Effects of Salinity on Metabolic Profiles, Gene Expressions, and Antioxidant Enzymes in Halophyte *Suaeda salsa*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, n. 3, p. 332–341, set. 2012.

YAMAGUCHI, F. *et al.* Free radical scavenging activity and antiulcer activity of garcinol from *Garcinia indica* fruit rind. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2320–2325, jun. 2000.

YI, R. K. *et al.* Preventive effect of the korean traditional health drink (taemyeongcheong) on acetaminophen-induced hepatic damage in ICR Mice. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 20, n. 1, p. 52–59, mar. 2015.

YUAN, F. *et al.* Comparative transcriptome analysis of developmental stages of the *Limonium bicolor* leaf generates insights into salt gland differentiation. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 8, p. 1637–1657, ago. 2015.

ZANGRANDO, M. **El crecimiento azul como aplicación de la economía azul: estudios e implementaciones.** 2017. Dissertação (Mestrado em Administração e Direção de Empresas) - Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2017.

ZHANG, L. Q. *et al.* *Salicornia europaea* L. Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter gene improves salt tolerance in transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Genetics and Molecular Research: GMR**, v. 13, n. 3, p. 5350–5360, jul. 2014.

ZUCCO, A.; SOUSA, F. S.; ROMEIRO, M. DO C. Cosméticos naturais: uma opção de inovação sustentável nas empresas natural cosmetics: a sustainable innovation option in companies. **Braz. J. of Bus.**, v. 2, n. 3, p. 2684–2701, 2020.

## APÊNDICE A – Artigo

**Title:** Halophytes: Nutrients, Bioactive Compounds, Chemical Characterization and Potential Applications

**Running title:** Halophytes: Nutrients and Potential Applications

**Authors:**

Andrezza Karla de Queiroz Castelo Branco Machado<sup>1</sup> (orcid: 0009-0007-2071-8019), Selma Guimarães Ferreira Medeiros<sup>1</sup> (orcid: 0000-0002-5764-9076), Danielle Bogo<sup>1</sup> (orcid: 0000-0003-0233-3047), Fabiana Andreia Padia Maniçoba<sup>1</sup> (orcid: 0009-0000-3030-4337), Lidiani Figueiredo Santana<sup>2</sup> (orcid: 0000-0002-7349-3083), Raquel da Silva Vieira<sup>1</sup> (orcid: 0000-0003-4939-5966), Evelyn de Andrade Salomão<sup>1</sup> (orcid: 0000-0002-2173-4877), Murillo Augusto Palhares<sup>1</sup> (orcid: 0000-0001-8206-7118), Valter Aragão do Nascimento<sup>1</sup> (orcid: 0000-0002-9020-8002), Priscila Aiko Hiane<sup>1</sup> (orcid: 0000-0003-1115-4083), Karine de Cássia Freitas<sup>1</sup> (orcid: 0000-0002-5813-6088), Juliana Rodrigues Donadon<sup>3</sup> (orcid: 0000-0003-3657-2206) and Rita de Cássia Avellaneda Guimarães<sup>1\*</sup> (orcid: 0000-0001-9324-7018)

<sup>1</sup>Graduate Program in Health and Development in the Central-West Region of Brazil, Federal University of Mato Grosso do Sul-UFMS, 79079-900 Campo Grande, Brazil; drebranco@gmail.com (Machado, A.K.Q.C.B.); selguima@yahoo.com.br (Medeiros, S.G.F.); danielle.bogo@ufms.br (Bogo, D.); fabianaandreia@hotmail.com (Maniçoba, F.A.P.); raquelvieira.biologia@hotmail.com (Vieira, R.S.); evelyn.salomao@ufms.br (Salomão, E.A.); murillo.palhares@ufms.br (Palhares, M.A); valter.aragao@ufms.br (Nascimento, V.A.); priscila.hiane@ufms.br (Hiane, P.A.); karine.freitas@ufms.br (Freitas, K.C.); rita.guimaraes@ufms.br (Guimarães, R.C.A.)

<sup>2</sup>State University of Mato Grosso do Sul (UEMS), Dourados 79804-970, Brazil; lidi\_lfs@hotmail.com (Santana, L.F.)

<sup>3</sup>Pharmaceutical Science, Food and Nutrition Faculty, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande 79070-900, Brazil; juliana.donadon@ufms.br (J.R.D.)

**Keywords:** Bioindicators; Foods; Vegetable salt.

**Palavras-chave:** Bioindicadores; alimentos; vegetais salinos

**\* Correspondence:**

- Rita de Cássia Avellaneda Guimarães - Graduate Program in Health and Development in the Central-West Region of Brazil, Federal University of Mato Grosso do Sul-UFMS, 79079-900 Campo Grande, Brazil; email: rita.guimaraes@ufms.br

**Abstract**

Halophytes are plants adapted to saline soils found in a diversity of environments with varied climatic conditions and high salinity, developing different strategies to complete their life cycle. Their ecological, morphological, physiological and biochemical adaptations allow resistance to the abiotic stresses suffered and the formation of bioactive compounds that give these plants anti-inflammatory, antiparasitic, antimicrobial, antiviral and antioxidant potential properties. Therefore, this study aimed to compile its different biological activities, its nutritional compounds, potential applications for pharmaceutical and food industries, its biotechnological use.

Halophytes have vast potential for pharmaceutical industries, as well as being a sustainable alternative in production of animal feed and a viable possibility for replacing the use of table salt and its various applications in human nutrition. It is necessary to invest in new and diversified research highlighted in this study.

## Resumo

Halófitas são plantas adaptadas a solos salinos encontradas em vários ambientes com condições climáticas variadas e alta salinidade, desenvolvendo diferentes estratégias para completar seu ciclo de vida. Suas adaptações ecológicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas permitem a resistência aos estresses abióticos sofridos e a formação de compostos bioativos que conferem a essas plantas propriedades anti-inflamatórias, antiparasitárias, antimicrobianas, antivirais e potencial antioxidante. Assim, este estudo teve como objetivo compilar as suas diferentes atividades biológicas, os seus compostos nutricionais, as suas potenciais aplicações para a indústria farmacêutica e alimentar e a sua utilização biotecnológica. As halófitas possuem um vasto potencial para as indústrias farmacêuticas, além de ser uma alternativa sustentável na produção de ração animal e uma possibilidade viável para substituir o uso do sal de cozinha e suas diversas aplicações na alimentação humana. É necessário investir em novas e diversificadas pesquisas destacadas neste estudo.

## 1. Introduction

Term "halophytes" derives from Greek "halos", which means "salt", and "phyton", which means "plant" (Flowers et al., 1986). The term is used to describe a group of plants that are highly capable of growing and developing in environments directly or indirectly influenced by ocean waters, such as mangroves, estuaries, saline deserts, coastal dunes, coastal marshes and lands degraded by inadequate agricultural practices (Hameed & Khan, 2011).

Halophytes are flowering plants adapted to saline soils, which are found in a variety of environments with varying salinity and climatic conditions (Duarte & Caçador, 2021), to complete their life cycle in such adverse conditions, halophytes have developed different strategies such as development of juiciness, compartmentalization of toxic ions, synthesis of osmotic, increased activity of antioxidants and synthesis of compatible solutes (Tipirdamaz *et al.*, 2006).

Synthesis of secondary metabolites allows these plants to have differentiated ability to develop in saline habitats (Todorović *et al.*, 2022). Various morphological, physiological, biochemical and ecological adaptations affect halophyte plants so that they can resist at abiotic stresses suffered, such as adaptive roots, osmotic adjustments to maintain water balance, excess saline excretory glands, interactions

with local microbiota and with animals themselves. Animals, becoming an important object of study around the world (Grigore, 2008).

High degree of stress suffered by these plants contributes to formation of bioactive compounds that confer anti-infectious, antiparasitic, antimicrobial, anti-inflammatory properties and high antioxidant activity, these compounds being responsible for use of halophyte of various genera and species as medicinal plants (Rodrigues, 2023).

Presence of bioflavonoids volkensiflavone and fukugetin (Botta *et al.*, 2004) and prenylated xanthenes Delle *et al.*, 1984) are some of important compounds found in halophytes. These compounds are associated with biological activities, such as free radical scavenging and antiulcer effect (Yamaguchi *et al.*, 2011), cytotoxicity, inhibition of nitric oxide synthase (Shan *et al.*, 2015), cancer chemoprevention (Ito *et al.*, 2003) and trypanocidal effects (Abe *et al.*, 2004). Due to different biological activities presented by halophytes, this study aims to describe nutritional and bioactive compounds found, their potential applications aimed at pharmaceutical, nutraceutical, and food industries, as well as their applications in biotechnology.

## **2. Halophyte plants characteristics**

Halophyte plants have developed physiological, biochemical and molecular control to deal with salt excess, allowing them to grow and reproduce in extreme conditions (Flowers *et al.*, 2010). One of the characteristics of halophytes is ability to accumulate large amounts of salt in their cells, without suffering damage while completing their life cycle (Flowers & Colmer, 2008), this is possible due to property of compartmentalizing ions in vacuoles of their cells, preventing high loads of salt from substrate from reaching protoplasm, thus achieving regulation of salinity and its tolerance to toxic effects associated with an increase in this concentration (Holanda *et al.*, 2011). In addition, they developed layers of semi-permeable cells for NaCl in epidermis and a serous layer in endodermis that works as a kind of filter for salt and deeper and more extensive roots to fix plant in soil (Glenn *et al.*, 1988; Glenn *et al.*, 2013).

Commonly, halophytes carry out some mechanisms of adaptation and tolerance to sodium, such as having special glands that excrete salt excess on surface of leaf, forming a layer of salt crystals (Meng *et al.*, 2018). Some species repress absorption

of sodium ions by roots, reducing transport to aerial parts of plants (Siu *et al.*, 2010). Others dilute salt accumulated in leaves (Flowers *et al.*, 2010) or excrete it through structures located in epidermis (Yuan *et al.*, 2015). Furthermore, halophytes developed a specialized root system, composed of adventitious roots capable of tolerating waterlogging (Flowers *et al.*, 2010).

### 3. Use of halophytes in ancient times

In antiquity, many civilizations in coastal regions or near deserts already had traditional knowledge to treat various infectious diseases using halophyte plants, exploring these plants in search of therapeutic Properties (Grigore & Constantin, 2010). Parts of plant, such as leaves, fruits, seeds, roots and bark, were widely used to prepare teas and topical pastes for therapeutic use (Fan *et al.*, 2019). In some regions of Mediterranean, they were used to treat urinary and respiratory diseases, in addition to consumption in food (Öztürk *et al.*, 2014). Coastal halophyte species along Arabian sea are described for therapeutic purposes such as *Amaranthus viridis* L. (Amarantaceae) used for treatment of constipation, gallbladder/kidney stones, *Album chenopodium* L. (Chenopodiaceae) used for treatment of constipation and many other plants described in Qasim *et al.* (2011).

In ancient Greece, for example, the use of plants from Amaranthaceae genus, such as *Salicornia* and *Salsola*, were very common in cooking and medicinal use (Lombardi *et al.*, 2022). In ancient Egypt, some plants were cultivated to produce oils, cosmetics and medicines, in addition to using them in food (Grigore & Constantin, 2010).

It is well known that problem of salinity has affected ancient civilizations, such as those close to saltwater and desert regions. However, practice of cultivating halophyte plants has become promising, which has allowed civilizations to overcome challenges posed by salinity, in addition to providing cultivation alternatives that today have become innovative solutions to some environmental problems (Ventura *et al.*, 2014).

#### 4. Halophytes: species and applications

Salicornia is a botanical genus that belongs to Amaranthaceae family, halophytes rich in nutrients, including vitamins, minerals and antioxidants, in addition to high protein content. In general, Salicornia have a notable importance in human nutrition, especially in coastal regions and in places where food cultivation is hampered due to soil salinity (Mishra *et al.*, 2015). There are several Salicornia species of importance for studies, such as *S. bigelovii*, a plant native to North America. It is a perennial, succulent plant, with leaves reduced to small scales and its stem is cylindrical and articulated. Distinctive aspect of this species is its bright green color, which contrasts with the marshy and saline areas (Alfheaid *et al.*, 2022). Among most studied Salicornia species, *S. bigelovii* Torr is the most searched species as it is most salt tolerant (Ayala & O'Leary, 1995), which makes them promising for cultivation of this oilseed species in desert areas under irrigation with sea water (Glenn *et al.*, 2013). *S. bigelovii* has attracted increasing interest due to its potential use in various applications, such as food due to its richness in nutrients such as ascorbic acid and chlorophyll in addition to its characteristic flavor (Lyra *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020), in production of biofuels due to its oil content (El-Tarabily, 2020) and in agricultural and economic potential as biofertilizers, due to this species being associated with a variety of microorganisms that colonize roots of plant and establish a mutualistic relationship (mycorrhiza), which consequently promotes plant growth and also confers benefits to other plants (*Pseudomonas sp.* (SDT3), *Bacillus velezensis* (SMT38), *Pseudarthrobacter oxydans* (SRT15) and *Bacillus zhangzhouensis* (HPJ40) (Mathew *et al.*, 2020; Romera *et al.*, 2023). Therapeutic properties of *S. bigelovii* are attributed to high oil content in its seeds (about 30%), such as linolenic acid (C18:3) n-3 PUFA (77%) essential for cardiovascular functions, as it helps reduce substantially levels of triglycerides and cholesterol (Low-Density Lipoprotein - LDL), in addition to regulating blood pressure, it acts on immune system, reducing risk of chronic diseases (Anwar *et al.*, 2002), acts reducing risk of neurodegenerative diseases, such as Alzheimer's (Alpha-linolenic Acid (ALA) produces Eicosapentaenoic Acid (EPA) (20 carbons) and Docosahexaenoic Acid (DHA) (22 carbons), precursors of a group of eicosanoids (prostaglandins, thromboxanes and leukotrienes) which are anti-inflammatory, antithrombotic, antiarrhythmic and vasodilators (El-Tarabily, 2004). *S. europaea*, also known as glasswort, is native to coastal regions of Europe, North Africa and Western

Asia. It is characterized by having bright and succulent stems, branched and green to reddish in color, with leaves reduced to small scale-shaped structures that surround stems (Zhang *et al.*, 2024). Some compounds are found in this species, including flavonoids, flavanones, chromones, sterols, lignans, aliphatic compounds and triterpenoid saponins (Kim *et al.*, 2021). When analyzing biological and therapeutic properties of *S. europaea*, antiproliferative activities were observed against neoplastic cells A549 (adenocarcinomic human alveolar basal epithelial cells) with IC50 (concentration that inhibits 50% of cell growth) of 52.35 and 79.39  $\mu\text{m}$ , *S. europaea* also showed antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, antimicrobial, antihypertensive and antiviral activities (Ayeleso *et al.*, 2017). *S. herbacea* is a succulent plant with scale-shaped leaves, it is also considered an edible plant, which has aroused human interest in its use. *S. herbacea* has bioactive properties such as antioxidants, phenolic compounds, flavonoids, saponins, alkaloids and tannins (Limongelli *et al.*, 2022). The same species of halophyte was found in study of Essaidi *et al.* (2013) that had eight phenolic acids and eight flavonoids, containing antioxidants that help neutralize free radicals in the body and protect it against cellular damage that is associated with a series of chronic diseases, in hyperglycemia control (Lee *et al.*, 2015), hepatoprotective effect (Yi *et al.*, 2015) and in obesity control (Lee *et al.*, 2023). *S. ramosissima*, also known as “purple glass”, is a plant native to coastal regions with a temperate climate. It has succulent, fleshy stems that are generally green, but can acquire reddish tones during growth (Limongelli *et al.*, 2022). Its ends provide vitamins, minerals, proteins and amino acids, which make them valuable in cooking and can be consumed as salads, cooked or accompanied with meat or fish dishes (Antunes *et al.*, 2021). This plant can be cultivated in a sustainable hydroponics system, providing a food with a good nutritional profile and safe in terms of toxicological and microbiological studies (Lima *et al.*, 2020) and photoprotective as it contains a variety of phytochemicals as compounds present in ethyl acetate fraction present in the *S. ramosissima* extract, it was shown to be capable of protecting against ultraviolet (UV) rays (Surget *et al.*, 2015). Furthermore, they are considered potent antioxidants and anti-inflammatory (Isca *et al.*, 2014; Lima, 2023). *S. brachiata*, native of coastal regions of Asia, as well as other *Salicornia* are plants that have adaptive morphological structures that are similar to each other, such its ability to adapt to saline environments. In phytochemical prospecting, it was possible to find several metabolites with different bioactivity, such as flavonoids used for nutritional supplementation, saturated and

polyunsaturated fatty acids in treatment of inflammatory and antiproliferative diseases, including selenium and sulfur as anticancer agents (Mishra *et al.*, 2015).

Brazil has a diverse flora of halophytes with biotechnological potential for production of biofertilizers, economical for production of food and therapeutic for production of bioactive substances. They are distributed in coastal environments under influence of flooding by salt water, such as in mangroves, occurrence of *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *R. racemosa*, *Avicennia germinans*, *A. schaueriana*, *Conocarpus erecta* and *Laguncularia racemosa* (Costa *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2017).

In salt marsh environments close to mangroves, occurrence of grasses, such as *Spartina alterniflora* or *Sporobolus virginicus*, dicotyledons *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sarcocornia ambigua* and *Blutaparon vermiculare*, cosmopolitan ferns *Acrostichum aureum* and *Acrostichum danaeifolium*, Grass monocotyledons *Spartina alterniflora* and *Spartina densiflora*, *Cyperaceae Scirpus maritimus* and *Scirpus olneyi*, reed *Juncus kraussii* and a shrubby area covered by *Myrsine parvifolia* and *Acrostichum danaeifolium* (Costa *et al.*, 2003). Halophyte species (*Apium graveolens*, *Myrsine parvifolia*, *Paspalum vaginatum* and *Schinus terebinthifolius*) proved to be good natural sources of free phenolic compounds (FPC) when compared to soybeans and rice bran, being first study to report FPC extraction in *M. parvifolia* and *P. vaginatum* and their seringic acid, vanillin and quercetin contents were not affected by salinity (Souza *et al.*, 2018). Research carried out with *Salicornia neei* Lag., showed that native species from South America has high tolerance to salinity and climate of semiarid northeastern region, highlighting adaptive and promising potential of this species for local cultivation (Alves *et al.*, 2019).

Another study tested cultivation of *Salicornia neei* Lag. with brackish water irrigation or fertilizer, with objective of evaluating growth and biomass gain and found a greater productivity of fresh and dry biomass of plants in the 2<sup>nd</sup> harvest, demonstrating the forage potential presented by this halophyte, promising for cultivation in large areas of Brazilian semi-arid region (Alves *et al.*, 2020). Regarding nutritional properties, high levels of minerals are observed, such as K, Mg, Ca, Zn, Fe and Mn (Doncato & Costa, 2018), fatty acids rich in n-6 and n-9 PUFA (Costa *et al.*, 2014), in addition to antioxidant and anti-inflammatory phenolic compounds (Souza *et al.*, 2018).

More than 100 countries in world are affected by problem of salinization (FAO, 2021). In Asia, halophytes have shown promise for agriculture, biofuels, salinity control

and environmental preservation with a diversity of halophyte plants resulting from region's climate variation (Khan & Qaiser, 2006).

Low environmental impact for cultivation of halophyte plants is the great reason for diversified studies around the world focused on production of biomass for food and other products, their ability to tolerate environmental stresses and high levels of salt, their nutrients and bioactive substances make halophyte plants a viable alternative for human and animal nutrition in addition to possibility of rehabilitating degraded areas by removing pollutants from soil and preventing desertification (Khan & Qaiser, 2016).

In China, these plants are natural resources of potential economic value, as they provide important grains, fruits and vegetables in human and animal nutrition, as well as raw materials for production of biofuels (Liu & Wang, 2021). *Artiplex canescens* (Pure Nutri, had its potential for use questioned and applied to nutritionally poor lands, with exploration in viable application in needy areas to extract its potential ecological and economic values (Ma *et al.*, 2022).

Studies in most diverse areas of biotechnological applications, animal feed, green food and gourmet vegetables, are developed in countries such as Iran, Tunisia, Algeria, Israel and Argentina, demonstrating potential for development of most diverse species of halophytes (Farzi *et al.*, 2017; Ghanmi *et al.*, 2021; Aouissat *et al.*, 2009; Ventura *et al.*, 2015).

The halophyte *Arthrocnemum fruticosum* (L) present on Jordanian coast of Dead Sea was studied because it is one of few species in area that for most of year prevails in green color including hot and dry summer months, understanding germination and related ripening with these peculiar types of plants, it seeks to explain relationship between soil solidarity, rain, and germination, environmental and physiological aspects (Saadeddin & Doddema, 1986).

In Portugal, a study on potential of bioactive compounds from aerial parts of halophyte *Poliganum maritimum* L. evaluated antioxidant and antigenotoxic properties of ethanolic extract, with intention of designing development of products aimed at some health benefit in food and pharmaceutical industrys (Oliveira *et al.*, 2023).

Production of botanical extracts with bioactives from *Salicornia ramosissima* J. Woods has been explored for application in high-value industries such as nutraceuticals, pharmaceuticals and cosmetics and its residual fraction after extraction can be used for bioenergy or chemicals derived from lignocellulose (production of biogas and bioethanol) (Hulkko *et al.*, 2023).

In central region of Saudi Arabia, plants native to region (*Euphorbia chamaesyce*, *Bassia arabica*, *Fagonia mollis* and *Haloxylon salicornicum*) had their phytochemical contents studied, with different levels of antioxidant and antimicrobial activities evaluated, and in this study the alcoholic extract with most potent bioactivity was from *E. chamaesyce*, rich in polyphenols and flavonoid secondary metabolites such as 68.0 mg/g of gallic acid and 39.23 mg/g of quercetin (Rugaie *et al.*, 2023).

In Republic of Serbia, a study reviewed biological activities such as antioxidant, anticancer, antibacterial, antifungal, anti-inflammatory of the Amaranthaceae family with 18 species of halophyte plants involved (Todorović *et al.*, 2022).

Improvement and growth of halophyte plants through accumulation of osmotic agents keeps their biological functions active and their biosynthesis interferes in development stages (Slama *et al.*, 2015).

*Lycium humile* (Lyciae tribe), a non-endemic shrub from northeastern Chile and northwestern Argentina that inhabits solar (saline) areas in Puna region, was studied as it grows in multi-stressed environments with water deficit, extreme temperatures and high salinity in order to analyze germinal responses of species (Palchetti *et al.*, 2020).

In the United States, a study with a halophyte belonging to Amaranthaceae family of genus *Salicornia*, demonstrated its potential as food, indicating it as a plant for future, due to its resistance to extreme conditions with high salt content, its culinary relevance and medicinal attributes, suggesting new studies to combat food insecurity and production of biomass through species studied, transformed into pickles, drinks or in natura in salad (Patel, 2016).

## **5. Nutrients, biochemical compounds and toxicity of halophytes**

Development of a food culture with possibility of less use of fresh water in irrigation, greater nutritional use, energy production from renewable biofuels, development of nutraceutical products and knowledge of some biological activities such as antioxidant, vermifuge, anti-inflammatory and bactericidal, definitely gives halophyte plants exceptional characteristics, directing studies towards more accurate and complete investigations of their nutrients, biochemical compounds, chemical

characterization, their possible toxicity, as well as anti-nutritional factors for non-traditional production of food, fuels and chemical products (Souza & Costa, 2021).

#### a) *Nutrients*

In studies by Wu *et al.* (2012), *Suaeda parsley*, popularly consumed as a vegetable in Yellow River Delta, when subjected to water stress presents betaine 10 to 100 times greater than other metabolic substances (ethanol, lactate and alanine), betaine is an amino acid that protects against osmotic inactivation by increasing cell water retention, responsible for reducing percentage of body fat in animal models (fish and chick feed) improving nutritional efficiency and growth (Freitas *et al.*, 2015). Other studies show that for *Salicornia europaea* L., desalination of powder can be carried out with a view to its use in diet, due to its antihypertensive and antilipogenic properties, helping to control obesity, its extract has a hypoglycemic effect due to inhibition of  $\alpha$ -amylase enzyme (Rahman *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020). *S. salsa* has components such as vitamins, essential amino acids and its seeds contain 40% oil rich in unsaturated fatty acids (Wu *et al.*, 2012), rich in proteins, fiber and carotenoids, indicating its potential as a vegetable and oilseed crop (Coc-Coj *et al.*, 2020; Li & Song 2019). The percentage of lipids may vary between different species of *Salicornia* seeds; *S. bigelovii* presented 29% extraction of total lipids, *Salicornia brachiata* 29.4%, *Salicornia fruticosa* 26.4% and *Salicornia europaea* 27.8% in addition to having a low saponin content in seeds, allowing extracted oil to be used for food purposes, results also demonstrated five components of fatty acids in analyzes of *Salicornia bigelovi* L. with 72.5% linoleic acid n-6 (C18:2), 13.3% oleic acid (C18:1), 7.40 wt% palmitic acid (C16:0), 2.4 wt% stearic acid (C18:0) and 2.3 wt% n-3 linolenic acid (C18:3) (Al-Rashed *et al.*, 2016).

Biomass of *Salicornia ramosissima* J. Woods, known as sea asparagus, presented polyunsaturated fatty acids (PUFA 58.2%), saturated fatty acid (SFA 41.0%) and monounsaturated fatty acid (MUFA 1.3%) with a predominance of linoleic acid (34.5%) and palmitic acid (30.9%), in addition to a proportion of 1.5% of n-6 and n-3, suggesting a reduction in risk of cardiovascular diseases. Factors such as flooding, high temperatures and intense ultraviolet radiation trigger a protective effect with production of proanthocyanidins and other flavonoids, as well as bioactive compounds and production of free radicals and aqueous extract of plant matter presented bioactive compounds (30.10 mg GAE/g DM) (Hulkko *et al.*, 2023).

Studies of chemical composition of *Salicornia ramosissima* and *Sacocornia perennis* Alpini, demonstrated values of moisture (89.7 and 87.8%), protein (6.61 and 4.28%), lipid (1.32 and 1.52 %), ash (40% for both), fiber (11.3 and 15.3%) and carbohydrates (51.3 and 52.3%) respectively. These values were higher when compared to those found in a vegetable commonly used in general diet such as beetroot with moisture (88.39%), protein (1.06%), lipids (0.22%), ash (0.92%), fiber (2.87%) and carbohydrates (6.54%) (Lopes *et al.*, 2023; Viudes & Santos, 2014).

#### b) Bioactive compounds

In research Rugaie *et al.* (2023), four species of halophyte plants studied (*Bassia arabica*, *Fagonia mollis*, *Haloxylon salicornicum* and *Euphorbia chamaesyce*, all native to central region of Saudi Arabia), last respectively mentioned, presented higher values of phenolics and flavonoids 68.00 mg/g gallic acid (GAE) and 39.23 mg/g quercetin (QE) respectively, in addition to demonstrating three times (3x) more free radical scavenging activity compared to other species in study. In the same study, sixteen flavonoid compounds were identified among them; rutin, myricetin, luteolin, quercetin, naringenin and kaempferol and natira and phenolics such as gallic and ellagic acid.

Several bioactive compounds are described in research of as flavonol glycosides (Patuletin 3-O- [5''- O-feruloyl- $\beta$ -D-apiofuransil (1'→ 2'') - $\beta$  - Dglucopyranoside]; Patuletin 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside) and flavonoid glycosides (Spinacetin 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside; arbutin; 4-hydroxybenzyl- $\beta$ -D-glucopyranoside) all found in *Atriplex littoralis*. Flavonoids such as myricetin, quercetin and several glycosylated flavonoids have been described in *Artiplex halimus*. For *Camphorosma monspeliaca*, essential oils ( $\alpha$ -pinene; citronellyl pentanoate; limonene; pinocarvone; camphene;  $\alpha$ -cadinol; octen-3-ol;  $\beta$ -eudesmol) and for *Chenopodium ambrosioides*, a large list of terpenes ( $\beta$ -myrcene; Cis- $\beta$ -ocimene; Nerol; Geraniol; Limonene;  $\alpha$ -terpinene;  $\alpha$ -terpinolen;  $\beta$ -phellandrene; p-cymene; Trans-pinocarveol;  $\alpha$ -terpineol; Isoascaridole; Dihydroascaridole; Cariophyllenepoxide;  $\delta$ 3-carene;  $\delta$ 4-carene;  $\gamma$ -curcumene;  $\alpha$  carotene;  $\beta$ -carotene), these compounds being just some of many described relating to species studied in research (Todorović *et al.*, 2022).

## 6. Animal feed

As they are rich in nutrients (antioxidants, fatty acids and amino acids), climate change, together with natural and anthropogenic problems in agricultural areas, resulting in increased problems with drought and salinity in several regions of the world (Nikalje *et al.*, 2019), halophytes have important interests applied to various agricultural purposes to maintain ecological balance, in which they are currently being used as alternative plants in the production of feed and forage/fodder for animal feed (Centofanti & Bañuelos, 2019).

Moujahed *et al.* (2015) report that most African countries suffer from water shortages and salinization of agricultural soils, and this situation worsens every year due to climate change, and for this reason livestock farming suffers from chronic food shortages, essentially during dry periods of year, making it necessary to import a large percentage of animal feed. Halophytes are considered an alternative solution to problems related to food security, some of them, such as Chenopodiaceae, contain undesirable compounds for human consumption and to overcome this disadvantage, they can be offered to animals as a supplement or cultivated in combination with other glycophytes, such as legumes (Scopel, 2019).

Nikalje *et al.* (2019) highlight that forage crops have high biomass, digestibility and palatability for animals, and that among different halophytes, *Desmostachya bipinnata* and *Panicum turgidum*, are potential candidates for feed production, as they contain high levels of proteins, low oxalate, fiber and ash content. In this way, conventional forage crops, such as corn, can be replaced by halophyte plants, but due to relatively high salt content and anti-nutritional properties, there are some restrictions on their use.

Another issue is that salt content of halophytes can be nullified by using a mixture of forage plants for food, such as *A. nummularia*, when mixed with other herbaceous species and annual grasses (with low salt content) can be a good forage for animals (Attia-Ismail, 2018).

Plants like *Aegiceras corniculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina* and *Ceriops tagal* are used for camels and cattle food. In arid and semi-arid regions, *Salvadora*, *Acacia*, *Prosopis* and *Ziziphus* are incorporated into traditional forages. *Salicornia*, *Chenopodium*, *Atriplex*, *Suaeda*, *Salsola* and *Kochia* are shrubs, while *Chloris virgata*, *C. gayana*, *Echinochloa turnerana*, *E. colonum*, *Aeluropus lagopoides*, *Sporobolus marginatus*, *Dactyloctenium indicum*, *Puccinellia distans* and *S.*

*marginatus* are popularly used grass species as animal feed and fodder (Shiran *et al.*, 2020).

However, despite promising use of halophytes in production of animal feed and forage, many problems related to cultivation and commercialization still need to be resolved, necessitating creation of market demand for consumption of halophytes (Nikalje *et al.*, 2019).

## 7. Conclusions

Halophytes are plants adapted to saline environments, capable of growing in adverse conditions. They have a unique characteristics that make them valuable in several areas.

Extracts and essential oils from these plants can be used in natural and innovative products, meeting growing demand for sustainable products in cosmetic industry.

Halophytes can also be used in production of animal feed, especially in regions affected by drought and salinity. They offer an alternative for production of forage and feed, contributing to sustainability of agriculture in adverse environments.

Furthermore, play a crucial role in remediation of saline soils and waters. However, it is important to highlight that many of these plants have not yet been scientifically evaluated regarding their health benefits and risks with long-term studies, and their use should be carried out with caution. It is essential to invest in research to fully understand their characteristics, properties and possible applications, thus ensuring sustainable and responsible use of these plants for benefit of society and environment.

**Acknowledgments:** We acknowledge the Graduate Program in Health and Development in the Central-West Region of Brazil, Federal University of Mato Grosso do Sul-UFMS, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

**Funding:** This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil (CAPES)—Finance Code 001.

## References

- ABE, F., NAGAFUJI, S., OKABE, H., AKAHANE, H., ESTRADA-MUÑIZ, E., HUERTA-REYES, M., and REYES-CHILPA, R. 2004. Trypanocidal Constituents in Plants 3. Leaves of *Garcinia Intermedia* and Heartwood of *Calophyllum Brasiliense*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 27, pp. 141–143. doi:10.1248/bpb.27.141
- ALFHEEAID, H.A., RAHEEM, D., AHMED, F., ALHODIEB, F.S., ALSHARARI, Z.D., ALHAJI, J.H., BINMOWYNA, M.N., SARAIVA, A., and RAPOSO, A. 2022. *Salicornia Bigelovii*, *S. Brachiata* and *S. Herbacea*: Their Nutritional Characteristics and an Evaluation of Their Potential as Salt Substitutes. *Foods*, vol. 11, pp. 3402. doi:10.3390/foods11213402.
- AL-RASHED, S.A., IBRAHIM, M.M., HATATA, M.M., and EL-GAALY, G.A. 2016. Biodiesel production and antioxidant capability from seeds of *Salicornia begelovii* collected from al Jubail, eastern province, Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Botany*, vol. 48, no. 6, pp. 2527–2533.
- ALVES, P.R., LUCENA, E.M.P., BONILLA, O.H., and COSTA, C.S.B. 2019. Fenologia da *Salicornia neei* Lag. cultivada no semiárido cearense. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 12, no. 2, pp. 489-504. Doi: 10.26848/rbgf.v12.2.p489-504.
- ALVES, P.R., REIS, A.T., COSTA, C.S.B., BONILLA, O.H., and LUCENA, E.M.P. (2020). Cultivo de *Salicornia neei* Lag. no semiárido cearense. *Brazilian Journal of Development*, vol. 6, no. 8, pp. 63592-63605. DOI:10.34117/bjdv6n8-696.
- ANTUNES, M.D.; GAGO, C.; GUERREIRO, A.; SOUSA, A.R.; JULIÃO, M.; MIGUEL, M.G.; FALEIRO, M.L.; and PANAGOPOULOS, T. 2021. Nutritional Characterization and Storage Ability of *Salicornia ramosissima* and *Sarcocornia perennis* for Fresh Vegetable Salads. *Horticulturae*, vol. 7, pp. 1-6. Doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7010006>.
- ANWAR F, BHANGER MI, NASIR MKA, and ISMAIL S. 2002. Analytical Characterization of *Salicornia bigelovii* Seed Oil Cultivated in Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no. 15, pp. 4210-4. Doi: 10.1021/jf0114132.
- AOUISSAT, M., WALKER, D., BELKHODJA, M., FARES, S., and CORREAL, E. (2009). The tolerance of *Atriplex halimus* L. to environmental stresses. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 26, no. 12, pp. 1081-1090
- ATTIA-ISMAIL, S. A. 2018. Halophytes as forages. *New Perspectives in Forage Crops*. Intechopen, 69-87p.
- AYALA F., and O'LEARY J.W. 1995. Growth and physiology of *Salicornia bigelovii* Torr. at suboptimal salinity. *International Journal of Plant Science*, vol. 156, pp. 197–205. Doi: 10.1086/297241

- AYELESO, T. B., MATUMBA, M. G., and MUKWEVHO, E. 2017. Oleanolic Acid and Its Derivatives: Biological Activities and Therapeutic Potential in Chronic Diseases. *Molecules*, vol. 22, no. 11, 1915. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules22111915>
- BOTTA, B., MAC-QUHAE, M., MONACHE, G., MONACHE, F., and MELLO, J. 2004. Chemical Investigation of the Genus *Rheedia*, V. Biflavonoids and Xanthochymol. *Journal of Natural Products*, vol. 47, pp. 1-10. doi:10.1021/np50036a033
- CÁRDENAS-PÉREZ, S., RAJABI DEHNAVI, A., LESZCZYŃSKI, K., LUBIŃSKA-MIELIŃSKA, S., LUDWICZAK, A., and PIERNIK, A. 2022. *Salicornia europaea* L. Functional Traits Indicate Its Optimum Growth. *Plants*, vol. 11, pp. 1051. doi:10.3390/plants11081051
- CENTOFANTI, T., and BAÑUELOS, G. 2019. Practical uses of halophytic plants as sources of food and fodder. In *Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses*, 324-342. Wallingford UK: CABI. Doi: 10.1079/9781786394330.0324
- COC-COJ, O., CÁMARA-MOTA, A., and GONZÁLEZ-CORTÉS, N. 2020. La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 7, pp. 1-13.
- COSTA, C. S. B., IRIBARNE, O. O., and FARINA, J. M. 2009. Human impacts and threats to the conservation of South American salt marshes. In: Silliman, B. R.; Grosholtz, T.; Bertness, M. D. (ed.) *Salt marshes under global siege*. Berkeley: University of California Press, pp.337-359.
- COSTA, C. S. B., MARANGONI, J. C., and AZEVEDO, A. M. G. 2003. Plant zonation in irregularly flooded salt marshes: Relative importance of stress tolerance and biological interactions. *Journal of Ecology*, vol. 91, pp. 951-965.
- COSTA, C.S.B., and BONILLA, O.H. 2017. Halófitas brasileiras: Formas de cultivo e usos. In *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*; Expressão Gráfica: Fortaleza-CE
- COSTA, C.S.B., and HERRERA, O.B. 2016. Halophytic life in Brazilian salt flats: Biodiversity, uses and threats. In: Khan, M.A., Boër, B., Ozturk, M., Clüsener-Godt, M., Gul, B.; Breckle, S.-W. (ed.) *Sabkha Ecosystem V: The Americas*. Berlin: Springer, pp. 11-27.
- COSTA, C.S.B., VICENTI, J.R.M., MORON-VILLAREYES, J.A., CALDAS, S.; CARDOZO, L.V., FREITAS, R.F., and D'OCA, M.G.M. 2014. Extraction and characterization of lipids from *Sarcocornia ambigua* meal: A halophyte biomass produced with shrimp farm effluent irrigation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 86, pp. 935-943.

COVINGTON, M. B. 2004. Omega-3 fatty acids. *American Academy of Family Physicians*, vol. 70, no.1, pp. 133–140.

DELLE MONACHE, G.D., DELLE MONACHE, F.D., WATERMAN, P.G., CRICHTON, E.G., and DE LIMAS, R.A. 1984. Minor Xanthenes from *Rheedia Gardneriana*. *Phytochemistry*, vol. 23, pp. 1757–1759. doi:10.1016/S0031-9422(00)83485-8

DONCATO, K.B., and COSTA, C.S.B. 2018. Nutritional potential of a novel sea asparagus, *Salicornia neei* Lag., for human and animal diets. *Revista Biotemas*, vol. 31, no. 4, pp. 1-10.

DUARTE, B., and CAÇADOR, I. 2021. Iberian Halophytes as Agroecological Solutions for Degraded Lands and Biosaline Agriculture. *Sustainability*, vol. 13, pp. 1005.

EL-TARABILY, K.A., ELBAGHDADY, K.Z., and ALKHAJEH, A.S. 2020. Polyamine-producing actinobacteria enhance biomass production and seed yield in *Salicornia bigelovii*. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 56, pp. 499–519. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01450-3>

ESSAIDI, I., BRAHMI, Z., SNOUSSI, A., BEN HAJ KOUBAIEH, H., CASABIANCA, H., ABE, N., EL OMRI, A., CHAABOUNI, M.M., and BOUZOUITA, N. 2013. Phytochemical Investigation of Tunisian *Salicornia Herbacea* L., Antioxidant, Antimicrobial and Cytochrome P450 (CYPs) Inhibitory Activities of Its Methanol Extract. *Food Control*, vol. 32, pp. 125–133. Doi:10.1016/j.foodcont.2012.11.006

FAN, W., FAN, L., PENG, C., ZHANG, Q., WANG, L., LI, L., WANG, J., ZHANG, D., PENG, W., and WU, C. 2019. Traditional Uses, Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Pharmacokinetics and Toxicology of *Xanthium strumarium* L.: A Review. *Molecules*, vol. 24, pp. 359. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24020359>

FARZI, A., BORGHEI, S.M., and VOSSOUGH, M. 2017. The Use of Halophytic Plants for Salt Phytoremediation in Constructed Wetlands. *International journal of phytoremediation*, vol. 19, pp. 643–650. Doi:<https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1278423>.

FLOWERS, T., GALAL, H., and BROMHAM, L. 2010. Evolution of Halophytes: Multiple Origins of Salt Tolerance in Land Plants. *Functional Plant Biology*, vol. 37, pp.1-10. doi:10.1071/FP09269.

FLOWERS, T.J. and COLMER, T.D. 2008. Salinity Tolerance in Halophytes. *New Phytologist*, vol. 179, pp. 945–963. doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02531x.

FLOWERS, T.J., HAJIBAGHERI, M.A., and CLIPSON, N.J.W. 1986. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*, vol. 61, pp. 313-337. <http://dx.doi.org/10.1086/415032>.

FREITAS, H.R., BARBOSA, M., and RAMOS, T.D.S. 2015. O papel da suplementação de betaína na atividade física: uma revisão sistemática. *Nutrire*, vol. 40, pp. 246–260. doi:10.4322/2316-7874.50914.

GHANMI, S., GRAETHER, S.P., and HANIN, M. 2022. The Halophyte Dehydrin Sequence Landscape. *Biomolecules*, vol. 12, pp. 330. doi:10.3390/biom12020330

Glenn E.P., Anday T., Chaturvedi R., Martinez-Garcia R., Pearlstein S., Soliz D., Nelson S.G., Felger R.S. 2013. Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. 92, 110–121.

GLENN, E.P., ANDAY, T., CHATURVEDI, R., MARTINEZ-GARCIA, R., PEARLSTEIN, S.; SOLIZ, D., NELSON, S.G., and FELGER, R.S. 2013. Three Halophytes for Saline-Water Agriculture: An Oilseed, a Forage and a Grain Crop. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 110–121.

GLENN, E.P., BROWN, J.J. and O'LEARY, J.W. 1998. Irrigating Crops with Seawater.

GRIGORE, M., and CONSTANTIN, T. A. 2010. Proposal for a new halophytes classification, based on integrative anatomy observations. Muz. Olteniei Craiova. Studii și Comunicări, *Științele Naturii*, vol. 26, pp. 45–50.

GRIGORE, M.N. 2008. Introducere in Halofitologie Elemente de Anatomie Integrativa; PIM: IASI- Române.

HAMEED, A., and KHAN, M.A. 2011. Halophytes: Biology and Economic Potentials. *Journal of Science*, vol. 39, pp. 40-44.

HOLANDA, S.J.R., ARAÚJO, F.S. DE, GALLÃO, M.I., and MEDEIROS FILHO, S. 2011. Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, vol. 15, pp. 47–52. doi:10.1590/S1415-43662011000100007.

HULKKO, L.S.S., ROCHA, R.M., TRENTIN, R., FREDSGAARD, M., CHATURVEDI, T., CUSTÓDIO, L., and THOMSEN, M.H. 2023. Bioactive Extracts from *Salicornia ramosissima* J. Woods Biorefinery as a Source of Ingredients for High-Value Industries. *Plants*, vol. 12, pp. 1251. doi:10.3390/plants12061251.

ISCA, V. M., SECA, A. M., PINTO, D. C., SILVA, H., and SILVA, A. M. 2014. Lipophilic profile of the edible halophyte *Salicornia ramosissima*. *Food chemistry*, vol. 165, pp. 330–336. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.117>

ITO, C., ITOIGAWA, M., MIYAMOTO, Y., ONODA, S., RAO, K.S., MUKAINAKA, T., TOKUDA, H., NISHINO, H., and FURUKAWA, H. 2003. Polyphenylated

Benzophenones from *Garcinia Assigu* and Their Potential Cancer Chemopreventive Activities. *Journal of Natural Products*, vol. 66, pp. 206–209. doi:10.1021/np020372g.

KHAN, M. and QAISER, M. (2006). Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. Doi: 10.1007/978-1-4020-5072-5\_11.

KHAN, M.A., BOËR, B., ÖZTURK, M., and CLÜSENER-GODT, M. 2016. Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas; Tasks for Vegetation Science; Springer Cham, vol. 48, pp. 27093-7.

KIM, S., LEE, E. Y., HILLMAN, P. F., KO, J., YANG, I., and NAM, S. J. 2021. Chemical Structure and Biological Activities of Secondary Metabolites from *Salicornia europaea* L. *Molecules*, vol. 26, no 8, pp. 2252. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26082252>.

LEE, J.H.; LEE, S.; PARK, J.Y.; PARK, I.-H.; KANG, K.S.; and SHIN, M.-S. 2023. The Beneficial Effect of *Salicornia herbacea* Extract and Isorhamnetin-3-O-glucoside on Obesity. *Processes*, vol. 11, pp. 977. Doi: <https://doi.org/10.3390/pr11040977>.

LEE, S. S., SEO, H., RYU, S., and KWON, T. D. 2015. The effect of swimming exercise and powdered-*Salicornia herbacea* L. ingestion on glucose metabolism in STZ-induced diabetic rats. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, vol. 19, no 3, pp. 235–245. Doi: <https://doi.org/10.3390/pr11040977>.

LI, L., ZHAO, Y., HAN, G., GUO, J., MENG, Z., and CHEN, M. 2020. Progress in the Study and Use of Seawater Vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 68, no.22, pp. 5998–6006. doi:10.1021/acs.jafc.0c00346.

LI, Q., and SONG, J. 2019. Analysis of Widely Targeted Metabolites of the Euhalophyte *Suaeda salsa* under Saline Conditions Provides New Insights into Salt Tolerance and Nutritional Value in Halophytic Species. *BMC Plant Biology*, vol. 19, pp. 388. doi:10.1186/s12870-019-2006-5.

LIMA, A. R., CASTAÑEDA-LOAIZA, V., SALAZAR, M., NUNES, C., QUINTAS, C., GAMA, F., PESTANA, M., CORREIA, P. J., SANTOS, T., VARELA, J., and BARREIRA, L. (2020). Influence of cultivation salinity in the nutritional composition, antioxidant capacity and microbial quality of *Salicornia ramosissima* commercially produced in soilless systems. *Food chemistry*, vol. 333, pp. 127525. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127525>

LIMA, S.H.P. 2023. Produção de lipídios por *Salicornia neei* lag com potencial biotecnológico de aplicação para alimentos e meio ambiente. Tese de Mestrado, Universidade Católica de Pernambuco.

LIMONGELLI, F., CRUPI, P., CLODOVEO, M.L., CORBO, F., and MURAGLIA, M. 2022. Overview of the Polyphenols in *Salicornia*: From Recovery to Health-Promoting Effect. *Molecules*, vol. 27, pp. 7954, doi:10.3390/molecules27227954.

LIU, F., MO, X., ZHANG, S., CHEN, F., and LI, D. 2020. Gas Exchange Characteristics and Their Influencing Factors for Halophytic Plant Communities on West Coast of Bohai Sea. *PLoS ONE*, vol. 15, e0229047. doi:10.1371/journal.pone.0229047

LIU, L., and WANG, B. 2021. Protection of Halophytes and Their Uses for Cultivation of Saline-Alkali Soil in China. *Biology*, vol. 10, pp. 353. Doi: <https://doi.org/10.3390/biology10050353>

LOMBARDI, T., BERTACCHI, A., PISTELLI, L., PARDOSSI, A., PECCHIA, S., TOFFANIN, A., and SANMARTIN, C. 2022. Biological and Agronomic Traits of the Main Halophytes Widespread in the Mediterranean Region as Potential New Vegetable Crops. *Horticulturae*, vol. 8, pp. 195. Doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030195>.

LOPES, M., SILVA, A.S., SÉNDON, R., BARBOSA-PEREIRA, L., CAVALEIRO, C., and RAMOS, F. 2023. Towards the Sustainable Exploitation of Salt-Tolerant Plants: Nutritional Characterisation, Phenolics Composition, and Potential Contaminants Analysis of *Salicornia ramosissima* and *Sarcocornia perennis* alpini. *Molecules*, vol. 28, pp. 2726. doi:10.3390/molecules28062726

LYRA, D., ISMAIL, S., and BROWN, J.J. 2020. Crop Potential of Six *Salicornia bigelovii* Populations Under Two Salinity Water Treatments Cultivated in a Desert Environment: A Field Study.

MA, D., HE, Z., BAI, X., WANG, W., ZHAO, P., LIN, P., and ZHOU, H. 2022. *Atriplex Canescens*, a Valuable Plant in Soil Rehabilitation and Forage Production. A Review. *Science of The Total Environment*, vol. 804, pp. 150287. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150287.

MATHEW, B. T., TORKY, Y., AMIN, A., MOURAD, A. I., AYYASH, M. M., EL-KEBLAWY, A., HILAL-ALNAQBI, A., ABUQAMAR, S. F., and EL-TARABILY, K. A. 2020. Halotolerant Marine Rhizosphere-Competent Actinobacteria Promote *Salicornia bigelovii* Growth and Seed Production Using Seawater Irrigation. *Frontiers in microbiology*, vol. 11, pp. 552. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00552>.

MENG, X., ZHOU, J., and SUI, N. 2018. Mechanisms of Salt Tolerance in Halophytes: Current Understanding and Recent Advances. *Open life sciences*, vol. 13, pp. 149–154. Doi: <https://doi.org/10.1515/biol-2018-0020>

MISHRA A., PATEL, M.K., and JHA, B. 2015. Non-targeted metabolomics and scavenging activity of reactive oxygen species reveal the potential of *Salicornia brachiata* as a functional food. *Journal of Funcional Foods*, vol. 13, pp. 21–31. doi: 10.1016/j.jff.2014.12.027

MOUJAHED, N., GUESMI, H., and HESSINI, K. 2015. Potential use of halophytes and salt tolerant plants in ruminant feeding: A Tunisian case study. In H. M. EL

SHAER AND V. R. Squires (Eds.), Halophytic and salt-tolerant feedstuffs impacts on nutrition, physiology and reproduction of livestock. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, pp. 37–59.

NIKALJE, G.C., BHASKAR, S.D., YADAV, K., and PENNA, S. 2019. Halophytes: Prospective Plants for Future. In: Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Öztürk, M. (eds) Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes. Springer, Singapore, 2021-224. DOI: 10.1007/978-981-13-3762-8\_10.

OLIVEIRA, D., DIAS, M.I., BARROS, L., CUSTÓDIO, L., and OLIVEIRA, R. 2023. Antigenotoxic Properties of the Halophyte *Polygonum Maritimum* L. Highlight Its Potential to Mitigate Oxidative Stress-Related Damage. *Scientific Reports*, vol. 13, no. 3727, pp. 1-10. doi:10.1038/s41598-022-20402-5

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO) Global Map of Salt-Affected Soils (GSASmap) Version 1.0. 2021. Available online: <https://www.fao.org/3/cb7247en/cb7247en.pdf>.

ÖZTÜRK, M., ALTAY, V., GUCEL, S., AND GUVENSEN, A. 2014. Halophytes in the East Mediterranean—their medicinal and other economical values. In *Sabkha Ecosystems*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

PALCHETTI, M.V., LLANES, A., REGINATO, M., BARBOZA, G., LUNA, V., and CANTERO, J.J. 2020. Germination responses of *Lycium humile*, an extreme halophytic Solanaceae: understanding its distribution in saline mudflats of the southern Puna. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 34, pp. 540–548. doi:10.1590/0102-33062020abb0034

PATEL, S. 2016. *Salicornia*: Evaluating the Halophytic Extremophile as a Food and a Pharmaceutical Candidate. *3 Biotech*, 6, 104.

QASIM, M., GULZAR, S., and KHAN, M.A. 2011. Halophytes as medicinal plants. *Land Degradation & Development*, vol. 21, pp. 330–343.

RAHMAN, M., MOSTOFA, M.G., KEYA, S.S., SIDDIQUI, N., ANSARY, M.U., DAS, A.K., and TRAN, L.S.-P. 2021. Adaptive Mechanisms of Halophytes and Their Potential in Improving Salinity Tolerance in Plants. *International Journal of Molecular Science*, vol. 22, pp. 1-12. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms221910733>.

RODRIGUES, M.J., PEREIRA, C., OLIVEIRA, M., ZENGIN, G., and CUSTÓDIO, L. 2023. Salt-Tolerant Plants as Sources of Antiparasitic Agents for Human Use: A Comprehensive Review. *Marine Drugs*, vol. 21, pp. 66. doi:10.3390/md21020066

ROMERO, P.V., LÓPEZ, J.V. G, GÓMEZ, S. R, DUARTE, N.J. F, LLORENTE, I.D. R, IDASZKIN, Y.L., PAJUELO, E., and NARANJO, EM. 2023. Biofertilization with PGP Bacteria Improve Strawberry Plant Performance under Sub-Optimum Phosphorus

Fertilization. *Agronomy*, vol. 13, pp. 335. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020335>

RUGAIE, O.A., MOHAMMED, H.A., ALSAMANI, S., MESSAOUDI, S., AROUA, L.M., KHAN, R.A., ALMAHMOUD, S.A., ALTALEB, A.D., ALSHARIDAH, M., and ALDUBAIB, M. 2023. Antimicrobial, Antibiofilm, and Antioxidant Potentials of Four Halophytic Plants, *Euphorbia chamaesyce*, *Bassia arabica*, *Fagonia mollis*, and *Haloxylon salicornicum*, Growing in Qassim Region of Saudi Arabia: Phytochemical Profile and In Vitro and In Silico Bioactivity Investigations. *Antibiotics*, vol. 12, pp. 501. doi:10.3390/antibiotics12030501

SAADEDIN, R., and DODDEMA, H. 1986. Anatomy of the 'Extreme' Halophyte *Arthrocnemum Fruticosum* (L.) Moq. in Relation to Its Physiology. *Annals of Botany*, vol. 57, pp. 531–544. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a087134.

SCOPEL, B.R. 2019. O potencial biotecnológico da halófito *Batis maritima* (Bataceae) e o desenvolvimento de um bioprocesso em aquicultura multitrófica integrada Available online: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40578>

SHAN, Y., LI, H., GUAN, F., CHEN, Y., YIN, M., WANG, M., FENG, X., and WANG, Q. 2015. Triterpenoids from the Herbs of *Salicornia bigelovii*. *Molecules*, vol. 20, pp. 20334–20340. doi:10.3390/molecules201119695

SHIRAN, K., NOOR MOHAMED, M. B., KEERTHIKA, A., PAREEK, K., and PANDEY, C. B. 2020. Agroforestry Systems for Arid Ecologies in India. *Agroforestry for Degraded Landscapes: Recent Advances and Emerging Challenges*, vol. 1, pp. 169–188. Doi: 10.1007/978-981-15-4136-0\_5.

SLAMA, I., ABDELLELY, C., BOUCHEREAU, A., FLOWERS, T., and SAVOURÉ, A. 2015. Diversity, Distribution and Roles of Osmoprotective Compounds Accumulated in Halophytes under Abiotic Stress. *Annals of Botany*, vol. 115, pp. 433–447. doi:10.1093/aob/mcu239

SOUZA, M.M., and COSTA, C.S.B. 2021. Uso de plantas Halófitas na aquicultura: Do tratamento de efluente à alimentação animal. *Aquaculture Brasil*, vol. 22, pp. 26–31. <https://aquaculturebrasil.rds.land/download-artigo-plantas-halofitas-22ed>

SOUZA, M.M., MENDES, C.R., DONCATO, K.B., BADIALE-FURLONG, E., and COSTA, C.S.B. 2018. Growth, Phenolics, Photosynthetic Pigments, and Antioxidant Response of Two New Genotypes of Sea Asparagus (*Salicornia neei* Lag.) to Salinity under Greenhouse and Field Conditions. *Agriculture*, vol. 8, pp. 115. <https://doi.org/10.3390/agriculture8070115>

SUI N., LI M., LI K., SONG J., and WANG BS. 2010. Aumento de ácidos graxos insaturados em lipídios de membrana de *Suaeda salsa* L. aumenta a proteção do fotossistema II sob alta salinidade. *Photosynthetica*, vol. 48, pp. 623–629.

SURGET, G., STIGER-POUVREAU, V., LE LANN, K., KERVAREC, N., COUTEAU, C., COIFFARD, L. J., GAILLARD, F., CAHIER, K., GUÉRARD, F., and POUPART, N. 2015. Structural elucidation, in vitro antioxidant and photoprotective capacities of a purified polyphenolic-enriched fraction from a saltmarsh plant. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, vol. 143, pp. 52–60.

TIPIRDAMAZ, R., GAGNEUL, D., DUHAZÉ, C., AÏNOUCHE, A., MONNIER, C., ÖZKUM, D., and LARHER, F. 2006. Clustering of Halophytes from an Inland Salt Marsh in Turkey According to Their Ability to Accumulate Sodium and Nitrogenous Osmolytes. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 57, pp. 139–153. doi:10.1016/j.envexpbot.2005.05.007

TODOROVIĆ, M.; ZLATIC, N.; BOJOVIĆ, B.; and KANJEVAC, M. 2022. Biological properties of selected Amaranthaceae halophytic species: A review. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 58, pp. e21229. doi:10.1590/s2175-97902022e21229

VENTURA, Y., AMRAM ESHEL, A., PASTERNAK, D., and SAGI, M. 2014. The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*, pp. 1-12, available online at [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org).

VENTURA, Y., ESHEL, A., PASTERNAK, D., and SAGI, M. 2015. The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of botany*, vol. 115, no. 3, pp. 529-540. doi:10.1093/aob/mcu173 disponível em [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org)

WU, H., LIU, X., YOU, L., ZHANG, L., ZHOU, D., FENG, J., ZHAO, J., and YU, J. 2012. Effects of Salinity on Metabolic Profiles, Gene Expressions, and Antioxidant Enzymes in Halophyte Suaeda salsa. *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 31, pp. 332–341. doi:10.1007/s00344-011-9244-6

YAMAGUCHI, F., SAITO, M., ARIGA, T., YOSHIMURA, Y., and NAKAZAWA, H. 2000. Free Radical Scavenging Activity and Antiulcer Activity of Garcinol from Garcinia Indica Fruit Rind. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, pp. 2320–2325. doi:10.1021/jf990908c

YI, R. K., SONG, J. L., LIM, Y. I., KIM, Y. K., and PARK, K. Y. 2015. Preventive Effect of the Korean Traditional Health Drink (Taemyeongcheong) on Acetaminophen-Induced Hepatic Damage in ICR Mice. *Preventive nutrition and food science*, vol. 20, no. 1, pp. 52–59. Doi: <https://doi.org/10.3746/pnf.2015.20.1.52>

YUAN, F., LYU, M.J.A., LENG, B.Y., ZHENG, G.Y., FENG, Z.T., and LI, P.H. 2015. Comparative transcriptome analysis of developmental stages of the Limonium bicolor leaf generates insights into salt gland differentiation. *Plant Cell Environ*, vol. 38, pp. 1637–1657.

ZHANG, L.Q., NIU, Y.D., HURIDU, H., HAO, J.F., QI, Z., and HASI, A. 2014. Salicornia europaea L. Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter gene improves salt tolerance in transgenic

alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Genetics and Molecular Research*, vol. 13, pp. 5350–5360.