



Salicornia como Cultura Vegetal Promissora para uma Alimentação Rica em Nutrientes e Sustentável

Salicornia as a Promising Vegetable Crop for a Nutrient-Rich and Sustainable Diet

Camila Freire de Melo

Programa de Pós-graduação em Biotecnologia - (RENORBIO). Universidade Federal Rural de Pernambuco.
 RCID: <https://orcid.org/0000-0001-8601-5489>

Maria Cecília Freire de Melo

Universidade Federal de Pernambuco. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0036-3971>.

Josimar Gurgel Fernandes

Instituto Agrônômico de Pernambuco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6437-7817>

Galba Maria de Campos-Takaki

Escola de Tecnologias e Comunicação; Centro Multiusuário de Análise e Caracterização de Biomoléculas e Superfície de Materiais-CEMACBIOS MCTI/UNICAP. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0519-0849>.

Resumo: A agricultura é o setor que mais consome água, utilizando cerca de 70% de toda a água doce disponível. A crescente demanda por alimentos, aliada à escassez hídrica e à degradação e contaminação dos solos, tem intensificado a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis. Nesse contexto, o gênero *Salicornia* destaca-se como uma cultura vegetal promissora capaz de desenvolver em solos salinos e sob irrigação com elevada salinidade, contribuindo para redução da pressão sobre recursos de água doce. Além disso, espécies desse gênero apresentam capacidade de fitorremediação atuando na recuperação de solos afetados por sais e contaminantes por metais pesados, bem como na filtração biológica de ambientes aquáticos, auxiliando na reciclagem de água e nutrientes. Do ponto de vista produtivo, a *Salicornia* é considerada um alimento funcional por ser rica em compostos nutricionais e bioativos, possibilitando a valorização das regiões produtoras, além de estimular o desenvolvimento sustentável das novas cadeias produtivas. Portanto, o cultivo de espécies do gênero *Salicornia* representa uma estratégia inovadora e promissora para uma agricultura sustentável, além de possibilitar a recuperação de áreas improdutivas, redução do uso de água doce e relevância econômica e social.

Palavras-chave: halófitas; planta funcional; fitorremediação de solos; agricultura sustentável; águas salinas.

Abstract: Agriculture is the largest water-consuming sector, using approximately 70% of all available freshwater. The growing demand for food, combined with water scarcity and soil degradation and contamination, has intensified the need for more sustainable agricultural practices. In this context, the *Salicornia* genus stands out as a promising plant crop capable of growing in saline soils and under irrigation with high salinity, contributing to reducing pressure on freshwater resources. Furthermore, species of this genus have phytoremediation capabilities, acting in the recovery of soils affected by salts and heavy metal contaminants, as well as in the biological filtration of aquatic environments, aiding in the recycling of water and nutrients. From a production perspective, *Salicornia* is considered a functional food because it is rich in nutritional and bioactive compounds, enabling the valorization of producing regions, in addition to stimulating the sustainable development of new production chains. Therefore, the cultivation of species of the genus *Salicornia* represents an innovative and promising

strategy for sustainable agriculture, in addition to enabling the recovery of unproductive areas, reducing the use of fresh water, and providing economic and social relevance.

Keywords: halophytes; functional plant; soil phytoremediation; sustainable agriculture; saline waters.

INTRODUÇÃO

A agricultura é essencial para a sobrevivência do ser humano, entretanto, segundo o Fundo de Nações Unidas para a Agricultura e Alimentos (Fao), devido às secas prolongadas e ao aumento do calor, os níveis de salinidade do solo e da água em áreas marginais tem aumentado, tornando as terras agrícolas improdutivas (Fao, 2021). Além disso, a utilização de práticas agrícolas convencionais tem impulsionado a contaminação de solos, animais, alimentos e ser humano.

Nesse contexto, a busca por modelos sustentáveis configura uma necessidade. Como alternativa, a agricultura bioessalina consiste em uma prática de cultivo baseada no uso de plantas, solo e águas afetadas pelo sal em diferentes faixas de salinidade. Esta abordagem é de suma importância devido ao rápido crescimento populacional e da demanda de alimentos, o que torna essa nova abordagem agrícola necessariamente ser explorada para garantir alimentos seguros (Gherman *et al.*, 2020).

O uso de espécies halófitas como *Salicornia* pode consistir em culturas promissoras para uma agricultura sustentável. O cultivo dessas espécies não requer adição de insumos agrícolas convencionais e água doce. Além disso, pode ser utilizada na recuperação de ambientes improdutivos e possui elevado potencial como alimento funcional, promovendo a bioeconomia, através do comércio pelos produtores (Bazihizina *et al.*, 2024; Ventura & Sagi 2013).

Nesse sentido, o presente estudo aborda diversas pesquisas realizadas com espécies de *Salicornia* que demonstram o potencial para aplicação na agricultura sustentável, em especial na agricultura bioessalina.

CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO GÊNERO *SALICORNIA*

Salicornia é um dos 11 gênero botânico pertencente à família Amaranthaceae (Chenopodiaceae) e amplamente distribuído em regiões temperadas e subtropicais do hemisfério norte. As características morfológicas consistem em folhas reduzidas, semelhantes as escamas, caules suculentos articulares ou segmentados e flores reduzidas com tépalas fundidas agregadas em tirso terminal denso, semelhante a um cladódio (Siridewa *et al.*, 2025; Cárdenas-Pérez *et al.* 2022; Villarreal *et al.*, 2021). Exemplo de espécie de *Salicornia* (*Salicornia neei* Lag.) ver figura 1.

Figura 1 - *Salicornia neei* Lag.



Fonte: autoria própria, 2025.

Salicornia constitui um dos gêneros mais importantes de halófitas no mundo hoje, pois ela cresce em áreas salinas perto de litorais e é considerada uma das plantas mais tolerantes ao sal (Cárdenas-Pérez *et al.*, 2021).

Do ponto de vista taxionômico, devido as poucas características morfológicas, alta variabilidade fenotípica e hibridização frequente houve problemas quanto a nomenclaturas, o que levou a proliferação de nomes ao longo do tempo (Lamonico, Friis & Iberite 2024).

Na Inglaterra, França, EUA e Austrália, são conhecidas popularmente como “herbe de Saint Pierre” “pickleweed”, “aspargo do pobre” e “aspargo do mar”. Os brotos suculentos são altamente valorizados na culinária gourmet devido à sua textura crocante e sabor salgado, e têm um perfil nutricional equilibrado (Custódio *et al.*, 2021). Além disso, é fonte de diversos metabólitos secundários com diversas propriedades terapêuticas, incluindo efeitos antioxidantes, antidiabéticos, citotóxicos, anti-inflamatórios e antiobesidade (Kim *et al.*, 2021).

IMPACTOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS QUE AFETAM A AGRICULTURA

Salinização dos Solos

O excesso de sais nos solos é chamado de salinização e pode representar uma ameaça a produtividade agrícola global através da redução da produção de alimentos e aumento da degradação ambiental. Dessa forma, a gestão da salinização dos solos é essencial para atingir o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da

Organização das Nações Unidas de número 2 “Fome Zero e Agricultura Sustentável” (Wang *et al.*, 2025).

O processo de formação da salinização decorre de dois mecanismos: salinização primária e salinização secundária, que se diferenciam quanto a origem dos sais. A salinização primária decorre das combinações de fatores como topografia, profundidade, salinidade de águas subterrâneas, propriedades do solo, condições climáticas, vegetação, uso da terra, condições de irrigação e drenagem (Wu *et al.*, 2025). Em contraste, a salinização secundária ocorre predominantemente em áreas agrícolas irrigadas devido a práticas antrópicas inadequadas de manejo da terra e da água (Cui *et al.*, 2025).

Os efeitos da salinização no solo acarretam na aceleração da decomposição da matéria orgânica e interrupção da estrutura dos agregados, que resulta na degradação sistemática da fertilidade do solo (Zhang *et al.*, 2025). Já os efeitos para culturas vegetais, depende do tipo de espécie e de sua tolerância ao estresse salino. Estudos demonstram que os efeitos da salinidade induzem principalmente estresse osmótico e privação de água que consequentemente reduz a produtividade e rendimento (Orzol *et al.* 2025).

Conforme Gonçalves, Martins, Ramos (2015), a classificação de solos salinos e sódicos de Richards foi desenvolvida principalmente com vistas a recuperação de solos afetados por sais e sódio, é um sistema simples baseado em condutividade elétrica e porcentagem de sódio de troca, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos solos.

Classe	Classificação	PST
Solos salinos	4 dSm ⁻¹ a 25°C	< 15
Solos sódico-salinos	4 dSm ⁻¹ a 25°C	> 15
Solos sódicos ou alcalizados	< 4 dSm ⁻¹ a 25°C	> 15

Fonte: Richards (1954).

Alternativas convencionais para minimizar os efeitos da salinização do solo, como uso de aditivos químicos e melhoramento genético para criar plantas tolerantes ao sal apresentam pouco eficientes e incapaz de gerar resultados a médio e longo prazo. Em contrapartida, o cultivo de plantas tolerantes ao sal tem se mostrado uma abordagem eficaz na remediação de solos em diferentes regiões do globo (Mendis *et al.*, 2025).

Salinização da Água

A água doce é essencial para a sobrevivência e o desenvolvimento dos sistemas terrestres. Entretanto, a salinização dos recursos de água doce constitui um desafio global, exacerbado pelas mudanças climáticas e atividades humanas que ameaça não só a produtividade agrícola como também o meio ambiente ecológico e a segurança da água potável (Gao *et al.*, 2025).

O consumo de água doce é um dos principais aspectos ambientais pelos quais a produção agrícola é responsável por quase 70% do volume retirado (Ingrao

et al. 2023). Uma das principais fontes de água doce envolve as águas subterrâneas. O processo de salinização subterrânea é complexo e está intimamente relacionado a entrada de água nos aquíferos, escoamento e saída das águas subterrâneas (QU *et al.*, 2024). A dessalinização é considerada uma das formas mais eficazes de aumentar o abastecimento de água e fornecer água limpa e acessível a milhões de pessoas (SHEmer, Shlomo & Semiat 2023).

Além disso, devido à escassez de recursos hídricos frequentemente tornou-se necessário o uso de águas subterrâneas salinas para fins de irrigação em atividades agrícolas. Entretanto, níveis elevados de salinidade induzem danos a nível molecular ao DNA, RNA, proteínas e lipídios e a nível celular através do estresse osmótico e iônico ocasionando menores taxas de crescimento, reprodução e sobrevivência de culturas vegetais (IKiz, B. *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2025). No solo, o acúmulo de sal resultante da água salobra pode afetar negativamente os agregados, aumentar a densidade e reduzir a permeabilidade e a condutividade da água saturada (MA *et al.*, 2024).

De acordo com Radosavljevic *et al.* (2024), as características químicas de salinização da água consistem geralmente pelas crescentes concentrações de cloreto, sódio, cálcio, magnésio, potássio, sulfato e carbono inorgânico dissolvido de riachos, lagos, pântanos e aquíferos. Além disso, a classificação proposta por Richards (1954) corresponde a avaliação de águas para irrigação e é expressa em função da condutividade elétrica.

Tabela 2 – Classificação da salinidade.

Classe	Classificação	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
C1	Salinidade baixa	< 250
C2	Salinidade média	250 - 750
C3	Salinidade alta	750 - 2250
C4	Salinidade muito alta	2250 - 5000

Fonte: Richards (1954).

Contaminação por Metais Pesados

Os metais pesados são geralmente definidos como elementos químicos, que possuem densidades superiores a 5 g/cm³ (Hou, Cie & Yang 2025). São considerados metais pesados os seguintes elementos: chumbo, cádmio, níquel, cobalto, ferro, zinco, crômio, arsênio e prata. Os elementos cobalto, cobre, zinco, níquel e manganês atuam como micronutrientes essenciais par ao metabolismo vegetal, quando em excesso podem se tornar fitotóxicos (Paula *et al.*, 2025).

As formas de contaminação por metais pesados podem ser de forma natural e antrópica. As fontes naturais incluem o intemperismo de rochas ricas em metais e atividade vulcânica, em relação as fontes antrópicas estão principalmente ligadas a descargas industriais, práticas agrícolas e escoamento urbano (EL-Sorogy *et al.*, 2025).

Esses metais pesados podem circular no sistema solo-água-atmosfera por meio de lixiviação, adsorção e dessorção, afetando assim os ciclos biogeoquímicos (Jieqiong *et al.*, 2025). Os impactos por metais pesados no meio aquático geralmente não são imediatos porque não são metabolizados, mas podem ter consequências duradouras através do processo de bioacumulação, devido ao acúmulo gradual de substâncias tóxicas ao longo da cadeia alimentar afetando o ecossistema inteiro (Madja & Scaeteanu 2025). Além disso, metais pesados como cádmio, chumbo e mercúrio interrompem o crescimento das plantas, a fotossíntese e a absorção de nutrientes, reduzindo assim a vitalidade e a produtividade das plantas (Yadav *et al.*, 2025).

As técnicas convencionais de remediação são caras, consomem muita energia e produzem resíduos secundários, impulsionando a necessidade de alternativas sustentáveis (Jaykodi *et al.*, 2025). Desse modo, como estratégia para recuperação de solos por metais pesados envolve o uso, tem-se a fitorremediação, técnica que consiste no uso de plantas acumuladoras para extrair o metal pesado do ambiente (Lucena, Machado & Alves 2025).

MITIGAÇÃO DE IMPACTOS QUE AFETAM A AGRICULTURA POR ESPÉCIES DE SALICORNIA

Fitorremediação de solo e biofiltro de águas por *Salicornia*

O processo de fitorremediação envolve a restauração de solos contaminados usando plantas tolerantes a salinidade. É uma opção segura, de baixo custo e ecologicamente correta. A capacidade das plantas de reduzir a salinidade do solo difere de acordo com o tipo de planta (Hasan *et al.*, 2024). Em comparação com espécies de plantas sensíveis ao sal usadas na fitorremediação, as halófitas são inerentemente mais resilientes a estressores ambientais, incluindo metais pesados (Ruwanpathirana *et al.* 2025). Assim, uso de halófitas pode remediar solos salinos e outros poluentes ao mesmo tempo (Turcios, Gornati & Papenbrock 2024).

Espécies de *Salicornia* se adaptam à salinidade por meio de diversas estratégias fisiológicas, bioquímicas e moleculares. Esse processo ocorre a partir da captura de sódio por proteínas de membrana transportando para os vacúolos protegendo a célula da toxicidade do sal e mantendo o equilíbrio osmótico. Ao longo de várias gerações a *Salicornia* acumula sódio nos seus tecidos reduzindo os níveis de salinidade, permitindo que espécies glicófitas possam crescer como gramíneas-cordão e juncos (Kimball-Rhines *et al.*, 2025).

Entretanto, a maioria dos estudos sobre *Salicornia* se concentra no cultivo em condições salinas e menos atenção tem sido dada às funções ecológicas desta planta, como sua capacidade de fitorremediação (Pirasteh-Anosheh *et al.* 2025).

Espécies de *Salicornia* realizam a fitorremediação através da capacidade de fitoacumulação e fitoestabilização. Diversos são os relatos na literatura sobre a extração de sais e metais, por meio de *S. ramosissima* (Pedro *et al.*, 2013), remoção

de metais de petróleo com *S. persica* akhani e *S. iranica* Akhani (Abdollahzadeh *et al.*, 2018), fitorremediação de solo contamina com chumbo por *S. iranica* (Kavani *et al.* 2017), fitoextração de cádmio no solo por *S. fruticosa* (Salama *et al.* 2022), remediação de excesso de nutrientes nitrato, fosfato, cálcio e metais de preocupação toxicológica sob condições de hidropônicas por *S. brachiata* (Ruwanpathirana *et al.*, 2025), uso de *S. europea* na remediação de cálcio, magnésio, sódio e cloro (Farzi, Borghei & Vossoughi 2017).

Além disso, *Salicornias* podem ser excelentes fontes de biofiltros que reciclam água e outros nutrientes da aquicultura marinha (Katel *et al.*, 2023). Estudo com *Salicornia* europea L. demonstrou potencial no uso agrícola a partir da integração em sistemas de aquicultura multitrófica com o intuito de recuperação de nutrientes inorgânicos distribuídos na água dos efluentes, contribuindo para economia circular e sustentabilidade desse sistema (Silva, 2025).

Uso de águas salobras e salinas por *Salicornia*

De acordo com relatos na literatura, há muitos estudos a partir do crescimento ou desenvolvimento de espécies do gênero *Salicornia* por meio de irrigação salina. No geral, foi observado que a irrigação com água salina influencia positivamente na produtividade vegetal (ver Quadro 1).

Quadro 1 – Espécies de *Salicornia* irrigadas com águas salinas e seus efeitos biológicos.

Espécie de <i>Salicornia</i>	Água salina	Efeitos	Referências
<i>S. brachiata</i>	Água do mar	Maior atividade enzimática antioxidante	Kumari <i>et al.</i> , (2025)
<i>S. persica</i>	Água do golfo pérsico	Maior crescimento, altura, nitrogênio e proteínas	Izadi, Nabipour & Ranjbar (2025)
	Água salina	Aumento dos pigmentos fotossintéticos e reguladores osmóticos	Bambhad, Kalanaki & Fazilatnia (2021)
<i>S. magellanica</i>	Água do mar	Maior crescimento e número de brotos	Bianciotto <i>et al.</i> (2021).
<i>S. neei</i>	Efluente de camarão	Aumento do conteúdo mineral (N, Ca, Cu e Mn)	Doncato & Costa (2023)
<i>S. bigelovii</i>	Água do mar	Aumento da biomassa	Ranjbar <i>et al.</i> (2024)
	Efluentes de aquicultura	Aumento da biomassa	Christiansen, Lyra, Jorgensen (2021)

Fonte: autoria própria (2025).

POTENCIAL PRODUTIVO DE SALICORNIA

Salicornia como alimento funcional

Atualmente, a sociedade vem se preocupando cada vez mais com a saúde e por isso buscam-se alimentos mais saudáveis. De acordo com, alimentos funcionais fornecem além das propriedades nutritivas proteção contra enfermidades e promoção da saúde humana (Barreiro *et al.*, 2021).

Devido às condições de salinidade as espécies halófitas apresentam nível mais alto de compostos fenólicos do que as glicófitas, o que se correlaciona com uma maior atividade antioxidante que, em alguns casos, é ainda mais potente do que a dos antioxidantes sintéticos (Castagna *et al.*, 2022).

Algumas das espécies de *Salicornia* são ricas em bioatividades e podem acumular até 40–50% de NaCl do peso seco, servindo como uma excelente fonte de biossal (Siridewa *et al.*, 2025). As espécies do gênero *Salicornia*, além de serem reconhecidas pelo uso como sal com menor teor de sódio, já eram tradicionalmente empregadas para amenizar sintomas de diarreia e constipação e também no tratamento de doenças inflamatórias, hepatite, diabetes e até câncer (Limongelli *et al.*, 2022).

A *Salicornia* tem sido recentemente comercializada na Europa e na Ásia como alimento básico, sendo consumida em saladas verdes pela sua salinidade natural ou utilizada como ingrediente em diversas preparações, como chá em pó, vegetais temperados, makgeolli, vegetais em conserva, vinagres e alimentos fermentados (Chrigui *et al.*, 2023). Do ponto de vista nutricional, *S. ramosissima* é uma importante fonte de compostos fenólicos, como quercetina-3-O-glicosídeo e diferentes ácidos bioativos, os quais podem contribuir para a prevenção de distúrbios como câncer, hipertensão e doenças cardiovasculares (Oliveira-Alves *et al.*, 2021). Pesquisas indicam que *Salicornia* herbacea possui ampla aplicação na indústria alimentícia, tanto para redução do teor de sal quanto para manutenção ou melhoria da qualidade dos produtos, podendo atuar como sal, antioxidante natural, fonte de vitaminas e minerais, além de ser utilizada em alimentos processados, no aumento do rendimento de cozimento, e no desenvolvimento de pães e condimentos (Jin, Cheng & Kim, 2025). Entre as halófitas atualmente destinadas ao consumo humano, *S. ramosissima* destaca-se como uma das espécies mais cultivadas e comercializadas, estando bem estabelecida em diversos mercados europeus. Ademais, caracteriza-se por apresentar um lipidoma nutricionalmente relevante, com presença de ácidos graxos do tipo n-3 (Ricardo *et al.*, 2024). Já *Salicornia* herbacea L. é rica em potássio e cálcio, possui atividade antioxidante e efeitos benéficos na redução de triglicerídeos e colesterol, além de auxiliar na prevenção ou retardamento da oxidação lipídica em alimentos aquáticos (Jo *et al.*, 2022).

Entretanto, de acordo com estudo realizado por Sanjosé *et al.* (2022), observou a importância de verificar o ambiente de crescimento de *Salicornia* para consumo humano, tendo em vista que ambientes contaminados com metais pesados são

absorvidos pela espécie, ressaltando a importância de cultivar em ambientes livres de contaminantes. Em suma, o cultivo e uso desta halófita abrem caminho não só para a produção de alimento funcional com benefícios à saúde, mas também para o desenvolvimento de novos conceitos na fitoterapia, nutraceutica e bioeconomia sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gênero halófito *Salicornia* apresenta-se como uma alternativa promissora para a agricultura sustentável. Seu potencial produtivo está diretamente relacionado à capacidade de se desenvolver em ambientes salinos, o que evita a competição com culturas tradicionais por terras aráveis e água doce. Além disso, a *Salicornia* é rica em minerais essenciais à alimentação humana e contém compostos bioativos com propriedades benéficas à saúde, contribuindo para a bioeconomia circular e agregando valor à produção agrícola. Outro aspecto relevante é seu papel ambiental, uma vez que possui alta capacidade de fitorremediação e biofiltração, possibilitando a recuperação de solos e águas contaminadas. Dessa forma, as espécies do gênero *Salicornia* representam como uma opção sustentável e estratégica para o futuro da agricultura, conciliando produção, conservação ambiental e benefícios socioeconômicos.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHZADEH, T. *et al.* **Phytoremediation of petroleum-contaminated soil by *Salicornia*: from PSY activity to physiological and morphological communications.** Environmental technology, 40, 2019.
- BAMSHAD, R.; KALANAKI, M.; FAZILATNIA, M. **Effect of cow manure and deficit irrigation with saline water on some morphological and biochemical characteristics of *Salicornia persica* Akhani.** Environmental Stress in Crop Sciences, 14, 2, 2021.
- BARREIRO, N. L. *et al.* **Influência dos conhecimentos nutricionais e de alimentos funcionais nos hábitos alimentares de frequentadores de feira livre.** Ciências Agrárias, v. 19, n. 1, 2021.
- BIANCIOTTO, O. *et al.* **Farming with drip sea water irrigation for *Salicornia* production in Tierra del Fuego, Argentina.** Biotecnica, 23, 1, 2021.
- BAZIHIZINA, N. *et al.* **The Sustainable Use of Halophytes in Salt-Affected Land: State-of-the-Art and Next Steps in a Saltier World.** Plants, v. 13, n. 16, 2024.
- CÁRDENAS-PEREZ, S. *et al.* *Salicornia europaea* L. **Functional Traits Indicate Its Optimum Growth.** Plants, 11, 8, 2022.

CARDENAS-PEREZ, S. *et al.* **An overview of the emerging trends of the *Salicornia* L. genus as a sustainable crop.** Environmental and experimental botany, v. 191, 2021.

CASTAGNA, A. *et al.* **Nutritional Composition and Bioactivity of *Salicornia europaea* L. Plants Grown in Monoculture or Intercropped with Tomato Plants in Salt-Affected Soils.** Horticulture, 8, 9, 2022.

CHRISTIANSEN, A. H. C.; LYRA, D. A.; JORGENSEN, H. **Increasing the value of *Salicornia bigelovii* green biomass grown in a desert environment through biorefining.** Industrial crops and products, 160, 2021.

CUI, G. **Impacts of groundwater storage variability on soil salinization in a semi-arid agricultural plain.** Geoderma, 454, 2025.

CUSTÓDIO, L. *et al.* **A Review on *Sarcocornia* Species: Ethnopharmacology, Nutritional Properties, Phytochemistry, Biological Activities and Propagation.** Foods, 10, 11, 2021.

CHRIGUI, S. *et al.* **Anti-Obesity and Anti-Dyslipidemic Effects of *Salicornia arabica* Decocted Extract in Tunisian *Psammomys obesus* Fed a High-Calorie Diet.** Foods, v. 16, n. 6, 2023.

DONCATO, K. B.; COSTA, C. S. B. **Regimes de irrigação salina na composição mineral de progênes de aspargo marinho *Salicornia neei* Lag.** Revista de Ciências Agrárias, 46, 4, 2023.

EL-SOROGY, A. S. *et al.* **Geographic Information System and Multivariate Analysis Approach for Mapping Soil Contamination and Environmental Risk Assessment in Arid Regions.** Land, 4, 2, 2025.

FAO, **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.** Disponível em: [https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1538771/#:~:text=A%20ferramenta%20WaPOR%20da%20FAO,Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1veis%20\(ODS\)%20relacionados:](https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1538771/#:~:text=A%20ferramenta%20WaPOR%20da%20FAO,Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1veis%20(ODS)%20relacionados:)

FAO, **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.** Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1442334/>

FARZI, A. BORGHEI, S. M.; VOSSOUGH, M. **The use of halophytic plants for salt phytoremediation in constructed wetlands.** International Journal of Phytoremediation, 19, 2017.

GAO, L. *et al.* **Salinity levels, trends and drivers of surface water salinization across China's river basins.** Water Research, 281, 2025.

GHERMAN, G. L. *et al.* **Agricultura bioessalina e uso de águas salobras na produção de forragem.** Capítulo 6 Agricultura Irrigada em Ambientes Salinos, 2020.

INGRAO, C. *et al.* **Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks.** Heliyon A Cell Press Journal, 9, 8, 2023.

HASAN, H. *et al.* **Phytoremediation ability of *Panicum maximum* and *Salicornia europaea* irrigated with treated wastewater for salt elements in the soil.** Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 23, 6, 2024.

HOU, D.; XIE, H.; YANG, L. **Risk-Targets Identification and Source Apportionment Associated with Heavy Metals for Different Agricultural Soils in Sunan Economic Region, China.** Land, 14, 5, 2025.

IKIZ, B. *et al.* **The use of biostimulants as a key to sustainable hydroponic lettuce farming under saline water stress.** Springer Nature Link, 24, 2024.

JAYAKODI, S. **Role of proteins in phytoremediation and mycoremediation for heavy metal removal: a focus on protein-based remediation.** International Journal of Phytoremediation, 2025.

JIEQIONG, C. *et al.* **Physiological Adaptation to Different Heavy Metal Stress in Seedlings of Halophyte *Suaeda liaotungensis*.** Biology, 14, 3, 2025.

JIN, S.; CHENG, H.; KIM, G. **Evaluating the Feasibility of Using *Salicornia herbacea* Powder as a Salt Substitute in Sausage Production.** Food science of animal resources, v. 45, n. 5, 2025.

JO, H. *et al.* **Assessment of the Effects of Salt and *Salicornia herbacea* L. on Physiochemical, Nutritional, and Quality Parameters for Extending the Shelf-Life of Semi-Dried Mullet (Chelon haematocheilus).** Foods, v. 11, n. 4, 2022.

KATEL, S. *et al.* **Exploring the potential of *Salicornia*: A halophyte's impact on Agriculture, the Environment, and the Economy.** Peruvian Journal of Agronomy, 7, 3, 2023.

KAVANI, E. *et al.* **Phytoremediation of Pb-Contaminated Soil by *Salicornia iranica*: Key Physiological and Molecular Mechanisms Involved in Pb Detoxification.** Clean soil air water, 45, 5, 2017.

KIMBALL-RHINES, C. *et al.* **The annotated, chromosome-scale *Salicornia depressa* (American pickleweed) genome.** Journal of heredity, 2025.

KIM, S. *et al.* **Chemical Structure and Biological Activities of Secondary Metabolites from *Salicornia europaea* L.** Molecules, 26, 8, 2021.

KUMARI, A. *et al.* **Defense enzyme encoding gene and metabolite expression profiling in *Salicornia brachiata* Roxb. under different salinity.** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 66, 2025.

LAMONICO, D.; FRIIS, I.; IBERITE, M. **Intricate Networks in Nomenclature: Cases of Naming in *Arthrocaulon*, *Arthrocnemum*, and *Salicornia* (Amaranthaceae).** Plants, 13, 13, 2024.

LIMONGELLI, F. *et al.* **Overview of the Polyphenols in Salicornia: From Recovery to Health-Promoting Effect.** *Molecules*, v. 27, n. 22, 2022.

LUCENA, W. B.; MACHADO, D. C.; ALVES, D. O. **Metais pesados em corretivos e fertilizantes agrícolas: metanálise.** *Journal of Education, Science and Health*, 5, 1, 2025.

MADJA, R. M.; SCAETEANU, G. V. **An Overview of Heavy Metal Contamination in Water from Agriculture: Origins, Monitoring, Risks, and Control Measures.** *Sustainability*, 7, 16, 2025.

MA, Z. *et al.* **Multi-objective optimization of saline water irrigation in arid oasis regions: Integrating water-saving, salinity control, yield enhancement, and CO₂ emission reduction for sustainable cotton production.** *Science of The Total Environment*, 912, 2024.

MENDIS, C. L *et al.* **Learning from Salicornia: Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Salinity Tolerance.** *Molecular Science*, 26, 3, 2025.

OLIVEIRA, S. C. *et al.* **Impact of Drying Processes on the Nutritional Composition, Volatile Profile, Phytochemical Content and Bioactivity of Salicornia ramosissima J. Woods.** *Antioxidants*, v. 10, n. 8, 2021.

ORZOL, A. *et al.* **The local environment influences salt tolerance differently in four Salicornia europaea L. inland populations.** *Scientific reports*, 15, 2025.

PAULA, D. H. G. A. O. *et al.* **O acúmulo de metais pesados em espécies do gênero Brassica: uma revisão de literatura.** *Revista observatório de la economia latino-americana*, 23, 8, 2025.

PEDRO, C. A. *et al.* **The influence of cadmium contamination and salinity on the survival, growth and phytoremediation capacity of the saltmarsh plant Salicornia ramosissima.** *Marine environmental research*, 92, 2013.

QU, S. *et al.* **Multi-isotopes (δD , $\delta^{18}O$ water, $^{87}Sr/^{86}Sr$, $\delta^{34}S$ and $\delta^{18}O$ sulfate) as indicators for groundwater salinization genesis and evolution of a large agricultural drainage lake basin in Inner Mongolia, Northwest China.** *Science of The Total Environment*, 946, 2024.

RADOSAVLJEVIC, J. *et al.* **Road salt-induced salinization impacts water geochemistry and mixing regime of a Canadian urban lake.** *Applied Geochemistry*, 162, 2025.

Richards LA, editor. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook nº 60.** Washington (US):US Department of Agriculture; 1954.Chapter 5, Quality of irrigation water; p.69-82.

RANJBAR, G. *et al.* **Salicornia sinus-persica: a high-yielding species for fodder production with seawater.** *Arid Land Research and Management*, 38, 2024.

- RICARDO, F. *et al.* **Fatty Acid Profiling as a Tool for Fostering the Traceability of the Halophyte Plant *Salicornia ramosissima* and Contributing to Its Nutritional Valorization.** *Plants*, v. 13, n. 4, 2024.
- RUAWANPATHIRANA, P. **Multifaceted Pollutant Removal by *Salicornia brachiata*: A Phytoremediation Approach.** *Plants*, v. 14, n. 13, 2025.
- 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, 2022.
- SALAMA, F. M. *et al.* **Cd Phytoextraction Potential in Halophyte *Salicornia fruticosa*: Salinity Impact.** *Plants*, 11, 19, 2022.
- SILVA, M. J. V. S. F. **Rhizosphere engineering of *Salicornia europaea* with plant growth-promoting bacteria (PGPB).** Universidade de Aveiro, 2025.
- SIRIDEWA, K. *et al.* **Species identification and pollination biology of an economically important true halophyte, *Salicornia brachiata* Roxb.** *Aquatic botany*, v. 196, 2025.
- WANG, J. *et al.* **Soil salinization in drylands: measure, monitor, and manage.** *Ecological indicators*, 175, 2025.
- SHEMER, H.; SHLOMO, F.; SEMIAT R. **Challenges and Solutions for Global Water Scarcity.** *Membranes*, v. 13, n. 6, 2023.
- TURCIOS, A. E.; GORNATI, D.; PAPENBROCK J. **Analysis of the Ability of Marsh Samphire (*Salicornia europaea*) to Extract Environmentally Relevant Elements from Different Culture Media: Contribution of Biochar to Plant Nutrition and Growth.** *Journal of soil science and plant nutrition*, 24, 2024.
- VENTURA, Y.; SAGI, M. **Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*.** *Environmental and Experimental Botany*, v. 92, 2013.
- VILLARREAL, M. R. **Perennial halophyte *Salicornia neei* Lag.: Cell wall composition and functional properties of its biopolymers.** *Food chemistry*, v. 350, 2021.
- WU, C. *et al.* **Characteristics and mechanisms of soil salinization in humid climate areas.** *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 60, 2025.
- YADAV, A. K. *et al.* **Heavy Metal Contamination in Plants: Sources, Monitoring, and Data-Driven Insights.** *Macromolecular Symposia*, 414, 2025.
- YANG, K. *et al.* **Weak salinization alleviates the harmful impact of cyanobacteria on water fleas.** *Environmental Pollution*, v. 372, 2025.
- ZHANG, J. *et al.* **Study on the inversion and spatiotemporal variation mechanism of soil salinization at multiple depths in typical oases in arid areas: A case study of Wei-Ku Oasis.** *Agricultural Water Management*, v. 30, 2025.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Católica e ao Instituto Agronômico de Pernambuco. Os estudos foram realizados com o suporte da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-FACEPE, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq (G.M.C.T. Processo), e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).