



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MARIANA GOULART HENRIQUE LEITE

**Relacionando impactos ambientais às atividades salineiras:
o que sabemos sobre isso?**

**PORTO ALEGRE
2023**

MARIANA GOULART HENRIQUE LEITE

**Relacionando impactos ambientais às atividades salineiras:
o que sabemos sobre isso?**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof^a Dr^a Luciane Oliveira
Crossetti

PORTO ALEGRE
2023

MARIANA GOULART HENRIQUE LEITE

**Relacionando impactos ambientais às atividades salineiras:
o que sabemos sobre isso?**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Luciane Oliveira
Crossetti

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dr^ª Luciane Oliveira Crossetti
Departamento de Ecologia
Instituto de Biociências – UFRGS

Dra. Paula Pereyra
Programa de Pós-Graduação em Ecologia
Instituto de Biociências – UFRGS

Prof^ª Dr^ª Lúcia Helena Ribeiro Rodrigues
Obras Hidráulicas
Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer à minha família. Minha mãe Janaína, meu pai Claudécio, minha madrastra Estela e meus irmãos Vítor, Vinícius e Francielle por sempre me apoiarem em minhas escolhas e me motivarem a sempre buscar novas oportunidades. Sem vocês, muito disso não seria possível!

Um agradecimento especial às minhas grandes amigas e colegas de curso, Bruna, Carol, Jéssica, Nathália e Victória, que desde o início sempre se mostraram uma rede de apoio maravilhoso, seja nos momentos bons, como nos ruins.

Gostaria também de agradecer ao projeto PCCB por me acolher como voluntária e me proporcionar experiências profissionais incríveis dentro do mundo da reabilitação da fauna marinha, me lembrando de minha paixão pela Biologia.

E gostaria de agradecer, principalmente à minha orientadora Dr^a Luciane Crossetti por me apoiar por toda essa trajetória final e estar sempre disposta a me ajudar e até mesmo me acalmar em momentos de tensão. Eu definitivamente não poderia ter escolhido uma orientadora melhor! Obrigada!

CIP - Catalogação na Publicação

Leite, Mariana Goulart Henrique
Relacionando impactos ambientais às atividades
salineiras: o que sabemos sobre isso? / Mariana
Goulart Henrique Leite. -- 2023.
27 f.
Orientadora: Luciane Oliveira Crossetti.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Bacharelado em Ciências Biológicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Atividade Salineira. 2. Salina solar. 3. Impacto
Ambiental. 4. Biodiversidade. 5. Salinização. I.
Crossetti, Luciane Oliveira, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

*“Biodiversidade é a
biblioteca das vidas.”.*

Thomas Lovejoy

SUMÁRIO

Resumo.....	8
Abstract.....	9
Introdução.....	10
Metodologia.....	12
Resultados e Discussão.....	13
Considerações finais.....	23
Referências.....	25

RESUMO

Relacionando impactos ambientais às atividades salineiras: o que sabemos sobre isso?

O sal é um item indispensável em diversas atividades humanas e sua produção a partir de salinas solares pode acarretar em diferentes tipos de impactos ambientais. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abordando trabalhos existentes que relacionem impactos ambientais às atividades salineiras. A revisão foi realizada nos indexadores Google Acadêmico, Scielo e Web of Science e incluiu artigos, teses e dissertações. A busca resultou num total de 6354, sendo 59 artigos a partir do Web of Science, 5 artigos do Scielo e 6290 estudos vindos do Google Acadêmico. Desse total, 16 estudos foram selecionados com base nos objetivos do presente trabalho, sendo que a minoria (31,3%) apresentou como objetivo principal a avaliação direta dos impactos provocados pelas salinas. Mangues, banhados e lagos associados às salinas foram os ecossistemas mais citados nos estudos (40%, 26,7% e 13,3%, respectivamente). Dentre os principais tipos de impacto, a degradação do mangue, alterações na biodiversidade e salinidade do solo foram os mais citados (20%, cada). A maior parte dos estudos (52,6%) relacionou os impactos ao processo completo de produção do sal, e não a uma etapa específica. O presente estudo demonstrou que, apesar de poucos trabalhos avaliarem os impactos ambientais das atividades salineiras, os prejuízos ambientais associados a estas atividades são evidentes. Assim, sugere-se que perspectivas de futuros estudos incluam a elaboração de propostas de mitigação dos impactos, bem como a viabilidade e sustentabilidade ambiental dessas atividades, considerando a dinâmica de determinados ecossistemas e sua biodiversidade.

Palavras-chave: salina solar, salinização, mangue, biodiversidade, degradação ambiental

ABSTRACT

Relating environmental impacts to salt activities: what do we know about it?

Salt is an indispensable item in several human activities and its production from solar salt works (salines) can lead to different environmental impacts. Thus, this study aimed to carry out a bibliographic review addressing existing studies that relate environmental impacts to salt activities. The review was performed on Google Scholar, Scielo and Web of Science indexes and included articles, theses and dissertations. The search resulted in a total of 6354 works, 59 articles from Web of Science, 5 articles from Scielo and 6290 studies from Google Scholar. Of this total, 16 studies were selected based on the objectives of the present work, with the minority (31.3%) having as their main objective the direct evaluation of the impacts caused by salt works. Mangroves, swamps and lakes associated with salt works were the most cited ecosystems in the studies (40%, 26.7% and 13.3%, respectively). Among the main types of impact, mangrove degradation, changes in biodiversity and soil salinity were the most cited (20% each). Most of the studies (52.6%) related the impacts to the complete salt production process, and not to a specific stage. The present study demonstrated that, although few studies assess the environmental impacts of salt activities, the environmental damage associated with these activities is evident. Thus, it is suggested that prospects for future studies include the preparation of proposals for mitigating impacts, as well as the viability and environmental sustainability of these activities, considering the dynamics of certain ecosystems and their biodiversity.

Keywords: solar saline, solar saltworks, salinization, mangrove, biodiversity, environmental degradation

INTRODUÇÃO

O sal está presente em boa parte da história da humanidade, sendo utilizado principalmente na alimentação, tanto como tempero quanto na conservação dos alimentos, especialmente quando ainda não havia muitas formas de refrigeração como hoje em dia, o que o torna, até hoje, uma das especiarias mais importantes dentro do ramo alimentício (KURLANSKY, 2002). Historicamente, o sal era tão importante, que durante a época do Império Romano os soldados recebiam o seu pagamento com sal, o que originou a palavra “salário” do latim “*salarium*” que significa “do sal” (KURLANSKY, 2002).

Atualmente existem três maneiras para se produzir sal: a evaporação solar, a mineração de rochas e a evaporação a vácuo (RUSCHEL, 2021). As salinas são áreas de produção de sal que envolvem a captação da água do mar ou de lagos de água salgada a partir da gravidade ou pela utilização de motores, levando a água até locais para que haja a evaporação da água e a decantação do sal (DAVIS, 2000). Com isso, a grande maioria está localizada na região costeira dos continentes, como a região nordeste do Brasil e ao sul do Peru, mas também podem ser um pouco mais internas, como é o caso da lagoa de Araruama, no Rio de Janeiro (FERREIRA, 2015). O que definirá essas regiões é o conjunto de características do ambiente, como alta temperatura, os ventos secos, a intensa evaporação, a prolongada estação de estiagem e as extensas áreas alagáveis (FERNANDES, 2019).

Estima-se que um terço da produção de sal mundial nos anos 2000 (cerca de 200 milhões de toneladas por ano) era fabricado em salinas solares (DAVIS, 2000). Uma salina solar é constituída por uma série de lagoas de concentração interconectadas através das quais a água do mar flui, evapora por energia eólica e solar e se torna cada vez mais concentrada (salgada) em lagoas sucessivas. No fluxo a jusante, compostos de baixa solubilidade (em relação ao cloreto de sódio) precipitam com carbonato de cálcio e são descartados, e o sulfato de cálcio (gesso) aparece pela primeira vez (cerca de quatro vezes mais concentrada que a salinidade da água do mar). Pouco antes da água atingir a saturação com cloreto de sódio, a salmoura flui repetidamente em lagoas cristalizadoras (cristalizadores), onde a evaporação continua e o líquido acima do sal é periodicamente removido, até que 5-20 cm de sal sejam depositados no chão. Em seguida, o sal depositado (a colheita) é removido (colhidos), lavados e armazenados por

um tempo para diminuir contaminantes, e comercializados. Em uma salina solar funcionando e geridas adequadamente, este processo produz sal cuja pureza pode exceder 99,7% em base seca (DAVIS, 2000).

Resumidamente, de uma forma geral, o processo de produção de sal em salinas passa por algumas etapas (Fig.1), entre elas: a captação, que abrange todo o processo de captação de água, podendo ser utilizado bombas para fazer a sucção de água de um braço de mar próximo ou apenas por ação da gravidade; a evaporação, onde, com a ação do sol e dos ventos, ocorrerá a evaporação da água, havendo um aumento de salinidade no ambiente; a decantação do sal, que como o nome diz, o sal passará por uma decantação em cristalizadores, formando uma lâmina de sal, essa que será colhida e quebrada para ser levada para a próxima etapa - essa laje de sal passará pela etapa de lavagem, onde o sal é limpo; e por último, o produto passará pela etapa de secagem, onde será empilhado em montes de sal e passará 40 dias recebendo luz direta do sol. (SOUZA *et al*, 2013)

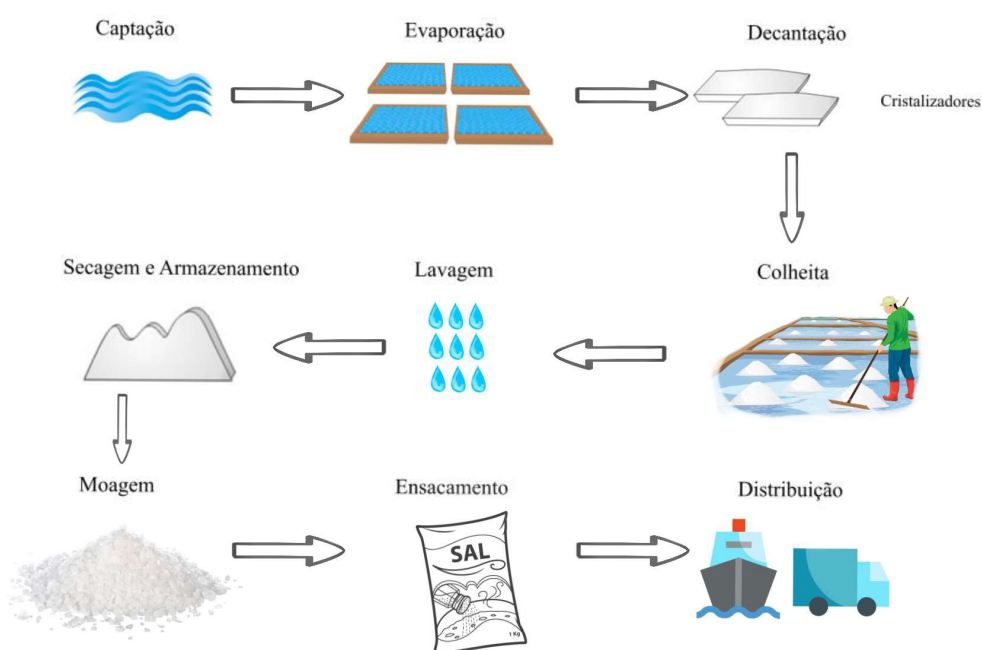


Figura 1. Etapas do processo de produção de sal em uma salina artificial. Modificado de SOSAL (2023), FERNANDES (2019) e SOUZA *et al*. (2013).

Apesar de ser um item extremamente importante para a rotina dos seres humanos, nos ambientes onde há a presença de indústrias salineiras, também há

constantes desestabilizações ao ecossistema no entorno. A implantação da empresa salineira para a produção de sal pode gerar diversos impactos ambientais como a destruição da mata nativa, dos mangues, do ecossistema marinho e estuarino e como a poluição das águas subterrâneas, ou seja, a degradação de áreas que envolvem a região (FERREIRA *et al*, 2015). Além disso, essas áreas não têm recebido a devida atenção e avaliação de estudos de impactos aos ecossistemas associados às salinas, e, muitas vezes, acabam não tendo a devida fiscalização para que haja a devida consequência para a empresa caso causem impactos maiores do que os já previstos (FERNANDES, 2019). Quanto maior a necessidade humana pelo produto, maior será o impacto da fauna e flora nesses ambientes, podendo assim, levar diversas espécies à extinção caso esses impactos sigam sem muito controle (DAVIS, 2000).

Impacto ambiental pode ser considerado qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (CONAMA 001, 1986). Assumindo que as salinas solares podem provocar diferentes tipos de impacto aos ambientes a que estão associadas, o presente estudo teve como objetivo realizar revisão bibliográfica sobre trabalhos existentes que relacionem impactos ambientais às atividades salineiras (qualquer etapa do processo de extração de sal a partir do uso de salinas), buscando identificar os impactos à biodiversidade e aos ecossistemas a eles associados.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de revisão bibliográfica. A revisão englobou publicações atrelada aos indexadores Google Acadêmico, Scielo e Web of Science, essas sem uma janela temporal específica. No Web of Science foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “environmental impact OR environmental damage OR environmental disturbance OR biodiversity loss AND solar saltworks OR solar salt works OR solar saltpond OR coastal salinas OR saltern evaporation ponds OR solar salt production OR solar artisanal salina OR salt solar work OR solar salt production”. No indexador Google Acadêmico utilizou-se as palavras-chave “solar saltwork AND environmental impact”. Por fim, no indexador Scielo Brasil foi realizada a pesquisa com as palavras-chave em português, sendo elas “impacto ambiental AND salinas”.

Foram considerados artigos, teses e dissertações. Além disso, foi realizada uma busca indireta a partir das referências citadas nos estudos encontrados sobre o tema abordado.

Diante dos resultados da busca, foram selecionados aqueles trabalhos pertinentes ao presente estudo cujo impacto ambiental estivesse associado diretamente a alguma das etapas da atividade salineira. Então, uma tabela descritiva dos trabalhos foi confeccionada com as seguintes informações extraídas dos estudos: (i) referência; (ii) o principal objetivo do estudo; (iii) localidade; (iv) ambientes associados às atividades salineiras; (v) áreas impactadas ou tipo de impacto; e (vi) etapa(s) da atividade salineira vinculado ao impacto.

Na avaliação do objetivo principal do estudo, buscou-se responder a seguinte pergunta: o principal objetivo do estudo foi avaliar o impacto ambiental das salinas? Respostas consideradas “sim” foram aquelas em que o trabalho em questão tinha como objetivo avaliar diretamente o impacto das salinas. Por outro lado, respostas consideradas “não”, contemplaram estudos que somente mencionaram ou indiretamente atribuíram impacto ambiental às salinas e ou atividades salineiras, sem quantificá-los ou avaliá-los. Na avaliação da “etapa de produção”, foram consideradas as etapas do processo de produção de sal em salinas que foram associadas aos impactos mencionados no estudo. (Fig.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca das palavras-chave resultou num total de 6354 estudos nos três indexadores. Desse total, foram encontrados 59 artigos a partir do Web of Science, 5 artigos do Scielo e 6290 estudos no Google Acadêmico. Desse total, foram selecionados 16 artigos com base nos objetivos do presente estudo, representando 0,23% do total. Os resultados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Referências bibliográficas selecionadas a partir do Web of Science (1), Scielo (2), Google Acadêmico (3) e ou busca indireta (4), relacionando seus objetivos, localidade, ambientes associados às atividades salineiras, áreas impactadas e ou tipo de impacto e etapa(s) da atividade salineira vinculada ao impacto.

Referência	O principal objetivo do estudo foi avaliar o impacto ambiental das salinas?	Localidade	Ambientes associados às atividades salineiras	Áreas impactadas e ou tipo de impacto	Etapa (s) da atividade salineira vinculada ao impacto
Fernandes <i>et al.</i> (2020b). An evaluation of the economic viability of environmental offsets in the saltworks industry. <i>Ciência Rural</i> , 50 (5): e20180985. ^{1,2,4}	Não.	27 salinas, área da Costa Branca (RN), Brasil. Essa localidade compreende os estuários dos rios Apodi-Mossoró, Piranhas Açu e Galinhos Guamaré.	Manguezais, apicuns e dunas.	Ocupação de grandes áreas às margens de estuários e baías de regiões áridas e semiáridas. Degradação de ecossistemas costeiros como manguezais e apicuns. Salinização do solo, impedindo o crescimento do mangue.	Processo completo.
Alhama <i>et al.</i> (2022). Long-term Artificial Seawater Irrigation As a Sustainable Environmental Management Strategy for Abandoned Solar Salt Works: The Case Study of Agua Amarga Salt Marsh (SE Spain). <i>Catena</i> 217: 106429. ¹	Não.	Água Amarga, Espanha. Banhado na região costeira localizada no sudeste de Espanha.	Banhados na região costeira.	Altos níveis de salinidade pré-existentes no solo e nas águas subterrâneas. Solos mais salinos.	Salina abandonada.
Fernandes (2019). Atividade salineira em manguezais do semiárido: impactos ambientais e reflexos econômicos da recuperação ou compensação ambiental das áreas degradadas. 99 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró. ^{3,4}	Sim.	Bacia Potiguar (Icapuí - CE até Porto do Mangue - RN), Brasil.	Manguezais.	Manguezais. Devastação de grandes áreas de manguezais durante a fase de instalação. Aumento regional da salinidade e temperatura do solo, resultando em condições ambientais adversas que prejudicam o crescimento, regeneração e desenvolvimento do ecossistema. Geração de efluente salino, que na maioria das vezes é lançado diretamente no estuário. Poluição do ecossistema estuarino/marinho, com alteração na qualidade da água e	Processo completo.

<p>Koru <i>et al.</i>(2010). Biological and industrial importance of çamalti (izmir-turkey) coastal solar saltworks ecosystem. International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium, 641 – 650. ³</p>	<p>Não.</p>	<p>Salinas de Çamaltı, Golfo de Izmir, Mar Egeu, Turquia.</p>	<p>Banhados na região costeira.</p>	<p>consequente migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos.</p> <p>Os impactos agrícolas ocorrem tanto de atividades diretamente ao longo da margem como dentro da salina (aquicultura, enchimento da bacia, operações pecuárias) e falha na implementação das melhores práticas de manejo em toda a bacia hidrográfica da salina para minimizar a erosão, extração de águas subterrâneas, nutrientes e pesticidas/herbicidas. Os impactos industriais estão associados a instalações/operações novas e expandidas de pequena e grande escala, águas residuais e eliminação de resíduos sólidos.</p> <p>Bioturbação de sedimentos e erosão da bacia hidrográfica.</p>	<p>Salina abandonada.</p>
<p>Gorjian <i>et al.</i> (2019). Feasible Solar Applications for Brines Disposal in Desalination Plants. ³</p>	<p>Não.</p>	<p>Banhados da zona costeira da Arabia Saudita e periferia do Lago Katwe - Uganda</p>	<p>Banhados e lagos.</p>	<p>Salinas que não forem bem impermeabilizadas podem gerar o vazamento de água da lagoa levando a impactos ao solo e a água do ambiente circundante.</p> <p>Perda de valor ecológico, recreativo e estético.</p> <p>Erosão das margens.</p>	<p>Processo completo.</p>
<p>Fernandes <i>et al.</i> (2022). Estuaries Environmental Monitoring Associated with Solar Salt Production in the Brazilian Semiarid. Brazilian Archives of Biology and Technology. 65. ³</p>	<p>Sim.</p>	<p>Estuário do rio das Conchas, município de Porto do Mangue, RN, Brasil.</p>	<p>Manguezais.</p>	<p>Interrupção de cursos d'água, devastação de manguezais, salinização de áreas de produção, alteração da umidade na região devido ao aumento da evaporação das salinas solares e alteração do ecossistema marinho e terrestre.</p> <p>Efluentes liberados pelas salinas podem provocar a poluição do ecossistema estuários/marinhos, com alteração da qualidade da água e consequente ocorre uma alteração no processo de crescimento e reprodução de espécies locais, além da migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos.</p>	<p>Lançamento de efluentes.</p>

Fernandes <i>et al.</i> (2020a). Capacidade de diluição de efluentes da indústria salineira em estuários de regiões semiáridas. <i>Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental</i> , 9(3), 217–234. ⁴	Sim.	Estuário do rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil.	Manguezais.	Área basal e seu número de indivíduos de manguezais é inferior em áreas produtoras de sal. A área utilizada por salinas são dependentes de água do mar e suas condições de mudança de marés, consequentemente ocupam áreas de estuários, prejudicando o desenvolvimento de diversas espécies que utilizam esse ambiente para a reprodução. O lançamento de efluentes é realizado diretamente no estuário, podendo, além de poluir esses ecossistemas alterar características físico-químicas desse ambiente como a salinidade e o pH.	Captação de água salgada e lançamento de efluente.
Ferreira <i>et al.</i> (2015). Um estudo de uma comunidade de trabalhadores em salinas: o impacto ambiental e uma proposta em educação ambiental. <i>Revista Científica ANAP Brasil</i> , 8(10). ⁴	Sim.	Município de Aratuama, RJ, Brasil.	-	Interrupção de cursos d'água, devastação de manguezais, salinização de áreas produtivas e férteis, alteração da umidade da região pelo incremento da evaporação das salinas, alteração do ecossistema marinho e terrestre com redução da fauna.	Processo completo.
Lima. (2020). Análise da exploração econômica das salinas nas áreas de preservação permanente (APP) no estuário apodi-mossoró sob a mediação do direito ao desenvolvimento. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA) ⁴	Não.	Estuário do rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil.	Áreas de estuário em APP.	Presença de mangue morto.	Processo completo.
Lemos. (2018). Análise dos aspectos ambientais e econômicos relacionados à exploração de sal em Areia Branca-RN. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró. ⁴	Não.	Areia branca, RN, Brasil.	-	Pode haver contaminação do solo com óleo e com resíduos; alteração da concentração de sal na água do rio. Podem ocorrer danos às margens dos rios em caso de retirada de água. Pode haver danos à fauna e flora marítima se as águas-mãe não forem despejadas de forma adequada.	Processo completo.
Bezerra <i>et al.</i> (2012) Aspectos econômicos e ambientais da exploração salineira no estado do rio grande do norte. <i>Engenharia Ambiental</i> 9 (2): 03–20. ⁴	Não.	RN, Brasil.	Manguezais.	Degradação de áreas de mangue: provocada pela remoção da cobertura vegetal e alteração das camadas de solo, em face da abertura de canais, implantação dos evaporadores e demais instalações da planta. Poluição sonora. Morte da flora e fauna com a instalação de salinas nos manguezais.	Processo completo.

Joseph (2001). "Structure, Function, and Management of the Biological System for Seasonal Solar Saltwork," Global Nest: The International Journal, Vol. 2, No. 3. Pages 217-226. ⁴	Sim.	-	-	Lagos associadas.	Com a baixa salinidade há um aumento na quantidade de nutrientes da área, fazendo com que a luz seja impedida de chegar às comunidades mais internas. Com isso há uma sobrecarga da comunidade no local que começa a ser levada junto com a água para lagoas a jusante, as prejudicando. Com a alta salinidade há impacto direto com o acúmulo de substâncias inorgânicas no solo e que também serão levados com a água para lagoas a jusante, às impactando.	Processo completo.
Rodrigues <i>et al.</i> (2011). Artisanal salt production in Aveiro/Portugal – an ecofriendly process. <i>Aquat. Biosyst.</i> 7, 3. ³	Não.	Aveiro, Portugal.	Banhados da zona periférica da Ria de Aveiro, uma laguna local.	Alterações na fauna e na flora e nos sistemas biológicos e ecológicos como um todo. Com o aumento dos níveis de água, o desenvolvimento de muitas espécies aquáticas é afetado, como no processo de alimentação e nidificação.	Salina abandonada.	
Nehemia <i>et al.</i> (2017). Genetic erosion in the snail <i>Littoraria subvittata</i> (Reid, 1986) due to mangrove deforestation, <i>Journal of Molluscan Studies</i> , Volume 83, Issue 1, Pages 1–10. ¹	Sim.	Tanzânia e Ilhas Zanzibar.	Manguezais.	As salinas impactam tanto na flora como na fauna da região. Diversidade genética de espécies presentes nas salinas diminui. Desflorestamento do mangue.	Invasão do mangue para a montagem da salina.	
Marques <i>et al.</i> (2009). Sustainability assessment of traditional solar salt. Proceedings of the 2nd International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 2009) Pages 88 - 97. ³	Sim.	Algarve, Portugal.	-	Acidificação do solo, presença de metais pesados e emissões de gases de efeito estufa quando relacionado com as substâncias emitidas na produção de energia para realizar as etapas da produção de sal. Energia que também é utilizada na confecção de embalagens para o armazenamento do produto. O impacto da embalagem é principalmente devido ao uso de eletricidade e materiais de embalagem. O transporte, no entanto, tem um impacto muito maior do que a produção. Analisam a pegada ecológica.	Processo completo. Pós-produção.	
Souza <i>et al.</i> (2013). Gestão ambiental: estudo de caso em uma salina do estado do Rio Grande Do Norte. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. Salvador/BA, Brasil.	Não.	Macau, RN, Brasil.	-	Alto consumo de energia, alta salinidade, gases poluentes, geração de resíduos sólidos, geração de ruídos,	Processo completo. Pós-produção.	

Os artigos inicialmente foram classificados quanto ao seu objetivo (Fig. 2). Do total dos estudos avaliados, 31,3% dos estudos tinham como objetivo avaliar diretamente os impactos ambientais das atividades salineiras, enquanto 68,8% dos artigos não tinham como objetivo principal avaliar os impactos ambientais.

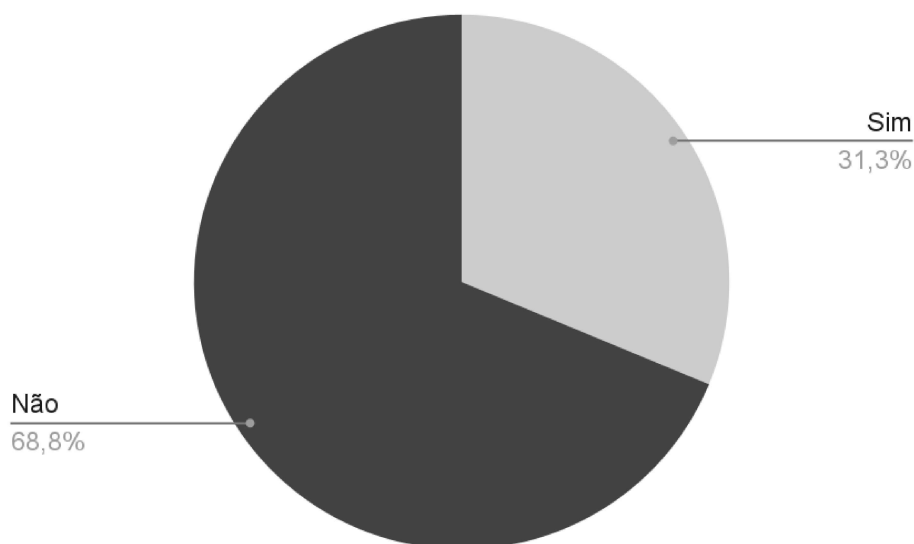


Figura 2. Porcentagem de publicações (%) considerando o objetivo dos trabalhos. Legenda: Em cinza mais claro os trabalhos que tinham como objetivo avaliar diretamente o impacto das salinas; Em cinza mais escuro os trabalhos que mencionaram ou indiretamente atribuíram impacto ambiental às salinas e ou atividades salineiras.

Dentre os estudos que fizeram uma avaliação direta dos impactos ambientais, os realizados por FERNANDES (2019) e NEHEMIA *et al.* (2017) destacaram-se por apresentar as diferentes formas pelas quais as salinas podem alterar o ambiente em que estão instaladas, incluindo flora e fauna. FERNANDES (2019) apresentou um estudo de caso onde buscou estimar os impactos provocados pela instalação e operação de uma salina localizada no estuário do Rio das Conchas, no Rio Grande do Norte. A área analisada no estudo de caso do estuário do Rio das Conchas mostrou que a salina instalada provocou o fechamento dos canais de maré e a supressão da vegetação de mangue que estava presente no local, além de ter alagado a área de forma permanente. Além disso, durante a operação da salina, foram analisados vários aspectos físico-químicos como a salinidade, o pH e a concentração de outros íons, a concentração de clorofila e a concentração de oxigênio dissolvido na água, essa última que se mostrou fora do limite estabelecido por órgãos legislativos (CONAMA 357/2005). Esses dados

mostram que a atividade salineira provocou impactos significativos ao meio ambiente, principalmente aos manguezais (FERNANDES, 2019). NEHEMIA *et al.* (2017), por sua vez, explorou a diversidade gênica do molusco da espécie *Littoraria subvittata* presente nas áreas de mangue que foram desflorestadas para a instalação de salinas na Tanzânia.

Mesmo que a maioria dos estudos não tenham como objetivo principal a análise dos impactos no meio ambiente, muitos deles, ao relacionarem o assunto de forma indireta, apresentaram o mangue (40%) como principal ambiente associado a salinas e que pode ser afetado por esses impactos (Fig. 3). Na sequência, banhados (26,7%), lagos (13,3%) e apicuns, estuários e dunas (6,7%, cada) foram citados.

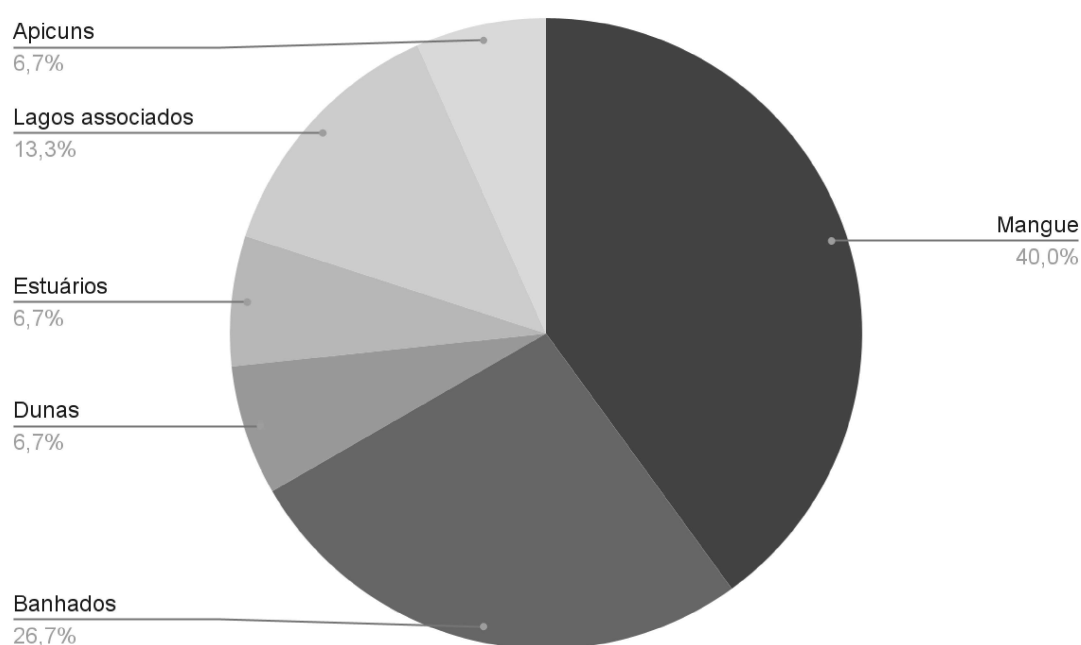


Figura 3. Porcentagem (%) de ambientes associados a salinas citados nos estudos selecionados.

Os manguezais são ecossistemas costeiros de zonas tropicais e subtropicais que sofrem influência direta da variação de marés, possibilitando a presença de diversas espécies de fauna e flora, principalmente pela vegetação lenhosa, chamada popularmente de mangue (FRUEHAUF, 2005). Esses locais apresentam boas condições para alimentação, proteção e reprodução de diversas espécies, sendo até mesmo apelidados de “berçários da natureza” (LIMA, 2020). São formados a partir de canais de marés, também chamados de gamboas, pequenos canais que se formam com a maré alta e inundam o ambiente e que ficam secos na maré baixa, (FERNANDES, 2019). Com

essa característica são áreas que têm uma grande variação diária nos níveis de água presente, na salinidade e na quantidade de compostos e sedimentos vindos do oceano (FERNANDES, 2019). Muitos são os serviços ecossistêmicos prestados pelo mangue. Dentre eles a provisão de água doce e alimentos, o serviço de regulação da qualidade do ar e da água e a diversidade de habitats que auxiliam na conservação da diversidade genética, podem ser destacados ((JERICÓ-DAMINELLO *et al.*, 2018). Dada a sua importância, estas áreas estão sob o status Área de Preservação Permanente (APP), o que garante proteção integral, estabelecendo sua imediata evacuação e recuperação em casos de atividades ou ações degradantes (Lei Federal nº 12.651/12, Novo Código Florestal; BRASIL, 2012). Da mesma forma que os mangues, banhados também são referidamente impactados pelas atividades salineiras. Banhados são áreas alagáveis que podem sofrer não só com a captação ou desvio de cursos de água para atividade salineira, mas também recebendo efluentes oriundos destas atividades (FERNANDES, 2020a).

Seis dos sete ambientes citados nos estudos são ecossistemas aquáticos que são impactados podendo apresentar perda de biodiversidade (FERREIRA, 2015). Uma das formas de impacto que pode acarretar a essa consequência é caso das águas-mães, que podem não ser despejadas de forma adequada no estuário em questão (LEMOS, 2018). A água-mãe é um efluente altamente salino, gerado como um subproduto da produção de sal, que também pode ser chamado de água-amarga, e que muitas vezes é lançado no estuário em que a salina se encontra, podendo causar uma alteração na qualidade da água gerando a migração e ou morte de peixes, moluscos e crustáceos (BEZERRA & BRITO, 2001). A água-mãe pode alterar, mais especificamente, características físico-químicas desse local, como a temperatura, o oxigênio dissolvido, o pH e a salinidade (FERNANDES *et al.*, 2020a), esses que com mudanças abruptas podem gerar desordem no ciclo de vida das espécies presentes (CORREIA *et al.*, 2015).

Dentre os principais tipos de impactos relacionados às salinas pelos artigos selecionados, degradação do mangue, alterações na biodiversidade e salinidade do solo foram os mais citados (Fig. 4). As alterações na biodiversidade frequentemente são associadas ao aumento da salinidade nos ecossistemas naturais. Um exemplo disto pode ser visto em 1997 quando, acidentalmente foi lançado um grande volume de água com alta salinidade no estuário do rio Apodi-Mossoró, acarretando na redução da fauna devido à salinização temporária da região, conseqüentemente impactando diretamente a

atividade pesqueira (SERHID, 2007). Esse acidente culminou no estabelecimento de novas normas ambientais, limitando o tempo para o descarte dos efluentes, na tentativa de diminuir uma alteração abrupta no ambiente (FERNANDES *et al*, 2020a). Contudo, estudos discutem a eficiência desta medida, uma vez que a limitação de tempo de descarte pode não ser suficiente para evitar o impacto, e outros aspectos deveriam ser levados em consideração, tais como a vazão (FERNANDES *et al*, 2020a).

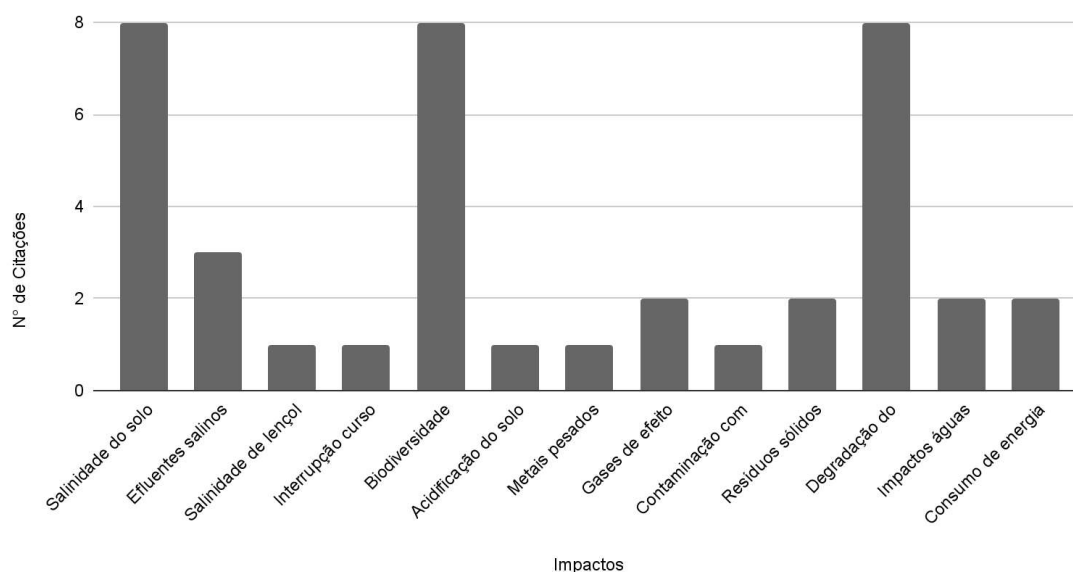


Figura 4. Diferentes tipos de impactos citados nos estudos selecionados.

Muitos dos impactos relativos às atividades salineiras também estão vinculados às diferentes etapas do processo de produção de sal em salinas solares. Nos artigos selecionados, a maior parte relaciona os impactos ao processo completo (52,6%), às salinas abandonadas (15,8%) e lançamento de efluentes e pós-produção (10,5%) (Fig. 5). Cada etapa das atividades salineiras pode gerar impactos ambientais, entre eles, os mais frequentes são a degradação dos manguezais durante a instalação das salinas, a liberação de efluentes durante a operação (FERNANDES, 2019), o lançamento de gases poluentes vindos dos caminhões na etapa de transporte (SOUZA *et al*, 2013) e os altos níveis de salinidade no solo e nas águas subterrâneas de salinas abandonadas (ALHAMA *et al*. 2022).

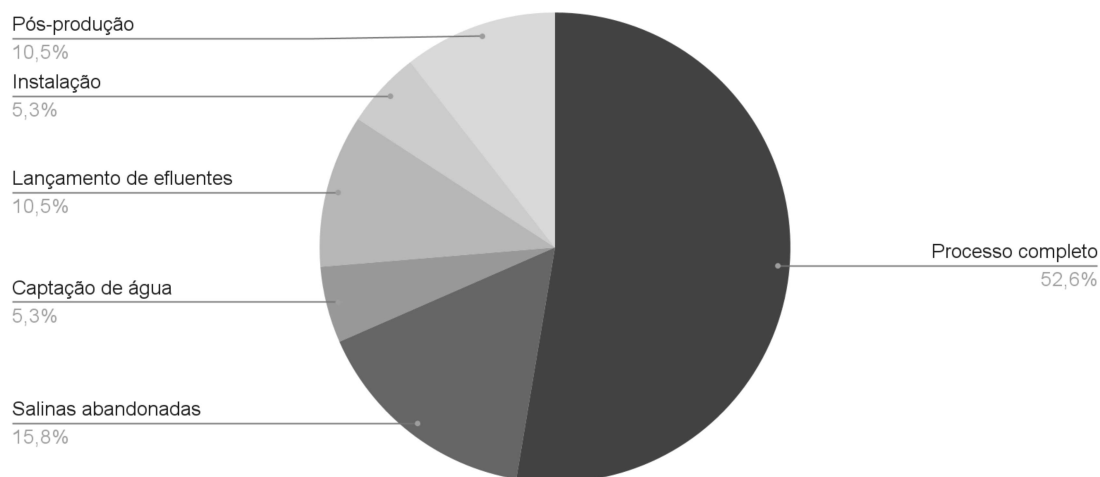


Figura 5. Porcentagem (%) de etapas das atividades salineiras relacionadas a impactos ambientais, conforme citadas nos estudos selecionados.

A extração de sal tem grande importância econômica e social, gerando mais de 70 mil empregos diretos ou indiretos só no Brasil (SIESAL, 2016). Em 2000, Davis já descrevia que $\frac{1}{3}$ da produção de sal mundial é fabricado em salinas solares que utilizam a evaporação, algo que nos últimos anos só tem aumentado. A extração do sal depende da ocupação de grandes áreas às margens de estuários e baías de regiões áridas e semiáridas (DAVIS, 2000) e, conseqüentemente, tende a impactar tipos específicos de ambientes e a biota associada a eles, como é o caso das áreas de mangues e apicuns (BARBOSA *et al.*, 2001). Embora leis busquem proteger algumas destas áreas (Áreas de Preservação Permanente), esta mesma Lei (Lei Federal nº 12.651/12, Novo Código Florestal; BRASIL, 2012) possibilita desenvolver atividades intituladas como de “utilidade pública ou de interesse social”, como as atividades salineiras (SANTOS & LEITE, 2011), acarretando em impactos importantes, como os aqui discutidos.

Alguns dos estudos selecionados apresentaram medidas de mitigação relacionadas aos impactos identificados por atividades salineiras. SANTOS & LEITE (2013) sugeriram ações tais como instalação de filtros de energia para reduzir o impacto de consumo energético e a adoção de maquinário de inox como forma de reduzir a geração de resíduos sólidos oriundos do desgaste de maquinário provocado pela salinidade. FERNANDES *et al.* (2020a), ao estudar a capacidade de diluição de efluentes em estuários do semiárido, sugeriram concentrações máximas de salinidade aceitáveis e a importância da vazão de lançamento de efluentes da indústria salineira. Ainda, existem estudos que mencionam a compensação ambiental como forma de

mitigar os efeitos negativos das atividades salineiras, sugerindo a criação e manutenção de unidades de conservação em regiões reconhecidamente afetadas como mangues e apicuns (FERNANDES *et al.*, 2020b).

Na prática, projetos custeados por compensações ambientais (condicionantes ambientais) integrados aos impactos provocados pelas atividades salineiras podem trazer resultados relevantes para a biodiversidade. É o caso do Programa de Monitoramento de Praias realizado pelo Projeto Cetáceos da Costa Branca - PCCB (Universidade Estadual do Rio Grande do Norte), que busca, dentre outros, monitorar os encalhes de peixe-boi que têm aumentado nos últimos tempos. Estes animais se utilizam das regiões dos estuários e mangues para se reproduzir e ingerir água doce (PCCB, 2023) e, devido à degradação destes ecossistemas em função das atividades salineiras, podem ter seus hábitos prejudicados. A degradação do habitat para instalação de fazendas de camarão e salinas é apontada como a principal ameaça à conservação do peixe-boi (ICMBIO-MMA, 2023). Dessa forma, a partir de protocolos nacionais, o projeto atua ativamente no processo de resgate, reabilitação, soltura e monitoramento desses animais, buscando assim, a conservação da espécie. Além disso, projetos de educação ambiental são feitos de forma intensa com a comunidade local, propagando um melhor entendimento quanto aos animais e sua presença na região (PCCB, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades salineiras apresentam extrema importância socioeconômica para diversas áreas do globo, em especial o nordeste do Brasil, pois, além do sal ser usado em várias cadeias industriais, as salinas geram uma grande quantidade de empregos. Com a sua localização em áreas costeiras, causam diversos impactos ambientais aos ecossistemas associados, incluindo fauna e flora. A análise dos dados coletados na pesquisa discorreu sobre os impactos ambientais apresentados no decorrer das etapas de instalação e operação de salinas solares, trazendo dentre os principais impactos a degradação do mangue, a alteração na biodiversidade e a liberação de efluentes salinos em estuários. Com isso, a partir da evidência de poucos trabalhos avaliando diretamente o impacto ambiental das atividades salineiras, sugere-se que perspectivas de futuros estudos incluam a elaboração de propostas de mitigação dos impactos, bem como a

viabilidade e sustentabilidade ambiental dessas atividades, considerando a dinâmica de determinados ecossistemas e sua biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhama, I.; García-Ros, G.; González-Alcaraz, M.N. & Álvarez-Rogel, J. (2022). Long-term artificial seawater irrigation as a sustainable environmental management strategy for abandoned solar salt works: the case study of Água Amarga salt marsh (SE Spain). *Catena* 217: 106429.
- Barbosa, F. M.; Cuambe, C. C. & Bandeira, S. O. (2001). Status and distribution of mangroves in Mozambique. *South African Journal of Botany*, 67(3), 393-398.
- Bezerra, D. B. & Brito, L. P. D. (2001). Avaliação dos impactos ambientais produzidos pela Indústria Salineira do Rio Grande do Norte. In 21o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Bezerra, J. M.; Batista, R. O.; Silva, P.; Morais, C. & Feitosa, A. (2012). Aspectos econômicos e ambientais da exploração salineira no estado do Rio Grande do Norte. *Engenharia Ambiental*, 9(2), 3-20.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1986). Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>. Acesso em: 19. mar. 2023.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em: 19 mar. 2023.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 28 mai. 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 19.mar.2023.
- Correia, L. J. H.; Fernandes, A. J. D.; Lúcio, M. M. L. M.; Oliveira, T. J. K.; Honorato, M. B. & Nascimento, C. E. (2015). Monitoramento da qualidade físico-química da água do estuário do Rio Paraíba–Cabedelo, PB. *Revista Principia*, 27, 47-54.
- Davis, Joseph S. (2000) "Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks." *Global nest journal* 2.3 : 217-226.

- Fernandes, R. T. V. (2019). Atividade salineira em manguezais do semi-árido: impactos ambientais e reflexos econômicos da recuperação ou compensação ambiental das áreas degradadas. 2019. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido(ufersa), Mossoró
- Fernandes, R. T. V.; Cunha, G. N.; Pinto, A. R. M.; França, C. J. B.; Silva, J. M. C. I.; Nascimento, L. & de Oliveira, J. F. (2020a). Capacidade de diluição de efluentes da indústria salineira em estuários de regiões semiáridas. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(3), 217-234.
- Fernandes, R. T. V., Fernandes, R. T. V.; Pinto, A. R. M.; Oliveira, J. F. D. & Noaves, J. L. C. (2022). Estuaries Environmental Monitoring Associated with Solar Salt Production in the Brazilian Semiarid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65.
- Fernandes, R. T. V.; Pinto, A. R. M.; Fernandes, R. T. V.; Oliveira, J. F. D. & Novaes, J. L. C. (2020b). An evaluation of the economic viability of environmental offsets in the saltworks industry. *Ciência Rural*, 50.
- Ferreira, S. F. M.; Miranda, A. C. & Gomes, H. P. (2015). Um estudo de uma comunidade de trabalhadores em salinas: o impacto ambiental e uma proposta em educação ambiental. *Revista Científica ANAP Brasil*, 8(10).
- Fruehauf, S. P. (2005). *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista. 2005. 232f. Tese(doutorado Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba - Universidade de São Paulo.
- Gorjian, S.; Jamshidian, F. J. & Hosseinqolilou, B. (2019). Feasible solar applications for brines disposal in desalination plants. *Solar desalination technology*, 25-48.
- ICMBIO-MMA, 2023. Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - Estudo sobre o peixe-boi. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/apacostadoscorais/destaques/71-estudo-sobre-o-peixe-boi.html>>. Acessado em: 21 mar. 2023.
- Jericó-Daminello, C.; Gasparinetti, P.; Seehusen, S. E. (2018). Manguezais: Importância e situação no contexto brasileiro. In: Gasparinetti, P. et. al. Os valores dos serviços ecossistêmicos dos manguezais brasileiros, instrumentos econômicos para a sua conservação e o estudo de caso do Salgado Paraense. Documento de trabalho. Brasília, DF: Funbio, 10-20.
- Koru, E. & Durmaz, Y. (2010). Biological and industrial importance of çamalti (izmir-turkey) coastal solar saltworks ecosystem. *International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium*, 641 - 650. 3.
- Kurlansky, M. (2002). *Salt: A World History*. New York: Walker and Company.
- Lemos, R. R. D. S. (2018). Análise dos aspectos ambientais e econômicos relacionados à exploração de sal em Areia Branca-RN.- Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

- Lima. (2020). Análise da exploração econômica das salinas nas áreas de preservação permanente (APP) no estuário apodi-mossoró sob a mediação do direito ao desenvolvimento. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA).
- Marques, A.; Teixeira, R.; Lorena, A.; Pino, V.; Valle-Inclan, Y.; Navalho, J. & Domingos, T. (2009). Sustainability assessment of traditional solar salt. In 2nd International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 2009), Merida, Yucatan, Mexico (pp. 26-29).
- Nehemia, A.; Huyghe, F. & Kochzius, M. (2017). Genetic erosion in the snail *Littoraria subvittata* (Reid, 1986) due to mangrove deforestation. *Journal of Molluscan Studies*, 83(1), 1-10.
- PCCB. (2023). Sirênios. Disponível em: <<https://www.pccbuern.org/sirenios>>. Acessado em: 21 mar. 2023.
- Rodrigues, C. M.; Bio, A.; Amat, F. & Vieira, N. (2011). Artisanal salt production in Aveiro/Portugal-an ecofriendly process. *Saline systems*, 7, 1-14.
- Ruschel, R. R. (2021). O mundo do sal : história, cultura e receitas do chef Henrique Fogaça/ Rogerio R. Ruschel, Henrique Fogaça. -- 1. ed. -- São Paulo : Essential Idea Editora.
- Santos, M. J. L. F. & Leite, R. A. (2011). O conceito de utilidade pública aplicado ao setor salineiro e a controvérsia envolvendo a autorização para supressão de Áreas de Preservação Permanente – manguezais. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v.1, n.1. p.389- 408.
- Serhid. (2007). Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. Projeto PROÁGUA/SEMIÁRIDO. Plano de recuperação ambiental do trecho inferior do Rio do Carmo. Relatório Final: tomo I, II e III. Natal: Rio Grande do Norte.
- Siesal. (2016). Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte. Atas das assembleias ordinárias. Mossoró, Rio Grande do Norte.
- Souza, I. R. A.; Rodrigues, B. H. M. de A. & Costa, D. A. F. (2013). Gestão ambiental: estudo de caso em uma salina do estado do Rio Grande Do Norte. *Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos*. Salvador/BA, Brasil.
- Sosal, Sal Marinho. (2023). Processo de produção e beneficiamento. Disponível em: <<http://sosal.ind.br/processoproducao.html>>. Acessado em: 22 mar. 2023.