

GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS NO COMPLEXO PORTUÁRIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

GEODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS MANGLARES EN EL COMPLEJO PORTUARIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

SUELLEN PINHEIRO RIBEIRO¹

¹Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFMA
São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: suellen.ribeiro@discente.ufma.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-4397>

DEUZANIR DA CONCEIÇÃO AMORIM LIMA²

²Programa de Pós-graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo/UEMA
São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: deuzanir oceano@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>

FLÁVIA REBELO MOCHEL³

³Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFMA
São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: flavia.mochel@ufma.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

DENILSON DA SILVA BEZERRA⁴

⁴Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFMA
São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: denilson.bezerra@ufma.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

RESUMO

A geodiversidade, representada pelos aspectos físicos, químicos e biológicos do ambiente, exerce influência direta nos serviços ecossistêmicos (SE) oferecidos pelos manguezais, os quais são os benefícios que esses ecossistemas proporcionam à sociedade e à natureza. O objetivo deste estudo foi analisar e avaliar os serviços ecossistêmicos fornecidos por manguezais localizados em três áreas da Ilha do Maranhão. Baseando-se em pesquisa exploratória/descritiva e qualitativa, o trabalho ocorreu em três etapas: a) caracterização ambiental da Ilha do Maranhão por meio de dados secundários; b) identificação dos serviços ecossistêmicos de manguezais por meio de observações e registros de imagens iconográficas ao entorno do Porto do Itaqui (P1), Comunidade Camboa dos Frades (P2) e Praia de Mangue Seco (P3), focando nos impactos antrópicos como atividades de desmatamento, poluição, urbanização descontrolada e mudanças climáticas e c) valoração dos serviços ecossistêmicos através dos valores monetários no Mercado do Peixe em São Luís - MA. Os resultados encontrados destacam a importância dos manguezais para as comunidades locais, sendo que o Porto do Itaqui oferece poucos serviços, enquanto Camboa dos Frades e Mangue Seco reconhecem sua relevância para sustento e cultura local. Essas ações de impactos negativos nos manguezais afetam na disponibilidade e na qualidade dos serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável; Geodiversidade; Mangue; Preservação; Zona Costeira.

RESUMEN

La geodiversidad, representada por los aspectos físicos, químicos y biológicos del medio ambiente, tiene una influencia directa en los servicios ecossistémicos (SE) ofrecidos por los manglares, que son los beneficios que estos ecosistemas proporcionan a la sociedad y a la naturaleza. El objetivo de este estudio fue analizar y evaluar los servicios ecossistémicos prestados por los manglares localizados en tres áreas de la isla de Maranhão. Basado en una investigación exploratoria/descriptiva y cualitativa, el trabajo se desarrolló en tres etapas: a) caracterización ambiental de la isla de Maranhão a través de datos secundarios; b) identificación de los servicios ecossistémicos de los manglares a través de observaciones y grabaciones de imágenes iconográficas en torno al Puerto de Itaqui (P1), la Comunidad de Camboa dos Frades (P2) y la Playa de Mangue Seco (P3), centrándose en los impactos antropogénicos como las actividades de deforestación, la contaminación, la urbanización incontrolada y el cambio climático y c) valoración de los servicios ecossistémicos a través de valores monetarios en el Mercado de Pescado de São Luís - MA. Los resultados ponen de manifiesto la importancia de los manglares para las comunidades locales, ya que el Puerto de Itaqui ofrece pocos servicios, mientras que Camboa dos Frades y Mangue Seco reconocen su importancia para los medios de vida y la cultura locales. Estos impactos negativos sobre los manglares afectan a la disponibilidad y calidad de los servicios ecossistémicos.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; Geodiversidad; Manglar; Preservación; Zona costera.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas únicos que atuam nas zonas de transição entre ambientes terrestres e marinhos, apresentando propriedades físico-químicas que influenciam na biota local (Gomes; Cavalcanti; Passavante, 2011), ou seja, desenvolvem funções fundamentais na prestação dos serviços ecossistêmicos. Esses serviços englobam a regulação do clima, a proteção ambiental contra tempestades e erosão, a manutenção da biodiversidade, a filtragem de poluentes, a ciclagem de nutrientes, a sustentação de atividades pesqueiras e a promoção de atividades culturais e turísticas (Galvani; Lima, 2016; Carvalho *et al.*, 2018; Silva; Goliatt; Chaves, 2019; Santos; Furlan, 2021; Silva *et al.*, 2022).

Deste modo, os manguezais são reconhecidos por sua capacidade de armazenar carbono, sendo considerados importantes sumidouros na emissão de gases-estufa, contribuindo assim para a mitigação das mudanças climáticas (Blotta *et al.*, 2021). A interação entre a sociedade e o meio ambiente é crucial para a manutenção desses serviços ecossistêmicos, exigindo uma gestão sustentável dos manguezais (Gomes; Dantas-Neto; Silva, 2018).

Apesar disso, os manguezais enfrentam diversas ameaças graves devido à expansão urbana, à carcinicultura, queimadas, alterações hidrológicas, efluentes industriais, esgotos urbanos e atividades portuárias comprometem a qualidade dos manguezais, afetando o desenvolvimento estrutural desses ecossistemas (Almeida *et al.*, 2014; Celeri *et al.*, 2019; Maia *et al.*, 2019). Portanto, é assegurado promover a conservação da natureza e adotar uma gestão sustentável da Terra, por meio de uma abordagem abrangente e integrada dos recursos naturais (Covello; Horn Filho; Brilha, 2017).

A importância da Geodiversidade nos serviços ecossistêmicos está em englobar a variabilidade dos processos naturais ativos que modelam as paisagens incluindo os elementos estruturais abióticos e bióticos (Guedes; Santos; Costa, 2019). O Brasil, notadamente os Estados do Maranhão, Pará e Amapá, possui a maior área contínua de manguezais do mundo, abrangendo aproximadamente 8.900 km², dos quais cerca de metade está localizada no Maranhão (Kjerfve *et al.*, 2002; Mochel; Ponzoni, 2007; Bezerra *et al.*, 2017). Essa vasta extensão não só representa um importante patrimônio ecológico, mas também se enfatiza na sustentabilidade social, econômica e cultural das regiões costeiras.

No entanto, a região dos manguezais na Ilha do Maranhão enfrenta desafios, como impactos de tensores naturais e antrópicos. Todavia, estima-se que aproximadamente 25% de todo o manguezal brasileiro tenha sido devastado desde o início do século XX, com as regiões Sudeste e Nordeste sofrendo os maiores impactos, perdendo cerca de 40% de sua área de manguezal ao longo do último século (ICMBio, 2018).

O Complexo Portuário da Região Maranhense é composto pelo Porto do Itaqui, de gestão pública pelo Governo do Estado do Maranhão, e pelos Terminais da Ponta da Madeira (VALE) e da Alumar, que são portos de gestão privada. Essas características, juntamente com seu potencial para abrigar terminais portuários e outros empreendimentos, tornam o Golfão uma área altamente atrativa e estratégica para o desenvolvimento de atividades industriais. Porém, essa atratividade também resulta em intensos conflitos de interesses e uma alta vulnerabilidade à degradação ambiental (EMAP, 2013; Ribeiro; Castro, 2017).

A Década das Nações Unidas de Restauração de Ecossistemas (2021-2030) ressalta a importância da recuperação dos ecossistemas degradados, incluindo os manguezais (Mochel, 2019), para alcançar os objetivos globais de conservação e sustentabilidade. Dentro das perspectivas da Organização das Nações Unidas - ONU BRASIL, os estudos nos manguezais devem levar em consideração os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030 - Agenda 2030.

Com isso, o objetivo deste estudo é analisar e avaliar os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos manguezais no Complexo Portuário de São Luís, a fim de contribuir para o entendimento da geodiversidade e promover o desenvolvimento sustentável da região.

METODOLOGIA

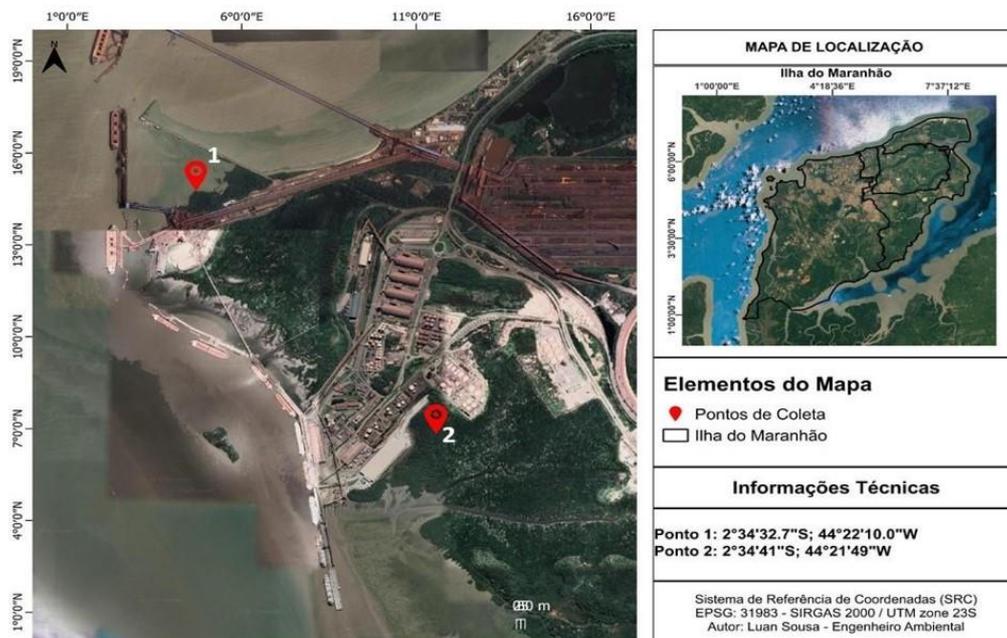
A Ilha do Maranhão, situada na região do Golfão Maranhense, é uma região costeira localizada no extremo norte do estado, abrigando as baías de São Marcos e São José, que fazem parte de um complexo estuarino significativo. Essa área é descrita por uma diversidade de ecossistemas, incluindo manguezais que representam uma transição entre água doce e água marinha, tornando-a um ambiente dinâmico e vital para a biodiversidade (Lima *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2023).

Área de estudo e natureza da pesquisa

O estudo foi realizado na área portuária da Ilha do Maranhão inserida na Região do Golfão Maranhense. O Porto do Itaqui (Ponto 1) localiza-se próximo ao limite entre as regiões Nordeste e Norte do País, no município de São Luís entre as coordenadas 2°35'51"S e 44°20'32"W (Figura 1). A Ilha do Maranhão apresenta a geologia caracterizada por rochas e estruturas sedimentares de diversas idades. Sua estratigrafia inclui a Formação Itapecuru (Cretáceo Superior) e a Formação Barreiras (do Terciário), juntamente com depósitos aluviais pleistocênicos, praias, dunas e manguezais quaternários, todos pertencentes à chamada Formação Itapecuru (Santos, 2021).

Para comparação entre os serviços ecossistêmicos verificados na área portuária e aqueles em áreas de comunidades tradicionais, foram selecionadas as áreas das comunidades de Camboa dos Frades (Ponto 2), situada entre as coordenadas 2°35'18"S e 44°21'20"W (Figura 1) e do Mangue Seco (Ponto 3), no município de Raposa, entre as coordenadas 2°27'05.0"S e 44°09'36.0"W (Figura 2).

Figura 1: Localização da Área Portuária do Itaqui (P1) e a Comunidade Camboa dos Frades (P2).



Fonte: Sousa, 2023.

Figura 2. Localização da Área do Controle Manguê Seco/Raposa (P3).



Fonte: Sousa, 2023.

Procedimentos metodológicos

O presente artigo baseia-se em uma pesquisa de caráter exploratório/descritivo e qualitativo adaptado de Santos *et al.* (2018) praticada em três etapas distintas:

a) Caracterização ambiental da Ilha do Maranhão com base em dados secundários coletados a partir de estudos anteriores, livros, documentos, relatórios oficiais e artigos de pesquisa.

b) Identificação dos serviços ecossistêmicos por meio de informações de campo obtidas por meio da observação e do registro de imagens iconográficas nas imediações do Porto do Itaqui (P1), Comunidade Camboa dos Frades (P2) e Praia de Manguê Seco (P3) tendo foco nos impactos antrópicos relacionados aos serviços ecossistêmicos dos manguezais. Para a identificação dos bens e serviços ecossistêmicos, utilizou-se o sistema de classificação *Common International Classification of Ecosystem Services* – CICES (Haines-Young; Potschin, 2013), que categoriza tais serviços em provisão, regulação/manutenção, suporte e cultural (Quadro 1).

c) Valoração dos serviços ecossistêmicos através dos valores monetários atribuídos no Mercado do Peixe em São Luís - MA. Nessa perspectiva, Pereira *et al.* (2010) descreve que a capital tem o maior mercado consumidor e distribuidor de pescado do Estado, onde a principal porta de entrada do pescado é a área do Portinho, referência de negociação do pescado, com características e dinâmica, social, econômica e trabalhista próprias, executada por diversos atores.

Quadro 1: Serviços Ecossistêmicos de manguezais.

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE MANGUEZAIS	
Categorias	Descrição
SE de Provisão	Fornecem recursos naturais para os seres humanos, como: alimentos, combustíveis, materiais de construção, medicamentos e produtos madeireiros.
SE de Suporte	Contribuem na manutenção da biodiversidade e da produtividade dos ecossistemas adjacentes, fornecendo habitat e refúgio para uma variedade de espécies de plantas e animais (berçário da vida marinha).
SE de Regulação e Manutenção	Ajudam a regular processos ecológicos importantes, como a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono, a proteção contra tempestades e a estabilização da linha costeira.
SE de Cultural	Valorizam a cultura significativa para muitas comunidades costeiras, fornecendo espaços para recreação, turismo, educação ambiental, espiritualidade e conexão com a natureza.

Fonte: Autoria própria.

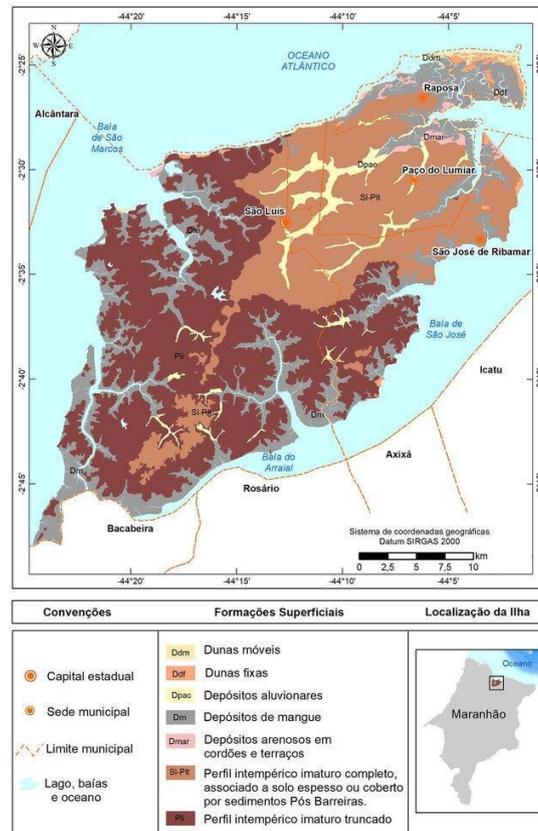
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ecossistema manguezal, diante da Lei Federal nº 12.651/12, é definido como Área de Preservação Permanente (APP). De acordo com Moreaux *et al.* (2018), o aprimoramento de parâmetros metodológicos que direcionem o planejamento e a gestão destas áreas, considerando que os métodos existentes de avaliação da qualidade das áreas protegidas, tais como avaliações da eficácia de gestão, ainda são considerados inadequados. Conforme destacado por Guedes, Santos e Costa (2019), é fundamental compreender a influência da geodiversidade na prestação dos serviços ecossistêmicos, identificando os fatores que limitam e potencializam essa dinâmica e determinam os serviços fornecidos pela geodiversidade.

Os depósitos que abrangem 23,69% da área consistem principalmente em manguezais, planícies de maré lamosa e pântanos salinos. Os depósitos de mangue são caracterizados por uma camada delgada de sedimentos finos, como argila e silte, de coloração cinza-escuro e ricos em matéria orgânica. Esses depósitos estão associados a sedimentos de areia fina e são depositados por águas fluviais com influência das marés, em áreas de baixa energia, principalmente em relevos de planícies flúviomarinhas (SGB, 2020).

A Ilha do Maranhão apresenta três formas de relevo principais: Planícies Flúvio-Marinhas, Colinas e Tabuleiros Costeiros (Santos, 2019). Sendo que, apresenta um clima classificado como Tropical Úmido, caracterizado por duas estações distintas ao longo do ano. A estação chuvosa ocorre de janeiro a junho, enquanto a estação seca se estende de julho a dezembro. A drenagem da ilha é realizada por meio de canais fluviais e flúvio-marinhos de pequena escala, os quais, ao longo de milhares de anos, contribuíram para a formação da topografia da ilha (Santos, 2021).

Figura 3: Mapa de Formações Superficiais da Ilha do Maranhão.

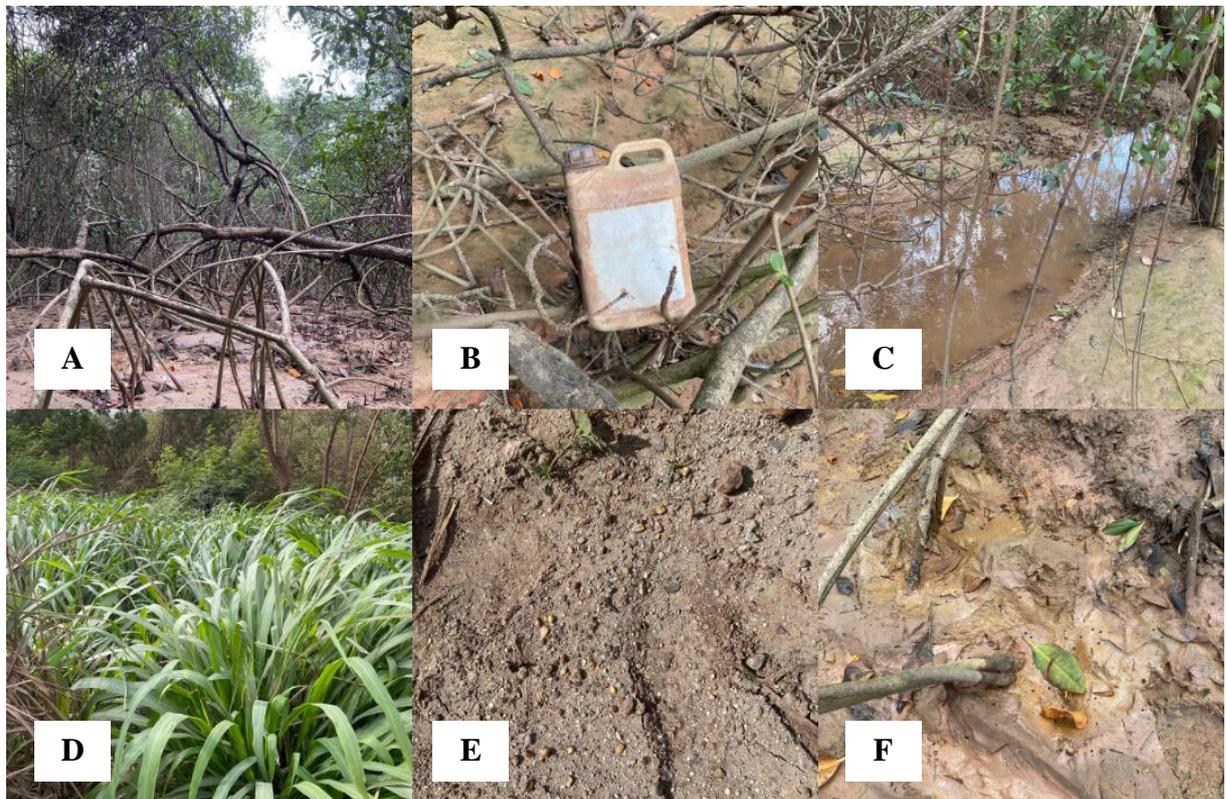


Fonte: Serviço Geológico do Brasil – SGB, 2019.

Nos pontos estudados, observam-se as três espécies de árvores típicas de mangue: *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) e *Avicennia germinans* (mangue-preto), que são encontradas ao longo de todo litoral maranhense (Rebello-Mochel, 1997).

O ecossistema manguezal presente no Porto do Itaqui (Ponto 1), estavam expostos devido ao transporte rodoviário na Avenida dos Portugueses (Região do Itaqui-Bacanga), resultando em danos significativos como: propagação vegetativa das monoculturas (soja e milho), liberação de minérios e óleo diesel, resíduos sólidos, degradação da qualidade da água por escoamento da pavimentação asfáltica, acúmulo de sedimentos arenosos e desmatamento das espécies de mangues, ocasionando a perda da resiliência das áreas costeiras (Figura 4).

Figura 4: Impactos registrados em manguezais próximos ao Porto do Itaqui. (A) Degradação da espécie *Rhizophora mangle*. (B) Presença de Resíduos Sólidos. (C) Escoamento de água oriundas da Avenida dos Portugueses. (D) Germinação de soja (*Glycine max*). (E) Presença de sementes de milho (*Zea mays*) e (F) Acúmulo de sedimento arenoso com resquícios de óleo.



Fonte: Autoria própria.

A área circundante ao Porto do Itaqui tem um potencial significativo de impacto, não apenas devido à alta sensibilidade dos ecossistemas presentes em grande parte de sua extensão, como manguezais e marismas, mas também devido ao número de comunidades, muitas delas com uma base tradicional, que dependem diretamente ou indiretamente desses recursos naturais costeiros para sua subsistência econômica e cultural (Alcântara; Santos, 2005).

A Comunidade Camboa dos Frades (Ponto 2), próxima ao Porto do Itaqui e da Usina Termoelétrica Eneva, é composta por pescadores(as), extrativistas, agricultores(as) e marisqueiras (Ribeiro Júnior, 2021). De acordo com Ferreira *et al.* (2022), a negligência dos

governantes e dos empreendimentos em relação às questões socioambientais têm um impacto direto na vida dos moradores, uma vez que eles são comunidades tradicionais e dependem a manutenção da qualidade da água e a preservação da vegetação para seu sustento (Figura 5). Martins e Mochel (2021) ressaltam a necessidade de uma gestão costeira eficaz para mitigar os impactos socioambientais na Zona Costeira.

Figura 5: (A) Vegetação de *Laguncularia racemosa*. (B) Ponto de embarque dos pescadores artesanais próximo ao Porto de Itaqui. (C) Habitação e geração de renda através do carvão



natural na comunidade Camboa dos Frades.

Fonte: Autoria própria.

A identificação e gestão desses serviços em áreas urbanas são desafiadoras para o planejamento urbano, como considerado por (Panasolo *et al.*, 2019). Então, a integração de áreas verdes, como manguezais, em áreas portuárias não beneficia apenas o ambiente local, mas também contribui para a qualidade de vida das populações urbanas.

Os manguezais da Praia de Mangue Seco ligados ao município de Raposa (Ponto 3), apresentam a importância da preservação de costumes tradicionais que se distinguem dos padrões contemporâneos de urbanização. Muitos moradores relataram que está ocorrendo a perda da biodiversidade local, ou seja, os principais causadores são indivíduos externos da comunidade.

Nota-se que na comunidade são comercializados pescados (pescada amarela e pescadinha), moluscos (sururus e ostras) e alguns crustáceos (camarão e caranguejo), que são vendidos para famílias locais e outros municípios maranhenses. Além disso, a comunidade Mangue Seco realiza diversas ações socioambientais, por exemplo, a Biblioteca do Caranguejo, é um espaço direcionado para o ensino de crianças da comunidade proporcionando atividades de percepção ecológica relacionados ao meio ambiente e preservação dos manguezais (Figura 6).

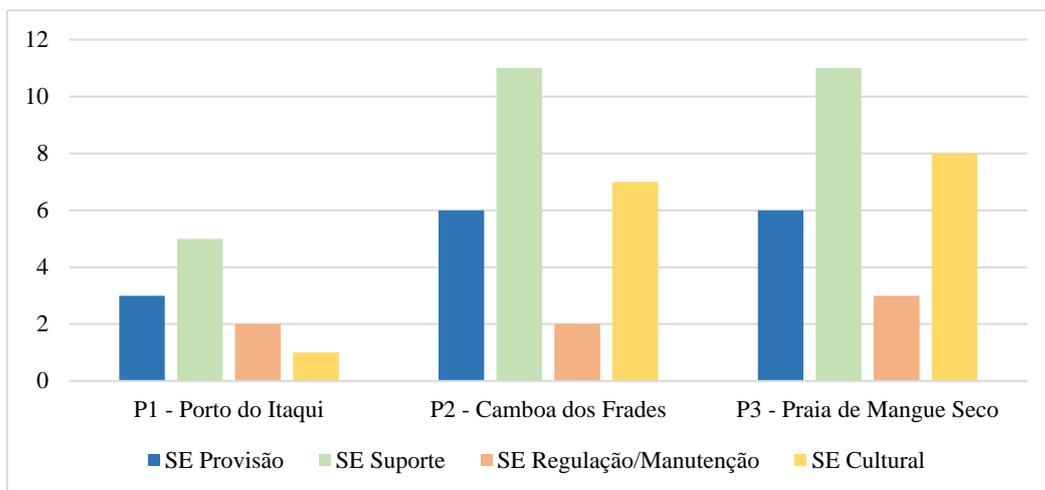
Figura 6: (A) Embarcações pesqueiras. (B) Vendedor de peixe descamando a pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*). (C) Ponto de venda de Ostras. (D) Biblioteca do Caranguejo presente na Praia de Mangue Seco - Raposa.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar e identificar os serviços ecossistêmicos nos locais estudados com base na Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos (CICES), observou-se que o Porto do Itaqui (Ponto 1) oferece uma variedade limitada de benefícios e serviços em relação aos manguezais. Por outro lado, a comunidade Camboa dos Frades (Ponto 2) destacou-se pela presença dos serviços de suporte (11) e cultural (7). Já a comunidade da praia de Mangue Seco (Ponto 3) demonstrou uma utilização significativa dos serviços ecossistêmicos em várias esferas, incluindo subsistência, educação e bem-estar. Neste local, foram identificados serviços de provisão (6), suporte (11), regulação/manutenção (6) e cultural (8), evidenciando a importância dos manguezais para as atividades e qualidade de vida das comunidades locais (Figura 7).

Figura 7: Distribuição e quantificação dos serviços ecossistêmicos em manguezais dos pontos estudados.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados corroboram com a pesquisa de Santos (2022) sobre a frequente relação com os serviços culturais dos manguezais no município de Raposa. Para a autora, o manguezal de Raposa demonstrou capacidade para fornecer serviços ecossistêmicos (SEs) em todas as suas unidades. Os serviços de provisão identificados estão principalmente ligados à utilização da vegetação para propósitos domésticos e recuperação de áreas degradadas. O bosque de mangue foi categorizado com uma capacidade muito alta, oferecendo uma variedade de SEs relacionados a interações físicas, experienciais, intelectuais e representativas com o ambiente natural. Isso inclui atividades como turismo, desenvolvimento de pesquisas, educação ambiental, interações espirituais e simbólicas, bem como o uso de plantas e animais para fins medicinais.

O valor econômico dos ecossistemas de manguezais nas zonas costeiras foi reconhecido, com estudos que apontam o potencial para receitas orçamentais adicionais através da avaliação dos serviços ecossistêmicos, orientando os processos de tomada de decisão para uma gestão sustentável (Zhao; Wu, 2015; Nasir; Helmi; Salim, 2019; Medvedeva; Тикуннов; Artemenkov, 2022). Além disso, a importância dos serviços ecossistêmicos de manguezais no apoio às comunidades locais tem sido enfatizada, com a investigação centrada na perspectiva comunitária na gestão de áreas de mangues (Nugraha; Wang; Susanto, 2021). Os manguezais também servem como atração turística, contribuindo para os benefícios socioeconômicos das comunidades locais por meio de atividades de ecoturismo (Fisu *et al.*, 2020).

Considerando os produtos comercializados no Mercado do Peixe em São Luís, obteve-se na investigação que muitos provêm de diversas regiões, incluindo os municípios de

Alcântara, Guimarães, Cedral, Raposa, Outeiro e a capital Belém (PA). Conforme mostrado na Tabela 1, este estudo constatou que os serviços provisão dos manguezais como a produção de alimentos (peixes, moluscos e crustáceos) apresentam um valor econômico diário relativamente baixo, equivalente a R\$ 363.175,00 e US\$ 69.456,90. Assim, a valoração envolve técnicas e métodos específicos para quantificar o benefício econômico desses serviços, contribuindo para uma melhor compreensão do papel dos manguezais na sustentabilidade socioeconômica das comunidades costeiras e na tomada de decisões de gestão ambiental.

Tabela 1: Serviços de provisão comerciais que requerem manguezais durante seu ciclo de vida e preço sendo vendidos no Mercado do Peixe no município de São Luís. Os valores obtidos correspondem à coleta de dados realizada no dia 20 de abril de 2024 (Valor do Euro: € 5,58; Valor do dólar: US\$5,23).

Nome científico	Nome popular	Quantitativo da presença dos itens nas bancas	Preço em Real (R\$) /kg	Preço em Euro (€) /kg	Preço em Dólar Americano (US\$) /kg
<i>Litopenaeus schmitti</i>	Camarão Branco	3	180,00	32,32	34,42
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Camarão Cinza	3	195,00	35,01	37,29
<i>Ucides cordatus</i>	Carne de Caranguejo	1	70,00	12,54	13,38
	Patinha de Caranguejo	1	100,00	17,92	19,12
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Ostra-do-mangue	1	65,00	11,64	12,42
<i>Crassostrea gasar</i>	Ostra				
<i>Cynoscion acoupa</i>	Pescada-amarela	5	135,00	24,24	25,81
<i>Protothaca pectorina</i>	Sarnambi	3	105,00	18,85	20,08
<i>Anomalocardia brasiliana</i>					
<i>Mytella falcata</i>	Sururu	3	105,00	18,85	20,08
<i>Mytella guyanensis</i>					
Total (dia)		23	R\$ 955,00	€ 171,50	US\$ 182,64
Total simulado por ano			R\$ 363.175,00	€ 65.219,30	US\$ 69.456,90

Fonte: Autoria própria.

A pesquisa de Arkham *et al.* (2023), descreve que o valor econômico total dos serviços ecossistêmicos dos manguezais nas regiões costeiras leste e norte da Ilha de Bintan (Indonésia), com uma área total de 4.354,11 hectares, é de Rp. 135.663.899.478,30 por ano, correspondente a R\$43.549.533,88 e US\$8.364.552,16. Esse valor inclui serviços de abastecimento, regulação, apoio e culturais.

Os organismos marinhos e estuarinos fornecem uma base nutritiva para as comunidades do entorno (Costa; Rocha; Cestaro, 2014). A exploração de moluscos bivalves é uma atividade de grande relevância econômica em diversas comunidades costeiras do Nordeste brasileiro. Aproximadamente 50.000 pessoas dependem exclusivamente da coleta de moluscos, como a ostra (*Crassostrea gasar*), o sarnambi (*Anomalocardia brasiliana*) e o sururu (*Mytella falcata* e *Mytella guyanensis*), em estuários e manguezais (Castro *et al.*, 2014).

O estudo de Sachin (2020) revela que o desenvolvimento em termos de aumento da renda e das oportunidades de emprego pode ser alcançado por meio da conservação dos ecossistemas. Dessa forma, o aprimoramento de tal ecossistema poderia levar ao aumento dos serviços de ecossistema, o que, em última análise, implicará na melhoria geral dos padrões socioeconômicos das comunidades dependentes.

A valoração dos serviços ecossistêmicos culturais contribui para a identidade cultural, a educação, as práticas tradicionais e o bem-estar psicológico. Destaca-se o uso do manguezal como recurso pedagógico, ensino e aprendizagem, por meio de atividades práticas em campo e

projetos de extensão com a comunidade, conforme mencionado por Santos *et al.* (2022). A pesquisadora Dr^a Flávia Rebelo Mochel concentra seus estudos na Ecologia e Recuperação Ecológica de Manguezais, explorando temas como a sustentabilidade desses ambientes, a macrofauna bentônica, a educação ambiental, o sensoriamento remoto e os ecossistemas costeiros. Esses serviços culturais desempenham a aproximação social entre as comunidades, as instituições de ensino e o meio ambiente.

Diante desse interesse científico pelo ecossistema manguezal, a Universidade Federal do Maranhão, através do Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI), em colaboração com o Laboratório de Manguezais (LAMA) e o Centro de Recuperação de Manguezais (CERMANGUE), destaca a relevância dos serviços ecossistêmicos culturais na área da educação para o desenvolvimento sustentável. Essa importância é evidenciada por meio de diversas atividades acadêmicas e científicas, como monografias (7), trabalhos de conclusão de curso (41), projetos de iniciação científica (21), projetos de extensão (14), dissertações (25) e pós-doutorado (1).

Os investimentos em bolsas de iniciação científica e pós-graduação voltados para os serviços ecossistêmicos dos manguezais representam uma estratégia primordial para a qualidade da educação superior no Brasil. Esses recursos proporcionam suporte na realização de pesquisas acadêmicas e científicas nessa área específica, promovendo o avanço do conhecimento e incentivando a formação de profissionais capacitados para lidar com os desafios ambientais e socioeconômicos relacionados aos manguezais.

Em relação à associação dos manguezais com a Agenda 2030, os serviços ecossistêmicos estão intrinsecamente ligados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses ODS abrangem uma variedade de áreas como: erradicação da pobreza (ODS 1), segurança alimentar (ODS 2), saúde (ODS 3), educação (ODS 4), igualdade de gênero (ODS 5), acesso à água potável (ODS 6), redução das desigualdades (ODS 10), ação climática (ODS 13), conservação da vida marinha (ODS 14), conservação da vida terrestre (ODS 15) e parcerias para o desenvolvimento (ODS 17). Esses objetivos estabelecem metas e diretrizes para abordar uma ampla dimensão de desafios socioambientais e econômicos, visando promover um futuro mais justo, equitativo e sustentável para todos.

Dessa forma, visando melhorar o ecossistema manguezal em áreas portuárias para desenvolvimento sustentável, é necessário considerar diversas ações que podem ser implementadas na região costeira da Ilha do Maranhão. Essas ações visam mitigar os impactos ambientais decorrentes de práticas inadequadas dos empreendimentos, tais como:

- Práticas sustentáveis: implementação de práticas operacionais e industriais sustentáveis, como tratamento adequado de resíduos, redução da poluição e adoção de tecnologias limpas para minimizar os impactos negativos nos manguezais e no ambiente marinho;
- Restauração e conservação: desenvolvimento de programas de restauração e conservação dos manguezais, incluindo ações como replantio de manguezais degradados, controle da invasão de espécies exóticas/invasoras e proteção de áreas naturais;
- Monitoramento ambiental: estabelecimento de sistemas eficazes de monitoramento ambiental para avaliar regularmente a qualidade da água, a saúde dos ecossistemas e o impacto das atividades portuárias nos manguezais;
- Legislação e fiscalização: fortalecimento da legislação ambiental e implementação de medidas eficazes de fiscalização para garantir o cumprimento das normas ambientais e prevenir atividades ilegais que possam prejudicar os manguezais e ecossistemas adjacentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, a partir dos resultados obtidos foi possível analisar os serviços ecossistêmicos nos diferentes pontos estudados, ressaltando a valorização dos manguezais para as comunidades locais. Enquanto o Porto do Itaqui apresenta uma oferta limitada de serviços relacionados aos manguezais, as comunidades de Camboa dos Frades e Mangue Seco demonstram uma ligação mais intensa com esses ecossistemas, reconhecendo sua relevância tanto para o sustento quanto para a cultura local. Sendo assim, a existência de iniciativas socioambientais, ilustra o compromisso das comunidades em promover a percepção e a preservação dos manguezais. Além disso, a valoração dos serviços ecossistêmicos dos manguezais, destaca a contribuição significativa desses ambientes para a educação, o bem-estar social e econômico das comunidades costeiras, evidenciando a relação entre a geodiversidade local e o provimento desses serviços. Essas ações demonstram a importância da participação comunitária na proteção desses ecossistemas, visando não apenas os aspectos econômicos, mas também os sociais e ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI/UFMA), ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFMA), ao Laboratório de Manguezais (LAMA/UFMA), ao Centro de Recuperação de Manguezais (CERMANGUE/UFMA), as Comunidades Camboa dos Frades e Mangue Seco e ao Congresso Internacional de Geocologia das Paisagens e Planejamento Ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V.; COELHO, C.; FEITOSA, F.; PASTOR, D.; MONTE, G. Caracterização estrutural do manguezal do Rio Tabatinga, Suape, PE, Brasil. **Tropical Oceanography**, 2014.
- ARKHAM, M. N.; RIADI, S.; WAHYUDIN, Y.; KRISNAFI, Y. Economic value of mangrove ecosystem services in the coastal area of Bintan Island, Indonesia. **Wetlands Ecology and Management**, p. 1-14, 2023.
- BEZERRA, D. S.; BEZERRA, G. P.; COELHO, A. C. C.; LIMA, J. M.; PINTO, R. Q. Modelagem da resposta do Ecossistema Manguezal ao Avanço da Área Construída na Bacia do Rio Anil. In. X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro - X ENCOGERC. **Anais**. p. 209-210, 2017.
- BLOTTA, K.; GUIMARÃES, L.; BRAZ, E.; MAGENTA, M.; RIBEIRO, R.; GIORDANO, F. Diagnóstico de manguezais periurbanos após 20 anos de impactos antrópicos. **Research Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e23610110657-e23610110657, 2021.
- CARVALHO, A. V.; BASTOS, M. N. C.; GURGEL, E. S. C.; HARADA, A. Y.; NASCIMENTO, M. I. H.; MARCELIANO, M. L. V.; SILVA, M. G. S.; GOMES, A. L. S. Valoração econômica contingente dos recursos ambientais do ecossistema manguezal em São Caetano de Odivelas (PA). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.409-427, 2018.
- CASTRO, A. C. L. *et al.* **Manual de Cultivo de Ostra**. São Luís: Departamento de Oceanografia e Limnologia. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão - FAPEMA, 2014.

CELERI, M; MENDES, L; LIMA, R; VASCONCELOS, T. A cidade, o mangue e os resíduos sólidos: estudo de caso do manguezal, São Luís – MA. **Geografia em Atos (Online)**, p. 163-186, 2019.

COSTA, D. F. S.; ROCHA, R. M.; CESTARO, L. A. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 119-126, 2014.

COVELLO, C.; HORN FILHO, N. O.; BRILHA, J. A Geodiversidade do município de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: valores e ameaças. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial, n. 6, p. 104-111, 2017.

EMAP - Empresa Maranhense de Administração Portuária. Localização do Porto do Itaqui. São Luís - MA, 2013. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/localizacao>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

FERREIRA, É. P; CASTRO, A. C. L; SOARES, L. S; SOUZA, A. J. S; SILVA, T. S; MATOS, M. E. S; LYRA, I. N. O. Alterações na dinâmica territorial do distrito industrial de São Luís–MA e os impactos no modo de vida das comunidades tradicionais. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v.22, p. e3848-e3848, 2024.

FISU, A; AHMAD, A; HIDAYAT, A; MARZAMAN, L. Potential of mangrove ecosystem as a tourism object development in Kaledupa Island. **Edutourism Journal of Tourism Research**, v. 01, p. 11-17, 2020.

GALVANI, E; LIMA, N. G. B. Intercepção da precipitação no manguezal no litoral sudeste do Brasil. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 111-130, 2016.

GOMES, A. S.; DANTAS-NETO, J.; SILVA, V. F. Serviços ecossistêmicos: conceitos e classificação. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.12-23, 2018.

GOMES, D. N. F; CAVALCANTI, M. A. D. Q; PASSAVANTE, J. Z. D. O. Fungos filamentosos isolados de sedimento do manguezal Barra das Jangadas, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 39, n. 1, p. 36-45, 2011.

GUEDES, D. R. C; SANTOS, N. M; COSTA, D. F. D. S. Geodiversidade e serviços ecossistêmicos: interações na planície flúvio-marinha do litoral setentrional do Rio Grande do Norte (NE/BRASIL). **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 14, p. 134-151, 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/6822>. Acesso em: 19 de abril de 2024.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December (2013)**.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: ICMBio, 2018.

KJERFVE, B. PERILLO, G. M. GARDNER, L. R. RINE, J. M. DIAS, G.T.M. MOCHEL, F.R. 2002. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: Healy, T., Wang, Y & Healy, J.-A. (eds.) Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions. **Elsevier Science**, p.:479-532.

LIMA, J. F; SOARES, F. M. M; COSTA, D. S. D. N. D; SILVEIRA, P. C. A. D. **Comunidade Ictioplanctônica do Golfão Maranhense-Brasil**. Pesquisas e Inovações em Ciências Humanas e Sociais: Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI, v. 3, p.253-263, 2022.

MAIA, R. C; SOUSA, K; BENEVIDES, J; AMORIM, V; SOUSA, R. Impactos ambientais em manguezais no Ceará: causas e consequências. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 5, p. 69-77, 2019.

MARTINS, J.C.S.; MOCHEL, F.R. Análise do gerenciamento costeiro brasileiro a partir dos impactos socioambientais e as tendências pós pandemia do coronavírus Sars Cov-2. 1671p a 1685p. **In.: Terra - A Saúde Ambiental para a Vitalidade do Planeta / Giovanni Seabra (Organizador)**. Ituiutaba: Barlavento, 2021.

MEDVEDEVA, O; ТИКУХОВ, B; ARTEMENKOV, A. Assessment of ecosystem services of water resources of port water areas by the amount of water rent. **Intercarto Intergis**, p. 510-522, 2022.

MOCHEL, F.R; PONZONI, F. J. Spectral characterization of mangrove leaves in the Brazilian Amazonian Coast: Turiaçu Bay, Maranhão State. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 683-692, 2007.

MOREAUX, C. ZAFRA-CALVO, N; VANSTEELANT, N. G; WICANDER, S; BURGESS, N. D. Can existing assessment tools be used to track equity in protected area management under Aichi Target 11? **Biological Conservation** **224**. 2018. p. 242-247.

NASIR, S; HELMI, M; SALIM, H. Geospatial modeling of blue carbon ecosystem coastal degradation in Jakarta Bay. **Indonesian Journal of Oceanography**, v. 1, n. 1, p. 80-92, 2019.

NUGRAHA, Y. A.; SULISTIONO, S; SUSANTO, H. A. The coastal community perspective of the mangrove ecosystem management in karawang regency, West Java, Indonesia. **In: E3S Web de Conferências**. EDP Ciências, 2021.

OLIVEIRA, A. V. G. D; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. D.; BATISTA, R. N. D. S; BASTOS, R. D. S; ROSAS, R. S; CUTRIM, M. V. J; SANTOS-SÁ, A. K. D. D.

Fitoplâncton e variáveis físico-químicas na região costeira do Caúra, Baía de São José - MA. São Luís: i-EDUCAM, 2023. Disponível em:
<https://publicacoes.even3.com.br/book/monitoramento-ambiental-metodologias-e-estudos-de-casos-1997445>. Acesso em: 13 de abril de 2024.

ONU BRASIL - Organização das Nações Unidas Brasil, 2023. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 de janeiro de 2024.

PANASOLO, A; GALVÃO, F; HIGACHI, H; OLIVEIRA, E; CAMPOS, F; WROBLEWSKI, C. (2019). Percepção dos serviços ecossistêmicos de áreas verdes urbanas de Curitiba/PR. **Biofix Scientific Journal**, v. 4, n. 1, p. 70-80, 2019.

PEREIRA, T. D. J. F; FRAZÃO, F. B; FERREIRA, L. K. D. S; EVERTON, F. A; LIMA, M. D. F. V. Comercialização de pescado no portinho em São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: uma abordagem socioeconômica dos trabalhadores. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 5, n. 3, p. I-VIII, 2010.

REBELO-MOCHEL, F. Mangroves on São Luis Island, Maranhão, Brazil. *In: Kjerfve, B.; Lacerda, L.D.; Diop, E.H.S. (eds.). Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa*. Paris, UNESCO Publication, 3 p. 145-154, 1997.

RIBEIRO JUNIOR, J.R.S.; CRUZ, A. J. A.; ANTIPON, L. C. Fome e modernização no Maranhão: os projetos de desenvolvimento em Itaqui–Bacanga e o comprometimento das

práticas alimentares na comunidade de Camboa dos Frades (São Luís) (1970-2021). **Anais. Ciência Geográfica** – Bauru, 2021.

RIBEIRO, I.; CASTRO, A. C. L. Pescadores Artesanais e a Expansão Portuária na Praia do Boqueirão, Ilha de São Luís-MA. **Revista de Políticas Públicas**, 20, 863, 2017.

SACHIN, S. M; YADAV, V. K; PAL, S; KARMAKAR, S; BHARTI, V. S. Survey based economic evaluation of ecosystem services of mangrove from Uttar Kannada district of Karnataka, India. **Journal of Environmental Biology**, v. 41, n. 5, p. 980-986, 2020.

SANTOS, A. L. G; FURLAN, S. A. Quem ganha e quem perde com a falta de proteção aos manguezais?: aspectos da Resolução Conama n 303/2002. **Revista do Departamento De Geografia**, v. 41, p. e184973-e184973, 2021.

SANTOS, L. E. N. D. **O urbano ludovicense: produção e fragmentação do espaço, território, planejamento, cultura e outras reflexões /** Luíz Eduardo Neves dos Santos. — São Luís: EDUFMA; Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2021.

SANTOS, N. M. OLIVEIRA, T.R. SANTOS, A. L.D. COSTA, D. F. D. S. CESTARO, L. A. Identificação dos Serviços Ecosistêmicos prestados pelo manguezal da Ilha do Maranhão - MA, Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, p.250–268, 2018.

SANTOS, N. M. Serviços ecosistêmicos e geodiversidade em áreas de manguezal: um olhar a partir de modelos estatísticos no município de Raposa, Ilha do Maranhão/MA-Brasil. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Natal: UFRN. 2022.

SANTOS, N. M. Serviços ecosistêmicos em manguezal: identificação e mapeamento dos serviços de provisão no manguezal do rio Tijupá, Ilha do Maranhão - MA, Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). – Natal: UFRN. 2018.

SGB - Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. Teresina, 2020.

SILVA, G; GOLIATT, L; CHAVES, F. Uma estratégia computacional para a segmentação automática de árvores individuais de mangue a partir de dados de varredura tridimensional a laser. *Principia Caminhos Da Iniciação Científica*, v. 19, n. 1, p. 11-11, 2019.

SILVA, V. D; FRÓES, Y. N.; MONTEIRO, J. M; SOUZA, N. M; LIMA, N. S.; SOUSA, L. C. A; SILVA, M. R. C. Isolamento de bactérias Gram-negativas em amostras de sedimento de manguezal em São Luís, Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e12011326483-e12011326483, 2022.

ZHAO, S.; WU, C. Valuation of mangrove ecosystem services based on emergy: a case study in China. **International journal of environmental science and technology**, v. 12, p. 967-974, 2015.