



Novos Cadernos NAEA

v. 27, n. 2 • maio-ago. 2024 • ISSN 1516-6481/2179-7536



DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL (1986-2020) DE MANGUEZAIS DE RESEX DA FÓZ DO RIO PARÁ (AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL)

**SPATIOTEMPORAL DYNAMICS (1986-2020)
OF MANGROVES FROM RESEX OF THE MOUTH OF THE
PARÁ RIVER (EASTERN AMAZON, BRAZIL)**

Herbert Junior Campos Peixoto



Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil

Maamar El Robrini



Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil

RESUMO

As zonas costeiras tropicais são áreas complexas em constante transformação. Notáveis por suas características adaptativas, os manguezais desempenham papel fundamental nessas áreas. A Zona Costeira Paraense abriga a maior e mais bem preservada área de manguezais do Brasil, onde estão inseridas reservas extrativistas (RESEX) de uso sustentável. Este artigo objetiva analisar a variabilidade espaço-temporal de manguezais inseridos nas RESEX de Mocapajuba e de São João da Ponta. A metodologia consistiu na aquisição e no tratamento de imagens do satélite *Landsat* e de dados ambientais (temperatura de superfície do mar e material particulado em suspensão) no período de 1986 e 2020. As áreas de mangue sofreram variações. Entretanto, pouco foi alterado dentro das RESEX. Apesar da expansão urbana, as maiores alterações ocorreram em áreas externas às RESEX. As condições ambientais locais permitem que os manguezais mantenham-se em equilíbrio. Porém, a urbanização desordenada pode trazer prejuízos, caso não haja medidas mitigatórias efetivas.

Palavras-chave: manguezais; geotecnologias; Zona Costeira Amazônica; monitoramento ambiental.

ABSTRACT

Tropical coastal zones are complex areas in constant transformation. Notable for their adaptive characteristics, mangroves play a key role in these areas. The Coastal Zone of Pará is home to the largest and best preserved area of mangroves in Brazil, where extractive reserves (RESEX) for sustainable use are located. This article aims to analyze the space-time variability of mangroves inserted in the RESEX of Mocapajuba and São João da Ponta. The methodology consisted of acquiring and processing Landsat satellite images and environmental data (sea surface temperature and suspended particulate matter) from 1986 to 2020. The mangrove areas suffered variations, however, little was changed within the RESEX. Despite the urban expansion, the biggest changes occurred in areas outside the RESEX. Local environmental conditions allow mangroves to remain in balance, however, disorderly urbanization can bring harm if there are no effective mitigation measures.

Keywords: mangroves; geotechnologies; Amazon Coastal Zone; environmental monitoring.

1 INTRODUÇÃO

As Zonas Costeiras (ZC) são áreas altamente dinâmicas e complexas, em razão da atuação de processos geológicos (neotectônica), atmosféricos (ventos, precipitação e tempestades), hidrológicos (descarga hídrica/sólida) e oceânicos (ondas, marés e correntes) (Ranieri; El-Robrini, 2015). Somados à interferência humana, esses processos modelam continuamente as características das ZC.

Na Zona Costeira Paraense (ZCP), a ocupação espacial desenvolve-se de forma rápida e desordenada, provocando problemas socioambientais, como: desmatamento, poluição, aterramento de manguezais, pesca e exploração indiscriminada de minerais de classe 2 (areia e cascalho). Tais atividades impactam diretamente na ZCP (planícies de maré, arenosa e estuarina) (Pereira *et al.*, 2009; El-Robrini *et al.*, 2018), influenciados pela sazonalidade local (El Robrini *et al.*, 2018; Cohen *et al.*, 2018). As medidas de preservação adotadas, como a criação de unidades de conservação, não são totalmente capazes de interromper a degradação ambiental, principalmente em manguezais, onde a degradação se dá pelo avanço da ocupação antrópica e pela exploração desenfreada dos recursos naturais (Magris; Barreto, 2010; Ferreira; Lacerda, 2016).

As mudanças costeiras por atividades antrópicas e fenômenos naturais são preocupações em nível global, que levou a criação da Década das Ciências Oceânicas, ou Década dos Oceanos (2021 a 2030). Esta tem como objetivo reduzir a degradação ambiental nos oceanos e nas regiões costeiras através da integração da cooperação e de esforços científicos e políticos (Nações Unidas, 2020). Em novembro de 2022, a 27ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP-27) buscou evoluir os acordos globais contra as mudanças climáticas, pelos quais está previsto o investimento de US\$ 4 bilhões para garantir o futuro dos manguezais existentes através do financiamento sustentável (Filippe, 2022). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Petrobras também firmaram parceria na proteção dos manguezais. Estes investirão R\$ 44,4 milhões em apoio a projetos de recuperação da vegetação nativa de manguezais e de restingas ao longo da costa brasileira (COP 27 [...], 2022).

Diversos trabalhos sobre as características biológicas dos manguezais foram realizados na região amazônica. Entretanto, poucos foram focados no monitoramento através geoprocessamento. Monitorar a dinâmica de manguezais é fundamental para determinar a qualidade do ambiente (Nova

et al., 2013), visto que os manguezais são berçários naturais para diversas espécies, além de agirem como um manto protetor dos recursos naturais das zonas oceânicas e costeiras.

Na região, entre as baías do Marajó (Pará) e de São José (Maranhão), ocorre a maior e a mais bem preservada floresta de manguezal do Brasil, ocupando 7.591 km², equivalente a 56,6% dos 13.400km² de área total de manguezais presentes em todo o país (Souza Filho, 2005). Segundo o ICMBIO (2018), 27,92% dos manguezais de todo o Brasil estão localizados no estado do Pará.

Segundo Fernandes (2016), as espécies de mangue presentes na ZCP são: *Avicennia germians*, *Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus*, além de espécies associadas aos bosques de mangues, pertencentes às famílias *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Bignoneaceae*, *Aracaceae* e *Araceae*. Fernandes, Oliveira e Eyzaguirre (2018) afirmam que a utilização dos recursos dos manguezais na ZCP é realizada pela população local para consumo próprio ou para comercialização. Os principais recursos explorados são as espécies vegetais (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*) e o caranguejo (*Ucides cordatus*), seguidos da captura de camarões, ostras, mexilhões e outros.

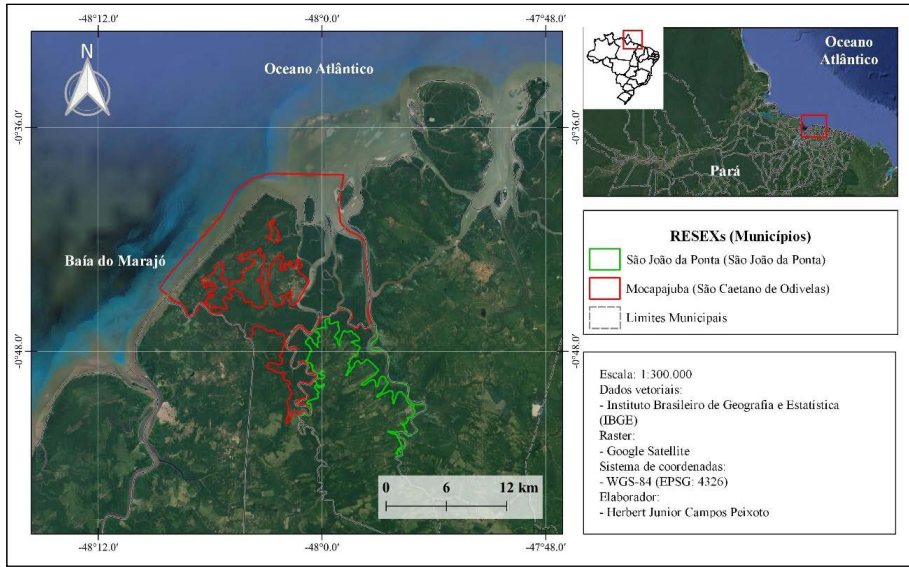
Deste modo, este artigo objetiva analisar a dinâmica espaço-multitemporal das áreas de manguezal das RESEX de Mocapajuba e de São João da Ponta para um período de 34 anos (1986-2020), além de verificar se: (1) a presença de RESEX tem auxiliado realmente na proteção dos manguezais da área de estudo; (2) as variações (redução e/ou expansão do manguezal) são influenciadas mais por fatores antrópicos ou ambientais; e (3) a influência antrópica tem impacto de grande proporção nas RESEX estudadas.

2 ÁREA DE ESTUDO

As RESEX estudadas localizam-se nos municípios de São Caetano de Odivelas (-0.709801°, -48.076886°) e de São João da Ponta (-0.85084°, -47.9214°) (Figura 1), no setor flúvio-marítimo da ZCP, distando, 140 km da capital Belém, podendo ser acessadas através das rodovias PA-136, PA-140 e BR-316. As RESEX analisadas foram: Mocapajuba (210,28 km², instalada em 10/10/2014) e São João da Ponta (34,09 km², criada em 13/02/2002).

O clima da região é equatorial úmido, com temperatura média anual de 25,7 °C e umidade entre 80 a 91%, por consequência do regime pluviométrico da região. Os índices pluviométricos são elevados, tendo precipitação média de 3.000 mm/ano (INMET, 2022).

Figura 1 – Localização das RESEX de São João da Ponta e de Macajuba, localizadas na foz do estuário do rio Pará



A região de estudo não apresenta estações bem definidas. Porém, podem-se observar duas épocas distintas: a chuvosa, ocorrendo entre os meses de dezembro a junho, e a seca, ocorrendo de julho a novembro. Segundo El-Robrini *et al.* (2018), a sazonalidade se dá em razão do deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a região durante o período chuvoso.

A região também é influenciada pelos fenômenos ENSO (*El Niño–Southern Oscillation*). O *El Niño* provoca diminuição do índice pluviométrico e da intensidade dos ventos na Amazônia, devido ao deslocamento da célula de Walker, o que inibe a formação de atividades convectivas. Já a *La Niña* apresenta efeito inverso, ocasionando precipitação abundante e ventos intensos na região (Lobo *et al.*, 2020). Durante o período analisado, houve a ocorrência de eventos com intensidade de fraca a moderada (Tabela 1).

A área analisada é marcada por ser um estuário, dominado por macromaré semidiurna, com altura que varia de 5.5m (máximo) a 0.0m (mínimo) (CHM, 2022). As correntes de maré atingem velocidades de 1.13 m.s⁻¹ a 1.44 m.s⁻¹ (sizígia) e 0.59 m.s⁻¹ a 0.76 m.s⁻¹ (quadratura) (Silva;

Souza-Filho; Rodrigues, 2009) e a vazão hídrica varia entre $10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Costa; Dias; Lima, 2009). Os estuários localizados na região possuem formato afunilado, com águas extremamente misturadas, resultantes da ação das marés e das ondas baixas (altura $< 1,5 \text{ m}$) e de energia moderada (Sousa *et al.*, 2017). Segundo com El Robrini *et al.* (2018), esta região enquadra-se no Estuário Médio ou Zona de Mistura (ZM) (Miranda; Castro; Kjerfve, 2012).

De acordo com Berredo *et al.* (2008), as águas na região são aquecidas com temperaturas entre 27 e 30° , e ácidas. O pH varia de forma sazonal. Durante o período seco, as águas ficam alcalinas, com pH variando de $7,88$ a $7,99$. Já durante o chuvoso, o pH diminui levemente, ficando entre $5,74$ e $6,68$, tornando o ambiente ligeiramente ácido. A salinidade também apresenta variação sazonal, sendo $2,5$ e 29 durante os períodos chuvoso (dezembro a maio) e seco (junho a novembro), respectivamente.

El-Robrini *et al.* (2018) define a área como costa rebaixada, esculpida em depósitos holocênicos e dominada por amplas planícies de manguezais e falsas-rias, com vales afogados, onde se localiza a Planície Costeira Paraense (PCP). Esta se estende da linha de costa até os tabuleiros costeiros, formados por sedimentos inconsolidados (Holoceno), como arenitos imaturos ou conglomeráticos do Grupo Barreiras e por calcários da formação Pirabas. A PCP é composta por planícies lamosas (manguezais), arenosas (praias, dunas e paleo-dunas) e estuarinas (estuários, canais de maré e barras em pontal), além do que são planícies marcadas pela expressiva dinâmica costeira.

A costa é modelada pela ação de ondas de pequena altura ($< 1,5 \text{ m}$) (Sousa *et al.*, 2017), de energia moderada e fortes correntes de maré ($6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) que transportam sedimentos da plataforma continental interna em direção à costa (Sousa *et al.*, 2017, Asp *et al.*, 2018), e sofre uma evolução transgressiva.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, dados de temperatura da superfície do mar (TSM) e da cobertura de solo. As imagens *Landsat* foram adquiridas no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, s.d.). Foram selecionadas imagens com intervalos entre cinco e sete anos, levando-se em consideração a menor porcentagem de cobertura de nuvens, para que houvesse melhor observação das alterações do manguezal.

Os dados de TSM foram obtidos através da plataforma *GIOVANNI v4.35*, da Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica dos Estados Unidos da América (NASA, s.d.). Os dados disponíveis de cobertura de solo foram obtidos a partir do *plugin Mapbiomas Collection*, no *software QGIS*, até o ano de 2019.

O processamento das imagens foi realizado mediante o uso do *software QGIS 3*. Foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat* de 1986, 1993, 1999, 2004, 2010, 2016 e 2020. As imagens passaram pelo cálculo de correção de reflectância de Topo de Atmosfera (TOA) e correção do ângulo solar (USGS, 2020).

As imagens corrigidas foram utilizadas na determinação da dinâmica dos manguezais através de classificação supervisionada, realizado no *software QGIS*. Essa técnica consiste na identificação de diferentes classes na imagem a partir de informações inseridas no *software* pelo usuário através de treinamento. O usuário define as classes que deverão ser identificadas. Foram definidas quatro classes: 1) manguezal; 2) vegetação secundária; 3) água; e 4) solo exposto/urbanizado. Após a classificação, a imagem *raster* foi transformada em vetor e a classe 1 foi isolada para quantificação da área (km²) e melhor visualização do resultado de variação das áreas de manguezais.

O material particulado em suspensão (MPS) foi obtido através da composição colorida R4G3B2 (*Landsat* 5 e 7) e R5G4B3 (*Landsat* 8). Tal composição utiliza a banda do infravermelho e permite a melhor visualização do MPS próximo às zonas costeiras (Valerio *et al.*, 2019).

Para corroborar com os resultados, foi analisado também o uso do solo nas dependências e nas adjacências das RESEX para se verificar o crescimento da “mancha urbana”. Alterações como essa acabam atuando na erosão ou no acúmulo sedimentar do ambiente. Esta análise foi feita utilizando-se os dados pré-tratados de área não-vegetada constituída de infraestrutura urbana, disponível no *plugin Mapbiomas Collection*.

Foram investigadas, ainda, possíveis alterações da TSM na região. A variável utilizada foi *Open water skin temperature*, obtida através do sensor MERRA-2 Model, com resolução temporal de um mês e resolução espacial de 0,5 x 0,625°. Estes dados foram tratados e plotados em mapas na própria plataforma *GIOVANNI* (NASA) e serviram como base para entender a variabilidade ambiental da região.

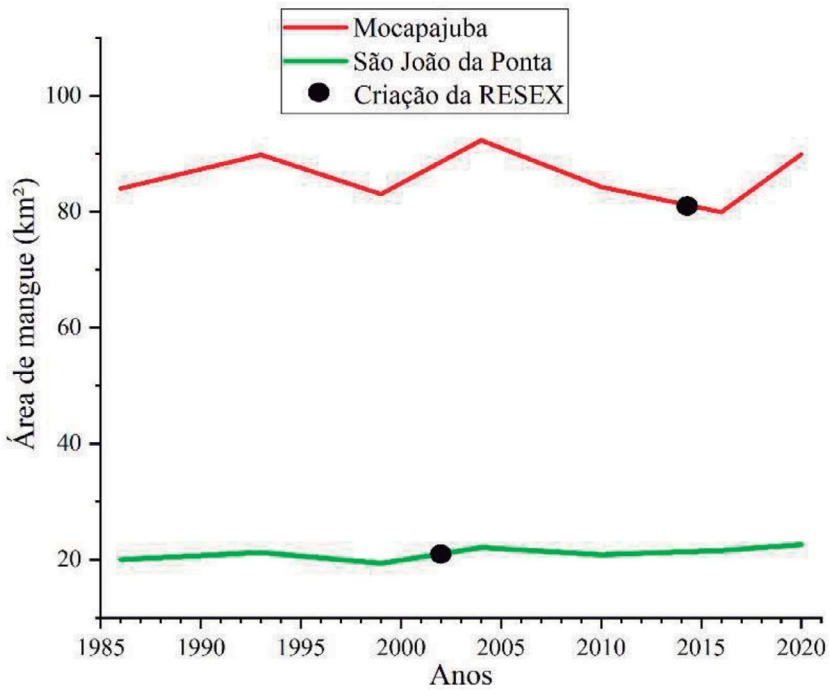
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura espacial de manguezais de todas as RESEX mostrou variações bastante evidentes entre os anos de 1986 e 2020, tanto na forma de redução quanto na de expansão. As alterações ocorreram, majoritariamente, na faixa litorânea. Pouco foi alterado nas partes mais internas das RESEX, mesmo nas áreas em contato com os estuários e com os canais de maré.

O período 1986-1993 foi marcado pela variação positiva, de 5,79 km² em Mocapajuba e 1,22 km² em São João da Ponta. Posteriormente, ocorreu diminuição da área até o ano de 1999, período em que São João da Ponta apresentou sua maior perda de área (-1,84 km²). Em Mocapajuba, também ocorreu redução (-6,79 km²). No período 1999 – 2004, ocorreu novamente aumento espacial do manguezal, com 9,31 km² em Mocapajuba e 2,67 km² em São João da Ponta (maior aumento de área desta RESEX). No período 2004 – 2010, houve a maior diminuição de área na RESEX Mocapajuba (-8,05 km²). No mesmo período, São João da Ponta diminuiu 1,21 km². A tendência de diminuição permaneceu no período seguinte (2010 – 2016) para Mocapajuba (-4,34 km²). Entretanto, a RESEX de São João da Ponta passou a apresentar um sensível aumento na cobertura de manguezal (0,74 km²). O último período analisado (2016 – 2020) é marcado pelo aumento das áreas de mangue em ambas as RESEX. Naquele período, Mocapajuba apresentou sua maior variação positiva (9,93 km²), enquanto em São João da Ponta aumentou em 1,01 km².

A área de ocupação dos manguezais em Mocapajuba foi maior no ano de 2004, sendo 43,91 km². A menor área ocorreu em 2016, com 38,02 km². Em São João da Ponta, no ano de 2020, foi possível observar a maior área espacial de manguezais relativa à área total da RESEX, com 66,32%. A menor área manguezal/RESEX ocorreu no ano de 1999, com 56,90% (Gráfico 1; figuras 2 e 3).

Gráfico 1 – Variação comparada das áreas de mangue nas RESEX Mocapajuba e São João da Ponta



Fonte: Elaborado pelos autores, em 2023.

Figura 2 – Variação da cobertura de mangue na RESEX Mocapajuba entre os anos 1986 e 2020

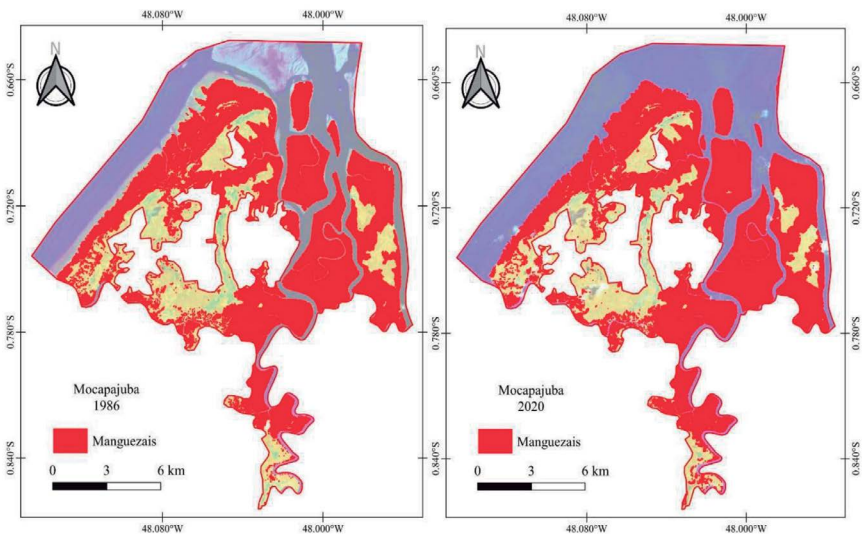
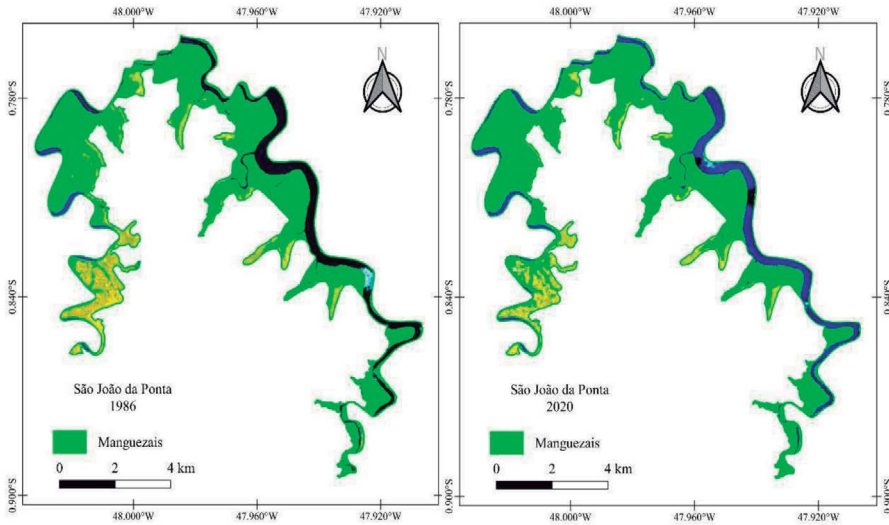


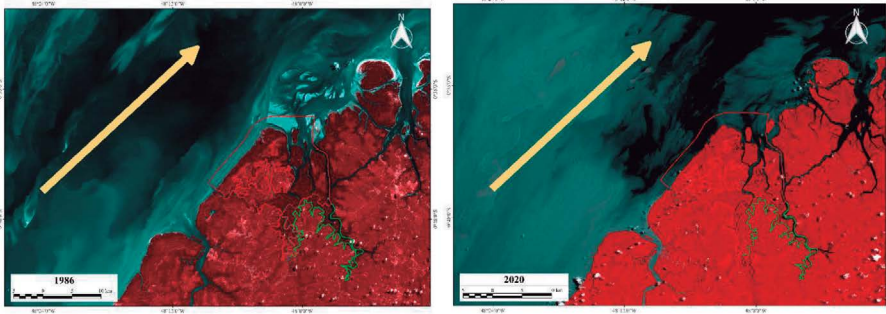
Figura 3 – Variação da cobertura de mangue na RESEX São João da Ponta entre os anos 1986 e 2020



A TSM sofreu pequenas variações entre os anos de 1986 e 2020. Em escala geográfica, percebe-se que a TSM aumentou sensivelmente no sentido NE-SW, adentrando o estuário do rio Pará. Em escala temporal, é possível observar o aumento da temperatura na ordem de 1 °C no período anual. No ano de 1986, a TSM ficou entre 27,79 e 27,87 °C. Em 1993, houve um leve aumento na TSM, chegando a 28,02 °C. Em 1999, houve, novamente, o aumento na TSM, 28,51 °C. Em 2004, a TSM manteve-se bem próxima à observada em 1999. A temperatura foi de 28,47 °C. Em 2010, houve, novamente, aumento na TSM, chegando a 28,90 °C. Em 2016, houve diminuição na TSM (28,56 °C). Em 2020, a TSM voltou a aumentar, chegando a 28,83 °C.

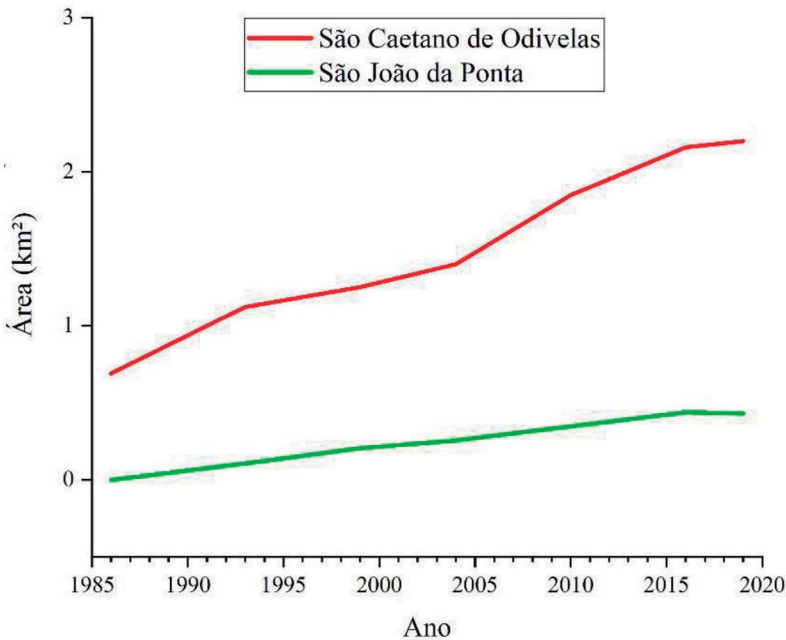
O MPS dos estuários da zona frontal das RESEX apresentou direção constante em todos os períodos analisados. Essa direção foi sempre SW-NE (figura 4), contrária à direção observada nos dados de TSM. O MPS presente nesta área é proveniente da intensa descarga do conjunto estuarino amazônico.

Figura 4 – Direção do transporte do MPS na foz do estuário do rio Pará nos anos de 1986 e 2020



A infraestrutura urbana demonstrou crescimento durante o período analisado. É possível observar o crescimento dos municípios, sendo o de São Caetano de Odivelas mais acentuado (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Crescimento da infraestrutura urbana nos municípios onde se localizam as RESEX



Todos os municípios cresceram nos limites exteriores das RESEX, exceto na ilha de São João de Ramos, pertencente ao município de São Caetano de Odivelas (Figura 5). Nessa ilha, é possível observar o surgimento de uma mancha urbana dentro da RESEX de Mocapajuba, em 1993. Naquele

ano, a mancha urbana apresentou uma área de 0,042 km². A urbanização na ilha continuou avançando nos anos posteriores. Em 2019, essa área já era de 0,143 km² (Tabela 2) (Figura 5).

Figura 5 – Crescimento de infraestrutura urbana nas adjacências das RESEX e na ilha de São João de Ramos, inserida na RESEX Mocapajuba

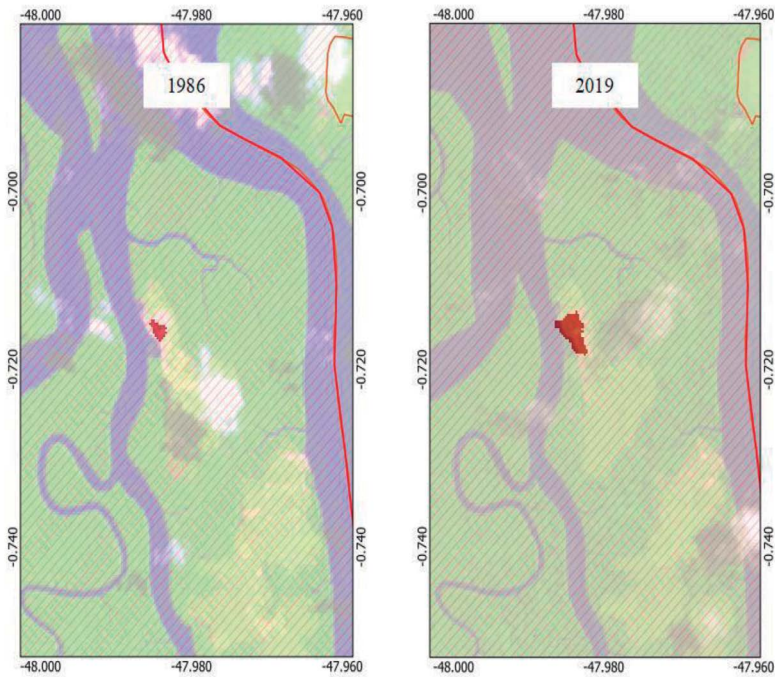


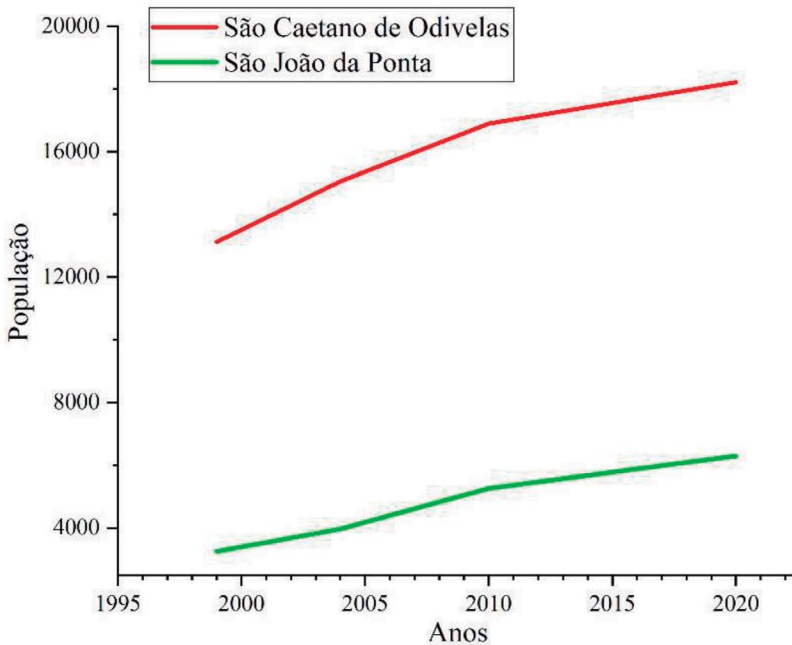
Tabela 2 – Crescimento da área urbanizada presente dentro da RESEX Mocapajuba, no município de São Caetano de Odivelas

Ano	1986	1993	1999	2004	2010	2016	2019
Área (km ²)	0	0,042	0,074	0,084	0,096	0,139	0,143

Elaborada pelos autores, 2023.

O número de habitantes também cresceu durante o período analisado (Gráfico 3) (DATASUS, 2021; IBGE, 2021). O município de São João da Ponta pouco cresceu. Sua população foi de 3.253 habitantes em 1999 para 6.294 habitantes em 2020. São Caetano de Odivelas saiu de 13.118 habitantes para 18.207 em 2020.

Gráfico 3 – Crescimento populacional dos municípios de São Caetano de Odivelas e de São João da Ponta



a) Condições de desenvolvimento de manguezais

As temperaturas da região não apresentam grandes amplitudes anuais, com média de 25,7°C. A TSM também apresenta pouca variação. Como observado nos dados de TSM, houve aumento em aproximadamente 1°C. Esse valor parece não afetar a cobertura vegetal de mangue. Na baía de Qinzhou, da China, Zhang *et al.* (2021) observaram o desenvolvimento de manguezais nos últimos 3000 anos. Nesse estudo, foi visto que os estágios de florescimento e degradação dos mangues estão relacionados aos períodos de aquecimento e frio intensos, respectivamente, ligados a grandes variações de temperatura em determinados períodos históricos. Os autores também observaram que os fatores locais (TSM, salinidade e hidrodinâmica), em pequena escala de tempo, pouco influenciaram no comportamento do manguezal.

Todas as áreas de mangue apresentaram variações, em sua maioria, na linha de costa. Isso pode demonstrar que o manguezal é influenciado pelas correntes de maré, pela descarga fluvial e por seus componentes (transporte de MPS, matéria orgânica, minerais, entre outros). Esse fato pode ser observado a partir da estabilidade dos manguezais da RESEX São João da

Ponta. Nesta, as variações não passaram dos 1,5 km², havendo apenas uma alteração maior, no ano de 2004, quando houve crescimento de 2,67 km². O referido crescimento pode estar ligado à instalação da RESEX que ocorreu no ano de 2002.

A estabilidade dos mangues localizados em partes superiores dos estuários pode ser vista na região estuarina do rio Vaza-Barris (ICMBIO, 2018), que percorre os estados brasileiros de Sergipe e Bahia. Na foz desse rio, a hidrodinâmica costeira age na mobilidade dos bancos de areia e nos processos erosivos, dificultando o estabelecimento das plântulas de mangue. As áreas mais bem constituídas e preservadas encontram-se nas ilhas que permeiam a porção interna do rio, como acontece nos mangues aqui analisados.

A distribuição e o comportamento observado nos manguezais das RESEX são semelhantes com os descritos por Hogarth (2015). Este autor explica que, em estuários dominados por maré, os manguezais formam franjas nas bordas dos estuários e na região costeira. Já nas áreas interiores, os manguezais ocupam áreas maiores, com vegetação mais bem desenvolvida, devido à menor atuação de ondas e correntes de maré e pela menor frequência de inundações.

Hogarth (2015) também explica que os manguezais atuam na retenção de sedimentos carregados pelas correntes de maré. Entretanto, tais correntes também removem material dos manguezais, fazendo com que o fluxo de detritos nessas áreas seja bidirecional. Este evento é observado na área de estudo. Os sedimentos vindos dos estuários dos rios Pará, Mocajuba, Mojuim, Curuçá e Marapanim são depositados e retrabalhados na zona costeira. Entretanto, é sabido que a região está sob processo erosivo, provocado por um momento transgressivo, de subida do nível do mar (El-Robrini *et al.*, 2018).

Assim, no momento em que os propágulos são desafixados da planta mãe, eles podem permanecer na mesma área (nos casos das partes mais interiores) ou podem ser carregados para áreas distantes (no caso das áreas mais costeiras das RESEX). Os propágulos deste segundo caso podem fixar-se em novas áreas, gerando novos manguezais, ou podem ser perdidos.

b) Dinâmica ambiental dentro das RESEX

A RESEX de Mocajuba apresenta a maior área de mangue e uma dinâmica vegetal própria. Essa dinâmica pode ser explicada por sua proximidade com a foz do Estuário do Rio Pará. Este estuário apresenta alta

hidrodinâmica, intensa descarga fluvial ($104 \text{ m}^3/\text{s}$) e abastece a plataforma continental com sedimentos finos (silte e argila) transportados pela pluma estuarina (Prestes *et al.*, 2014). A quantidade de material transportada aumenta, principalmente, durante os períodos de maior descarga fluvial, no período chuvoso (Mascarenhas *et al.*, 2016). A pluma fluvial percorre distâncias que vão de 150 a 250 km, durante os períodos de quadratura e de sizígia, respectivamente, a partir da costa. Esse espalhamento da pluma acaba interferindo diretamente em todos os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos da plataforma continental amazônica e, conseqüentemente, nos ambientes que nela se encontram, incluindo as RESEX.

Ranieri e El-Robrini (2012) observaram a característica erosiva da praia da Romana, região norte da RESEX Mãe Grande de Curuçá (Leste da RESEX Mocapajuba). Os autores observaram que a costa é alterada pela intensa atividade de ondas e correntes de maré, principalmente durante o período chuvoso. Nesta região, os manguezais não sofreram alteração por estarem atrás do cordão arenoso da praia da Romana. Entretanto, foi possível observar as condições descritas pelos autores, pelas quais a hidrodinâmica força os sedimentos para oeste. Este sedimento pode estar se acumulando na região mais interna da foz do estuário do rio Mocajuba, visto que há o surgimento de novas áreas de mangue na região.

Kjerfve *et al.* (2002) descrevem a região como uma costa plana, com as marés como principais controladores dos manguezais. A inundação provocada pelas marés de sizígia inunda a área e são responsáveis pelos processos erosivos, juntamente com as fortes correntes de maré. Entretanto, essa dinâmica sedimentar de erosão, transporte e deposição mantém o equilíbrio do sistema de manguezais.

Ainda, a salinidade determina o comportamento dos manguezais nas RESEX. A grande descarga do Estuário do rio Pará ($104 \text{ m}^3/\text{s}$) não impede a entrada de águas salinas no estuário. Mascarenhas *et al.* (2016) demonstram que a salinidade neste local tem média de 5.9 durante o período chuvoso e 28.8 durante o seco. Valentim, Monteiro e Rollnic (2018) relatam que a salinidade média anual no estuário do rio Mojuim é de 26.95 ± 0.98 na foz e 1.15 ± 1.89 50 km a montante. Esta salinidade é de extrema importância para a presença dos manguezais, pois reduz a competitividade por espaço, visto que muitas espécies vegetais não possuem a resistência dos mangues às elevadas taxas de salinidade (Robertson; Alongi, 1992).

c) Atuação antrópica

Sobre o uso e a cobertura do solo, Silva, Silva e Lima (2020) apontam que o município de São João da Ponta apresenta um tímido processo de urbanização, porém com avanço de atividade agropecuária nas zonas próximas à RESEX. Esses fatores, somados ao relevo ondulado e ao solo composto por depósitos estuarinos com cotas altimétricas baixas, fazem com que a região seja considerada de alta vulnerabilidade. Tais características demonstram que a área da RESEX passa por eventuais inundações, havendo também ocorrência de processos erosivos e de assoreamento. Entretanto, os manguezais aparentam servir como amortecedores desses eventos, visto que estes sofreram pouca alteração no período analisado. Pode-se afirmar que os manguezais da RESEX São João da Ponta têm desempenhado um papel de estabilização do ambiente costeiro. Contudo, há de se atentar ao processo agropecuário na região, pois este pode afetar os manguezais de forma irreversível, seja através do desmatamento seja através do despejo de fertilizantes e agrotóxicos próximos às áreas de mangue.

Teles e Pimentel (2018) afirmam que há ocorrências de atividades danosas no entorno das RESEX. Entre as atividades mais recorrentes estão as queimadas, o acúmulo de resíduos sólidos e o desmatamento. As autoras afirmam não haver plano de ações ambientais para inibir tais práticas, pois a questão ambiental não é prioridade do Poder Público local. Em entrevista com os moradores da região próxima ao estuário do rio Mocajuba, foi observado o crescimento de áreas desmatadas nas proximidades do estuário, conseqüentemente, dentro da RESEX Mocapajuba. Essas áreas também são utilizadas para produção agrícola, como observado por Silva, Silva e Lima (2020) em São João da Ponta. No local, também é desenvolvida a ostreicultura, na margem direita do estuário Mocajuba (município de Curuçá). Esta atividade necessita da ocorrência de manguezais.

Marques *et al.* (2019) afirmam que pessoas de outros municípios instalam-se na região em busca de maior sucesso na pesca artesanal e na extração de caranguejo, mariscos, ostras e outros. Estes autores afirmam também que inexistem políticas que promovam o conhecimento de direitos e deveres dos moradores para com o ambiente, fazendo com que grande parte da população desconheça o que é uma RESEX e qual sua função. Há até mesmo relato de moradores afirmando que a RESEX não está em pleno funcionamento.

d) Medidas de preservação e conservação

Em 2018, diante do aumento de eventos extremos provocados pelas alterações climáticas, o Ministério do Meio Ambiente em conjunto com instituições acadêmicas brasileiras propôs a criação do *Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa*, PROCOSTA (Brasil, 2018). Esse é um programa de planejamento e gestão da zona costeira que buscará solucionar a falta de dados confiáveis em escala nacional, onde esses dados serão utilizados para auxiliar na compreensão atual da zona costeira e contribuirá nas medidas mitigatórias (Brasil, 2021).

O projeto de Monitoramento e Gestão para a Conservação da Linha de Costa (projeto 4 do PROCOSTA) prevê um monitoramento contínuo da linha de costa para proteger os ambientes naturais, onde se incluem os manguezais. Entre as ações adotadas pelo PROCOSTA estão acordos de incentivo para conservação e manejo efetivo das áreas protegidas. Além do monitoramento, o PROCOSTA prevê um sistema de valoração e pagamento por serviços ambientais fornecidos por ecossistemas costeiros preservados (Brasil, 2018).

A conservação das zonas costeiras e de seus ambientes tem se tornado o foco das discussões ambientais com a implementação dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável e a Década dos Oceanos. O objetivo 14, denominado “Vida na Água”, prevê a conservação e o uso dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Este objetivo geral inclui a redução da poluição marinha, o combate à acidificação dos oceanos, o combate à sobrepesca, a conservação de zonas costeiras e marinhas e o aumento no conhecimento científico e tecnológico, a fim de melhorar a saúde dos oceanos.

Apesar de existirem, na forma de legislação, as medidas de conservação das RESEX ainda são ineficientes. Os fatores que ameaçam a preservação das RESEX incluem: a falta de apoio dos órgãos governamentais, a pouca ou a inexistente fiscalização e a falta de conscientização das comunidades adjacentes (Santos *et al.*, 2020). A fiscalização é de suma importância para a preservação, não só dos mangues, mas também de todas as comunidades vegetais e animais que se tornam alvo da caça, da pesca ou do cultivo.

A integração da população com o espaço natural também deve ocorrer. O investimento em educação e conscientização ambiental é a

chave para a manutenção de um ambiente natural saudável. As imagens demonstram que a maior parte das RESEX encontra-se bem conservada em relação ao uso antrópico. Entretanto, Santos *et al.* (2020) revelam que, na RESEX Mocapajuba, o alto índice de desinteresse da população mais jovem em manter as tradições existentes e a pouca atuação pública dificultam o desenvolvimento da região.

Também devem observar os limites das RESEX em relação ao crescimento urbano desordenado. Silva, Silva e Lima (2020) observam que o avanço da urbanização em áreas impróprias no município de São João da Ponta vem crescendo. Este fato é preocupante, dado que os autores destacam que a RESEX do município apresenta baixa resiliência devido às suas características naturais. O mesmo pode ser observado no crescimento do vilarejo de São João de Ramos, que se desenvolve exponencialmente dentro da RESEX Mocapajuba.

5 CONCLUSÃO

Os manguezais presentes nas RESEX próximas à foz do Estuário do rio Pará fazem parte do maior e mais bem preservado cinturão de manguezais do planeta. A hidrodinâmica promovida pelos estuários da região faz com que estes manguezais tenham comportamentos variados, de perda e de crescimento da sua área de cobertura. Entretanto, esses manguezais encontram estabilidade nas condições naturais do local, tais como: a salinidade e o aporte de sedimentos e nutrientes. Apesar de estes manguezais estarem amparados pelas RESEX, ainda há ameaças para o seu desenvolvimento, principalmente na questão antrópica. A pressão antrópica que toma forma na poluição ambiental, no crescimento urbano desordenado e na destruição de ambientes ainda ocorre de maneira tímida.

Entretanto, a falta de fiscalização e incentivo para conservação permite que essa pressão ganhe maiores proporções com o passar do tempo. Um estudo mais completo deve ser realizado para melhor compreender a dinâmica ambiental que atua sobre as RESEX, os manguezais e os outros ambientes interligados, assim como deve haver maior fiscalização das atividades urbanas e rurais e conscientização ambiental da população adjacentes em relação à importância das RESEX.

REFERÊNCIAS

- ASP, N. E.; GOMES, V. J. C.; SCHETTINI, C. A. F.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; SIEGLE, E.; OGSTON, A. S.; NITTROUER, C. A.; SILVA, J. N. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, W. R.; SOUZA, S. R.; PEREIRA, L. C. C.; QUEIROZ, M. C. Sediment dynamics of a tropical tide-dominated estuary: Turbidity maximum, mangroves and the role of the Amazon River sediment load. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, [s. l.], Vol. 214, p. 10-24, 2018.
- BERREDO, J. F.; COSTA, M. L.; PROGENE, M. P. S. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. **Acta Amaz.**, Manaus, 38 (3), 473-482. 2008.
- BRASIL. Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivos/gestao_territorial/Procosta/PROCOSTA-versao_digital.pdf. Acesso em: 06 dez. 2021.
- BRASIL. Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA). Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2021.
- CHM. Tábuas de maré. Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, Niterói, 2022. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- COHEN, M. C.; DE SOUZA, A. V.; ROSSETTI, D. F.; PESSENDA, L. C.; FRANÇA, M. C. Decadal-scale dynamics of an Amazonian mangrove caused by climate and sea level changes: Inferences from spatial-temporal analysis and digital elevation models. **Earth Surface Processes and Landforms**, [s. l.] Vol. 43. No. 14, p. 2876-2888, 2018.
- COP 27: BNDES e Petrobras lançam edital para projetos de recuperação de manguezais. **O Liberal**, Belém, 17 nov. 2022. Disponível em: <https://www.oliberal.com/cop-27/cop-27-bndes-e-petrobras-lancam-edital-para-projetos-de-recuperacao-de-manguezais-1.613892>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- COSTA, F. F.; DIAS, J. C.; LIMA, W. N. Avaliação hidrogeoquímica em áreas selecionadas na bacia hidrográfica do Rio Maracanã (Nordeste do Pará). **Holos Environment**, [s. l.], Vol. 9, No. 2, p. 167-182, 2009.

DATASUS. TabNet: tecnologia da informação a serviço do SUS. DATASUS, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defptohtm.exe?ibge/cnv/poppa.def> Acesso em: 11 out. 2010.

EL-ROBRINI, M.; SILVA, P. V. M.; GUERREIRO, J. S.; RANIERI, L. A.; ALVES, M. A. M.; DA SILVA, M. S. F. Panorama da Erosão Costeira do Estado do Pará. *In: MUEHE, D. (org.). Panorama da erosão costeira do estado do Pará.* Brasília, DF: MMA, 2018. v. 1, p. 65-166.

FERNANDES, M. E. B. **Os manguezais da costa norte brasileira.** Belém: Laboratório de Ecologia de Manguezal-LAMA, 2016. v. 3.

FERNANDES, M. E. B.; OLIVEIRA, F. P.; EYZAGUIRRE, I. A. L. Mangroves on the Brazilian Amazon coast: Uses and rehabilitation. *In: MAKOWSKI, C.; FINKL, C. (ed.). Threats to Mangrove Forests: hazards, vulnerability, and management.* Berlin: Springer, 2018. p. 621-625.

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, [s. l.], Vol. 125, p. 38-46, 2016.

FILIPPE, M. COP 27: agenda de adaptação visa impactar 4 bilhões de pessoas em comunidades vulneráveis ao clima. **Exame**, São Paulo, 8 nov. 2022. Disponível em: <https://exame.com/esg/cop27-agenda-de-adaptacao-visa-impactar-4-bilhoes-de-pessoas-em-comunidades-vulneraveis-ao-clima/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

HOGARTH, P. J. **The biology of mangroves and seagrasses.** Oxford: Oxford University Press, 2015.

IBGE. Panorama. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em: 17 out. 2021.

ICMBIO. Atlas dos Manguezais do Brasil. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, Brasília, DF, 2018 Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 19 maio 2020.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil. **Instituto Nacional de Meteorologia**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 02 abr. 2022.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T.; MOCHEL, F. R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. *In*: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J.-A. (ed.). **Muddy Coast of the World: processes, deposits and function**. Amsterdam: Elsevier, 2002. v. 4, p. 479-532.

LOBO, F.; PEIXOTO, H.; BORBA, T.; MONTEIRO, S.; ROLLNIC, M. Multitemporal Variability in the Morphodynamics of a River-Estuarine Island. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], Vol. 95, p. 865-869, 2020.

MAGRIS, R. A.; BARRETO, R. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, [s. l.], Vol. 5, No. 4, p. 546-556, 2010.

MARQUES, F. C. M. S.; PAUNGARTEN, S. P. L.; VIEGAS, J. A. S.; SILVA, D. C. C. Ordenamento territorial da comunidade cachoeira na reserva extrativista marinha mocapajuba em São Caetano de Odivelas – Pará. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA: GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS, 18., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: UFC, 2019. p. 1-13.

MASCARENHAS, A. C.; GOMES, G. S.; LIMA, A. P.; SILVA, H. K.; SANTANA, L. S.; ROSÁRIO, R. P.; ROLLNIC, M. Seasonal variations of the Amazon River plume with focus on the Eastern sector. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], Vol. 75, No. 10075, p. 532-536, 2016.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2012.

NAÇÕES UNIDAS. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14. **Nações Unidas Brasil**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/14>. Acesso em: 31 out. 2020.

NASA. Giovanni. **Earth Data**, [s. l.], s.d. Disponível em: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Acesso em: 10 set. 2021.

NOVA, F. V. P. V.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P.; SANTANA, N. M. G. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no monitoramento dos manguezais: litoral sul de Pernambuco–Brasil. **Geografares**, Vitória, ES, n. 15, p. 36-67, 2013.

PEREIRA L. C. C.; DIAS J. A.; CARMO J. A.; POLETTE M. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 3-7, 2009.

PRESTES, Y. O.; ROLLNIC, M.; SILVA, M. S.; ROSÁRIO, R. P. Volume transport in the tidal limit of the Pará River, Brazil. *In: PHYSICS OF ESTUARIES AND COASTAL SEAS CONFERENCE*, 17., 2014 Porto de Galinhas. **Proceedings** [...]. Porto de Galinhas: UFPE, 2014. p. 1-12.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Comportamento morfodinâmico sazonal da praia da Romana, Ilha dos Guarás (NE do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 39, n. 3, p. 231-246, 2012

RANIERI L. A.; EL-ROBRINI M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 207-226, 2015.

ROBERTSON, A. I.; ALONGI, D. M. **Tropical mangrove ecosystems**. New York: American Geophysical Union, 1992.

SANTOS, M. C.; CANTO, O.; BASTOS, R. Z.; FENZL, N.; TUPIASSU, L.; SOMBRA, D. Conflito e gestão ambiental na zona costeira amazônica: O caso da vila do Camará, reserva extrativista (RESEX) marinha mestre lucindo, Marapanim-Pará-Amazônia-Brasil/Conflict and environmental management in the amazon coastal zone: The case of village of Camará, extrativist reserve (RESEX) marinha mestre lucindo, Marapanim-Pará-Amazônia-Brazil. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], Vol. 6, No, 3, p. 15607-15617, 2020.

SILVA, C. A.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; RODRIGUES, S. W. Morphology and modern sedimentary deposits of the macrotidal Marapanim estuary (Amazon, Brazil). **Continental Shelf Research**, [s. l.], Vol. 29, No. 3, p. 619-631, 2009.

SILVA, M. V. S.; SILVA, B. C. S.; LIMA, I. F. Análise da vulnerabilidade ambiental do município São João da Ponta, Pará: o uso do geoprocessamento na gestão de unidades de conservação. **Revista Cerrados**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 159-188, 2020.

SOUSA, R. C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M.; JIMÉNEZ, J. A. Management of estuarine beaches on the Amazon coast though the application of recreational carrying capacity indices. **Tourism Management**, [s. l.], Vol. 59, p. 216-225, 2017.

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 427-435, 2005.

TELES, G. C.; PIMENTEL, M. A. D. S. Análise de conflitos sócioambientais nas Reservas Extrativistas de São João da Ponta e Curuçá-PA. **Geoambiente**, [s. l.], v. 31, p. 193-211, 2018.

USGS. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. **United States Geological Survey**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> Acesso em: 7 set. 2020.

USGS. Home. **United States Geological Survey**, [s. l.], s.d. Disponível em: <https://landsatlook.usgs.gov/>. Acesso em: 7 set. 2020.

VALENTIM, M.; MONTEIRO, S.; ROLLNIC, M. The influence of seasonality on haline zones in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], Vol. 85, No. 10085, p. 76-80, 2018.

VALERIO, A. M.; KAMPEL, M.; VANTREPOTTE, V.; WARD, N. D.; SAWAKUCHI, H. O.; LESS, D. F.; NEU, V.; CUNHA, A. C.; RICHEY, J. E. Algoritmo regional para estimativa do material particulado em suspensão no baixo Amazonas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19, 2019, Santos, SP. **Anais [...]**. Santos, SP: INPE, 2019. p. 1-4.

ZHANG, Y.; MENG, X.; XIA, P.; LI, Z. Response of Mangrove Development to Air Temperature Variation Over the Past 3000 Years in Qinzhou Bay, Tropical China. **Frontiers in Earth Science**, [s. l.], Vol. 9, p. 397, 2021.