

# DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL (1986-2020) DE MANGUEZAIS DE RESEXs NA COSTA ATLÂNTICA PARAENSE (AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL)

*Spatial-temporal dynamics (1986-2020) of mangrove in RESEXs on the Atlantic Coast of Pará (Eastern Amazon, Brazil)*

**Herbert Junior Campos Peixoto**

Mestre em Oceanografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Brasil.

[herbertjrr@gmail.com](mailto:herbertjrr@gmail.com)

**Maamar El-Robrini**

Doutor em Geologia Marinha. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Brasil.

[robrini@ufpa.br](mailto:robrini@ufpa.br)

Recebido: 05/10/2025

Aceito: 20/11/2025

## Resumo

Os manguezais desempenham funções ecossistêmicas: sumidouros de carbono, “berçário” de populações bióticas e de proteção da costa contra os eventos extremos e fonte de renda para as comunidades costeiras. A Costa Atlântica Paraense (CAP) abriga manguezais bem preservados, onde algumas destas áreas estão inseridas em reservas extrativistas (RESEXs). O artigo analisa a variabilidade espaço-temporal de manguezais inseridos em RESEXs da CAP. A metodologia adotada consiste na: (1) aquisição e tratamento de imagens de satélite Landsat 5, 7 e 8 (1986 a 2020) e de dados de temperatura da superfície do mar (TSM) e de material particulado em suspensão (MPS), (2) quantificação e comparação de áreas de manguezais das RESEXs de Mãe Grande de Curuçá e Mestre Lucindo. A partir do *plugin* *mapbiomas collection*, foi observada a expansão urbana nas RESEXs e sua interação com os manguezais. O manguezal variou, em expansão, com crescimento máximo de 14,82 km<sup>2</sup> e 9,66 km<sup>2</sup> e redução de 5,25 km<sup>2</sup> e 3,24 km<sup>2</sup> em Mãe Grande de Curuçá e Mestre Lucindo, respectivamente. Pouco foi alterado na parte interna dos manguezais das RESEXs. Apesar da infraestrutura urbana apresentar crescimento (4,79 km<sup>2</sup> em Curuçá e 4,64 km<sup>2</sup> em Marapanim), as maiores alterações ocorreram na faixa litorânea do manguezal, distante das áreas urbanizadas. O crescimento urbano desordenado pode afetar os manguezais e as RESEXs, caso não haja medidas mitigatórias efetivas.

**Palavras-chave:** Manguezais, Geotecnologias, Costa Atlântica Paraense,

## Abstract

Mangroves perform ecosystem functions: carbon sinks, a “nursery” for biotic populations, protection of the coast against extreme events and a source of income for coastal communities. The Para Atlantic Coast (CAP) is home to well-preserved mangroves, some of which are part of extractive reserves (RESEXs). The article analyzes the spatio-temporal variability of mangroves in RESEXs in the CAP. The methodology adopted consists of: (1)

acquisition and processing of Landsat 5, 7 and 8 satellite images (1986 to 2020) and sea surface temperature (SST) and suspended particulate matter (SPM) data, (2) quantification and comparison of mangrove areas in the Mãe Grande de Curuçá and Mestre Lucindo RESEXs. Using the mapbiomas collection plugin, the urban expansion in the RESEXs and their interaction with the mangroves were observed. The mangroves varied in expansion, with maximum growth of 14.82 km<sup>2</sup> and 9.66 km<sup>2</sup> and a reduction of 5.25 km<sup>2</sup> and 3.24 km<sup>2</sup> in Mãe Grande de Curuçá and Mestre Lucindo, respectively. Little has changed in the inner part of the mangroves of the RESEXs. Although the urban infrastructure showed growth (4.79 km<sup>2</sup> in Curuçá and 4.64 km<sup>2</sup> in Marapanim), the greatest changes occurred in the coastal strip of the mangrove, far from the urbanized areas. Disorganized urban growth can affect mangroves and RESEXs without effective mitigation measures.

**Keywords:** Mangroves, Geotechnologies, Atlantic coast of Pará.

---

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são áreas altamente dinâmicas e complexas devido à atuação direta de processos naturais de origem continental (neotectônica, e descarga fluvial), oceânica (ondas, marés e correntes) e atmosférica (ventos, precipitação e tempestades) (Ranieri e El-Robrini 2015). Somados a interferência humana, estes processos modelam continuamente as características das zonas costeiras. Na região norte do Brasil está localizada a Costa Atlântica Paraense (CAP). Esta se desenvolve de forma rápida e desordenada, provocando problemas de caráter socioambiental, tais como ocupação de áreas de risco, desmatamento e poluição, que acabam impactando os diversos ambientes nela encontrados como planícies de maré, lagoas, lagoas, deltas, dunas, estuários, ilhas, praias e manguezais (Pereira *et al.*, 2009).

O ambiente costeiro sofre mudanças como substituição de dunas e vegetação nativa e, também fenômenos como a erosão costeira, por não estarem preparados para receber os efeitos de investimentos em infraestruturas rodoviárias, urbanização e turismo balnear de forma rápida e massiva (Almeida e Jardim, 2018).

Segundo El-Robrini *et al.* (2018) na CAP é registrado o crescimento desordenado e especulação imobiliária, aterramento de manguezais, pesca e exploração indiscriminada de minerais de classe 2, tais como areia e cascalho. Estes efeitos são originados nas decisões do poder público de gerar desenvolvimento socioeconômico nestas áreas desconsiderando a preservação do espaço.

Além dos pontos citados anteriormente, os autores destacam as forças naturais atuando na alteração do ambiente, como a erosão e/ou acreção costeira. As medidas de preservação adotadas, como a criação de unidades de conservação, não são totalmente

capazes de interromper a degradação ambiental, principalmente das florestas de manguezal. Assim, essa degradação se dá principalmente pelo avanço da ocupação antrópica e pela exploração desenfreada dos recursos naturais destas áreas: Magris e Barreto (2010), Ferreira e Lacerda (2016).

A zona costeira é altamente dinâmica, onde as mudanças ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais. Ao longo de qualquer trecho costeiro arenoso, mudanças na posição da linha de costa (erosão ou acreção) são esperadas e ocorrem em resposta às variações do nível do mar, do balanço sedimentar e das condições hidrodinâmicas (Lira *et al.*, 2016). A compreensão desses processos é de grande valor/importância para o planejamento do uso sustentável da zona costeira, considerada patrimônio natural e econômico, que abriga 60 % da população mundial e é palco de atividades socioeconômicas, com grande potencial de impacto na dinâmica sedimentar. As atividades humanas e a ocupação estão crescendo nas áreas costeiras, onde os problemas e desafios de gestão também aumentam devido à necessidade de acomodar tanto as mudanças costeiras quanto a ocupação (Lira *et al.*, 2016).

As mudanças costeiras por atividades antrópicas e fenômenos naturais são preocupações a nível global, o que levou a proposição da Década das Ciências Oceânicas, ou Década dos Oceanos, pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2017 (UNESCO, 2021). Essa década, de 2021 a 2030, tem como objetivo reduzir a degradação ambiental dos oceanos e regiões costeiras através da integração da cooperação e esforços científicos e políticos (Nações Unidas, 2020).

As Reservas Extrativistas (RESEXs) são unidades de conservação de uso sustentável, utilizadas pelas populações extrativistas locais para subsistência, sendo estabelecidas com objetivo de proteger os meios de vida e cultura das populações, além de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais nelas presente. De acordo com Pimentel (2019) as RESEXs atenuam os impactos ambientais por uso predatório de recursos ecológicos, estabelecendo uma gestão integrada e participativa entre instituições governamentais e populações extrativistas. Nesse contexto, as RESEXs emergem como instrumentos estratégicos alinhados aos princípios da Década dos Oceanos, ao promoverem a conservação de ecossistemas marinhos e costeiros associada ao uso sustentável dos recursos naturais pelas populações tradicionais, contribuindo diretamente para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos na Agenda 2030.

A intensa dinâmica costeira local influencia diretamente na cobertura vegetal dos manguezais, visto que a região apresenta trechos com tendências de erosão e/ou de acresção, assim como a ocorrência desses fenômenos influenciados pela sazonalidade local: El Robrini *et al.* (2018), Cohen *et al.* (2018).

Os cinco requisitos para o melhor desenvolvimento dos manguezais. Estes são: (1) Temperaturas tropicais, superiores a 20°C e com amplitude anual de até 5°C; (2) Substratos lodosos com alto teor de matéria orgânica; (3) Áreas livres da forte ação de maré; (4) Água salgada (que contribui na competição com espécies que não toleram salinidade); (5) Elevada amplitude de maré (Walsh, 1974). Os manguezais são ecossistemas que oferecem uma variedade de serviços ecossistêmicos: ciclo de nutrientes, habitat, alimento para inúmeras espécies, proteção costeira e hotspots para armazenamento de carbono (Owuor *et al.*, 2024) podendo armazenar grandes quantidades de carbono - 11,7 petagramas (Pg), com 10,2 Pg (87%) no solo (Kauffman *et al.*, 2020). Os manguezais amazônicos são reconhecidos como algumas das florestas mais ricas em carbono do mundo, pois sua capacidade de acumular e reter carbono é de até 4 vezes maior do que a da Floresta Amazônica de terras altas (Kauffman *et al.*, 2018). Entretanto, de acordo com Ruiz *et al.* (2024, os manguezais amazônicos enfrentam uma taxa de perda alarmante de 0,12%/ano, representando a emissão de quase 1 Tg CO<sub>2</sub> e ano<sup>-18</sup>.

Diversos estudos sobre as características biológicas dos manguezais foram realizados no Setor 5 da Costa Atlântica Paraense (CAP) (Menezes *et al.*, 2008; Magris, Barreto, 2010; Fernandes, 2016; Fernandes, 2018, Owuor *et al.*, 2024; Amaral *et al.*, 2025; Gomes *et al.*, 2025). Entretanto, poucos foram focados no monitoramento utilizando técnicas de geoprocessamento. Monitorar a dinâmica de manguezais a partir das modificações em sua cobertura vegetal é de fundamental importância, pois sua distribuição e densidade determinam a qualidade do ambiente (Nova *et al.*, 2013), visto que os manguezais funcionam como um berçário natural para diversas espécies, além de agir como um manto protetor dos recursos naturais do ambiente e da própria zona costeira (Mittra, 2013). Além disso, os manguezais tem grande participação no ciclo do carbono azul (*blue carbon*), visto que esse ecossistema tem capacidade de sequestrar e armazenar enormes quantidades de carbono atmosférico e oceânico, atuando de forma importante na mitigação das mudanças climáticas (Cohen *et al.*, 2018).

Nas regiões norte e nordeste, entre a baía do Marajó (Pará) e a baía de São José (Maranhão), encontra-se a maior e mais bem preservada área de manguezais do Brasil, ocupando 7.591 km<sup>2</sup>, equivalente a 56,6% dos 13.400km<sup>2</sup> de área total de manguezais

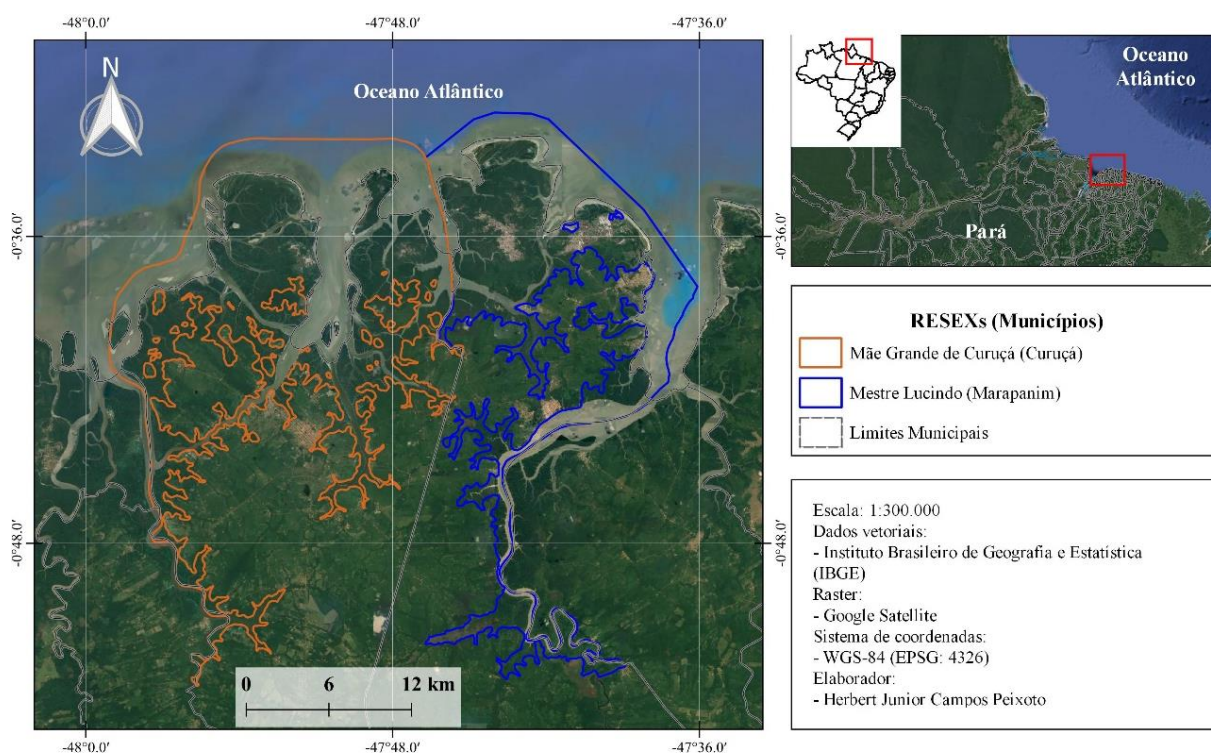
presentes em todo o país (Souza Filho, 2005). Em um estudo posterior, Giri *et al.* (2011) observaram que a área de manguezais ocupava 9.626,83 km<sup>2</sup>. Segundo o ICMBIO (2020) 27,92% dos manguezais de todo o Brasil está no estado do Pará. Esta grande ocorrência se dá devido as condições ambientais da região, principalmente nos setores Flúvio-marítimo e CAP, que apresenta uma costa de “falsas rias” com clima quente e úmido e regime de macromaré com alturas de 3,5 a 6 m durante a quadratura e sizígia, respectivamente (CHM, 2025). Segundo Fernandes (2016), as espécies arbóreas de mangue presentes na CAP 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 as famílias *Fabaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Bignoneaceae*, *Aracaceae* e *Araceae*.

Os manguezais constituem ecossistemas costeiros de elevada relevância ecológica, socioeconômica e ambiental, desempenhando papel fundamental como áreas de berçário para espécies estuarinas e oceânicas, além de proverem serviços ecossistêmicos essenciais à manutenção da biodiversidade e à subsistência de comunidades tradicionais dependentes da pesca artesanal. Esses ambientes sustentam a exploração de recursos naturais estratégicos, destacando-se as espécies vegetais *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, bem como o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), além de atividades associadas à pesca e à ostreicultura (Fernandes *et al.*, 2018). Ademais, os manguezais atuam como importantes barreiras naturais frente aos processos de elevação do nível do mar e de erosão costeira, contribuindo para a estabilidade geomorfológica das zonas costeiras e para a redução da vulnerabilidade ambiental.

Diante da intensificação das pressões antrópicas e das mudanças ambientais globais, torna-se imprescindível o aprofundamento de estudos que avaliem a dinâmica espaço-temporal desses ecossistemas, especialmente em áreas sob regimes diferenciados de proteção ambiental, como as Reservas Extrativistas (RESEXs). Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal das áreas de manguezal inseridas nas RESEXs Mãe Grande de Curuçá e Mestre Lucindo, localizadas na Zona Costeira do Pará (ZCP), no período de 1986 a 2020 (34 anos). Busca-se, especificamente, verificar: (1) se a presença das RESEXs tem contribuído para a proteção e conservação dos manguezais da região; (2) se as variações observadas, expressas pela redução e/ou expansão das áreas de mangue, são predominantemente influenciadas por fatores antrópicos ou ambientais; e (3) se a influência antrópica exerce impactos de grande magnitude sobre as RESEXs analisadas.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A ZCP subdivide-se em cinco setores, de acordo com a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) do Estado do Pará (SEMAS, 2020). Estes setores são: Marajó Ocidental, Marajó Oriental, Continental Estuarino, Flúvio-marítimo e CAP. Este artigo apresenta os resultados do estudo realizado nas RESEX localizadas entre os municípios de São Caetano de Odivelas ( $-0.709801^\circ$ ,  $-48.076886^\circ$ ) e Marapanim ( $-0.601205^\circ$ ,  $-47.651238^\circ$ ) (Figura 1), no setor Flúvio-marítimo da CAP, distando, 140 km de Belém (Capital do Estado do Pará), podendo ser acessada através das rodovias PA-136, PA-140 e BR-316. As RESEXs analisadas neste artigo são Mãe Grande de Curuçá (366,79 km<sup>2</sup>, instalada em 13/02/2002) e Mestre Lucindo (264,65 km<sup>2</sup>, instalada em 10/10/2014).



**Figura 1** - Localização das RESEXs Mãe Grande de Curuçá (município de Curuçá) e Mestre Lucindo (município de Marapanim).

**Fonte:** Autores.

O clima da região é equatorial úmido, com temperatura média anual de 25,7 °C e umidade relativa do ar oscilante entre 80 a 91%, por consequência do regime pluviométrico da região. Os índices pluviométricos são elevados, tendo precipitação média anual em torno de 3.000 mm/ano (INMET, 2025).

A região norte não apresenta estações bem definidas, porém, podem-se observar duas épocas com características distintas: o período chuvoso, entre os meses de dezembro

a junho, e o seco, de julho a novembro. Segundo El-Robrini *et al.* (2018), esta sazonalidade se dá pelo deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a região durante o período chuvoso.

A região também é influenciada pelo ENSO (El Niño–Southern Oscillation). O El Niño provoca diminuição do índice pluviométrico e da intensidade dos ventos na região amazônica, devido o deslocamento da célula de Walker no Oceano Pacífico, o que inibe a formação de atividades convectivas (Nobre e Rennó, 1985; Nobre e Oliveira, 1987), já La Niña apresenta efeito inverso, ocasionando precipitação abundante e ventos intensos na região (Lobo *et al.*, 2020). Durante o período escolhido para a pesquisa houve a ocorrência dos dois fenômenos, com intensidade de fraca a moderada (Tabela 1).

**Tabela 1:** Ocorrências e intensidades dos eventos El Niño e La Niña durante o período analisado (CPTEC, 2021).

Anos	El Niño	La Niña
1986 / 1987	Moderado	-
1987 / 1988	Forte	-
1988 / 1989	-	Moderada
1991 / 1992	Forte	-
1992 / 1993	Fraco	-
1997 / 1998	Forte	-
1998 / 1999	-	Fraca
1999 / 2000	-	Moderada
2002 / 2003	Moderado	-
2006 / 2007	Moderado	-
2007 / 2008	-	Moderada
2009 / 2010	Moderado	-
2010 / 2011	-	Moderada
2015 / 2016	Forte	-
2017 / 2018	-	Moderada

Fonte: Autores.

Esta área é marcada por ser um ambiente fluviomarinho, dominado por macromaré semidiurna, com altura que varia de 5.5m (máximo) a 0.0m (mínimo) (CHM, 2025). As correntes de maré apresentam velocidades de 1.13 m.s<sup>-1</sup> a 1.44 m.s<sup>-1</sup> durante a sizígia e 0.59 m.s<sup>-1</sup> a 0.76 m.s<sup>-1</sup> durante a quadratura (Silva *et al.*, 2009) e a vazão hídrica dos rios nesta área varia entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Costa *et al.*, 2009). Os estuários localizados na região possuem formato afunilado, com águas extremamente misturadas, resultantes da marés e ondas baixas (altura < 1,5 m) e de energia moderada (Sousa *et al.*, 2017). De

acordo com El Robrini *et al.* (2018), esta região se enquadra no Estuário Médio ou Zona de Mistura (ZM, adotando a classificação de Miranda *et al.*, 2002). A hidrodinâmica da costa, assim como grande parte do ecossistema marinho local, é influenciada pela Corrente Norte do Brasil (CNB), que atinge velocidades entre 0.5 e 1.0 m. s<sup>-1</sup> próxima a área de estudo (Lara, 2003; Mascarenhas *et al.*, 2016).

De acordo com Berredo *et al.* (2008), as águas da 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 período 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.

Segundo El-Robrini *et al.* (2018), a CAP é subdividida em dois grandes setores distintos, delimitados pelo Estuário do Rio Pará. O primeiro, a oeste, é caracterizado por terrenos altos e estreitos vales estuarinos esculpidos nos sedimentos do Grupo Barreiras. O segundo, a leste, é marcado por uma costa baixa, esculpida em depósitos holocênicos e dominada por amplas planícies de manguezais e "falsas-rias", com vales afogados, onde localiza-se a Planície Costeira paraense. Esta planície estende-se 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 Planície Costeira paraense é composta por planícies lamosas (manguezais), arenosas (praias, dunas e paleo-dunas) e estuarinas (estuários, canais de maré e barras em pontal). Estas feições são marcadas pela expressiva dinâmica costeira. A costa é modelada pela ação de ondas de pequena altura (menores que 1,5 m) (Sousa *et al.*, 2017), de energia moderada e fortes correntes de maré (6 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) (Santos, 2016) que transportam sedimentos da plataforma continental interna em direção a costa (Sousa *et al.*, 2017).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para visualizar as mudanças espaciais do manguezal fez-se necessário o uso de imagens de satélite e de dados históricos ambientais. Foram utilizadas imagens de satélites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) e Landsat 8 (OLI), através da composição colorida R4G3B2 (Landsat 5 e 7) e R5G4B3 (Landsat 8), que passaram pelo cálculo de correção de reflectância de Topo de Atmosfera (TOA) e correção do ângulo solar (modificado de USGS,

2020), dados de TSM e da cobertura de solo. As imagens Landsat foram adquiridas no site <https://landsatlook.usgs.gov/> do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As imagens foram selecionadas de modo a contemplar intervalos temporais entre cinco e sete anos, priorizando cenas com menor percentual de cobertura de nuvens, a fim de maximizar a acurácia na identificação das feições de manguezal, para que houvesse melhor observação das alterações.

Os dados de temperatura da água foram obtidos através da *plataforma Giovanni v4.35*, da Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica dos Estados Unidos (NASA), disponível no site <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Os dados disponíveis de cobertura de solo foram obtidos a partir do plugin Mapbiomas Collection, disponível no *software Qgis*, até o ano de 2019.

O processamento das imagens foi realizado mediante uso do *software QGIS 3*. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat dos anos 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 (modificado de USGS, 2020).

As imagens corrigidas foram utilizadas na determinação da dinâmica dos manguezais através de classificação supervisionada, feito no *software QGIS*. Esta 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) Mangue, 2) outra vegetação, 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 (km<sup>2</sup>) e melhor visualização do resultado de variação das áreas de manguezais.

O MPS foi obtido através da composição colorida R4G3B2 (Landsat 5 e 7) e R5G4B3 (Landsat 8). A composição colorida R4G3B2 (vermelho na Banda 4, verde na Banda 3, azul na Banda 2) para os satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 7 (ETM+) é uma das combinações mais clássicas e úteis (falsa-cor infravermelho). A vantagem desta combinação é sua alta capacidade de destacar a vegetação, corpos d'água/MPS e áreas urbanas na CAP.

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

Adicionalmente, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foi analisada como variável ambiental indicadora de possíveis alterações climáticas e oceanográficas na região de estudo. Utilizou-se o produto *Open Water Skin Temperature*, derivado do modelo MERRA-2, disponibilizado pela Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA), com resolução temporal mensal e resolução espacial de  $0,5^\circ \times 0,625^\circ$ . Os dados foram obtidos, processados e representados espacialmente por meio da plataforma Giovanni (versão 4.35), sendo utilizados como subsídio para a interpretação da variabilidade ambiental associada à dinâmica dos manguezais.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Alteração na cobertura de manguezais

A cobertura vegetal de manguezais das RESEXs mostrou variações bastante evidentes entre os anos de 1986 e 2020. Estas variações se apresentam tanto na forma de redução quanto de expansão da área vegetada. As alterações ocorreram, majoritariamente, na zona costeira. Pouco foi alterado nas partes mais internas das RESEXs, mesmo nas margens dos estuários e canais de maré.

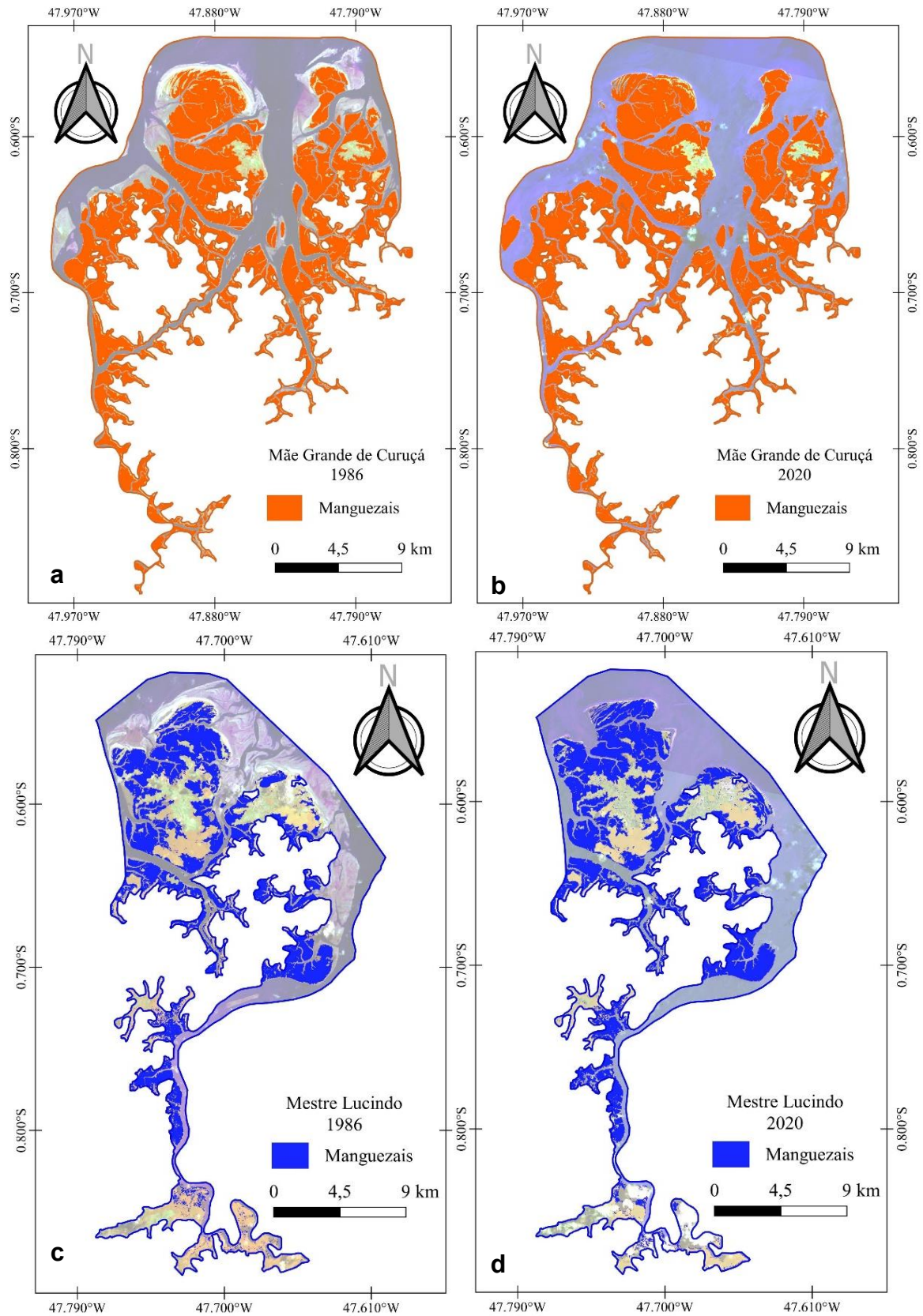
O período de 1986-1993 foi marcado pela variação positiva (aumento de área) dos manguezais em todas as RESEX, sendo  $4,24 \text{ km}^2$  em Mãe Grande de Curuçá e  $9,66 \text{ km}^2$  em Mestre Lucindo. A partir deste ponto ocorreu diminuição da área até o ano de 1999 ( $-5,25 \text{ km}^2$  em Mãe Grande e  $-3,24 \text{ km}^2$  em Mestre Lucindo).

No período 1999 – 2004 ocorreu novamente aumento nas áreas de manguezal de Curuçá ( $3,51 \text{ km}^2$ ), entretanto, a Mestre Lucindo permaneceu em queda ( $-1,1 \text{ km}^2$ ). Esta diminuição de área foi menor que a observada no período anterior (1993 - 1999).

No período 2004 – 2010 a área dos manguezais de Mãe Grande de Curuçá diminuiu ( $-4,43 \text{ km}^2$ ). Neste mesmo período, a área de manguezal da RESEX Mestre Lucindo aumentou ( $2,98 \text{ km}^2$ ).

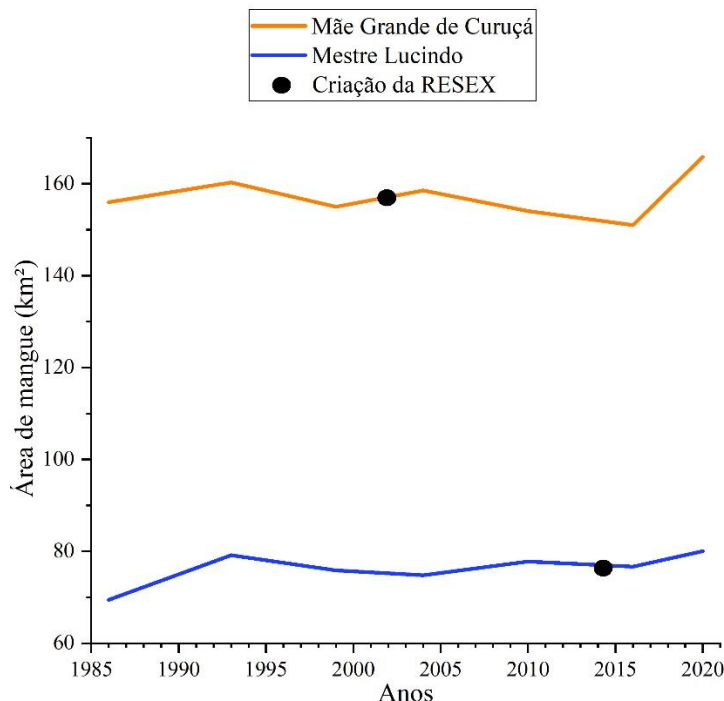
A tendência de diminuição permanece no período de 2010 a 2016, onde Mãe Grande perde  $3,06 \text{ km}^2$  de área e Mestre Lucindo perde  $1,07 \text{ km}^2$ .

O último período analisado (2016 – 2020) é marcado pelo aumento das áreas de manguezal nas RESEXs, sendo que Mãe Grande apresentou crescimento muito elevado ( $14,82 \text{ km}^2$ ) se comparado ao crescimento de Mestre Lucindo ( $3,31 \text{ km}^2$ ) (Figuras 2a, 2b, 2c, 2d e 3).



**Figura 2-** Variação da cobertura de mangue nas RESEXs Mãe Grande de Curuçá no ano de 1986 (a) e 2020 (b) e Mestre Lucindo no ano de 1986 (c) e 2020 (d).

**Fonte:** Autores.



**Figura 3** - Variação comparada das áreas de mangue das RESEXs Grande de Curuçá e Mestre Lucindo.

**Fonte:** Autores.

#### 4.2. Aspectos oceanográficos

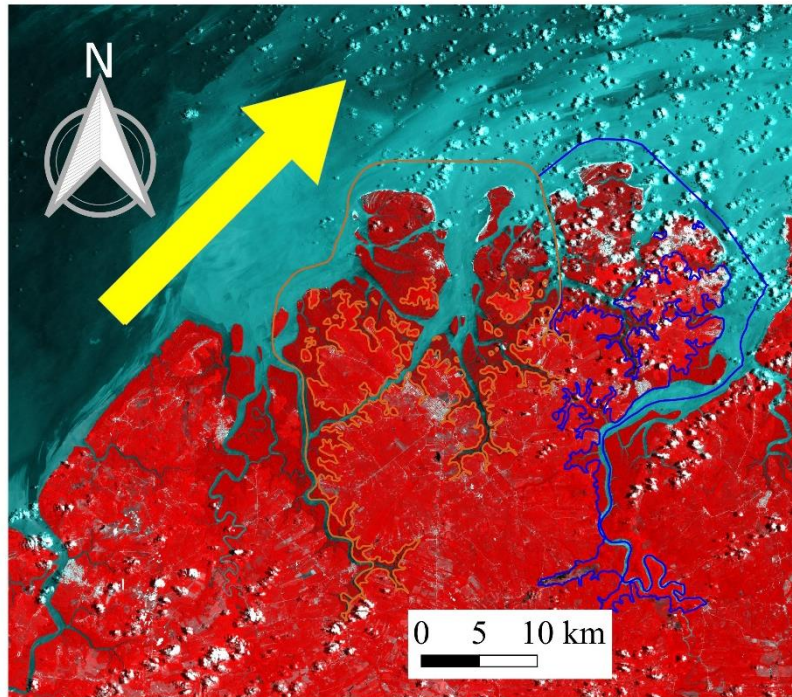
A TSM sofreu pequenas variações entre os anos de 1986 e 2020. Em escala geográfica, percebe-se que a TSM aumenta sensivelmente no sentido NE-SW, adentrando o Estuário do rio Pará. Em escala temporal é possível observar o aumento da temperatura na ordem de 1 °C no período anual.

No ano de 1986, a RESEX Mestre Lucindo foi banhada por águas com temperatura média de 27,63 °C. Em Mãe Grande de Curuçá, as águas atingiram temperaturas de 27,71 °C. Em 1993 houve um leve aumento na TSM, chegando a 27,89 °C.

Em 1999 houve, novamente, o aumento na TSM, de 28,33°C. Em 2004, a TSM se manteve bem próxima a observada em 1999. As temperaturas ficaram entre 28,23 e 28,47 °C. Em 2010 houve, novamente, aumento na TSM. Esta permaneceu em 28,82 e 28,90 °C. Em 2016 houve uma diminuição na TSM, que permaneceu entre 28,40 e 28,56 °C. Em 2020, a TSM voltou a aumentar. A RESEX Mestre Lucindo esteve exposta a temperaturas médias de 28,65 °C.

O MPS dos estuários da zona frontal das RESEXs apresentou direção constante em todos os períodos analisados. Esta direção foi sempre SW-NE (Figura 3), e acompanha a mesma direção da maré (durante o período de vazante), contrária a direção observada nos dados de TSM. Durante o período de alta descarga fluvial, o aporte líquido do estuário do

rio Pará sobre a Plataforma é considerado significativo e se desenvolve em direção a Leste, atingindo quase toda a costa do Pará-Maranhão. O MPS é proveniente da intensa descarga do estuário do rio Pará e de outros estuários que recortam a área analisada, como Marapanim, Curuçá, Mojuim e Mocajuba (Figura 4).

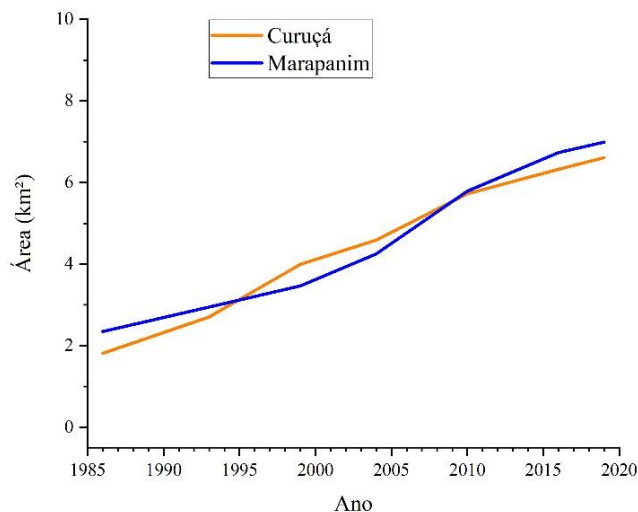


**Figura 4** - Direção do transporte do MPS nas proximidades das RESEXs Mãe Grande de Curuçá e Mestre Lucindo.

**Fonte:** Autores.

### 4.3. Infraestrutura urbana e número populacional

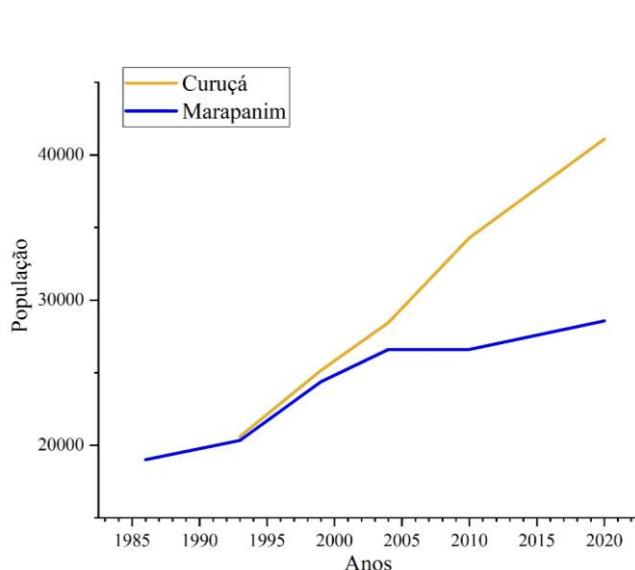
A infraestrutura urbana cresceu durante o período analisado. É possível observar o crescimento acentuado dos municípios de Curuçá e Marapanim, que foram de 1.814 e 2.349 km<sup>2</sup> em 1986 para 6.611 e 6.991 km<sup>2</sup> em 2020, respectivamente (Figura 5).



**Figura 5** - Taxa de crescimento urbano dos municípios que englobam as RESEX.

**Fonte:** Autores.

O número de habitantes também cresceu durante o período analisado (Figura 6) (DATASUS, 2021; IBGE, 2021). O município que apresentou maior crescimento populacional foi Curuçá, que saiu de 20.602 habitantes em 1993 para 41.093 em 2020. Já Marapanim teve crescimento populacional de 19.018 em 1986 para 28.563 em 2020.



**Figura 6** - Crescimento populacional dos municípios estudados.

**Fonte:** Autores.

O crescimento dos centros urbanos costeiros, é impulsionado por uma combinação de fatores econômicos, turísticos e de infraestrutura, que têm se desenvolvidos com base na pesca artesanal, farinha, ecoturismo/cultura, eventos de carnaval, com destaque para o

bloco "Pretinhos do Manguê" (Curuçá), estimulando o fluxo de visitantes e a economia local, demandando assim, serviços urbanos complementares e melhoria da qualidade de vida.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Condições de desenvolvimento de manguezais

Os manguezais analisados encaixam-se em todos os requisitos descritos por Walsh (1974). A temperatura do ar na região não apresenta grandes amplitudes anuais, mantendo a média de 25,7°C. A TSM também apresenta pouca variação, onde houve de mangue, visto que a regressão linear destes dados não apresenta correlação significativa ( $P > 0,05$ ). Na baía de Qinzhou (China), Zhang *et al.* (2021) observaram o desenvolvimento de manguezais nos últimos 3000 anos. Neste 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 manguezal apresentaram variações, em sua maioria, na linha de costa. Isto pode demonstrar que a cobertura vegetal é influenciada pelas correntes de maré, pela descarga fluvial e seus componentes (transporte de MPS, matéria orgânica, minerais, entre outros).

A estabilidade dos mangues localizados em partes superiores dos cursos dos rios pode ser vista na região estuarina do rio Vaza-Barris (ICMBIO, 2018), que percorre os estados brasileiros de Sergipe e Bahia. Na foz deste, 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. Os mangues presentes nas áreas internas dos estuários apresentaram estabilidade maior que os localizados nas regiões mais externas, como as franjas costeiras.

Esta distribuição e comportamento observado nos manguezais das RESEX são semelhantes com os descritos por Hogarth (2015). O autor explica que, em estuários dominados por maré, os manguezais formam franjas nas bordas dos estuários e na região costeira. Já nas áreas denominadas zonas interiores, os manguezais ocupam áreas

maiores, com vegetação mais bem desenvolvida, devido a menor atuação das ondas e correntes e pela menor frequência de inundações.

Hogarth (2015) também explica que os manguezais atuam na retenção de sedimentos carregados pelas correntes de maré. Entretanto, estas correntes também removem material dos manguezais, fazendo com que o fluxo de detritos nessas áreas seja bidirecional. Este evento se assemelha ao 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, esta região está sob processo erosivo, provocado por um momento transgressivo, de subida do nível do mar (El Robrini *et al.*, 2018). Assim, no momento que os propágulos são desafixados da planta mãe, eles podem permanecer na mesma área (nos casos das porções mais interiores) ou podem ser carregados para áreas distantes (no caso das áreas mais costeiras das RESEXs). Os propágulos deste segundo caso podem se fixar em novas áreas, gerando novos manguezais, ou podem ser perdidos.

## 5.2. Dinâmica ambiental dentro das RESEXs

Ranieri e El Robrini (2012) observaram a característica erosiva da praia da Romana, região norte da RESEX Mãe Grande de Curuçá. Estes 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 observados neste artigo não sofreram alteração por estarem protegidos por cordões arenosos da praia da Romana. Entretanto foi possível observar as condições descritas pelos autores, onde a hidrodinâmica força os sedimentos para oeste. Estes sedimentos podem estar se acumulando na região mais interna da foz do estuário do rio Mocajuba, visto que há o surgimento de novas áreas de mangue nessa 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 de erosão, transporte e deposição mantém o equilíbrio do sistema de manguezais.

A salinidade é outro fator ambiental ocorrente nas RESEXs que determina o comportamento dos manguezais. A grande descarga do Estuário do Rio Pará (104 m<sup>3</sup>/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. Berredo *et al.* (2008) afirmam que a salinidade do Estuário do rio Marapanim atinge

valores entre 24 e 3, durante os períodos de baixa e alta descarga fluvial, respectivamente. 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 as elevadas taxas de salinidade (Robertson e Alongi, 1992).

### 5.3. Atuação antrópica

Sobre o uso e cobertura do solo, Teles e Pimentel (2018) afirmam que há ocorrências de atividades danosas recorrentes no entorno da RESEX Mãe Grande de Curuçá. Entre as atividades estão queimadas, acúmulo de resíduos sólidos e retirada da cobertura vegetal. 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 rio, conseqüentemente, dentro da RESEX Mocapajuba, à oeste de Mãe Grande de Curuçá. Estas áreas também são historicamente utilizadas para produção agrícola, como observado por Silva *et al.* (2020). Neste local também é desenvolvida a ostreicultura, na margem direita do estuário do rio Mocajuba (município de Curuçá), atividade a qual necessita da presença de manguezais.

Marques *et al.* (2019) afirmam que, ao longo dos anos, pessoas de outros municípios se instalam na região em busca de maior sucesso na pesca artesanal e extração de caranguejo, mariscos, ostras e outros, visto que essa é uma das principais atividades econômicas da região (Fernandes *et al.*, 2018). Estes autores afirmam também que inexistem políticas que promovam o conhecimento dos direitos e deveres dos moradores para com o ambiente natural, fazendo com que grande parte da população desconheça o que é uma RESEX e qual é sua função. Há até mesmo relato de moradores afirmando que a RESEX não está em pleno funcionamento.

Santos *et al.* (2020) revelam o impacto ambiental na praia do Lembe, na Vila de Camará. Esta localidade é rodeada pela RESEX mestre Lucindo, mas não faz parte da mesma. Os impactos observados na praia são o despejo direto de dejetos sólidos e líquidos no ambiente, que fica muito próximo as áreas de mangue da RESEX e barracas construídas de forma irregular. Por se tratar de um ponto turístico que nasceu dentro de uma unidade de conservação, a praia do Lembe deveria receber mais atenção por parte das autoridades. A degradação ambiental provocada pelo turismo pode se tornar irreversível, tanto no dano aos manguezais (pelo acúmulo de resíduos gerados pelos turistas e pelo despejo de

dejetos) quanto na alteração da paisagem (pela instalação de bares e pontos de embarque de canoas).

#### 5.4. Medidas de preservação e conservação

Em 2018, diante do aumento dos processos de erosão e inundação do litoral, intimamente ligados a fatores como intensidades e frequência de eventos extremos, aumento relativo do nível do mar e diminuição do aporte sedimentar, 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 (PROCOSTA, 2018). Este 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 (MMA, 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 (PROCOSTA, 2018).

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

As imagens demonstram que a maior parte das RESEXs se encontra bem conservadas em relação ao uso antrópico. Entretanto Santos (2020) revela 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. A integração da população com o espaço natural deve ser o foco das políticas públicas ambientais. Ações como práticas de replantio, educação ambiental e uso racional dos recursos naturais são bem vistas. Contar com o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais no Brasil (ProManguezal), que objetiva conservar e recuperar

as áreas de manguezais degradadas, além de estimular o uso sustentável dos ecossistemas costeiros (ICMBio, 2018). Alinhar as ações de conservação dos manguezais aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 15 - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade).

## 6. CONCLUSÕES

Os manguezais ocorrentes nas RESEXs da CAP fazem parte do maior e mais bem preservado cinturão de manguezais do planeta. A hidrodinâmica promovida pelos estuários da região faz com que estes mangues tenham comportamentos variados, de perda e de aumento da sua área de cobertura. Entretanto, estes manguezais encontram estabilidade nas condições naturais do local, tais como a salinidade e o aporte de sedimentos e nutrientes.

Apesar destes manguezais estarem amparados pelas RESEXs, ainda há ameaças para o seu desenvolvimento, principalmente na questão antrópica. Esta pressão antrópica que toma forma na poluição ambiental, no crescimento urbano desordenado, na destruição de ambientes ainda ocorre de maneira tímida. Entretanto, a falta de fiscalização e incentivo para conservação permitem que esta pressão ganhe maiores proporções com o passar do tempo.

Pesquisas sobre o diagnóstico ambiental dos manguezais, contemplando os aspectos bióticos, abióticos e socioeconômicos são importantes para melhor compreender a dinâmica ambiental que atua sobre as RESEXs, 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 a importância das RESEXs.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. Mudanças socioeconômicas e ambientais resultantes das políticas públicas de desenvolvimento socioeconômico no litoral do Nordeste do Pará, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. v. 49, p. 108-129. 2018.

AMARAL, J. R. V.; ALQUERES, S.; GOMES, L. E. O.; SILVA, S.; OLIVEIRA, S. S.; ANDREW MACRAE, A. Current status of Brazilian mangroves: Their ecosystem services,

conservation, restoration, microbial diversity and biotechnologies. **Science of the Total Environment.**, v. 1001, p 1-23. 2025.

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 Amazônia.** v. 38, n. 3, p. 473-482. 2008.

CPTEC/INPE. **Site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Zona de convergência Intertropical. Disponível em: <https://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10>. Acesso em: 03 mai. 2020.

CHM. **Site do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil.** Tábuas de maré. Disponível em <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 4 jan. 2025.

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.** v. 43, n. 14, p. 2876-2888. 2018.

COSTA, F. F.; DIAS, J. C.; DE LIMA, W. N. Avaliação hidrogeoquímica em áreas selecionadas na bacia hidrográfica do rio Maracanã (Nordeste do Pará). **Holos environment.** v. 9, n. 2, p. 167-182. 2009.

DATASUS. **TabNet. Tecnologia da informação a serviço do SUS.** Disponível em: <https://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/poppa.def>. Acesso em: 22 out. 2021.

EL-ROBRINI, M.; SILVA, P. V. M.; GUERREIRO, J. S.; RANIERI, L. A.; ALVES, M. A. M. da S.; 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: MMA. v. 1, p. 65-166. 2018.

FERNANDES, M. E. B. **Os Manguezais da costa norte brasileira.** Laboratório de Ecologia de Manguezal-LAMA. 2016. 175p.

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. (Eds.). Threats to Mangrove Forests. **Coastal Research Library,** v. 25, p. 621-625. 2018.

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

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography.** v. 20, n. 1, p.154-159. 2011.

GOMES, V. J. C.; ACHETE, F. M.; SILVA, W. K. L. E.; FREITAS, P. P. DE; MARTIN, C. A. G.; QUEIROZ, E. V.; GUERREIRO, J. S.; ASP, N. E.; SIEGLE, E.; CORREA, E. S. Nature-

based solutions implications for the eastern Amazon Coastline: The role of mangrove in coastal protection. **Regional Studies in Marine Science**. v. 84. p. 1-11. 2025.

HOGARTH, P. J. **The biology of mangroves and seagrasses**. Oxford University Press. 273p. 2015.

IBGE. **Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em: 15 out. 2021.

ICMBIO. **Site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Atlas dos Manguezais do Brasil. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas\\_dos\\_manguezais\\_do\\_brasil.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf). Acesso em: 15 mai. 2020.

INMET. **Site do Instituto Nacional de Meteorologia**. 2025. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br/portal/index.php>. Acesso em: 12 abr. 2025.

KAUFFMAN, J. B.; ADAME, M. F.; ARIFANTI, V. B.; SCHILE-BEERS, L. M.; BERNARDINO, A. F.; BHOMIA, R. K. Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. **Ecol. Monogr**. v. 90, p. 1-18. 2020.

KAUFFMAN, J. B.; BERNARDINO, A. F.; FERREIRA, T. O.; GIOVANNONI, L. R.; GOMES, L. E. O.; ROMERO, D. J. Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. **Biol. Lett**. v. 14, p. 1014. 2018.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T.; MOCHEL, F. R. Chapter Twenty Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. **Proceedings in Marine Science**. v. 4, p. 479-532. 2002.

LARA, R. J. Amazonian mangroves—a multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. **Wetlands ecology and management**. v. 11, n. 4, p. 217-221. 2003.

LIRA, C. P.; SILVA, A. N.; TABORDA, R.; ANDRADE, C. F. Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: an integrated approach. **Earth Syst. Sci. Data**. v. 8. p 265-278. 2016.

LOBO, F.; PEIXOTO, H.; BORBA, T.; MONTEIRO, S.; ROLLNIC, M. Multitemporal Variability in the Morphodynamics of a River-Estuarine Island. **Journal of Coastal Research**. v. 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**. v. 5, n. 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. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Geografia Física e as Mudanças Globais**, Fortaleza. 2019. 13p.

MASCARENHAS, A. C.; GOMES, G. S.; LIMA, A. P.; DA 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**. v. 75, p. 532-536. 2016.

MENEZES, M. P. M. DE; BERGER, U.; MEHLIG, U. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north, Brazil. **Acta Amazonica**. v. 38, n. 3, p. 403-420. 2008.

MMA. **Site do Ministério do Meio Ambiente**. Programa Nacional para a Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA). Disponível em: <https://portaldocomercio.org.br/acervo/programa-nacional-de-conservacao-da-linha-de-costa>. Acesso em: 12 dez. 2021.

MIRANDA, L. B. DE; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo: Editora EDUSP, 2002. 432p.

MITRA, A. **Sensitivity of Mangrove ecosystem to climate change**: A book of post graduate and Ph.D levels. Springer. 2013. 323p.

UN. **Site das Nações Unidas - Brasil**. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 12 out. 2020.

NASA. **Site da National Aeronautics and Space Administration**. Disponível em: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Acesso em: 12 set. 2020.

NOVA, F. V. P. V.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P.; DE SANTANA, N. M. G. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada no monitoramento dos manguezais: Litoral Sul de Pernambuco–Brasil. **Geografares**. v. 15, p. 36-67. 2013.

NOBRE, C. A.; OLIVEIRA, A. Precipitation and circulation anomalies in south america and the 1982-83 El Niño/Southern Oscillation episode. In: **Conference of Geophysical Fluid Dynamics with special emphasis on "El Niño"**. São José dos Campos. p. 325–328. 1987.

NOBRE, C. A.; RENNÓ N.O. **Droughts and floods in south America due to the 1982-1983 El Niño/Southern Oscillation episode**. INPE 3408 - PRE/677 Relatório Técnico. 4p. 1985.

OWUOR. M.; SANTOS, T. M. T.; OTIENO, P.; MAZZUCO, A. C. A.; IHEATURU, C.; BERNARDINO, A. F. Flow of mangrove ecosystem services to coastal communities in the Brazilian Amazon. **Front Environ. Sci.**, v. 12, p. 1-18. 2024.

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

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

RANIERI, L. A.; EL ROBRINI M. Avaliação experimental de métodos de armadilhas de sedimentos para determinação do transporte costeiro da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará). **Geociências**, v. 31, n. 1, p. 103-116. 2012.

RUIZ, F.; BERNARDINO, A. F.; QUEIROZ, H. M.; OTERO, X. L.; RUMPEL, C.; FERREIRA, T. O. Iron's role in soil organic carbon (de)stabilization in mangroves under land use change. **Nat Commun**, v. 15, p. 1-11. 2024.

ROBERTSON, A. I.; ALONGI, D. M. **Tropical mangrove ecosystems**. 1992. 330p.

SANTOS, A. S. **Modelagem matemática do sistema estuarino dos rios Mojuim e Mocajuba (Pará- BR)**. 2016. 61 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SANTOS, M. C.; DO 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. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 3, p. 15607-15617. 2020.

SEMAS. **Site da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará**. Governador sanciona lei que institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro do Pará. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2020/05/28/governador-sanciona-lei-que-institui-a-politica-estadual-de-gerenciamento-costeiro-do-para>. Acesso em: 12 fev. 2021.

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**, v. 29, n. 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**, v. 18, n. 1, p. 159-188. 2020.

SOUSA, R. C.; PEREIRA, L. C. C.; DA COSTA, R. M.; JIMÉNEZ, J. A. Management of estuarine beaches on the Amazon coast through the application of recreational carrying capacity indices. **Tourism Management**, v. 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**. v. 23, n. 4 , p. 427-435. 2005.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030). The science we need for the ocean we want**. 2021. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/decades/ocean-decade>. Acesso em: 15 ago. 2022.

USGS. **Site da United States Geological Survey**. Using the USGS Landsat Level-1. Data Product. Disponível em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1>. Acesso em: 12 set. 2020.

WALSH, G. E. Mangroves: **A review. Ecology of Halophytes**. R.J. Reinhold and W.H. Queen (ed.). New York: Academic Press. p. 51-174. 1974.

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**, 9, p. 1-12. 2021.

Recebido: 05/10/2025

Aceito: 20/11/2025