



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

HERBERT JUNIOR CAMPOS PEIXOTO

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E PRESSÕES ANTRÓPICAS
EM MANGUEZAIS DE RESEXs NA COSTA ATLÂNTICA
PARAENSE**

BELÉM, PARÁ

ABRIL DE 2022

HERBERT JUNIOR CAMPOS PEIXOTO

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E PRESSÕES ANTRÓPICAS
EM MANGUEZAIS DE RESEXs NA COSTA ATLÂNTICA
PARAENSE**

Dissertação de Mestrado, apresentado ao
Programa de Pós-Graduação de Oceanografia
do Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará, para obtenção do Grau de
Mestre em Oceanografia.

Orientador: Prof. MSc. Dr. Maamar El-Robrini

BELÉM, PARÁ

ABRIL DE 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P377d Peixoto, Herbert Junior Campos.
Dinâmica espaço-temporal e pressões antrópicas em
manguezais de RESEXs na Costa Atlântica Paraense / Herbert
Junior Campos Peixoto. — 2022.
xiv, 64 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Maamar El-robrini
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia, Belém, 2022.

1. Manguezais. 2. Geotecnologias. 3. Costa Atlântica
Paraense. I. Título.

CDD 551.4606081

HERBERT JUNIOR CAMPOS PEIXOTO

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL E PRESSÕES ANTRÓPICAS
EM MANGUEZAIS DE RESEXs NA COSTA ATLÂNTICA
PARAENSE**

Dissertação de Mestrado, apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, para obtenção do Grau de Mestre em Oceanografia.

Orientador: Prof. MSc. Dr. Maamar El-Robrini

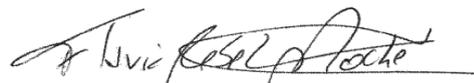
Data de Aprovação: 26/04/2022
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Maamar El-Robrini- Orientador
Universidade Federal do Pará



Profa. Dra. Leilanne Almeida Ranieri - Membro
Universidade Federal do Pará



Profa. Dra. Flávia Rebelo Mochel - Membro
Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dr. George Satander Sá Freire - Membro
Universidade Federal do Ceará

À meus pais

AGRADECIMENTOS

À meus pais, Rosemary Campos e Herbert Peixoto, por serem meus alicerces e minhas asas, que sempre me apoiaram e incentivaram a seguir voos cada vez mais altos. Dedico a eles todo meu sucesso conquistado até aqui e tudo que há por vir.

À Macy, que é uma luz no meu caminho. É a pessoa que eu sei que sempre poderei contar.

Ao Prof. Dr. Maamar El-Robrini por ter aceitado orientar este trabalho e por todas as sugestões, correções e reflexões propostas.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP) e a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus colegas da segunda turma de mestrado em Oceanografia do PPGOC (turma de 2020), que lutaram para superar as dificuldades da pandemia de Covid-19 e as dificuldades da vida acadêmica.

À todos que contribuíram, mesmo que um pouquinho, para a realização deste trabalho.

**“... o poder criativo da Natureza se estende
para muito além do instinto de destruição
do homem.”
Júlio Verne**

RESUMO

A Costa Atlântica Paraense (CAP) abriga o mais bem preservado cinturão de manguezais do planeta, onde algumas destas áreas estão inseridas em reservas extrativistas (RESEX), que preveem o uso sustentável de seus recursos naturais pela população local. Este compromisso com a sustentabilidade vem tomando mais força após a criação da Agenda 2030, de onde surgiu a Década dos Oceanos, que busca o desenvolvimento sustentável e científico dos recursos marinhos e costeiros. Deste modo, o objetivo deste estudo é analisar a variabilidade espaço-temporal de manguezais e as pressões antrópicas nas RESEX da CAP. A metodologia adotada consiste na: (1) aquisição e tratamento de imagens dos satélites Landsat (2) quantificação e comparação das áreas de manguezais de quatro RESEX (Mãe Grande de Curuçá, Mestre Lucindo, Mocapajuba e São João da Ponta). Estas análises foram feitas com uso de polígonos, criados a partir das imagens de satélites Landsat, que delimitaram as áreas de mangue para um período de trinta e quatro anos (1986 a 2020). A partir do *plugin* *mapbiomas collection*, disponível no *software* QGIS, foi possível observar a expansão urbana nas áreas estudadas e sua interação com os ambientes de manguezais. Para corroborar com os resultados obtidos foram utilizados dados ambientais de material particulado em suspensão (MPS). A cobertura vegetal teve maior valor de redução de 8,054 km² e valor máximo de aumento de 14,825 km². Foi possível observar padrões de variação nas RESEXs, que apresentaram tendências semelhantes, tanto de perda quanto de ganho em área. Pouca alteração ocorreu nas áreas de manguezais nas porções mais internas das RESEXs. O MPS transportado na região tem direção SW-NE. Foi possível observar também o crescimento da infraestrutura urbana de todos os municípios onde as RESEXs estão inseridas, com Marapanim e Curuçá apresentando os maiores crescimentos (4.642 km² e 4.797 km², respectivamente). Entretanto, a maioria das alterações na cobertura de manguezais ocorreu na faixa litorânea, distante das áreas urbanizadas. Os manguezais analisados se mantiveram em equilíbrio, porém, a urbanização desordenada pode trazer prejuízos caso não haja medidas efetivas.

Palavras chave: Manguezais. Geotecnologias. Costa Atlântica Paraense.

ABSTRACT

The Atlantic Coast of Pará (ACP) is shelter of the most well-preserved mangrove belt in the world, where some of these areas are included in extractive reserves (RESEX), which provide the sustainable use of its natural resources by the local population. This commitment to sustainability has been gaining strength since the creation of the 2030 Agenda, which gave rise to the Ocean Decade, which seeks the sustainable and scientific development of marine and coastal resources. Thus, the objective of this study is to analyze the spatio-temporal variability of mangroves inserted in the RESEX of the PCZ. The adopted methodology consists of: (1) acquisition and processing of images from Landsat satellites (2) quantification and comparison of the mangrove areas of four RESEX (Mãe Grande de Curuçá, Mestre Lucindo, Mocapajuba and São João da Ponta). These analyzes were carried out using polygons, created from Landsat satellite images, which delimited the mangrove areas for a period of thirty-four years (1986 to 2020). Using the *mapbiomas collection* plugin, available in the QGIS *software*, it was possible to observe urban sprawl in the studied areas and their interaction with mangrove environments. To corroborate the results obtained, environmental data of suspended particulate matter (MPS) were used. The vegetation cover had the highest reduction value of 8,054 km² and maximum increase value of 14,825 km². It was possible to observe patterns of variation in the RESEXs, which showed similar trends, both in terms of loss and gain in area. Little change occurred in the mangrove areas in the innermost portions of the RESEXs. The suspended particulate material (SPM) transported in the region has SW-NE direction. It was also possible to observe the growth of urban infrastructure in all municipalities where the RESEXs are located, with Marapanim and Curuçá showing the highest growth (4,642 km² and 4,797 km², respectively). However, most changes in mangrove cover occurred along the coastline, far from urbanized areas. The analyzed mangroves remained in balance; however, disorderly urbanization can bring losses if there are no effective measures.

Key-words: Mangroves. Geotechnologies. Amazon Coastal Zone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Divisão das feições de manguezais: a) lavado; b) bosque de mangue e c) apicum. Fonte: (ICMBIO, 2018).....	4
Figura 2. Perfil de zonação dos manguezais. Fonte: Santos, 2016.....	5
Figura 3. Raízes aéreas presentes nas <i>Rhizophora mangle</i> . Fonte: Autor.....	5
Figura 4. Pneumatóforos presentes nas <i>Avicennia germinans</i> . Foto: autor.....	6
Figura 5. Microrregião do Salgado Paraense englobando a área de estudo. Esta se estende de São Caetano de Odivelas (oeste) a Marapanim (leste). Fonte: Autor.	12
Figura 6. Limites das reservas extrativistas (RESEX) presentes na área de estudo. Fonte: Brasil, 2020b (modificado).....	13
Figura 7. Fluxograma das etapas da metodologia adotada.....	20
Figura 8. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mocapajuba (vermelho), do ano de 1986 até 2020.	25
Figura 9. Variação da cobertura de manguezais na RESEX São João da Ponta (verde), do ano de 1986 até 2020.....	30
Figura 10. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mãe Grande de Curuçá, do ano de 1986 até 2020.....	35
Figura 11. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mestre Lucindo (azul), do ano de 1986 até 2020.	40
Figura 12. Comparação na variação da cobertura de manguezais nas RESEXs da área analisada, entre os anos de 1986 até 2020.....	41
Figura 13. Direção de transporte do MPS na costa das RESEXs entre os anos de 1986 e 2020. A seta amarela indica a direção do MPS.	43
Figura 14. Crescimento da infraestrutura urbana nos municípios onde localizam-se as RESEXs.....	44
Figura 15. “Manchas urbanas” dos municípios analisados nos anos de 1986 (a) e 2019/2020 (b).	45
Figura 16. Crescimento de infraestrutura urbana na ilha de São João de Ramos, inserida na RESEX Mocapajuba.....	46
Figura 17. Crescimento populacional dos municípios estudados.....	47
Figura 18. Estabelecimento de novas áreas de mangue na foz do estuário Mocajuba.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ocorrências e intensidades dos eventos El Niño e La Niña durante o período analisado (CPTEC, 2021).	15
Tabela 2. Informações sobre as imagens de satélites utilizadas no estudo.....	18
Tabela 3. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mocapajuba. *Período de instalação da RESEX.....	21
Tabela 4. Variações das áreas de manguezais na RESEX São João da Ponta. *Período de instalação da RESEX.....	26
Tabela 5. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mãe Grande de Curuçá. *indica o período de instalação da RESEX.....	31
Tabela 6. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mestre Lucindo. *indica o período de instalação da RESEX.....	36
Tabela 7. Crescimento da área urbanizada presente dentro da RESEX Mocapajuba, no município de São Caetano de Odivelas.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- APP – Área de Preservação Permanente
- CAP – Costa Atlântica Paraense
- COI – Comissão Oceanográfica Intergovernamental
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- ENSO – El-Niño – Southern Oscillation
- MPS – Material Particulado em Suspensão
- NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
- ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PEGC – Política Estadual de Gerenciamento Costeiro
- RESEX – Reserva Extrativista
- UC – Unidade de Conservação
- ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
- ZCP – Zona Costeira Paraense

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 MANGUEZAIS.....	3
2.1.1 Localização.....	3
2.1.2 Características	3
2.1.3 Funções ecológicas	7
2.1.4 Manguezais na ZCP.....	7
2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E RESERVAS EXTRATIVISTAS (RESEX) NA CAP ..	8
2.3 GEOTECNOLOGIAS E MONITORAMENTO.....	8
2.4 OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DÉCADA DOS OCEANOS.....	10
3 OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4 ÁREA DE ESTUDO	12
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	14
5.1 CLIMA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	14
5.2 HIDROGRAFIA E CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS	15
5.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	16
6 MATERIAL E MÉTODOS	18

6.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES E DE DADOS AMBIENTAIS	18
6.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS	18
7 RESULTADOS.....	21
7.1 ALTERAÇÃO NA COBERTURA DE MANGUEZAIS	21
7.2 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS).....	42
7.3 INFRAESTRUTURA URBANA E NÚMERO POPULACIONAL	43
8 DISCUSSÃO.....	48
9 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56

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 & El-Robrini, 2015). Somados a interferência humana, estes processos modelam continuamente as características das zonas costeiras.

Na região Norte do Brasil está localizada a Zona Costeira Paraense (ZCP). 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, lagunas, 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 & Jardim, 2018).

Segundo El-Robrini *et al.* (2018), na Costa Atlântica Paraense é registrada o crescimento desordenado, 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 (UC), 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 & Barreto, 2010; Ferreira & Lacerda, 2016).

As mudanças costeiras por atividades antrópicas e fenômenos naturais são preocupações a nível global. A partir desta preocupação foi instituída recentemente a Década das Ciências Oceânicas, ou Década dos Oceanos. Este período, 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).

A presente pesquisa está em consonância com este objetivo e, se propõe a analisar a evolução multitemporal das áreas de manguezais inseridas em Reservas Extrativistas (RESEXs) localizadas entre os municípios de São Caetano de Odivelas e Marapanim (setor flúvio-marítimo da ZCP), para o período de trinta e quatro anos (1986 a 2020). A intensa dinâmica costeira local influencia diretamente na cobertura vegetal dos manguezais, visto que a região apresenta trechos com tendências de erosão outros de acreção, assim como a ocorrência desses fenômenos influenciados pela sazonalidade climática (El-Robrini *et al.*, 2018; Cohen *et al.*, 2018).

O outro fator que pode interferir na dinâmica dos manguezais do local é a pressão antrópica, visto que há construções em áreas adjacentes a vegetação (Santos *et al.*, 2020). Pode-se observar também a regeneração das possíveis áreas afetadas pela perda da cobertura vegetal, assim como o surgimento de novas florestas de mangue em outras áreas, visto que em condições deposicionais são propícias a proliferação e crescimento das espécies biológicas.

Alguns trabalhos sobre as características biológicas dos manguezais foram realizados na Costa Atlântica Paraense (CAP) (Fernandes, 2016; Fernandes, 2018; Cohen *et al.*, 2018), entretanto, poucos foram focados no monitoramento abiótico utilizando técnicas de geoprocessamento (Nascimento *et al.*, 2012; Vale *et al.*, 2018; Salum *et al.*, 2020). 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.

Esta pesquisa visa responder dois questionamentos:

a) a presença de RESEXs tem auxiliado realmente na proteção dos manguezais da área de estudo?

b) quais fatores são os mais influentes nas variações de área dos manguezais na região: Naturais ou Antrópicos? A influência antrópica tem impacto de grande proporção nas RESEXs estudadas?

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANGUEZAIS

2.1.1 Localização

Os manguezais são um dos principais ecossistemas das zonas costeiras. Estes estão presentes ao redor do globo nas regiões tropicais e subtropicais, geralmente entre as latitudes 30°N e 30°S (Giri, 2016), onde estão protegidos do clima frio. Os manguezais se desenvolvem nas áreas alagadas e protegidas da zona intermaré e estão comumente associados à estuários de baixa hidrodinâmica, lagunas, retrobarreiras (*backbarriers*), desembocadura de rios ou na própria linha de costa (Schaeffer-Novelli, 2000; Davis Jr e FitzGerald, 2004).

No ano 2000 estimava-se que os manguezais ocupavam uma área de 137.760 km² espalhados por 118 países, havendo maior concentração na Indonésia, com um total de 31.129,89 km² (Giri *et al.*, 2011). No Brasil, os manguezais se estendem da foz do rio Oiapoque, Amapá, até o município de Laguna, Santa Catarina (Alves, 2001).

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 km², equivalente a 56,6% dos 13.400km² 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 km².

2.1.2 Características

O ecossistema de manguezal é formado por espécies vegetais denominadas de mangue. As características mais notáveis nos mangues são as adaptações estruturais e fisiológicas que permitem que estas espécies sobrevivam em áreas alagadas, empobrecidas em oxigênio e geralmente salinas.

Walsh (1974) descreve 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.

Entretanto, Schaeffer-Novelli *et al.* (2012) afirma que o ecossistema de manguezais coloniza depósitos sedimentares costeiros com vasas que podem ser lamosas ou arenosas. Souza-Junior *et al.* (2007) também afirmam que os manguezais podem se estabelecer em sedimentos retrabalhados de antigos cordões arenosos, localizados às margens de rios que drenam planícies litorâneas.

Os manguezais são divididos em três setores ou feições (ICMBIO, 2018). A feição mais externa, em contato direto com os estuários, é chamada de lavado (figura 1a), e é recoberta de lodo e microalgas, podendo ser colonizado também por gramíneas. Este setor fica constantemente submerso, ficando exposto apenas durante as baixa-mares de sizígia. O setor intermediário dos manguezais é denominado de bosque de mangue (figura 1b). Neste setor ficam as árvores características do ecossistema de manguezais, dos gêneros *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*. Este setor é inundado periodicamente durante a preamar. No setor mais interno localiza-se a feição apicum (figura 1c), setor também denominado de salgado ou planície hipersalina. Nele é possível observar a presença de sedimento arenoso e predomínio de vegetação herbácea, que atua como reservatório de nutrientes para a fauna associada aos manguezais (Figura 2).

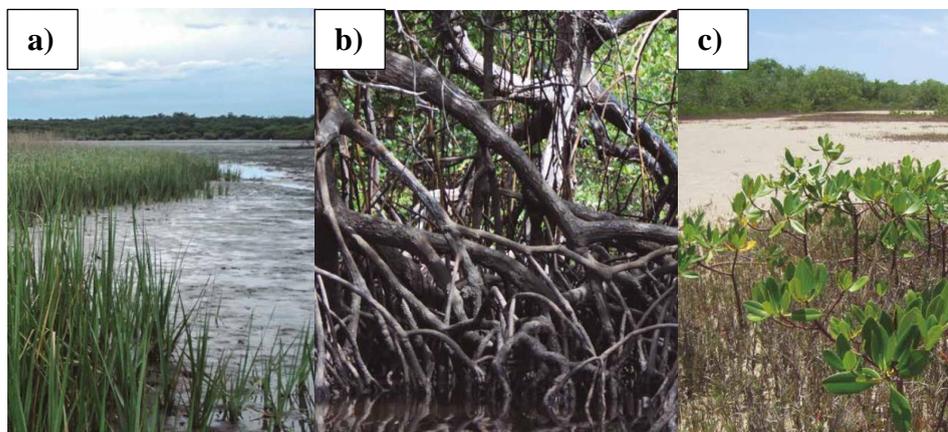


Figura 1. Divisão das feições de manguezais: a) lavado; b) bosque de mangue e c) apicum. Fonte: (ICMBIO, 2018).

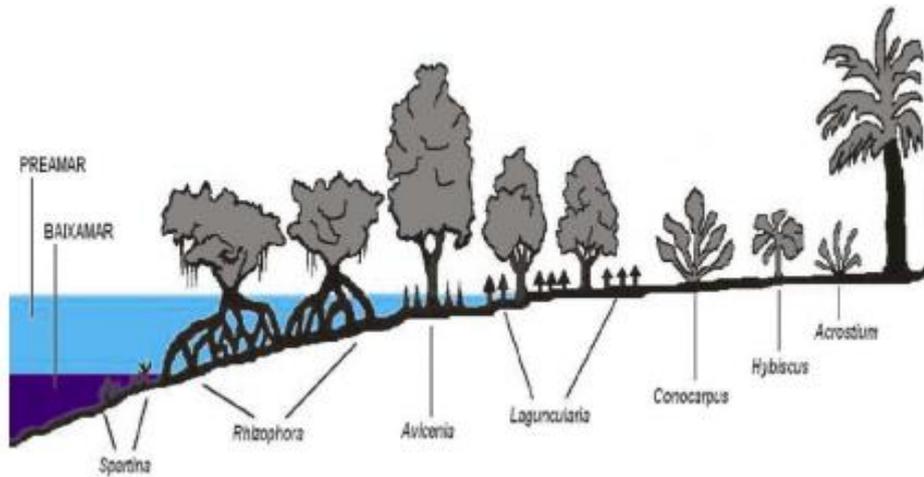


Figura 2. Perfil de zonação dos manguezais. Fonte: Santos, 2016.

O solo submerso impõe dificuldades para as raízes do mangue, obterem oxigênio. Esta dificuldade é contornada pela presença de raízes aéreas. No caso das *Rhizophora* suas raízes partem do tronco para o solo, podendo atingir alturas de até 2 metros (figura 3). Nestas raízes encontram-se as lenticelas, que são pequenos poros que promovem as trocas gasosas na planta, encontrados em abundância no ponto em que as raízes tocam solo (Schaeffer-Novelli, 2000).



Figura 3. Raízes aéreas presentes nas *Rhizophora mangle*. Fonte: Autor.

Outra adaptação das raízes são os pneumatóforos. Estas estruturas, comuns nas *Avicennia*, também possuem lenticelas e emergem do solo até 30 cm acima da superfície (figura 4). Uma *Avicennia* de 2 a 3 m de altura pode possuir mais de 10.000 pneumatóforos ao seu redor, espaçados em intervalos entre 15 e 30 cm (Hogarth, 2015).



Figura 4. Pneumatóforos presentes nas *Avicennia germinans*. Foto: autor.

Os mangues são espécies halófitas, capazes de tolerar elevadas taxas de salinidade do ambiente. Mitra (2013) define esta tolerância através de três processos: (1) excreção (as plantas de mangue recebem água salina através de suas raízes, entretanto seus tecidos retêm apenas a água e sais essenciais. O excesso de sal é excretado através de glândulas presentes nas folhas que controlam a presença de sal na planta); (2) exclusão (a porção superficial das raízes da planta promove o processo físico de osmose reversa, separando a água que é absorvida pelo tecido da planta e descartando até 90% do sal no ambiente) e, (3) acumulação (este processo ocorre em mangues que não possuem glândulas de sal e nem conseguem fazer osmose reversa. Assim, o sal é acumulado em grandes quantidades em suas folhas).

Mais de 80 espécies de mangue são conhecidas mundialmente, onde 54 são consideradas “mangues verdadeiros”, ou seja, são encontrados apenas em ambientes salinos e alagados. Dessas 54 espécies, 25 pertencem à família das *Avicenniaceae* e *Rhizophoraceae*, que dominam as comunidades de manguezais em escala global (Davis Jr e FitzGerald, 2004; Davidson-Arnott, 2010; Hogarth, 2015).

2.1.3 Funções ecológicas

As áreas de mangue desempenham papéis fundamentais no cenário costeiro. Os manguezais contribuem significativamente para o ciclo global de carbono, devido a sua grande dinâmica de produção e sequestro de carbono. Este sequestro atua como um significativo agente no controle climático global, visto que as quantidades sequestradas são significativamente altas e provem tanto da atmosfera quanto dos oceanos (Cohen *et al.*, 2018).

A dinâmica do carbono favorece, também, o papel de “berçário” dos manguezais a partir da produção primária. Esta produção supre a necessidade de várias populações bióticas, como camarões, moluscos e peixes, que dão suporte biológico para outras espécies como répteis, mamíferos e aves, que habitam as áreas de manguezais ou usam-na para alimentação e reprodução periódica. Assim, os manguezais representam uma das áreas de maior valor ecológico do mundo (Mitra, 2013).

Ainda, os manguezais promovem a proteção das zonas costeiras, tornando-as mais estáveis. Isto ocorre porque as reentrâncias das suas raízes aéreas e pneumatóforos promovem a redução no fluxo d'água, na dissipação da energia das ondas e na retenção de sedimentos (Van Santen *et al.*, 2007; Quartel *et al.*, 2007). Davis Jr e FitzGerald (2004) afirmam que os manguezais protegem a costa contra fenômenos como tempestades, ciclones e até mesmo tsunamis. Bird (2011) explica que, apesar de sofrerem prejuízos a partir dos fenômenos supracitados, as florestas de manguezais apresentam rápida regeneração.

2.1.4 Manguezais na ZCP

A ZCP está inserida no maior cinturão contínuo de manguezais do mundo (Nascimento *et al.*, 2012). Segundo o ICMBIO (2018) 27,92% dos manguezais de todo o Brasil está no estado do Pará. Esta grande presença se dá devido as condições ambientais da região, principalmente nos setores Flúvio-marítimo e Costa Atlântica Paraense (antiga zona do Salgado Paraense), que apresenta uma costa de “falsas rias” com regimes de macromaré e clima quente e úmido.

Segundo Fernandes (2016), as espécies arbóreas 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 (2018) afirma 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.

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E RESERVAS EXTRATIVISTAS (RESEX) NA CAP

Devido a sua importância, os manguezais são amparados pela lei federal N° 12.651/2012 e pela resolução N° 303/2002 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) como Área de Proteção Permanente (APP) em toda sua extensão, tanto em zonas rurais como urbanas (artigo 4°, inciso VII) (ICMBIO, 2018). Entretanto, a falta de clareza nas definições de ambientes associados aos manguezais (como apicuns e lavados) torna a lei falha, uma vez que não há proteção legal para todas as feições, sendo que todas estas integram o mesmo ambiente. Esta falta de clareza prejudica a fiscalização, o que acaba por dificultar a preservação do ambiente como um todo (Albuquerque *et al.*, 2015).

Grande parte dos manguezais da ZCP está inserida em áreas de RESEX. De acordo com Brasil (2020a), as RESEX são unidades de conservação de uso sustentável, utilizadas pelas populações extrativistas locais para subsistência. Estas áreas são estabelecidas com objetivo de proteger os meios de vida e cultura das populações, além de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais nelas presente.

A implantação, gestão e fiscalização das RESEXs são atribuídas ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Segundo Menezes *et al.* (2011), o contato frequente entre populações tradicionais e técnicos do órgão gestor faz parte da administração da RESEX. Esta relação abriga diversas visões ambientalistas e relações de poder entre conhecimento científico e tradicional. Pimentel (2019) afirma que as RESEXs vêm sendo implantadas na Costa Atlântica Paraense, desde 2001, a fim de atenuar os impactos ambientais por uso predatório de recursos ecológicos, estabelecendo uma gestão integrada e participativa entre instituições governamentais e populações extrativistas.

2.3 GEOTECNOLOGIAS E MONITORAMENTO

Para monitorar grandes áreas, como algumas RESEXs e os manguezais da costa amazônica, em diferentes escalas de tempo, se faz necessário o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto. Este é definido como ciência e arte que se propõe a adquirir

informações sobre objetos e/ou fenômenos sem que haja contato direto.

A aquisição dos dados se dá através da interação dos sensores remotos com a radiação solar que penetra na atmosfera do planeta. Esta radiação sofre alterações como absorção, reflexão e espalhamento a partir do contato com os componentes atmosféricos. Os sensores coletam a energia desta radiação e a transformam em sinais capazes de serem registrados e transformados em dados (Ladwig, 2011).

A vantagem do sensoriamento remoto se dá através da possibilidade de se obter informações importantes sobre a dinâmica ambiental de forma rápida e eficiente. Estas informações são baseadas na disponibilidade de séries históricas de dados de satélite de baixo custo ou livres, que permitem a análise das condições ambientais de áreas de grande extensão e/ou difícil acesso (Magris & Barreto, 2010).

Uma grande quantidade de técnicas tem sido utilizada por pesquisadores e para detectar mudanças em áreas de manguezais. Roy *et al.* (2018) destacam as técnicas de interpretação visual, classificação supervisionada, classificação não-supervisionada, classificação de redes neurais, método baseado em objetos, entre outros. A disponibilidade de equipamentos também auxilia nos diferentes tipos de análise ambiental.

Kumar *et al.* (2017) utilizaram índices de vegetação (*Mangrove Probability Vegetation Index, Normalized Difference Wetland Vegetation Index, Shortwave Infrared Absorption Depth, Normalized Difference Infrared Index e Atmospherically Resistant Vegetation Index*) associados a dados do imageador Hyperion para classificar as florestas de mangue separadamente da vegetação adjacente na Índia. Abd-El Monsef e Smith (2017) utilizaram imagens do satélite Landsat 8 na incorporação de índices de vegetação para detectar com maior acurácia o espaçamento entre a cobertura de manguezais ao longo do Mar Vermelho, Egito. Leite *et al.* (2019) utilizaram imagens do satélite Landsat 5 e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) para monitorar a resposta de áreas de Manguezal em relação a expansão urbana no Espírito Santo (Brasil).

Assim, a utilização de geotecnologias permite monitorar a dinâmica espaço-temporal tanto das áreas de manguezais quanto de outros ambientes com fins de conservação e preservação dos mesmos (Matias & Silva, 2017).

Na ZCP foram realizados alguns trabalhos abordando o monitoramento de manguezais através das geotecnologias:

- Souza-filho *et al.* (2006) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto a partir das plataformas Landsat 5, RADARSAT F1 e Spot 4 para analisar os manguezais como indicadores geológicos de mudanças na zona costeira Bragantina entre 1985 e 2000;

- Nascimento *et al.* (2012) utilizaram a combinação dos sensores ALOS/PALSAR, JERS-1 SAR, SRTM e Landsat 5 para mapear alterações na Costa de Manguezais de Macromaré Amazônica (Amazon Macrotidal Mangrove Coast - AMMC) causadas pela dinâmica costeira e sedimentação advinda do rio Amazonas;
- Vale *et al.* (2018) obtiveram unidades de paisagens da RESEX de Mocapajuba a partir de dados dos sensores SRTM (para dados de declividade e hidrografia) e Landsat 8 (para classificação de uso e cobertura de terra);
- Salum *et al.* (2020) utilizaram o sensor LiDAR para analisar a biomassa dos manguezais e sua capacidade de armazenar carbono (Blue Carbon) na ilha dos Guarás;
- Silva *et al.* (2020) investigaram a sensibilidade dos ecossistemas de manguezal do Município de São João da Ponta através de *rasters* disponibilizados pela plataforma MAPBIOMAS e dados dos sensores SRTM (altimetria e declividade), CHIRPS (precipitação);
- De Almeida *et al.* (2020) verificaram a tipologia dos mangues presentes no município de São Caetano de Odivelas utilizando dados do sensor LiDAR.

2.4 OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DÉCADA DOS OCEANOS

Em 2015 a Assembleia Geral das Nações Unidas criou o documento “Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”. Este documento é um plano de ação que engloba os 193 Estados-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) sob o compromisso de promover o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030. Neste plano foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O objetivo 14 (ODS 14), denominado “Vida na Água”, prevê a conservação e uso dos oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Este objetivo geral inclui a redução da poluição marinha, o combate a acidificação dos oceanos, o combate a sobrepesca, a conservação de zonas costeiras e marinhas e o aumento no conhecimento científico e tecnológico a fim de melhorar a saúde dos oceanos (Nações Unidas, 2020).

Em 2017 foi proclamada a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável pela Comissão Oceanográfica Internacional (COI) da UNESCO, para os anos de 2021 a 2030. Este período foi definido a fim de cumprir com os compromissos firmados na Agenda 2030, com foco no ODS 14 e correlatos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a dinâmica espaço-temporal das áreas de mangue de quatro RESEXs (Mãe Grande de Curuçá, Mocapajuba, São João da Ponta e Mestre Lucindo) da ZCP para um período de 34 anos (1986 - 2020).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detectar mudanças na cobertura vegetal de manguezais nestas RESEXs, tais como surgimento, preservação e/ou desaparecimento de áreas de mangue;
- Quantificar e comparar a área (km²) de manguezais alterada;
- Verificar as áreas de erosão e acreção e suas relações com o manguezal;
- Analisar como as variáveis naturais e/ou antrópicas atuam sobre a área analisada;
- Propor medidas de preservação/manutenção do ecossistema.

4 ÁREA DE ESTUDO

A ZCP subdivide-se em cinco setores, de acordo com a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) do Estado do Pará (PARÁ, 2020). Estes setores são: Marajó Ocidental, Marajó Oriental, Continental Estuarino, Flúvio-marítimo e Costa Atlântica Paraense.

O presente estudo foi realizado nas RESEX localizadas entre os municípios de São Caetano de Odivelas (-0.709801° , -48.076886°) e Marapanim (-0.601205° , -47.651238°) (figuras 5 e 6), no setor Flúvio-marítimo da ZCP, distando, aproximadamente, 140 km da capital Belém, podendo ser acessada através das rodovias PA-136, PA-140 e BR-316.

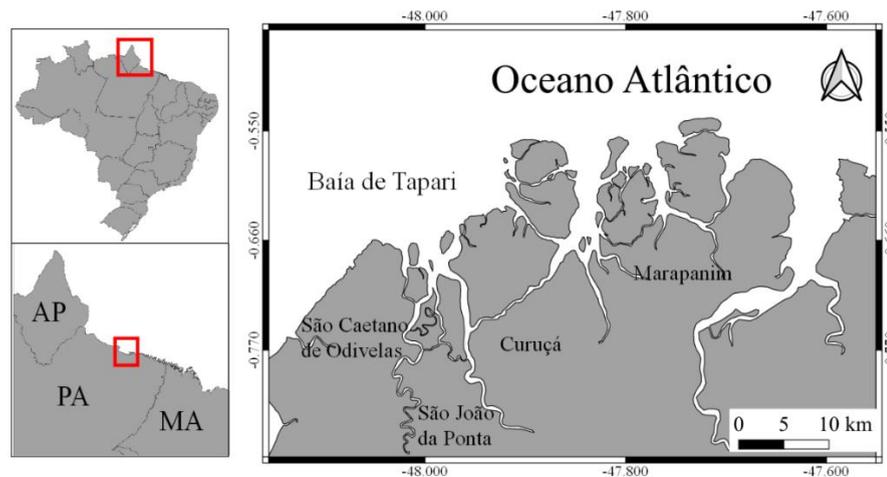


Figura 5. Microrregião do Salgado Paraense englobando a área de estudo. Esta se estende de São Caetano de Odivelas (oeste) a Marapanim (leste). Fonte: Autor.

As RESEXs analisadas neste estudo são:

1. Mãe Grande de Curuçá (366,79 km². Criada em 13/02/2002);
2. Mestre Lucindo (264,65 km². Criada em 10/10/2014);
3. Mocapajuba (210,28 km². Criada em 10/10/2014);
4. São João da Ponta (34,09 km². Criada em 13/02/2002)

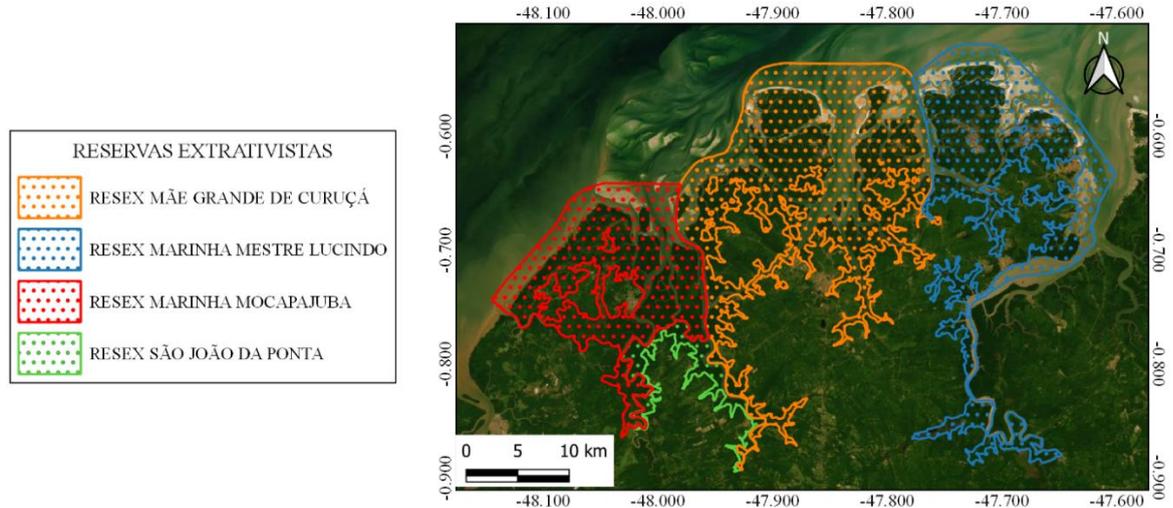


Figura 6. Limites das reservas extrativistas (RESEX) presentes na área de estudo. Fonte: Brasil, 2020b (modificado).

Segundo Pimentel (2019), as RESEX ocupam grandes extensões territoriais dos municípios. A maior área de ocupação ocorre em Curuçá, onde 366,78 km² da sua área total é ocupada pela RESEX, seguida de Marapanim, com 264,64 km², São Caetano de Odivelas, com 210,27 km² e São João da Ponta, com 34,09 km² de área total ocupada por RESEXs.

Quatro das três RESEXs apresentam contato direto com linha de costa. Estas são: Mestre Lucindo (com uma linha de contato de 21,64 km com o mar), Mãe Grande de Curuçá (com 29,92 km de contato com o mar) e Mocajuba (com 23,53 km de contato com o mar). A RESEX São João da Ponta localiza-se mais internamente, aproximadamente 13 km da linha de costa. Esta é banhada pelos rios Mojuim (a esquerda) e Mocajuba (a direita). Ambos os rios desaguam no mesmo ponto da costa, na baía de Tapari, entre os municípios de São Caetano de Odivelas e Curuçá.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

5.1 CLIMA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

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, 2020).

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 ZCIT é uma faixa de nuvens formada a partir da interação de cinco zonas de acentuadas características oceânicas e atmosféricas. Estas zonas são: Zona de confluência dos Alísios, zona do cavado equatorial, zona de máxima temperatura de superfície do mar (TSM), zona de máxima convergência de massa e zona de banda de máxima cobertura de nuvens convectivas. O deslocamento da ZCIT ocorre de forma anual entre 8°N, no verão do Hemisfério Norte, e 1°S, no Hemisfério Sul, no mês de abril (CPTEC/INPE, 2020).

Os ventos têm importância fundamental na dinâmica costeira, pois estes atuam na formação de ondas que modelam a morfologia costeira, sendo responsáveis pela erosão, retrabalhamento e mistura dos sedimentos presentes na costa, principalmente os situados na zona intermaré (El-Robrini *et al.*, 2018). 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 região amazônica, devido o deslocamento da célula de Walker, o que inibe a formação de atividades convectivas (Nobre & Rennó, 1985; Nobre & Oliveira 1987), já o fenômeno La Niña apresenta efeito inverso, ocasionando precipitação abundante e ventos intensos na região. 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

5.2 HIDROGRAFIA E CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

Os municípios da área de estudo estão inseridos na Região hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental. Esta região engloba quarenta e nove municípios paraenses e duzentos e quatorze municípios do Maranhão e é marcada pela exuberância de suas paisagens que marcam a transição entre os biomas amazônicos e o cerrado (PARÁ, 2012). As sub-bacias presentes nesta região são referentes aos rios Marapanim, Curuçá, Mojuim e Mocajuba. Há também uma grande quantidade de canais menores, denominados “furos”, que além de atuarem como atalhos para navegação funcionam como conexão entre os estuários, promovendo a troca dos sedimentos e nutrientes entre eles.

Segundo Matos *et al.* (2020), esta área é marcada por ser um ambiente flúvio-marinho, dominado por macromarés semidiurnas, com alturas que variam de 3.5 a 6m durante as marés de quadratura e sizígia, respectivamente. Os estuários localizados na região possuem formato afunilado, com águas extremamente misturadas, resultantes da ação das marés e ondas baixas (alturas menores que 1,5 m) e de energia moderada (Sousa *et al.*, 2017).

Asp *et al.* (2013) afirmam que os estuários da região possuem seções estreitas com profundidades de até 40m e correntes relativamente fracas, com máximas que não ultrapassam 0,5 m.s⁻¹. Os autores também descrevem as descargas fluviais máximas de vazante e de enchente com valores de 3.670 m³.s⁻¹ e 3.580 m³.s⁻¹, respectivamente. Silva (2015) afirma que

durante o período chuvoso ocorre o predomínio das marés de vazante, o que define ambiente como dominado por vazante. Neste período há expansão das áreas de inundação devido ao aumento da intensidade da descarga fluvial. Já durante o período seco há simetria na onda de maré, devido à diminuição da descarga fluvial e predomínio das correntes de maré.

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 chuvoso, o pH diminui levemente, ficando entre 5,74 e 6,68, tornando o ambiente ligeiramente ácido.

5.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A área de estudo é demarcada pela grande quantidade de reentrâncias, formadas por vales fluviais parcialmente submersos, decorrentes do aumento do nível do mar durante o Holoceno (Prost *et al.*, 2001). Estas reentrâncias fazem com que a faixa litorânea receba a denominação de litoral de “falsas rias”, com recortes que se estendem de São Caetano de Odívelas até a baía de São Luís, no Maranhão (El-Robrini *et al.*, 2018).

Segundo El-Robrini *et al.* (2018), a ZCP é dividida em dois grandes setores distintos, delimitados pelo Estuário do rio Pará. O primeiro, a oeste, é caracterizado pelos seus terrenos altos e estreitos vales estuarinos esculpidos nos sedimentos do Grupo Barreiras. O segundo, a leste, é marcado por uma costa mais 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 holocênicos inconsolidados, 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), que estão sujeitas a inundações periódicas. Estas feições são marcadas pela expressiva dinâmica costeira. A costa é modelada pela ação de ondas de energia moderada e fortes correntes de maré que influenciam na drenagem costeira, fazendo com que a região tenha padrão de drenagem dendrítico com direção NE-SW (Martins *et al.*, 2007; Sousa *et al.*, 2017). Somado a isso, tem-se uma costa sob evolução transgressiva.

De acordo com França *et al.* (2016), a área de estudo abriga três geossistemas:

- 1) capoeiras e capoeirões sobre baixos platôs, tabuleiros e colinas degradados com dinâmica progressiva e regressiva sob forte antropismo devido ao uso urbano e rural, tendo

coberturas superficiais areno-argilosas da Formação Barreiras/Pós-Barreiras;

2) formações florestais alagáveis das planícies aluviais com dinâmica progressiva pelo uso extrativista e urbano com coberturas arenosas ou argilosas;

3) florestas halófitas flúvio-marinhas em planícies de maré lamosas, com estabilidade dinâmica ou climática sob uso extrativista, com coberturas sedimentares siltosas e argilosas. Neste geossistema se observam os manguezais adultos e senis, com os gêneros *Laguncularia sp.*; *Rhizophora sp.* e *Avicennia sp.*

Estas planícies lamosas possuem composição mineralógica de quartzo e caulinita, com menores concentrações de esmectita e illita. Os níveis de SiO_2 , Al_2O_3 , e Fe_2O_3 são altos em comparação aos de Na_2O , K_2O , MgO e CaO (Vilhena *et al.*, 2014).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITES E DE DADOS AMBIENTAIS

Para visualizar as mudanças no ambiente de manguezal se fez necessário o uso de imagens de satélite e de dados históricos ambientais. Neste estudo foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 (tabela 2) e dados da cobertura de solo. As imagens Landsat foram adquiridas no site <https://landsatlook.usgs.gov/> do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram selecionadas imagens com intervalos entre cinco e sete anos, levando em consideração a menor porcentagem de cobertura de nuvens, para que houvesse melhor observação das alterações no ambiente de mangue.

Tabela 2. Informações sobre as imagens de satélites utilizadas no estudo.

Satélite	Ano	Órbita-Ponto	Data	Hora
Landsat TM/5	1986	223-060 / 223-061	17/jul	12:45
Landsat TM/5	1993	223-060 / 223-061	20/jul	12:45
Landsat ETM/7	1999	223-060 / 223-061	13/jul	13:15
Landsat TM/5	2004	223-060 / 223-061	09/abr	13:06
Landsat ETM/7	2010	223-060 / 223-061	13/set	13:14
Landsat OLI/8	2016	223-060 / 223-061	21/set	13:22
Landsat ETM/7	2020	223-060 / 223-061	07/ago	12:51

Os dados de cobertura de solo foram obtidos a partir do *plugin* Mapbiomas *Collection*, disponível no *software* Qgis. Os dados disponíveis no *plugin* vão até o ano de 2019.

6.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento das imagens foi realizado com o *software* QGIS 3. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat dos anos de 1986, 1993, 1999, 2004, 2010, 2016 e 2020. Todas as imagens apresentaram resolução espacial de 30 metros. As imagens passaram pelo cálculo de correção de reflectância de Topo de Atmosfera (TOA) e correção do ângulo solar (modificado de USGS, 2020):

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho} \cdot Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin(\theta_{SE})}$$

Onde: ρ_{λ} = Reflectância planetária do topo da atmosfera;

M_{ρ} = Fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda;

A_{ρ} = Fator de reescalonamento aditivo específico da banda;

Q_{cal} = Valor de pixel de produto padrão quantificado e calibrado;

θ_{SE} = Ângulo de elevação solar local.

As imagens corrigidas foram utilizadas na determinação da dinâmica espacial dos manguezais através de classificação supervisionada. Esta técnica consiste na identificação de diferentes classes na imagem a partir de informações inseridas no software pelo usuário através de “treinamento”. Este treinamento representa a seleção de *pixels* feita pelo usuário para determinadas classes (feições) do ambiente. O usuário define as classes que deverão ser identificadas. Neste trabalho foram definidas quatro classes: 1) Mangue, 2) outra vegetação, 3) água e 4) solo exposto/urbanizado. Para cada classe foram selecionados cem *pixels*. Então, a partir desta seleção o *software* irá reconhecer e delimitar as feições para todos os *pixels* que formam a imagem, gerando um novo arquivo *raster*. Após a classificação, a imagem *raster* foi transformada em vetor e os manguezais (classe 1) foram isolados para quantificação da área (km²) e melhor visualização do resultado de variação da área.

O MPS foi obtido através da composição colorida R4G3B2 (Landsat 5 e 7) e R5G4B3 (Landsat 8). Esta composição utiliza a banda do infravermelho e permite a melhor visualização do MPS próximo às zonas costeiras.

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*. Esta série de dados abrangeu o período de 1986 a 2019.

A partir dos dados analisados buscou-se entender o comportamento dos manguezais da área de estudo, quais forçantes controlaram sua dinâmica e quais medidas poderiam ser tomadas para preservação destas áreas (figura 7).

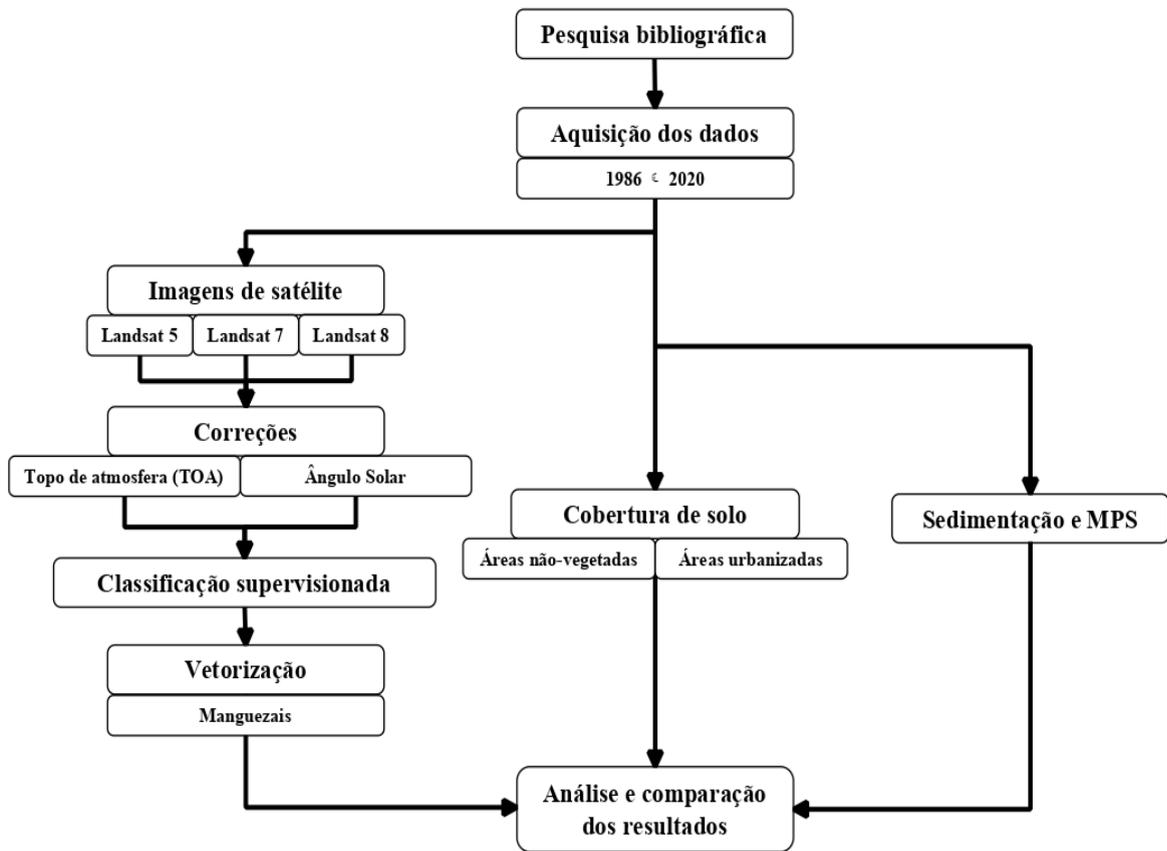


Figura 7. Fluxograma das etapas da metodologia adotada.

7 RESULTADOS

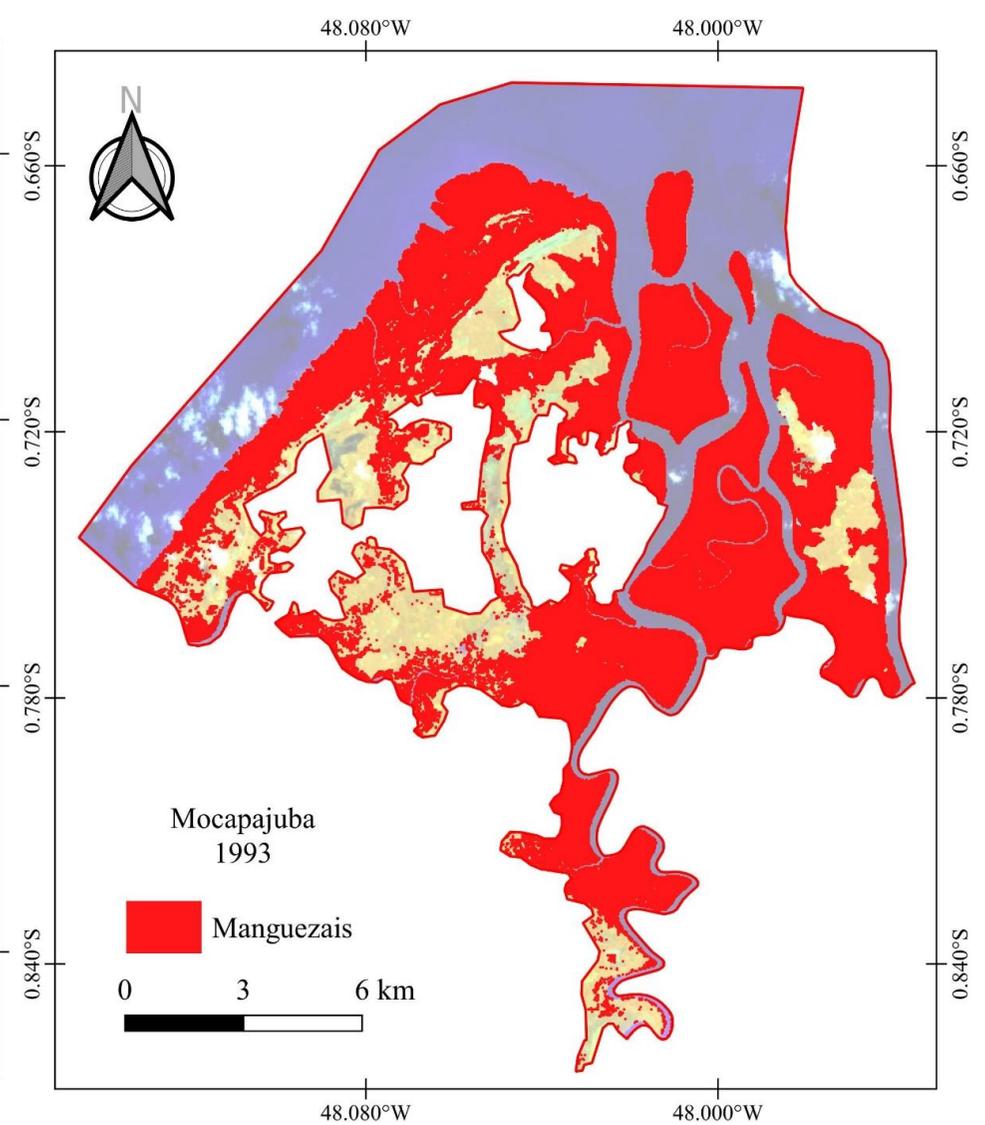
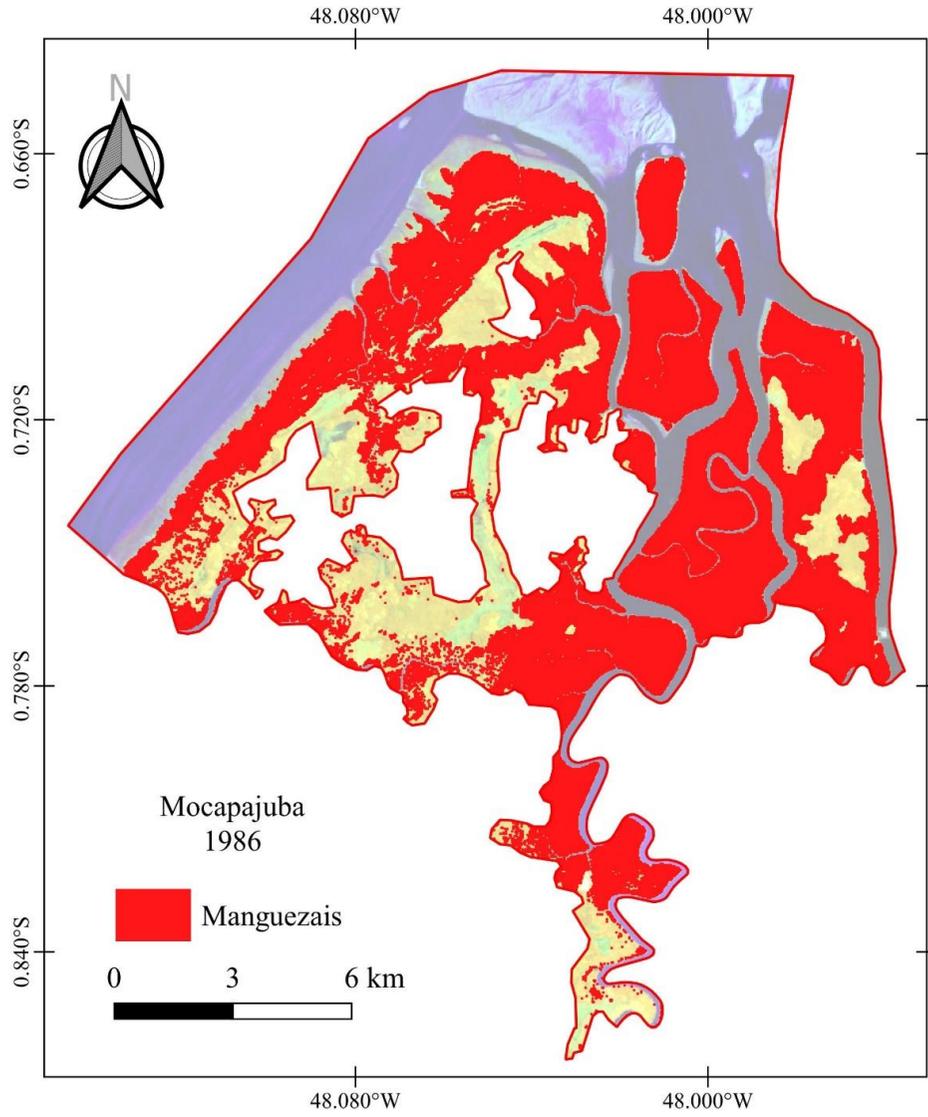
7.1 ALTERAÇÃO NA COBERTURA DE MANGUEZAIS

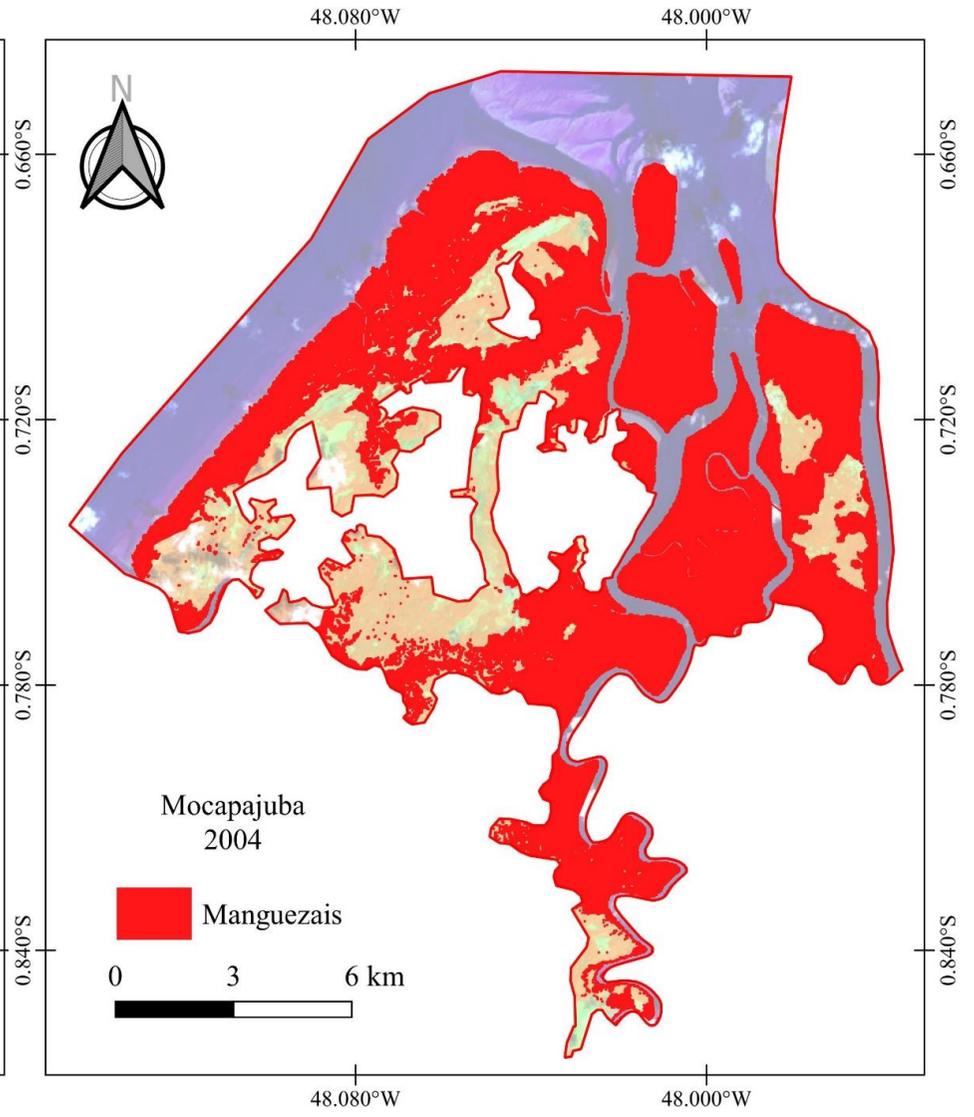
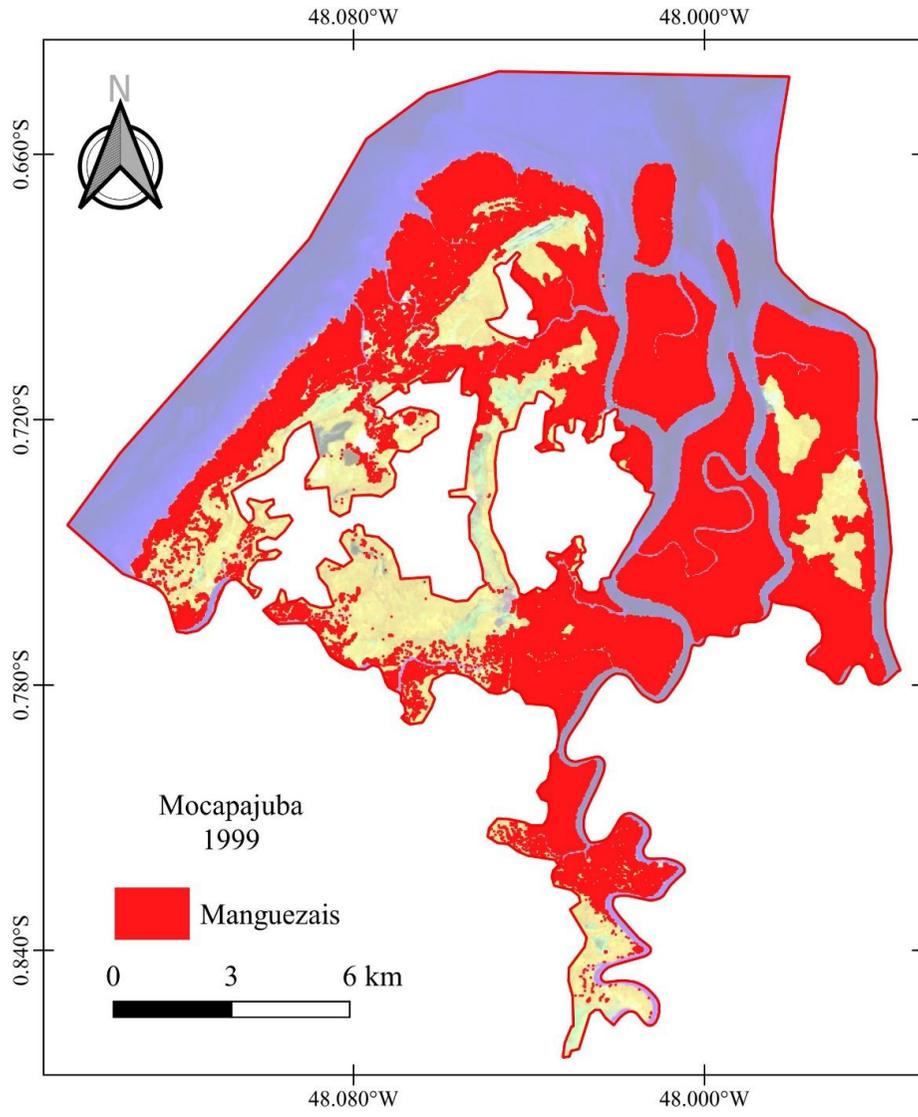
A cobertura vegetal de manguezais de todas as RESEXs analisadas mostrou variações bastante evidentes entre os anos de 1986 e 2020. Estas variações se apresentam tanto na forma de redução quanto de expansão da área vegetada. As alterações ocorreram, majoritariamente, na faixa litorânea. Pouco foi alterado nas porções mais internas das RESEXs, mesmo nas áreas em contato com corpos d'água.

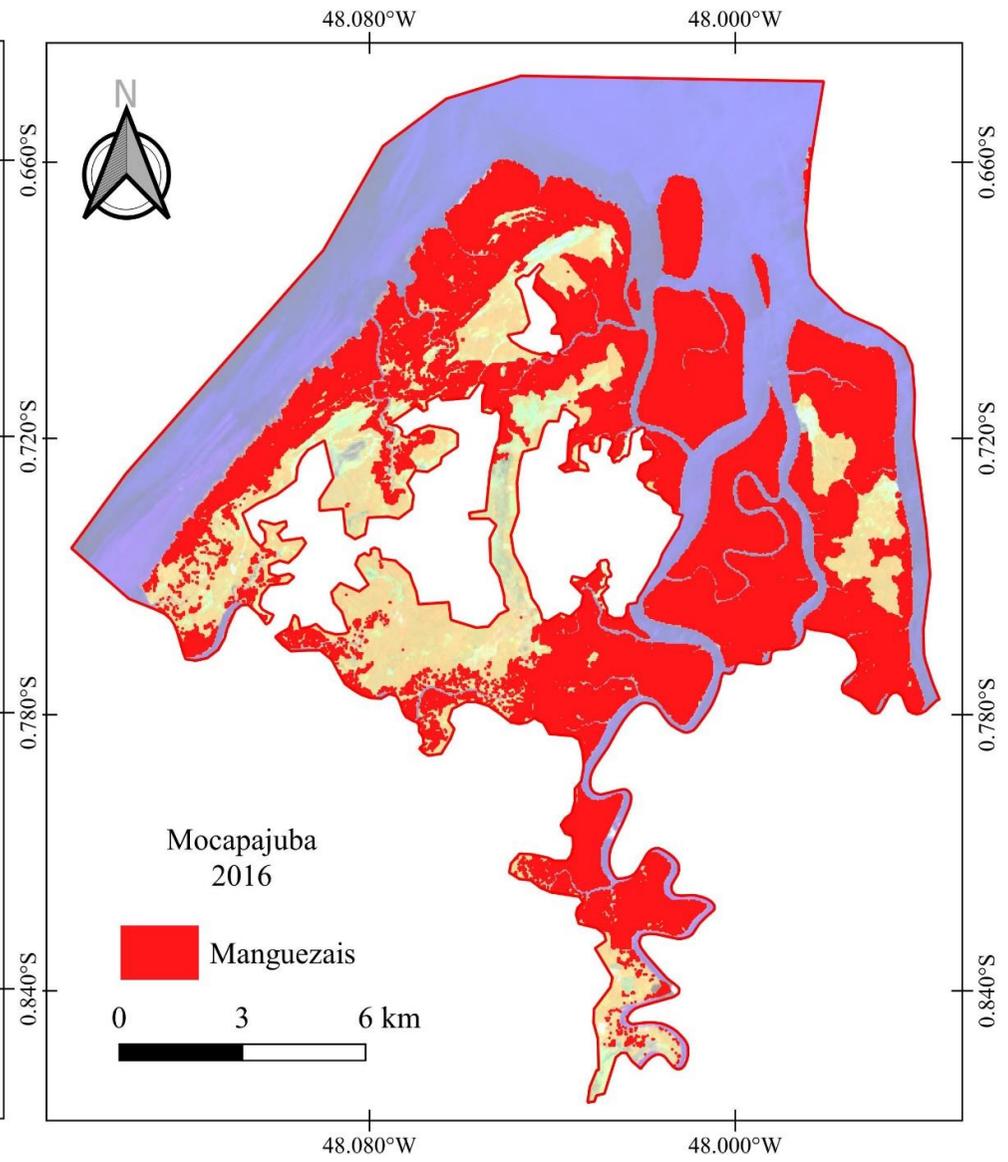
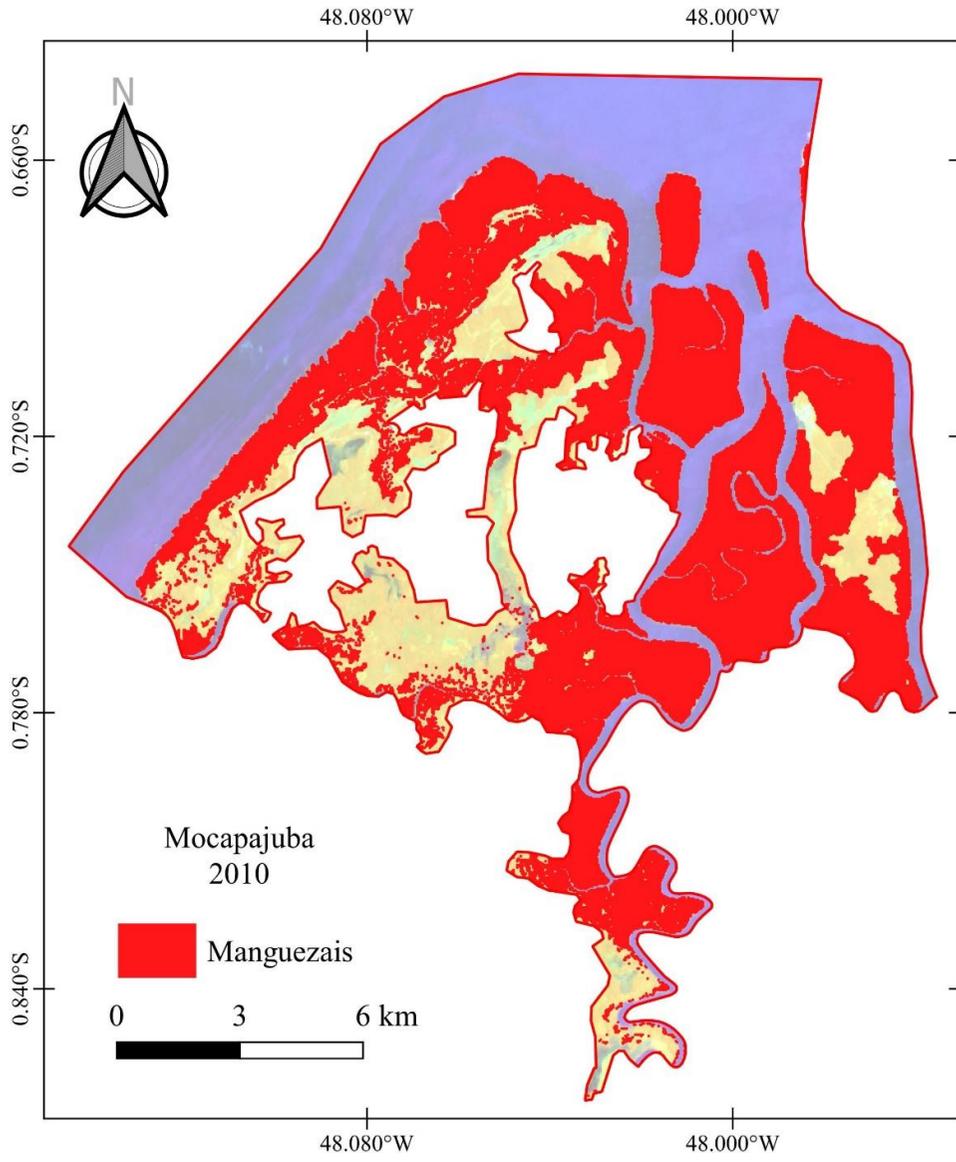
Na RESEX Mocapajuba a área dos manguezais se manteve entre 79,9 e 92,3 km² (tabela 3) (figura 8). As maiores alterações ocorreram entre os períodos 2004 – 2010 e 2016 – 2020, com variações de -8,05 e 9,93 km², respectivamente. A área de ocupação dos manguezais foi maior no ano de 2004, sendo 43,91 km², enquanto que a menor área ocorreu em 2016, com 38,02 km².

Tabela 3. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mocapajuba. *Período de instalação da RESEX.

RESEX	Ano	Área (km ²)	Variação (km ²)	Área mangue/RESEX (%)
Mocapajuba	1986	84,029	0,000	39,96
	1993	89,827	5,798	42,72
	1999	83,031	-6,796	39,49
	2004	92,344	9,313	43,91
	2010	84,290	-8,054	40,08
	2016*	79,950	-4,341	38,02
	2020	89,886	9,937	42,75







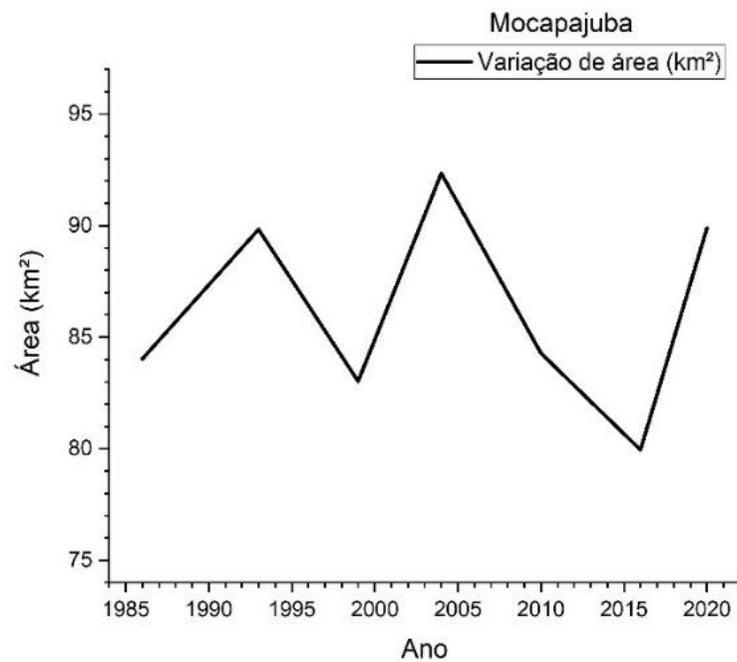
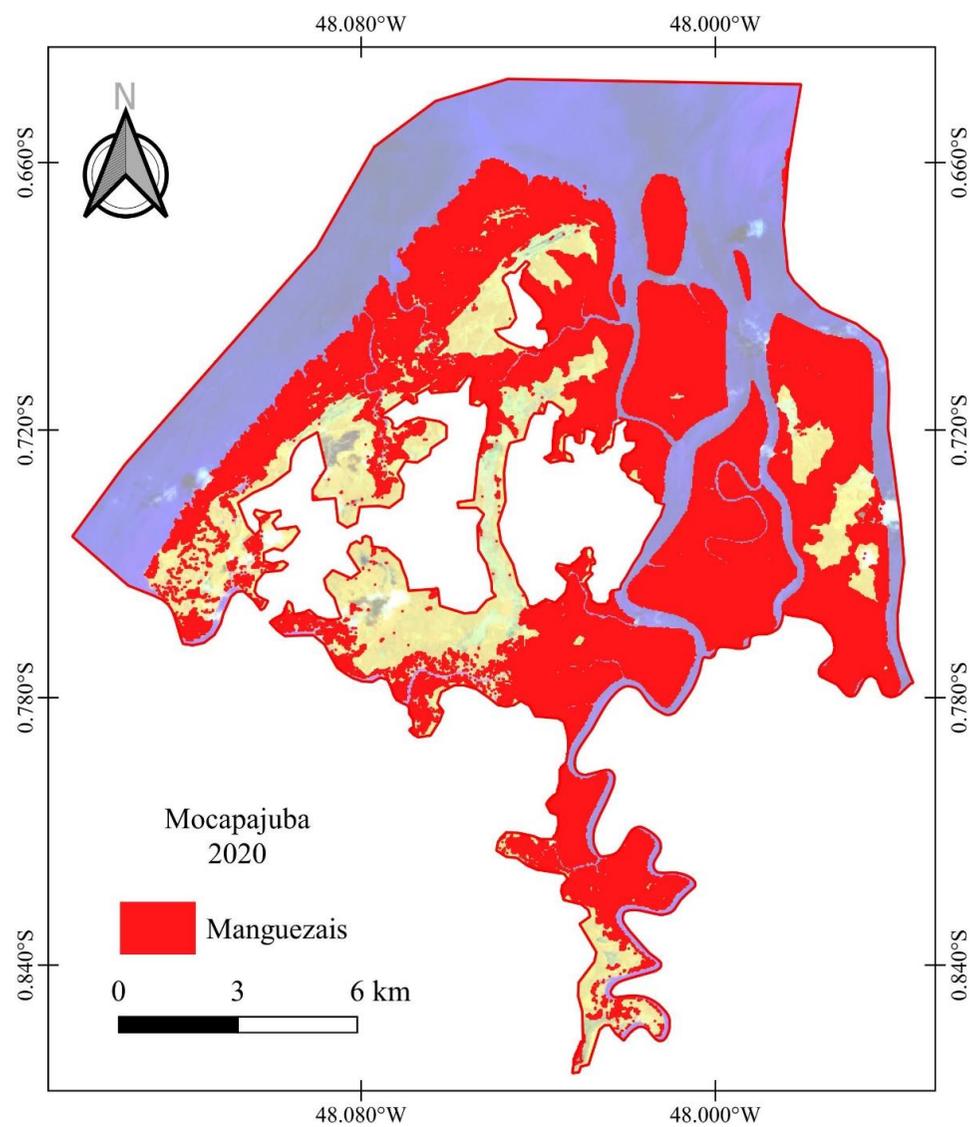
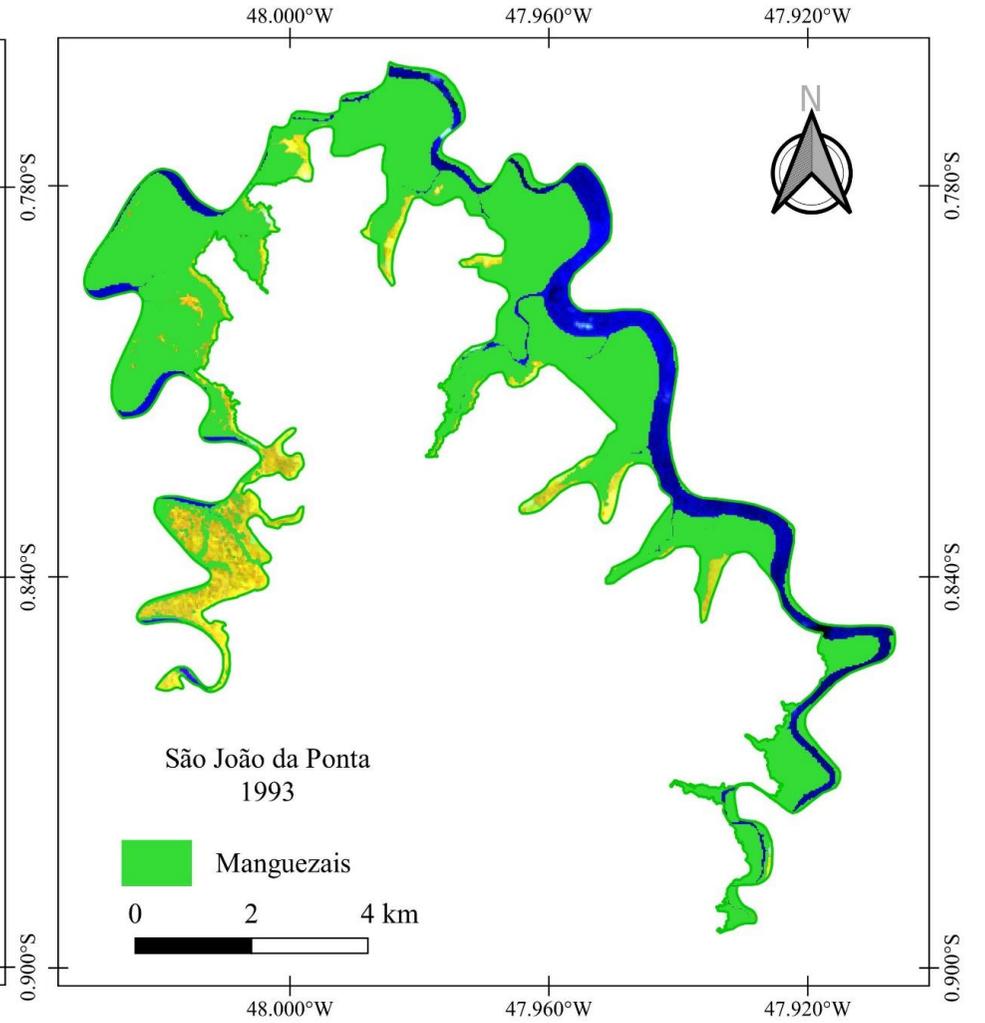
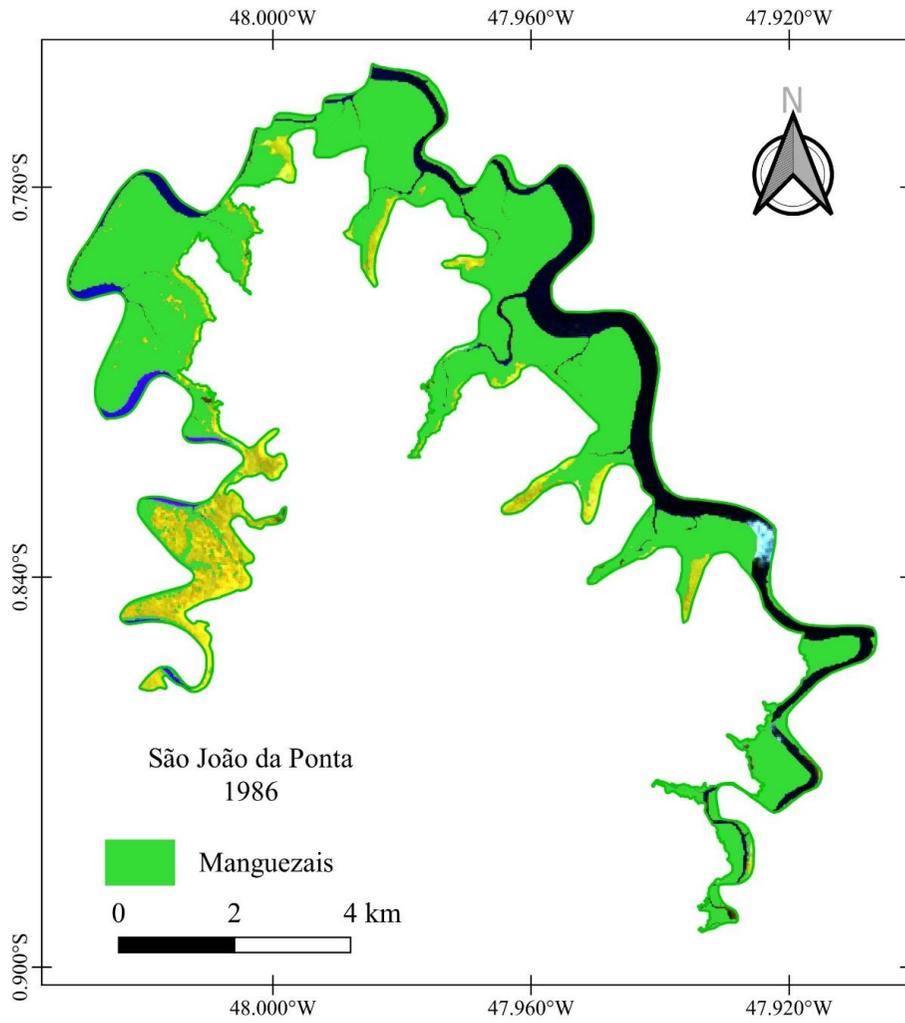


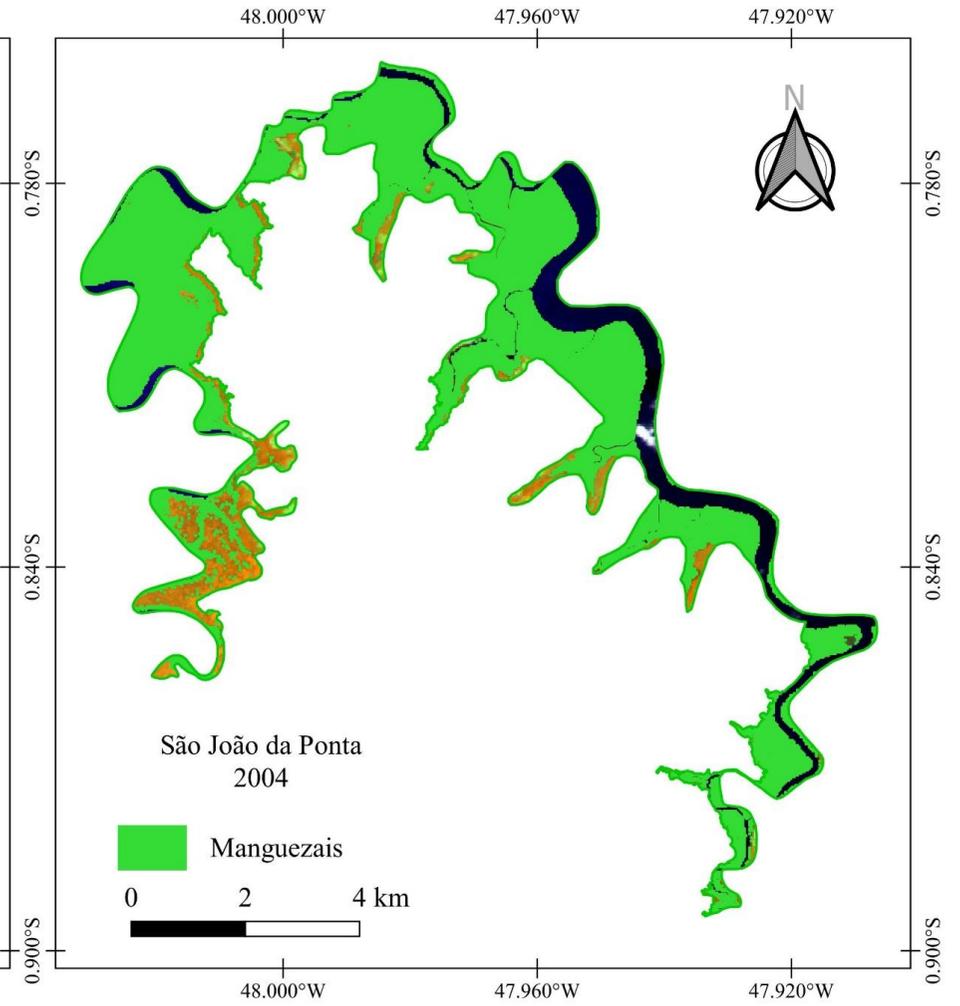
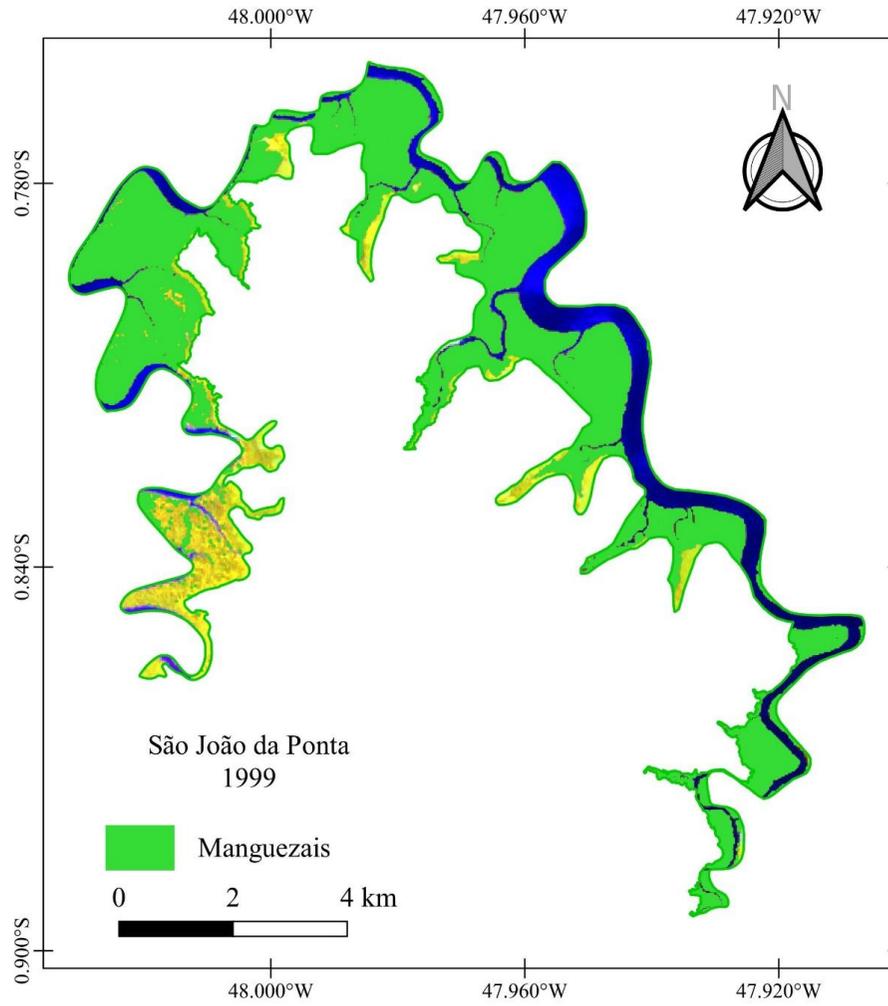
Figura 8. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mocupajuba (vermelho), do ano de 1986 até 2020.

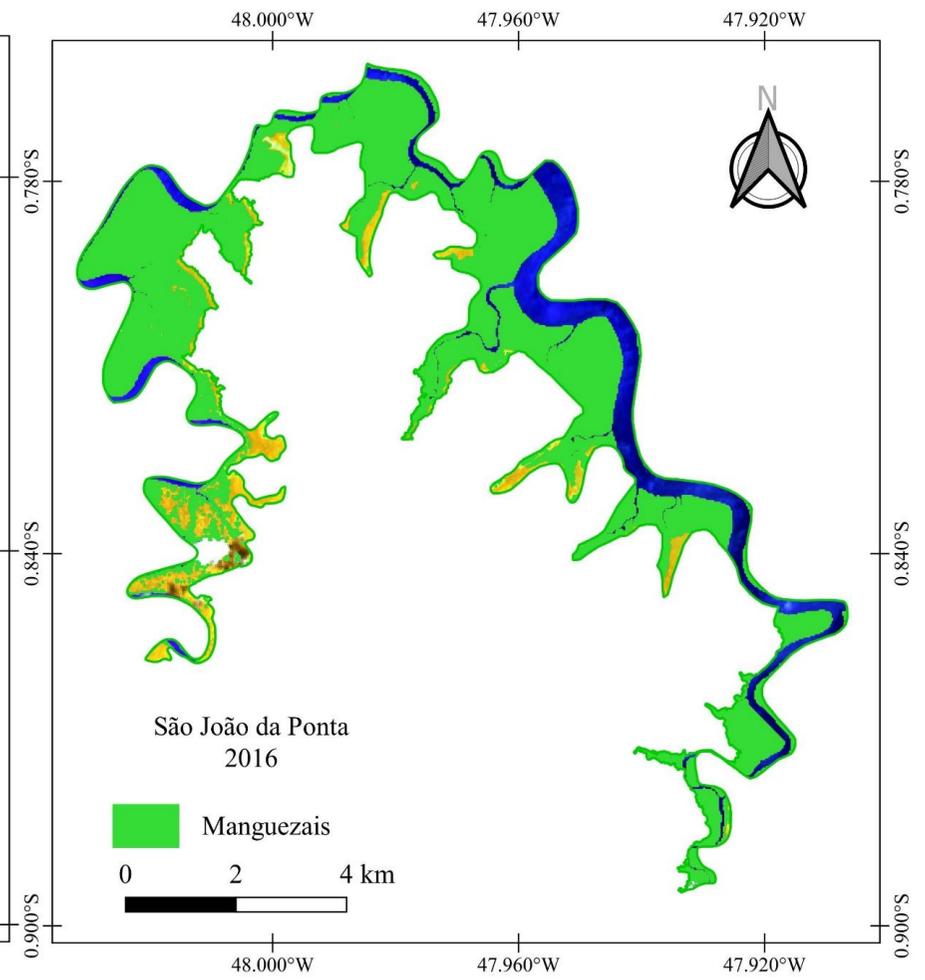
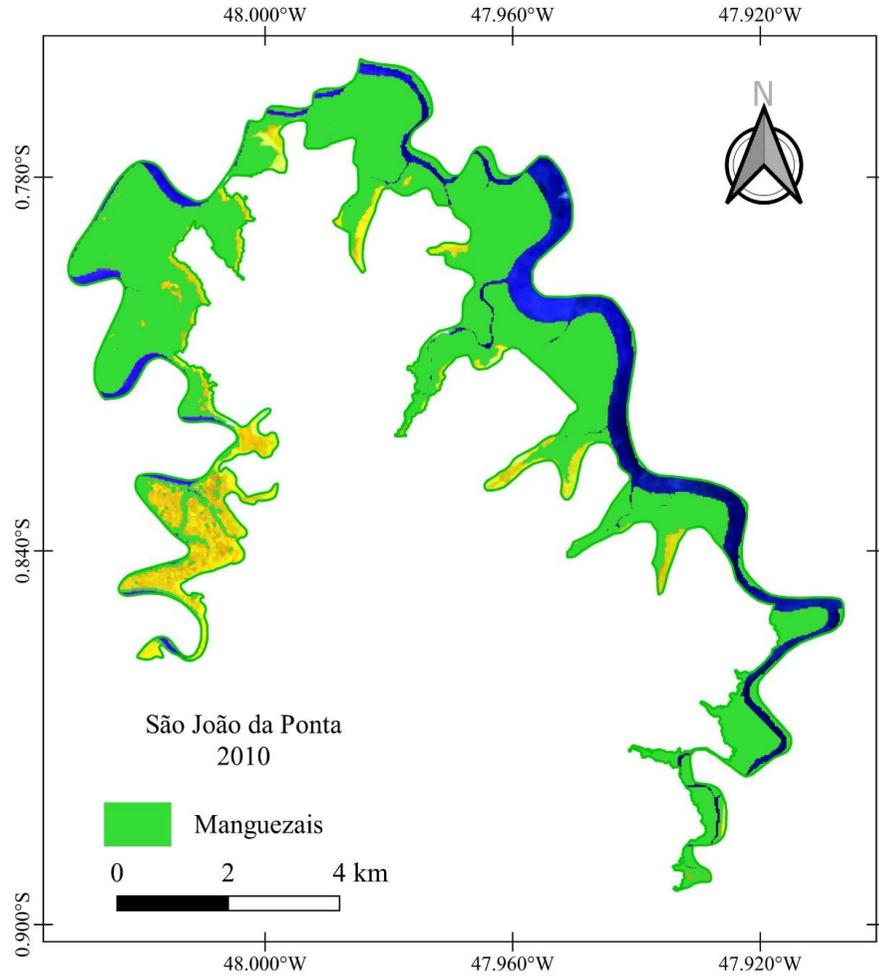
Em São João da Ponta a área de cobertura de manguezais permaneceu entre 19,37 km² e 22,61 km² (tabela 4) (figura 9). A maior perda de área ocorreu entre o período de 1993 – 1999, com perda de 1,84 km². Já o aumento de área ocorreu entre 1999 – 2004, com acréscimo de 2,67 km². No ano de 2020 foi possível observar a maior área de manguezais relativa à área total da RESEX, sendo 66,32% de ocupação. A menor área manguezal/RESEX ocorreu no ano de 1999, com ocupação de 56,90%.

Tabela 4. Variações das áreas de manguezais na RESEX São João da Ponta. *Período de instalação da RESEX.

RESEX	Ano	Área (km²)	Variação (km²)	Área mangue/RESEX (%)
São João da Ponta	1986	20,013	0,000	58,71
	1993	21,242	1,229	62,31
	1999	19,397	-1,845	56,90
	2004*	22,071	2,674	64,74
	2010	20,854	-1,218	61,17
	2016	21,595	0,741	63,35
	2020	22,610	1,015	66,32







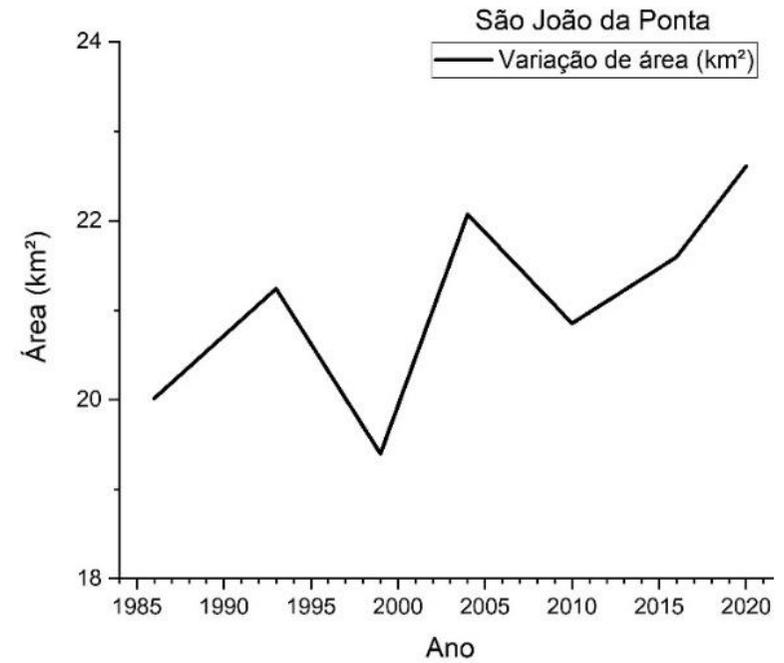
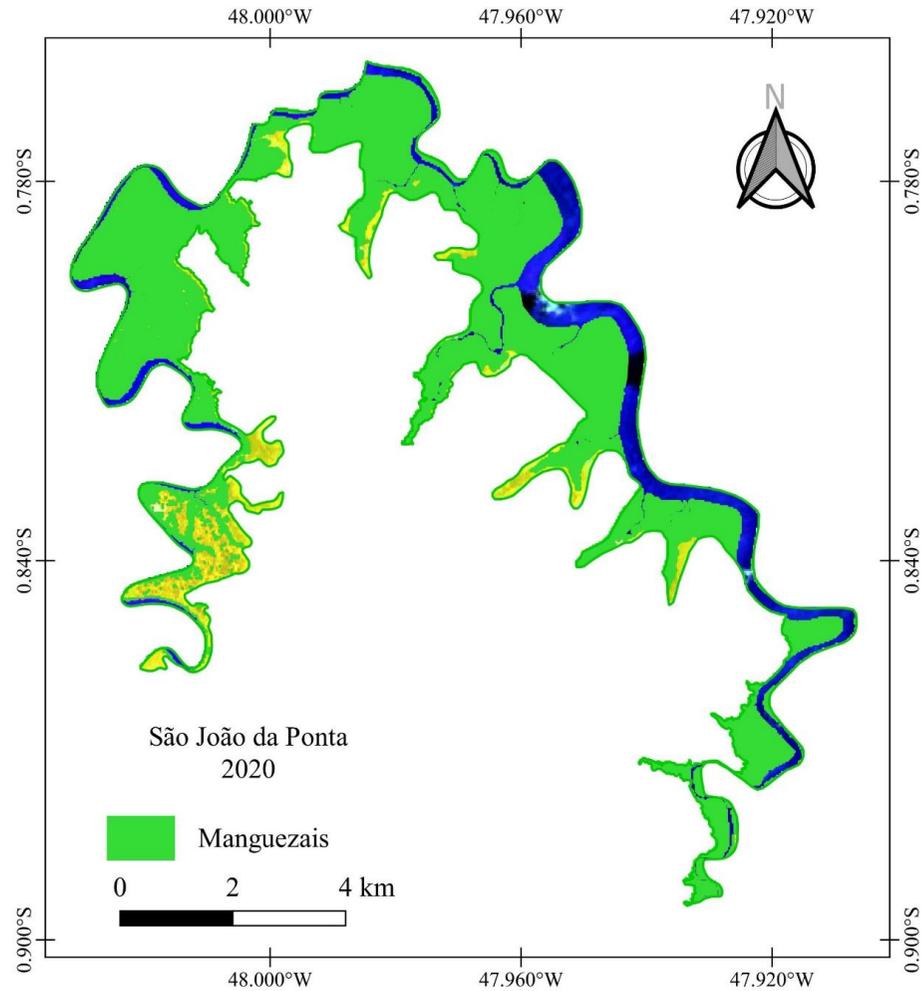
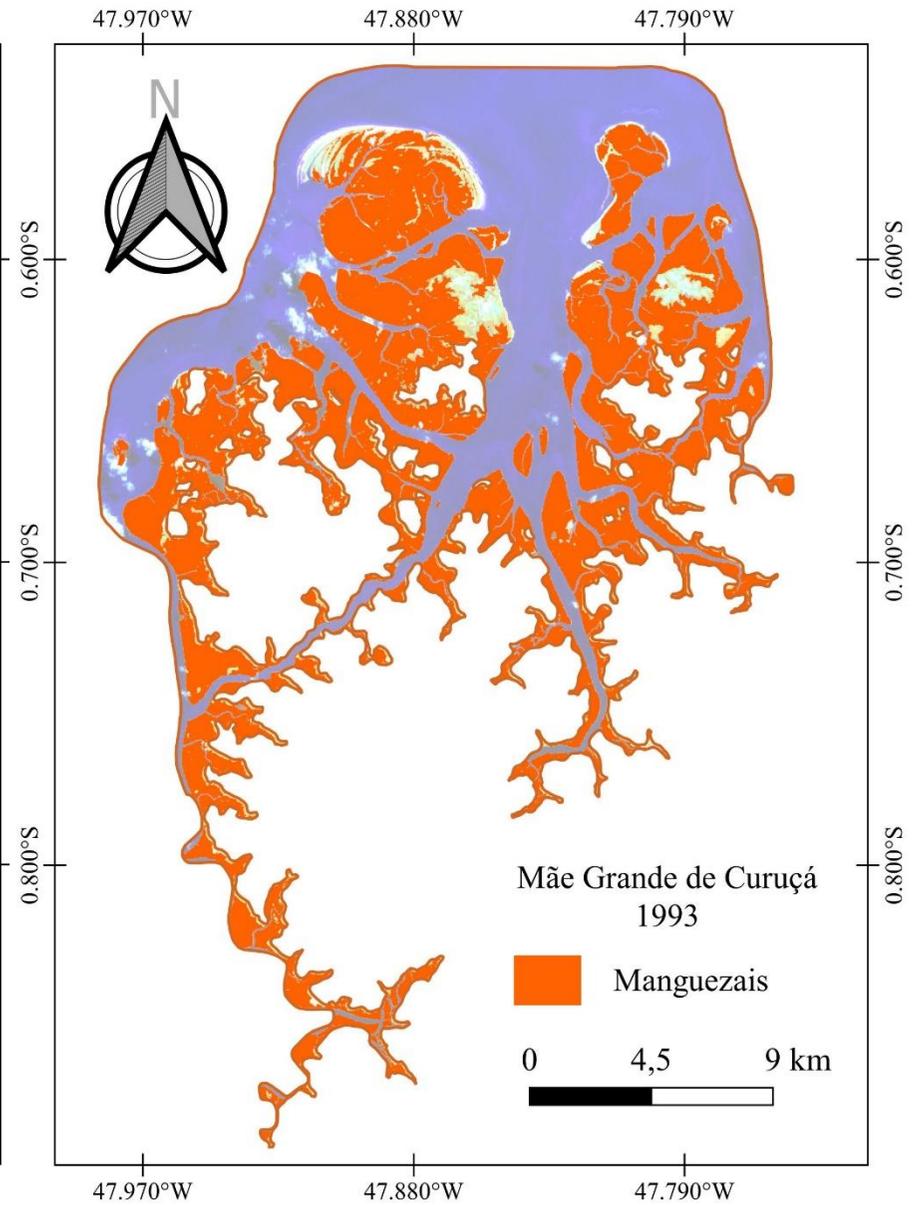
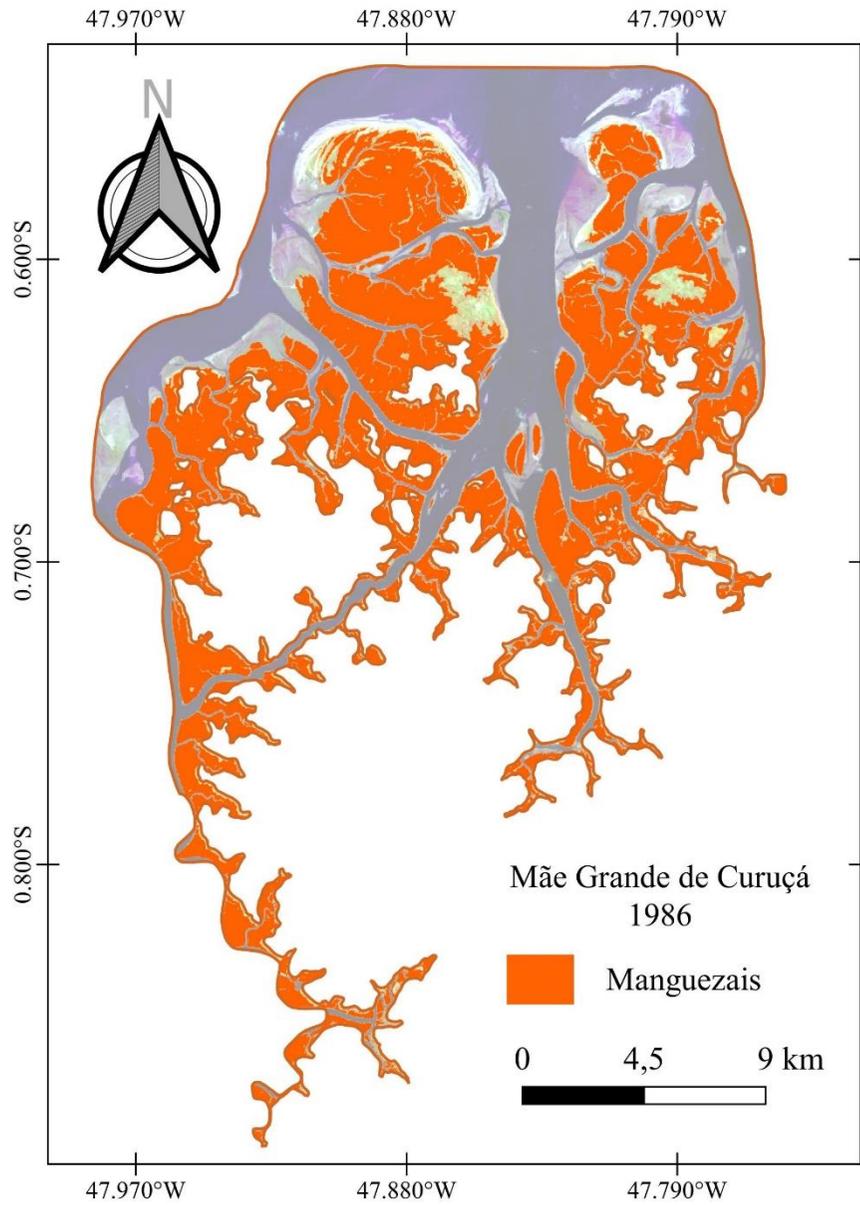


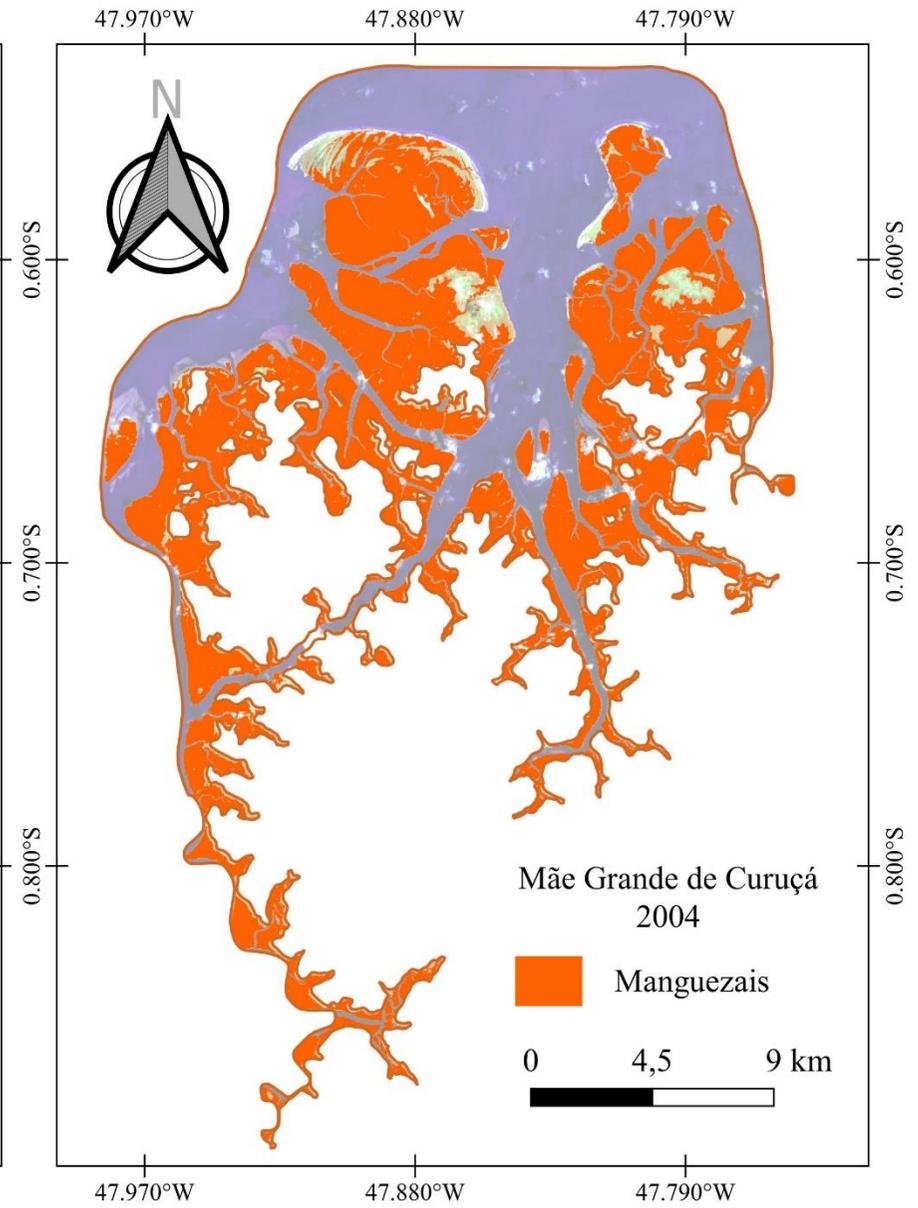
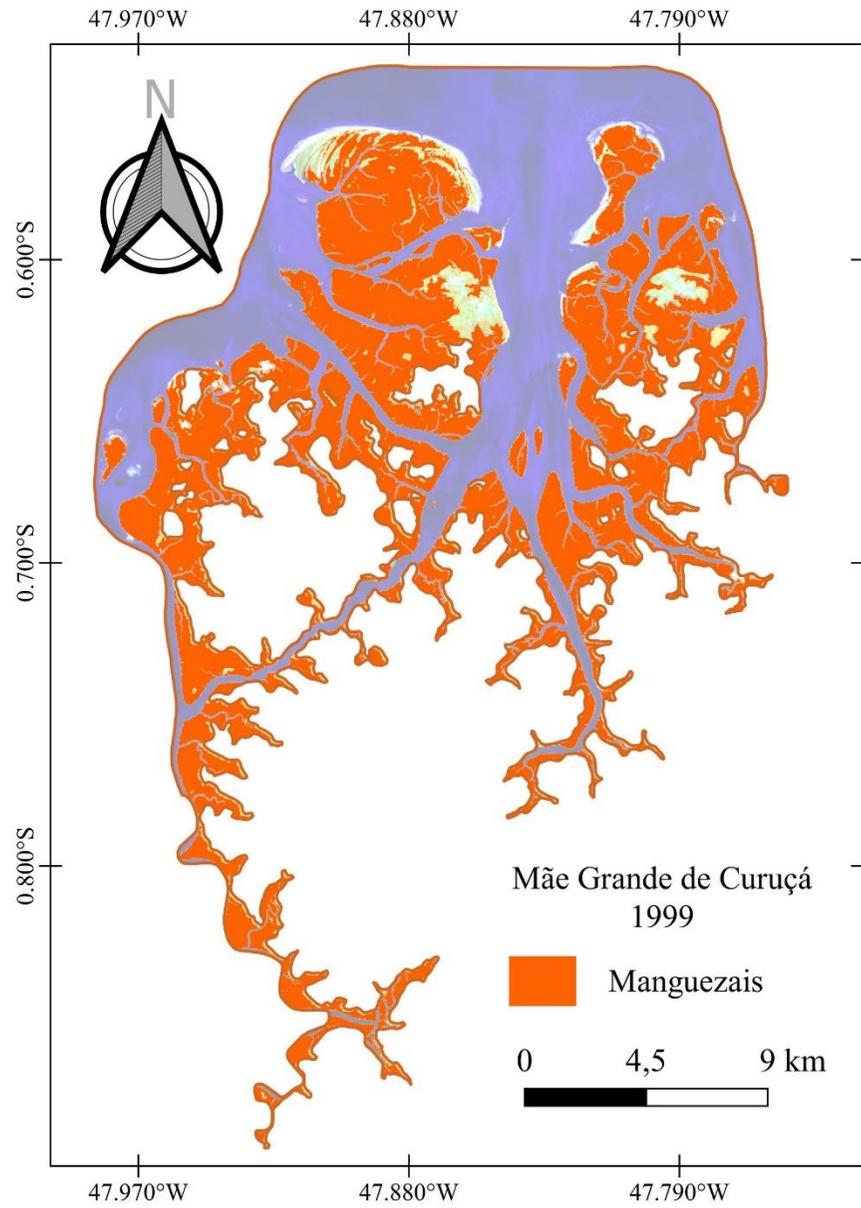
Figura 9. Variação da cobertura de manguezais na RESEX São João da Ponta (verde), do ano de 1986 até 2020.

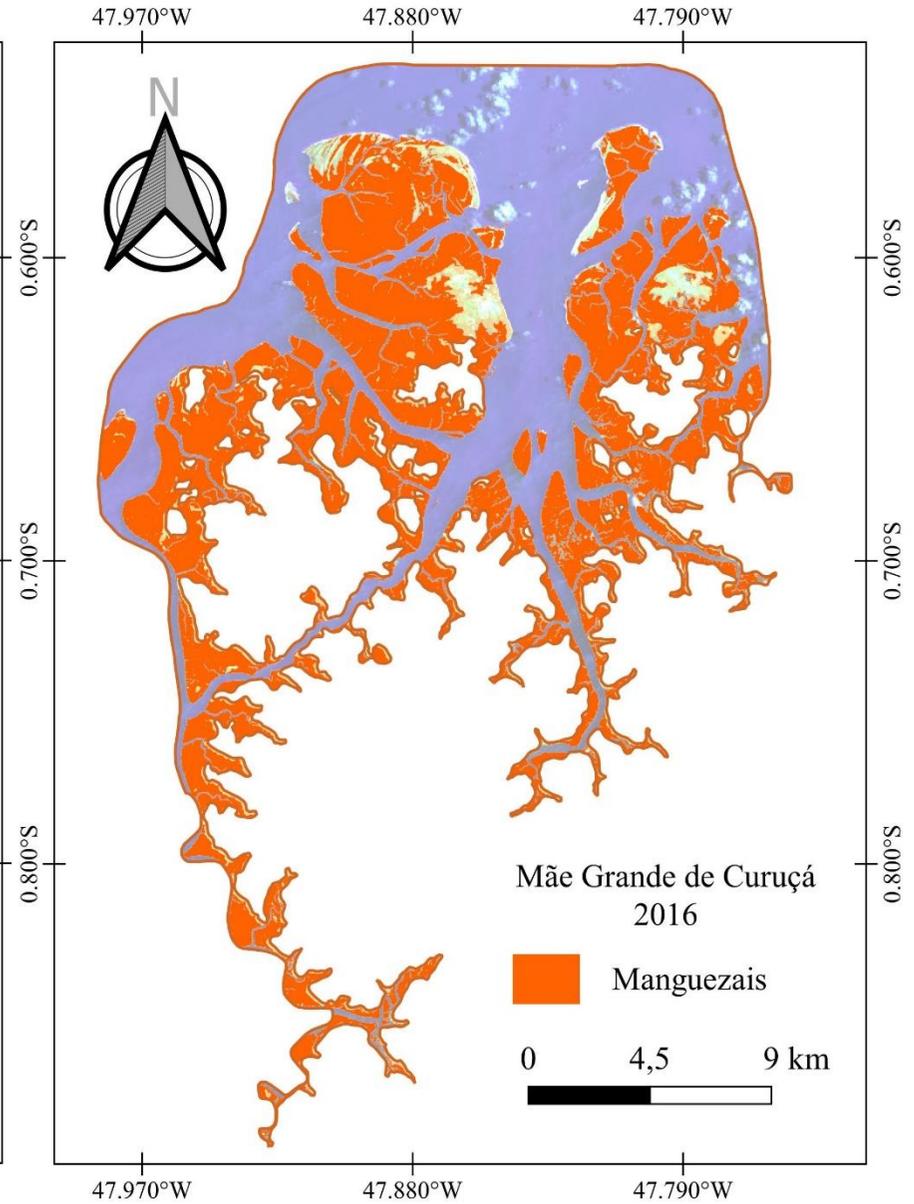
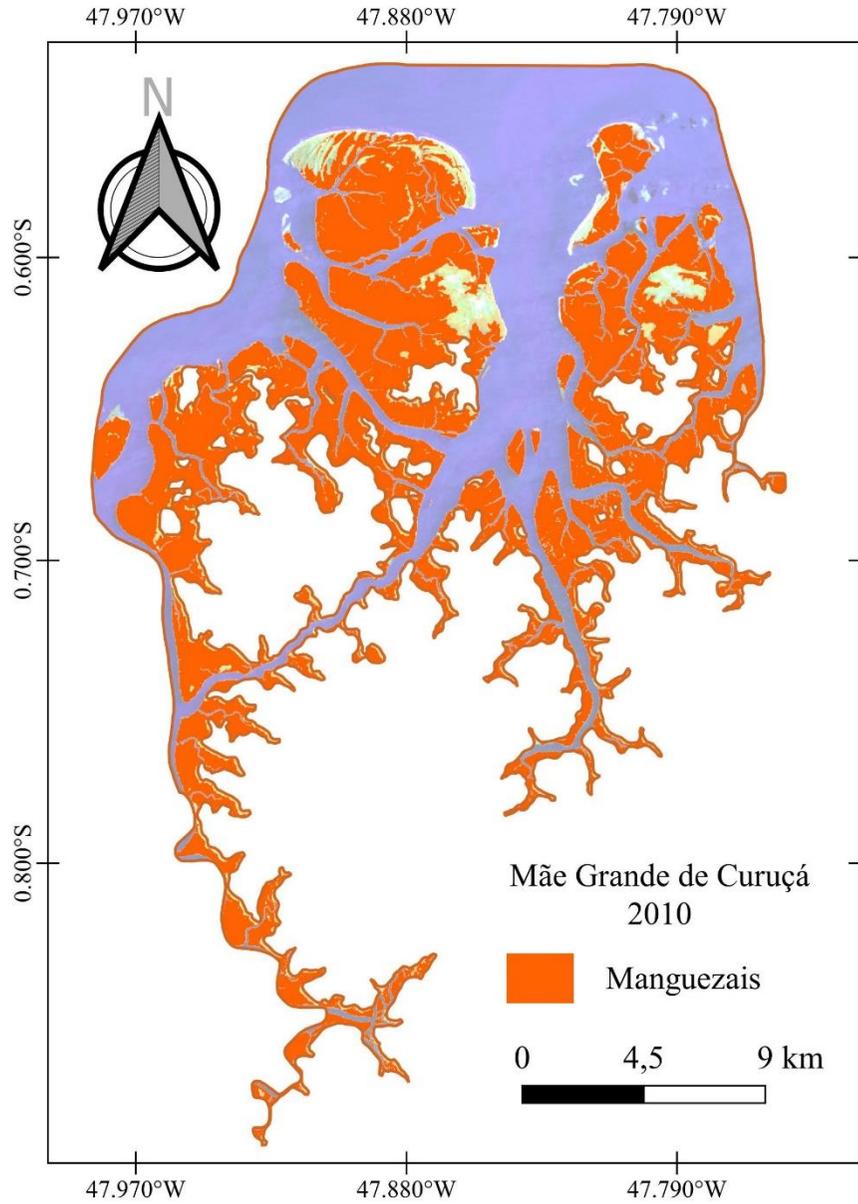
Na RESEX Mãe Grande de Curuçá, a área de manguezais permaneceu entre 151 km² e 165,82 km² (tabela 5) (figura 10). A maior perda de área foi observada no período 1993 – 1999, com variação de -5,25 km². Já o maior crescimento foi observado no período 2016 – 2020, com variação de 14,82 km². A maior área manguezal/RESEX foi observada no ano de 2020 (45,21%), enquanto que a menor ocorreu no ano de 2016 (41,17%).

Tabela 5. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mãe Grande de Curuçá. *indica o período de instalação da RESEX.

<i>RESEX</i>	Ano	Área (km ²)	Variação (km ²)	Área mangue/RESEX (%)
Mãe Grande de Curuçá	1986	156,002	0,000	42,53
	1993	160,245	4,243	43,69
	1999	154,993	-5,252	42,26
	2004*	158,510	3,517	43,22
	2010	154,073	-4,437	42,01
	2016	151,004	-3,069	41,17
	2020	165,829	14,825	45,21







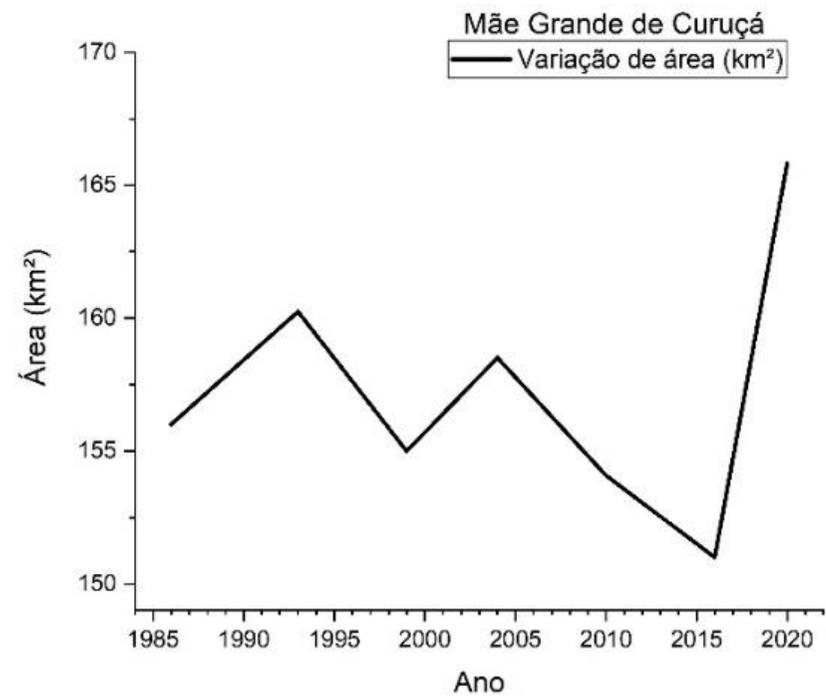
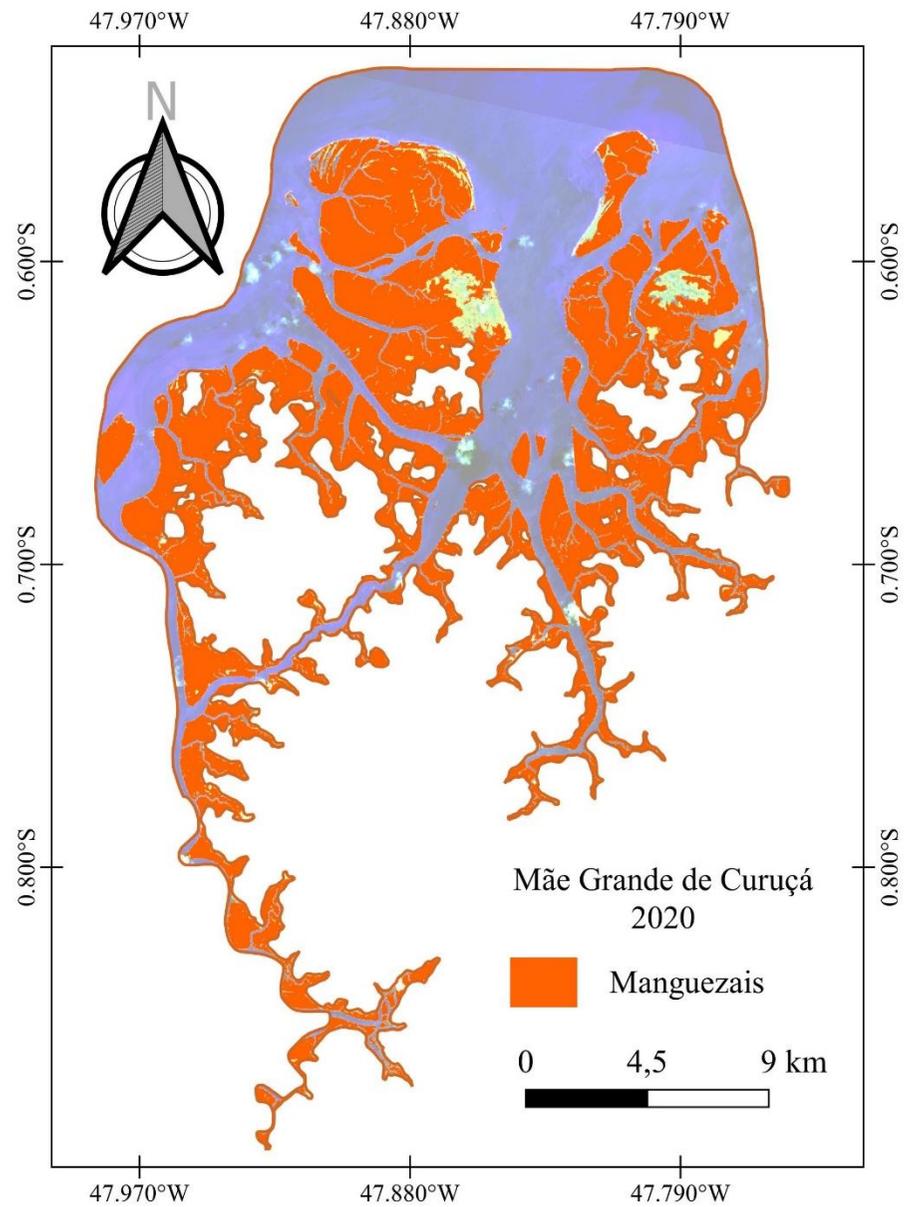
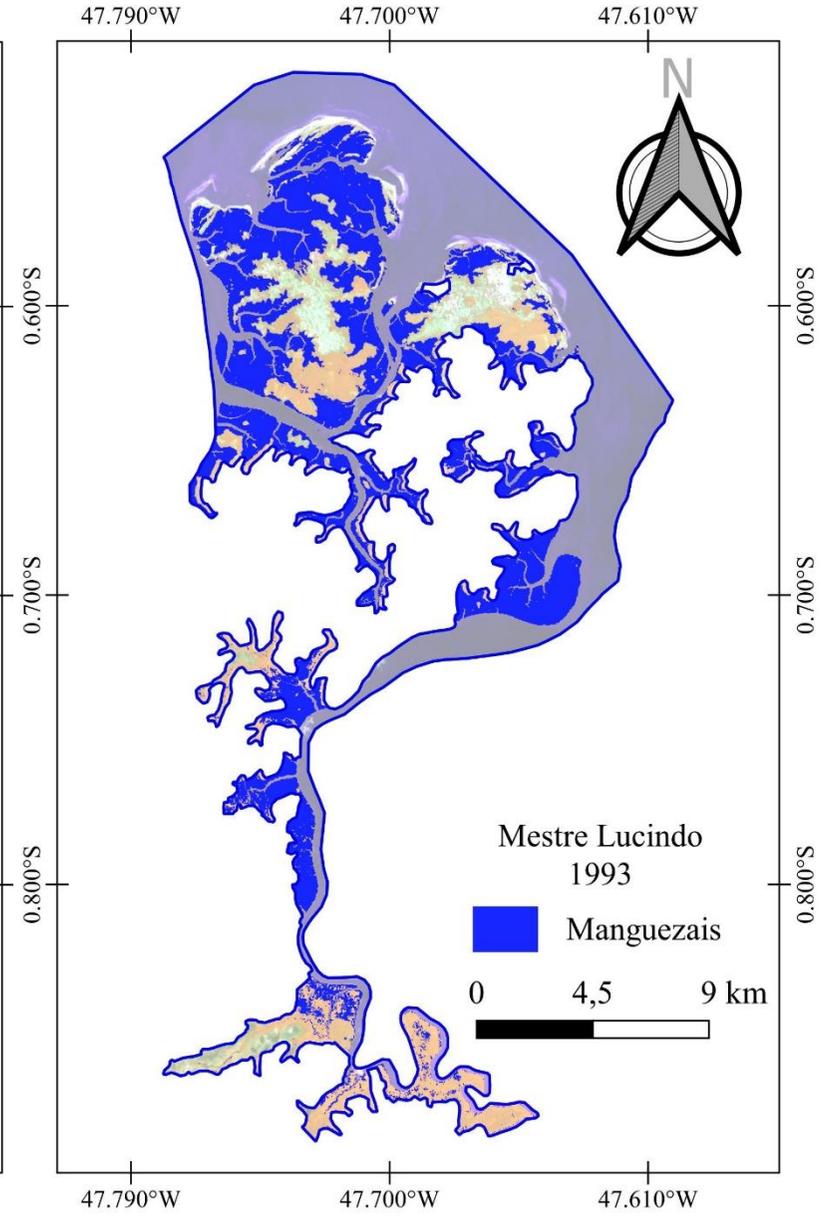
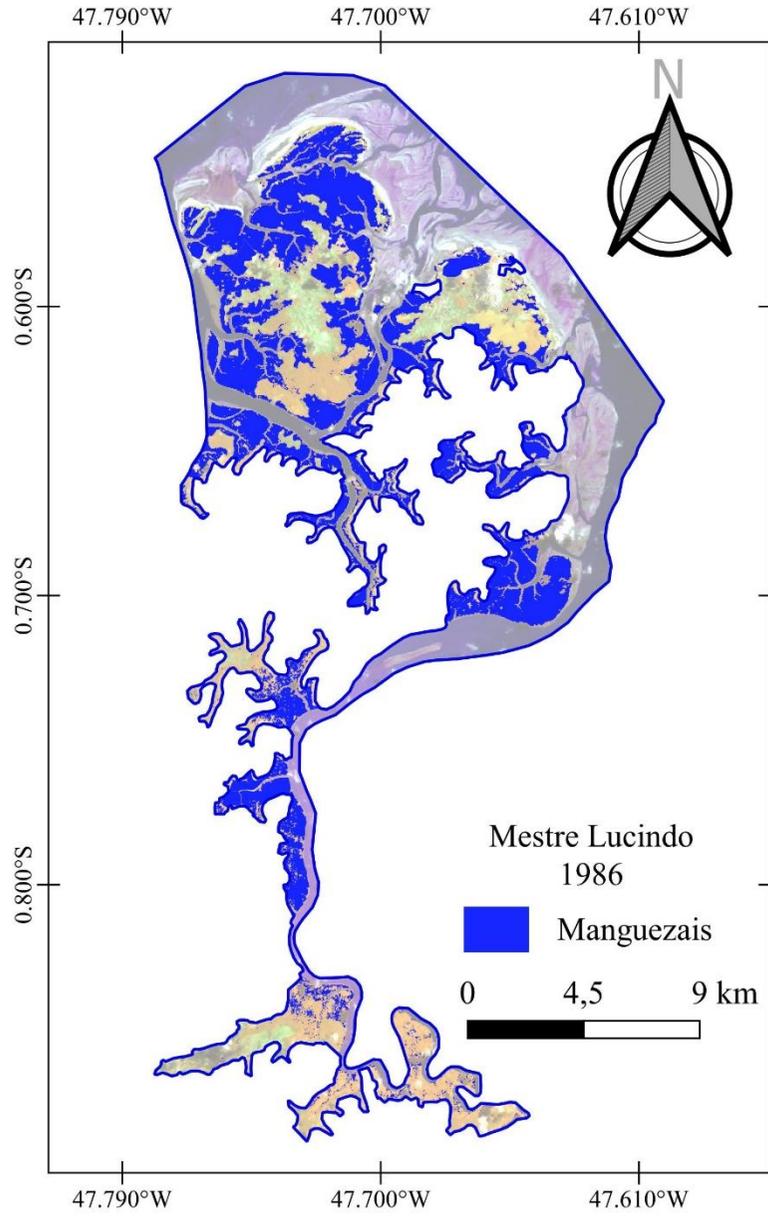


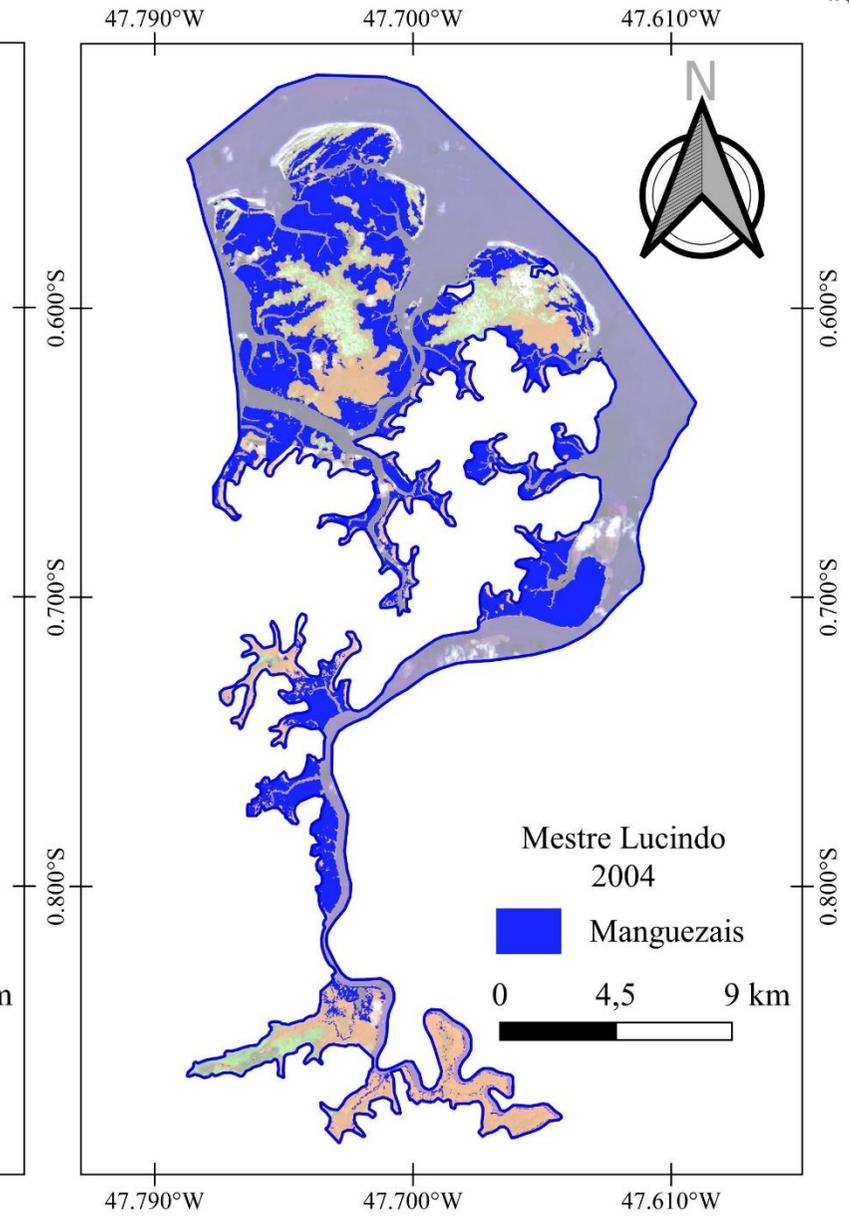
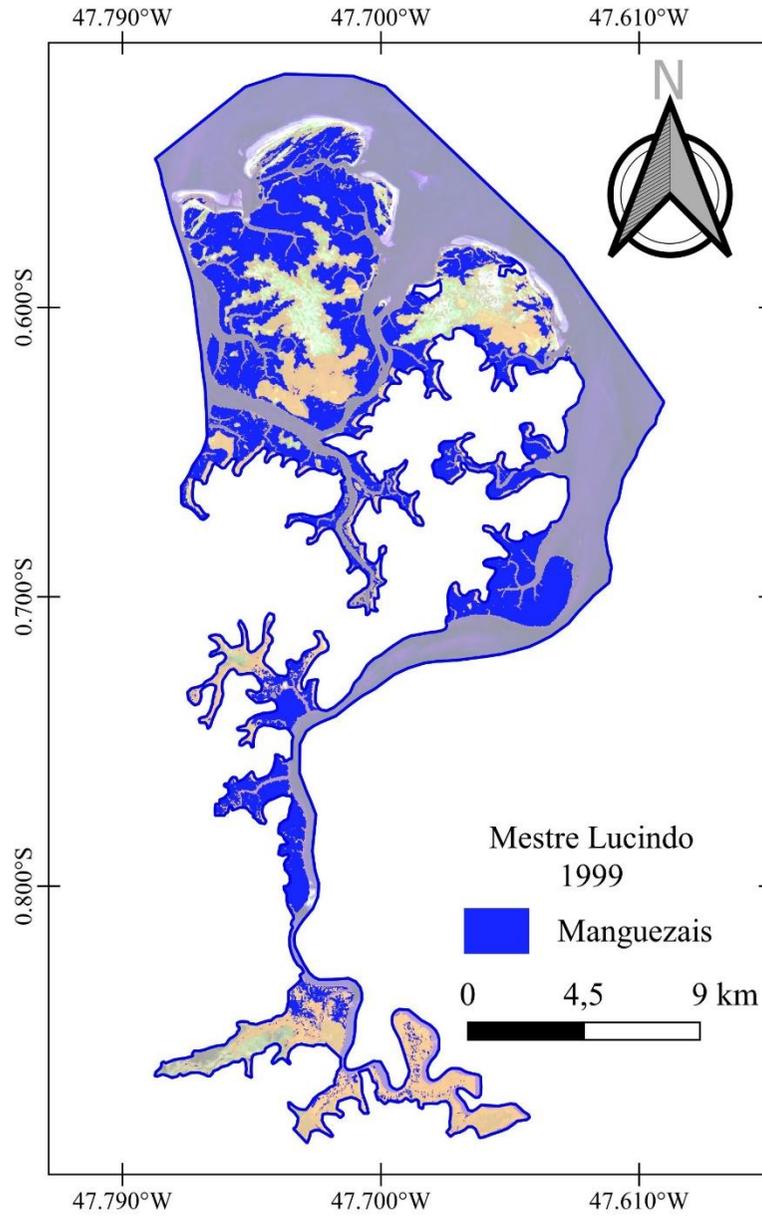
Figura 10. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mãe Grande de Curuçá, do ano de 1986 até 2020.

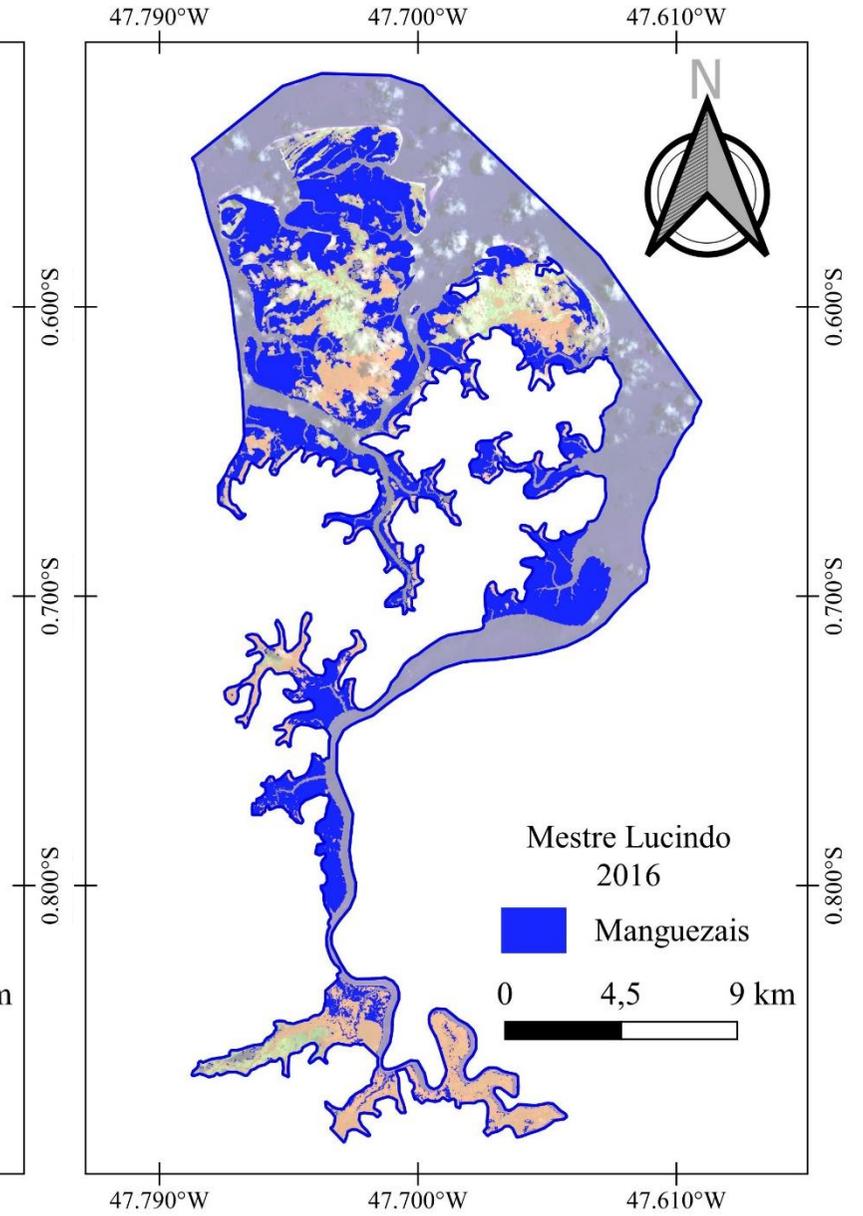
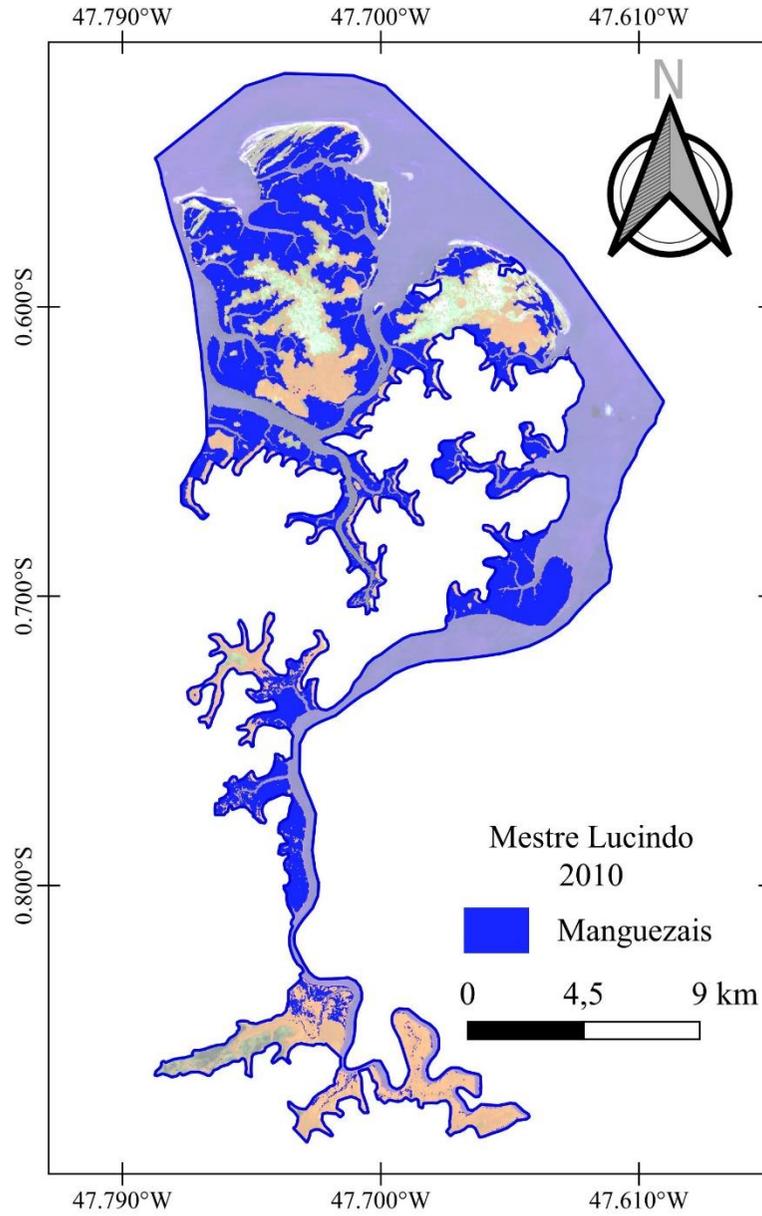
Na RESEX Mestre Lucindo a cobertura de manguezais recobriu uma área de 69,47 km² e 80 km² (tabela 6) (figura 11). No período 1993 – 1999 ocorreu a maior perda de área de manguezais, com variação de -3,24 km². Já o crescimento da área de manguezal ocorreu em 2016 – 2020, com aumento de 3,31 km². A maior proporção de área manguezal/RESEX ocorreu no ano de 2020, com 30,23% da área da RESEX ocupada por manguezais. A menor proporção foi observada no ano de 1986, com 26,25%.

Tabela 6. Variações das áreas de manguezais na RESEX Mestre Lucindo. *indica o período de instalação da RESEX.

<i>RESEX</i>	Ano	Área (km ²)	Varição (km ²)	Área mangue/RESEX (%)
Mestre Lucindo	1986	69,471	0,000	26,25
	1993	79,131	9,66	29,90
	1999	75,887	-3,244	28,67
	2004	74,786	-1,101	28,26
	2010	77,767	2,981	29,38
	2016*	76,694	-1,073	28,98
	2020	80,006	3,312	30,23







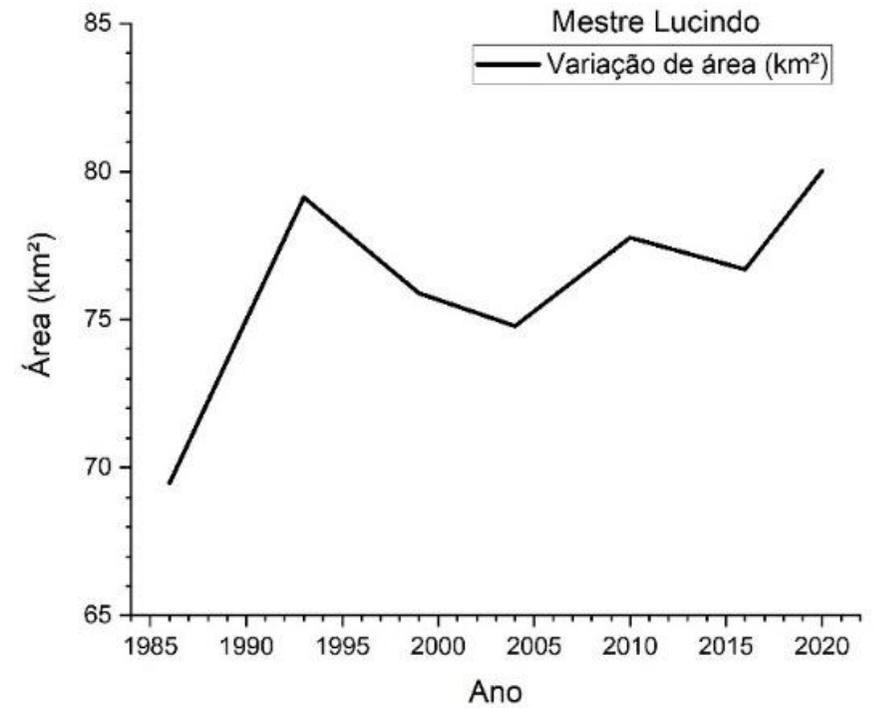
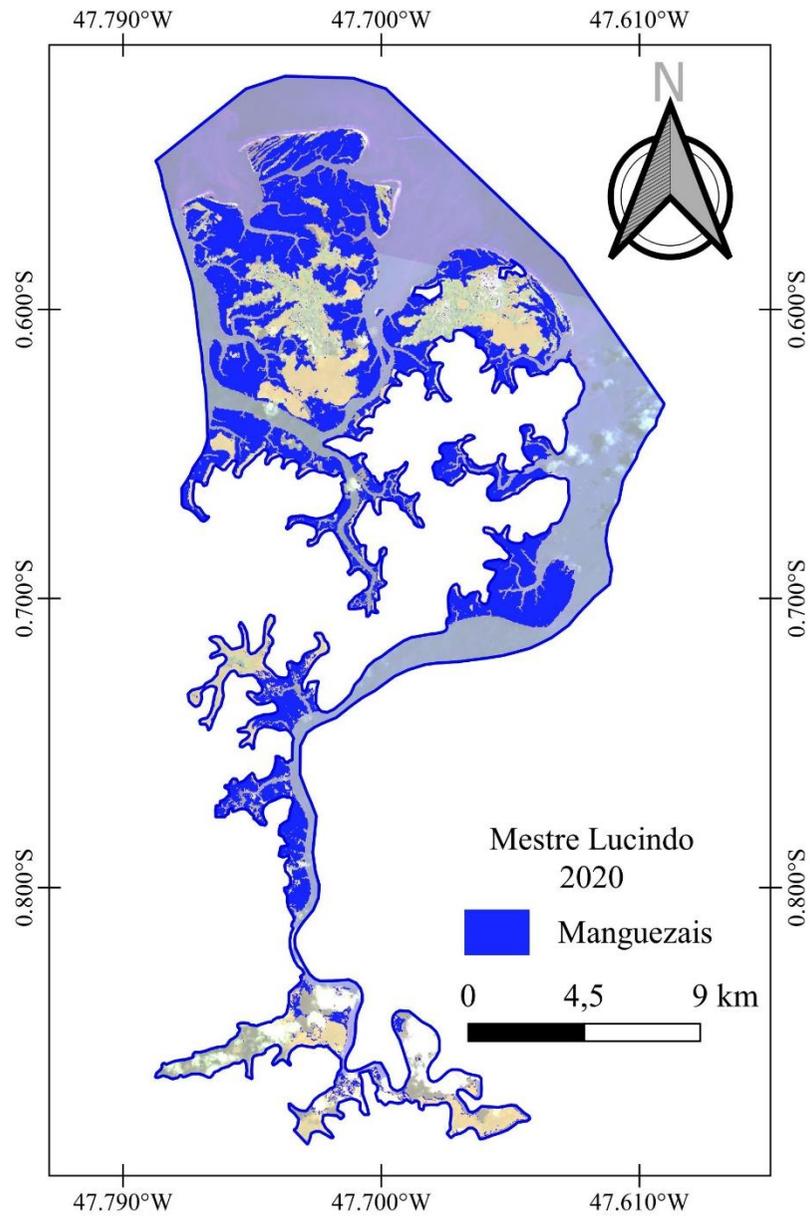


Figura 11. Variação da cobertura de manguezais na RESEX Mestre Lucindo (azul), do ano de 1986 até 2020.

Comparando as variações é possível perceber padrões de crescimento e diminuição nas áreas de manguezais, principalmente nas RESEXs de Mocapajuba e Mãe Grande de Curuçá, que apresentam tendências de variação semelhantes (figura 12).

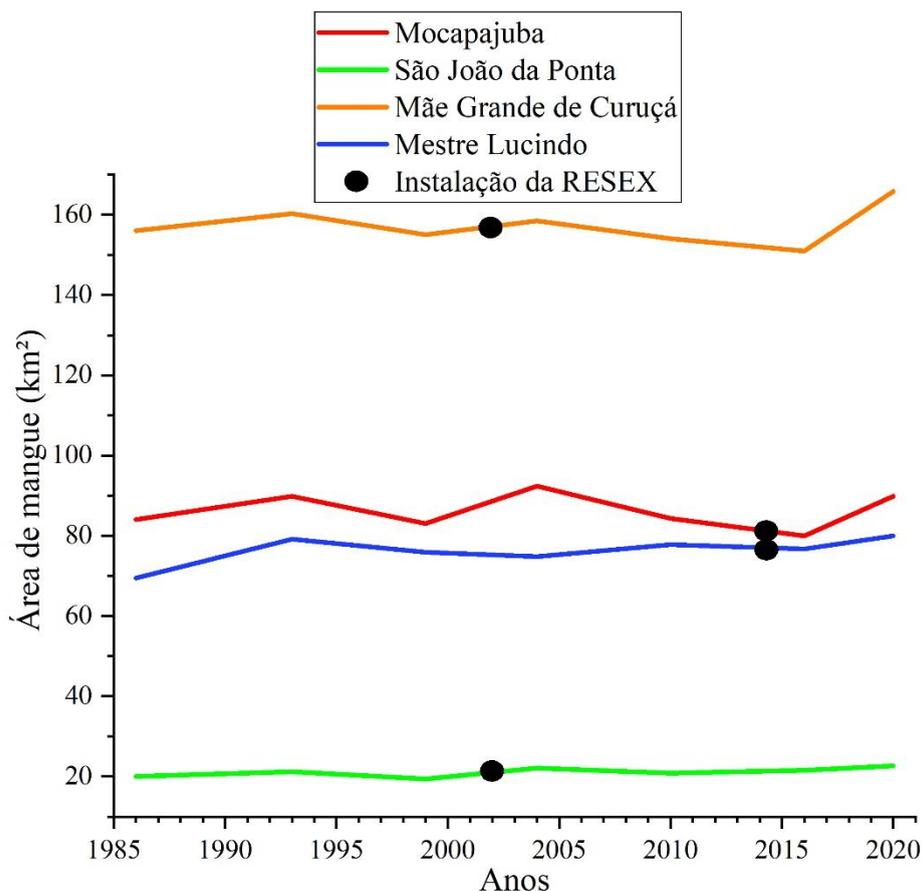


Figura 12. Comparação na variação da cobertura de manguezais nas RESEXs da área analisada, entre os anos de 1986 até 2020.

O período 1986-1993 foi marcado pela variação positiva (aumento de área) dos manguezais em todas as RESEX. A partir deste ponto ocorreu diminuição da área até o ano de 1999. No período 1999 – 2004, ocorreu novamente aumento nas áreas de mangue, exceto na RESEX de Mestre Lucindo, que permaneceu em queda. Entretanto, esta diminuição de área foi menor que a observada no período anterior (1993 - 1999).

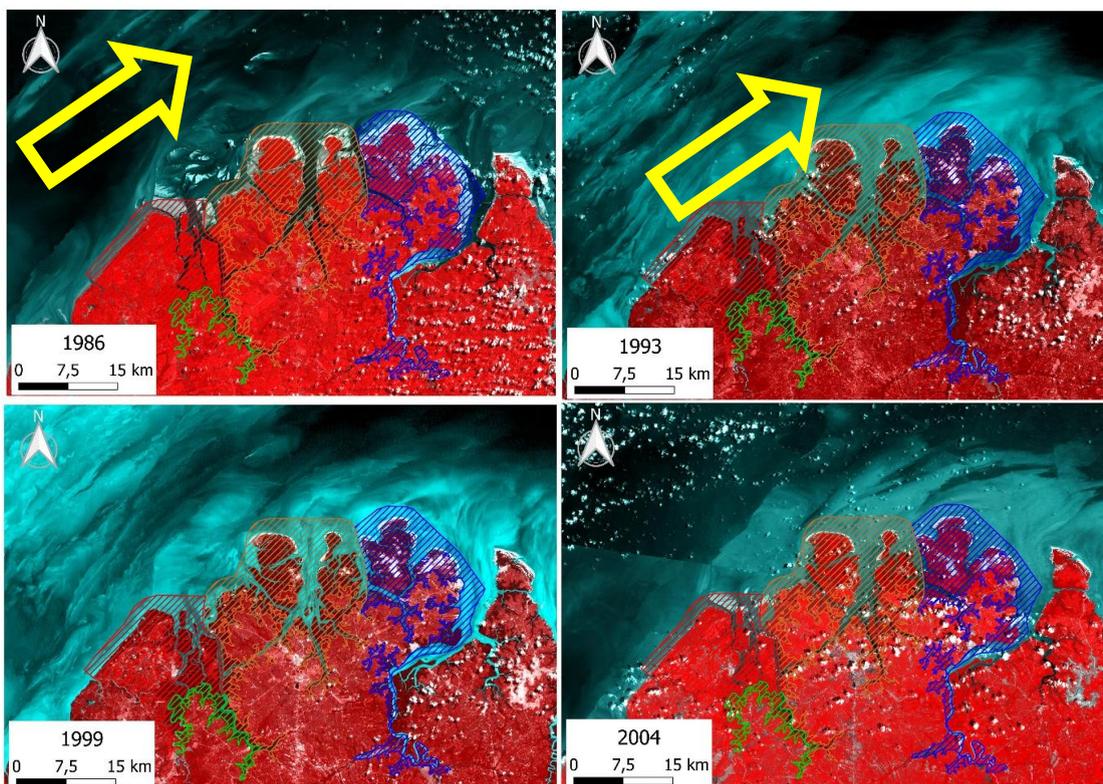
No período 2004 – 2010 os manguezais de São João da Ponta, Mocapajuba e Mãe Grande de Curuçá tiveram diminuição de área. Neste mesmo período, a RESEX de Mestre Lucindo teve crescimento da sua área de manguezais. A tendência de diminuição

permanece no período seguinte (2010 – 2016). Inclusive, a RESEX Mestre Lucindo começa a perder área de mangue, enquanto que a RESEX São João da Ponta passa a apresentar um sensível crescimento na cobertura de manguezal.

O último período analisado (2016 – 2020) é marcado pelo crescimento das áreas de mangue em todas as RESEXs, sendo que as maiores curvas foram observadas em Mocajuba e Mãe Grande de Curuçá.

7.2 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

O MPS dos corpos d'água da zona frontal das RESEXs apresentou direção constante em todos os períodos analisados. Esta direção foi sempre SW-NE (figura 13). O MPS presente nesta área é proveniente da intensa descarga do estuário do rio Pará e dos outros estuários que recortam a área analisada, como Marapanim, Curuçá, Mojuim e Mocajuba.



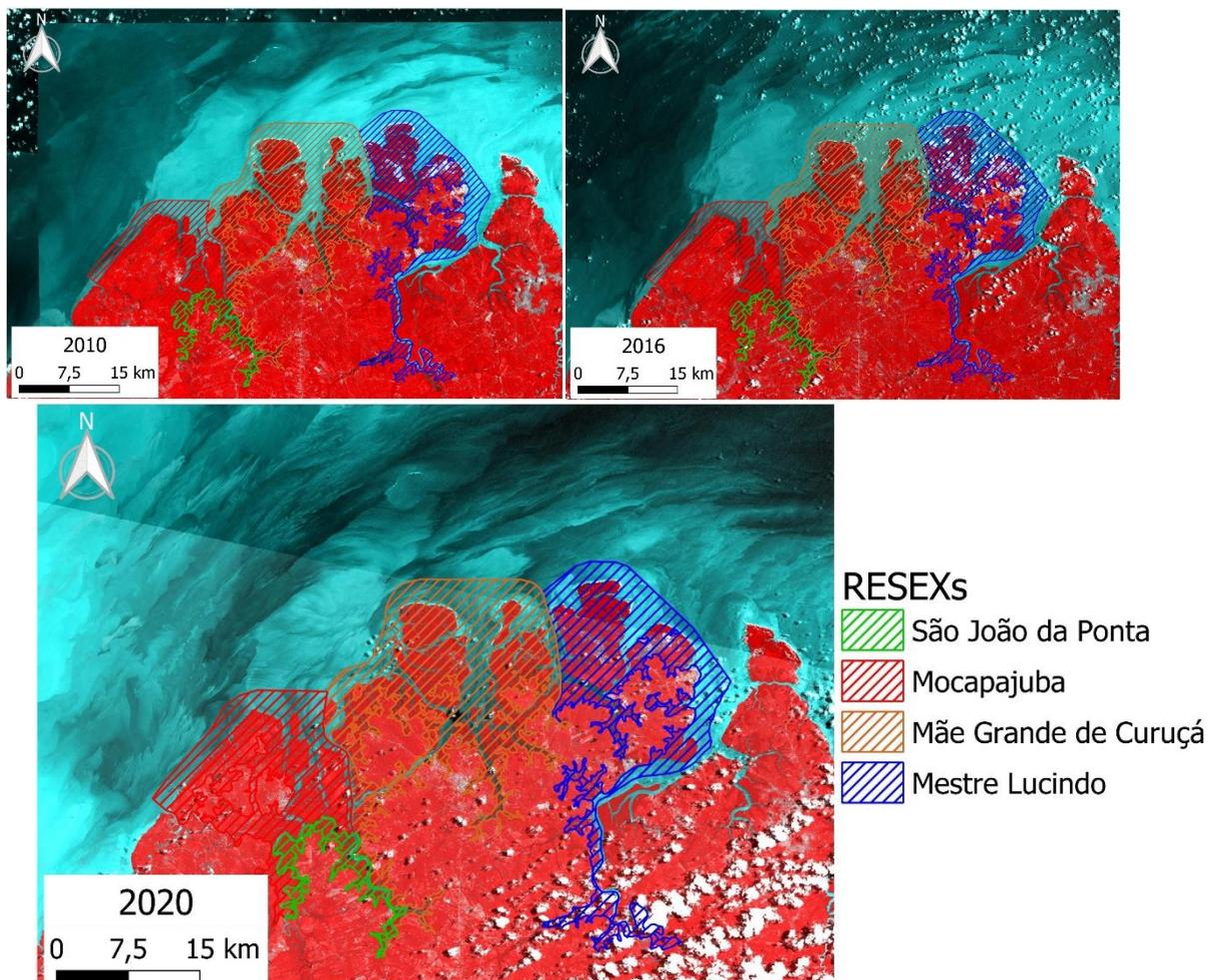


Figura 13. Direção de transporte do MPS na costa das RESEXs entre os anos de 1986 e 2020. A seta amarela indica a direção do MPS.

7.3 INFRAESTRUTURA URBANA E NÚMERO POPULACIONAL

A infraestrutura urbana demonstrou crescimento em todos os municípios durante o período analisado. Em 1986 a área dos municípios era: 0,69 km² em São Caetano de Odivelas, 1,81 km² em Curuçá e 2,34 em Marapanim. Já em 2020 as áreas eram de 2,19 km² em São Caetano de Odivelas, 6,61 km² em Curuçá e 6,99 km² em Marapanim. O município de São João da Ponta apresentou crescimento a partir de 1993, com área de 0,1 km², chegando a 0,43 km² em 2020 (figura 14).

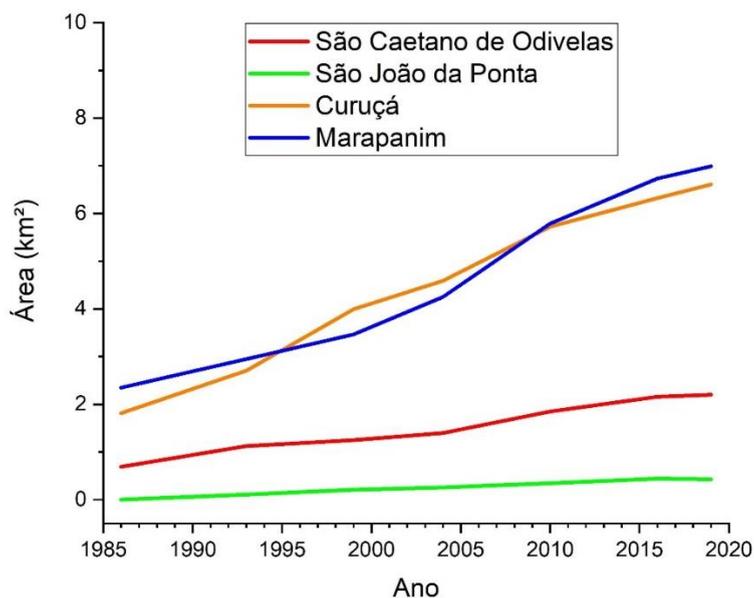


Figura 14. Crescimento da infraestrutura urbana nos municípios onde localizam-se as RESEXs.

Todos os municípios cresceram nos limites exteriores das RESEXs (figuras 15a e 15b), exceto na ilha de São João de Ramos, pertencente ao município de São Caetano de Odivelas. Nesta ilha é possível observar o surgimento de uma mancha urbana dentro da RESEX Mocapajuba, em 1993. Neste ano, a mancha urbana apresentou uma área de 0,042 km². O avanço da urbanização nesta ilha continua avançando nos anos posteriores. Em 2019 esta área já era de 0,143 km² (tabela 7) (figura 16).

Tabela 7. Crescimento da área urbanizada presente dentro da RESEX Mocapajuba, no município de São Caetano de Odivelas.

<i>Data</i>	Ilha de São João de Ramos (km²)
1986	0
1993	0,042
1999	0,074
2004	0,084
2010	0,096
2016	0,139
2019	0,143

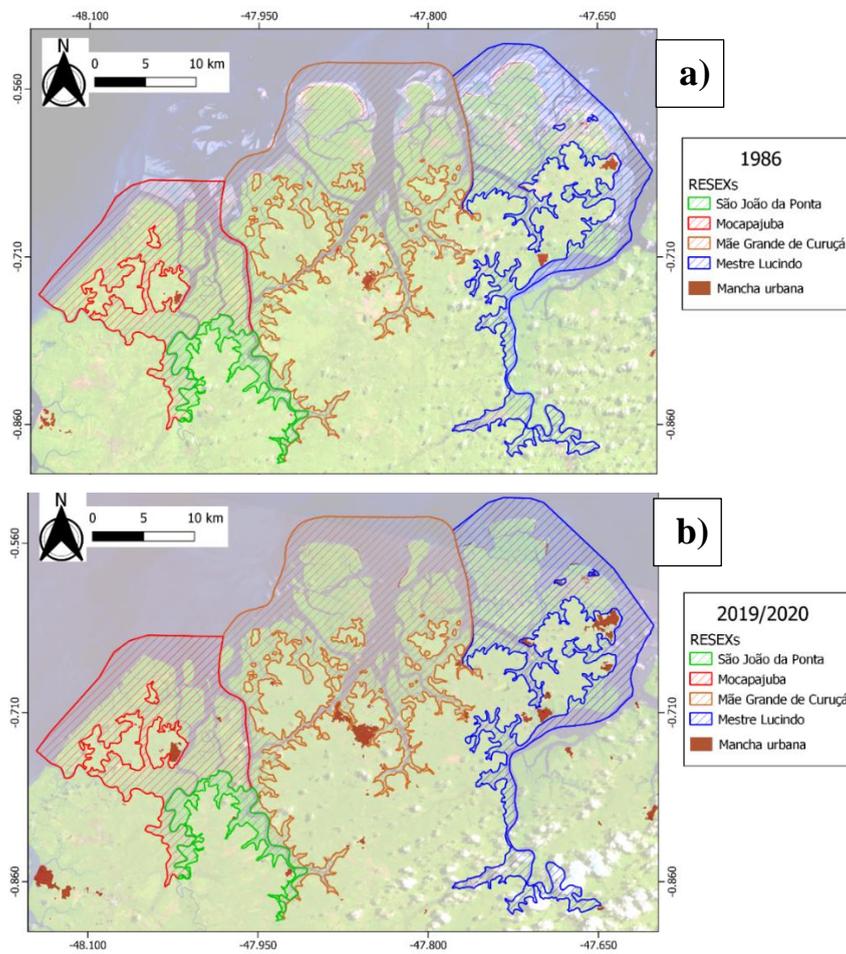


Figura 15. “Manchas urbanas” dos municípios analisados nos anos de 1986 (a) e 2019/2020 (b).

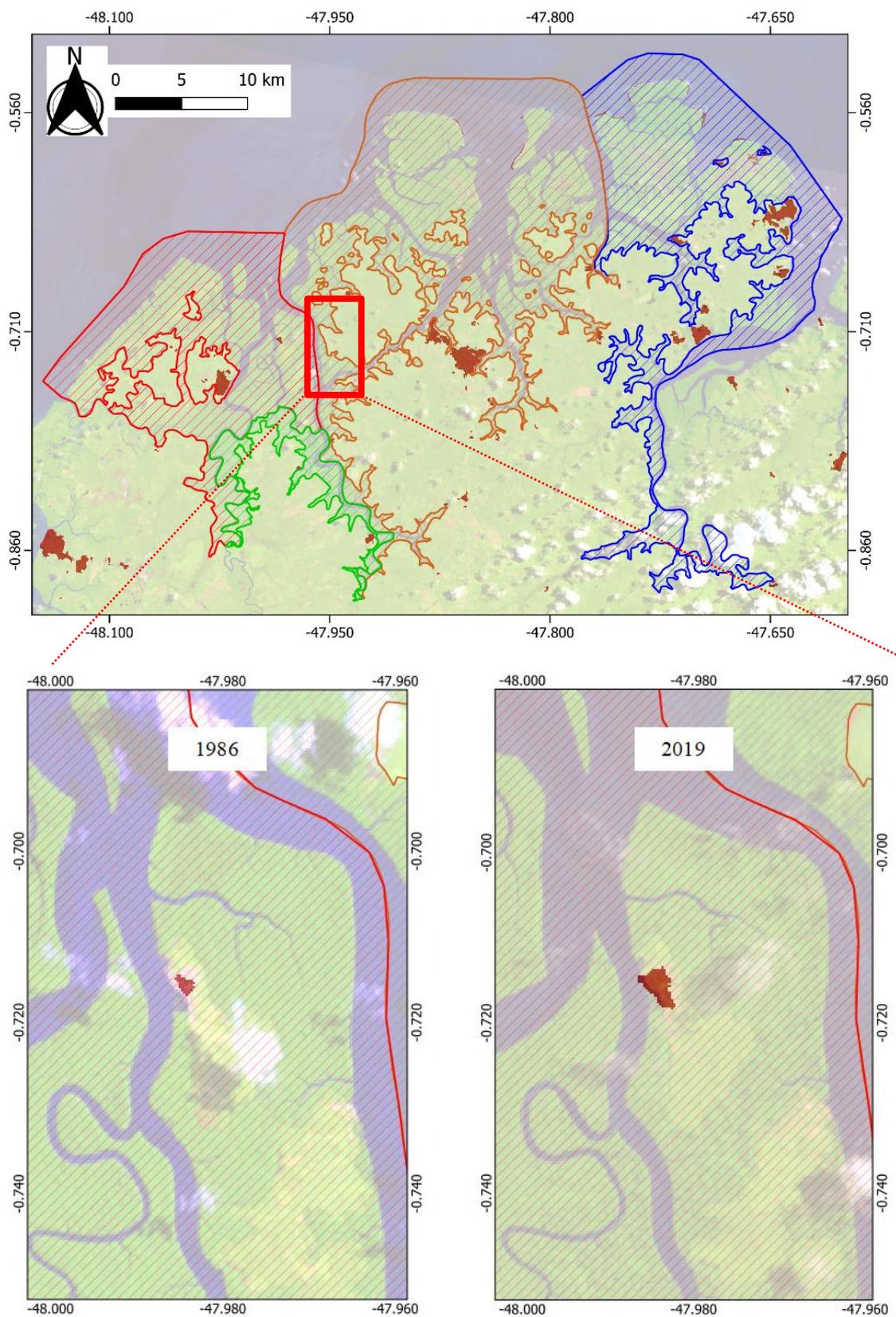


Figura 16. Crescimento de infraestrutura urbana na ilha de São João de Ramos, inserida na RESEX Mocapajuba.

O número de habitantes também cresceu durante o período analisado. O município que apresentou maior crescimento populacional foi Curuçá, que saiu de 20.602 habitantes em 1993 para 41.093 em 2020. O município com menor crescimento foi São João da Ponta, que 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. Já Marapanim teve crescimento populacional de 19.018 em 1986 para 28.563 em 2020 (figura 17) (DATASUS, 2021; IBGE, 2021).

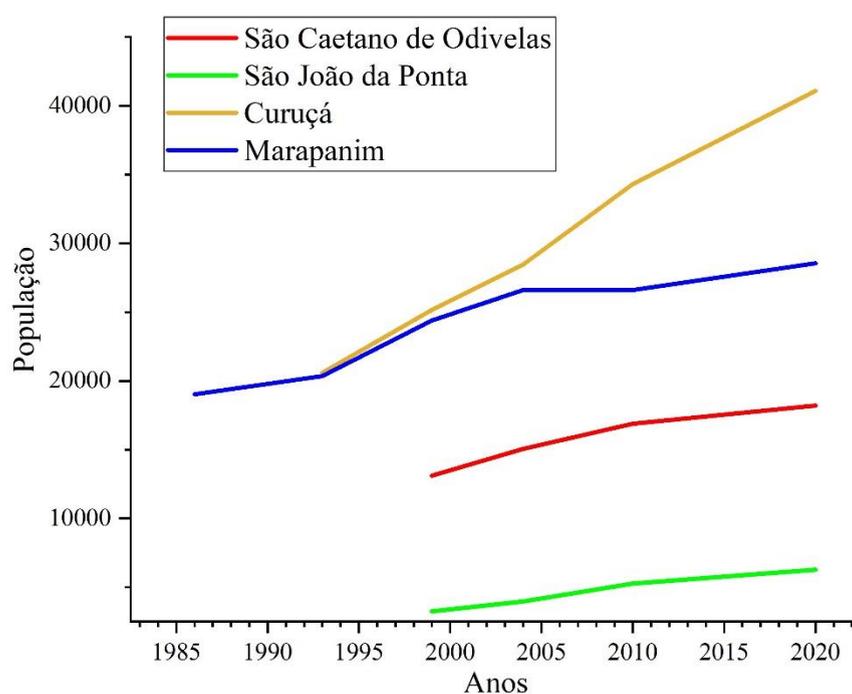


Figura 17. Crescimento populacional dos municípios estudados.

8 DISCUSSÃO

Os manguezais analisados encaixam-se nos requisitos descritos por Walsh (1974), Souza-Júnior *et al.* (2007) e Schaeffer-Novelli *et al.* (2012). Estes estão presentes tanto em áreas lamosas quanto arenosas. As temperaturas da região não apresentam grandes amplitudes anuais, mantendo a média de 25,7°C. 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 da vegetação. Apesar de não ter influência direta na copa das árvores dos manguezais, a TSM afeta os organismos presentes no ecossistema dos manguezais, podendo interferir na biologia das espécies que utilizam estas áreas como viveiro ou berçário, principalmente se estas estiverem no estágio larval (Vorsatz, 2020).

Todas as áreas de mangue 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). Este fato pode ser observado a partir da estabilidade dos manguezais da RESEX São João da Ponta. Nesta RESEX, as variações não passaram dos 1,5 km², havendo apenas uma alteração maior, no ano de 2004, quando houve crescimento de 2,67 km². Este crescimento pode estar ligado ao momento de instalação da RESEX, que ocorreu no ano de 2002.

A estabilidade dos mangues localizados em partes superiores dos cursos dos rios também pôde ser vista na região estuarina do rio Vaza-Barris (ICMBIO, 2018), que percorre os estados brasileiros de Sergipe e Bahia. Na foz deste estuário, 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 estuário, como acontece nos mangues aqui analisados. Os mangues presentes no decorrer 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 estuarinas e na região costeira. Já nas áreas denominadas de 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 sedimentar, 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, é sabido que esta região está sob 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. No caso da ZCP, por esta apresentar um momento transgressivo, é mais pertinente que estes propágulos adentrem os estuários, o que explica o maior desenvolvimento e preservação dos manguezais no interior dos estuários.

A RESEX de Mocapajuba apresenta a segunda maior área de mangue, ficando atrás de Mãe Grande de Curuçá (com quase o dobro da área de mangue) e superando Mestre Lucindo (com aproximadamente 10km² a menos). Entretanto, as variações apresentadas nas áreas de mangue de Mocapajuba ultrapassam as observadas em Mãe Grande de Curuçá.

Essa dinâmica própria de Mocapajuba pode ser explicada pela maior influência da foz do estuário do Rio Pará. Este rio apresenta alta hidrodinâmica, intensa descarga fluvial (104 m³/s) e abastece a plataforma continental com sua grande quantidade de sedimento fino (silte e argila) transportados pela pluma estuarina (Prestes *et al.*, 2014). A quantidade de material transportado aumenta, principalmente, durante os períodos de

maior descarga fluvial, que ocorre no período chuvoso (Mascarenhas *et al.*, 2016). A pluma fluvial percorre distâncias de que vão de 150 a 250 km, durante os períodos de quadratura e 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 RESEXs. Além disso, os estuários dos rios Mojuim e Mocajuba apresentam vários furos, que fazem o intercâmbio de sedimentos e nutrientes, que contribuem para a dinâmica peculiar dos manguezais da RESEX Mocajuba (Corrêa, 2018).

Os estuários da Costa Atlântica Paraense são divididos em dois setores sedimentologicamente distintos. O primeiro localiza-se na linha de costa e é controlado pela hidrodinâmica marinha, que favorece o predomínio de sedimentos arenosos. O segundo está nas porções internas dos estuários, que apresentam substratos mais lamosos (Pereira, 2018; Peixoto *et al.*, 2018). Esta divisão explica a zonação dos manguezais do presente estudo, visto que os mangues mais desenvolvidos se apresentam nas áreas do segundo setor, mais lamosas, enquanto que as áreas de mangue dos setores arenosos sofrem maiores mudanças devido a hidrodinâmica local que provoca eventos erosivos.

Ranieri & El-Robrini (2012) observaram a característica erosiva da praia da Romana, região norte da RESEX Mãe Grande de Curuçá. 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 observados no presente estudo não sofreram alteração por estarem atrás do cordão arenoso da praia da Romana. Entretanto foi possível observar as condições descritas pelos autores, onde a hidrodinâmica força os sedimentos para oeste, e estes podem estar se acumulando na região mais interna da foz do estuário Mocajuba, visto que há o surgimento de novas áreas de mangue nessa região (figura 18).

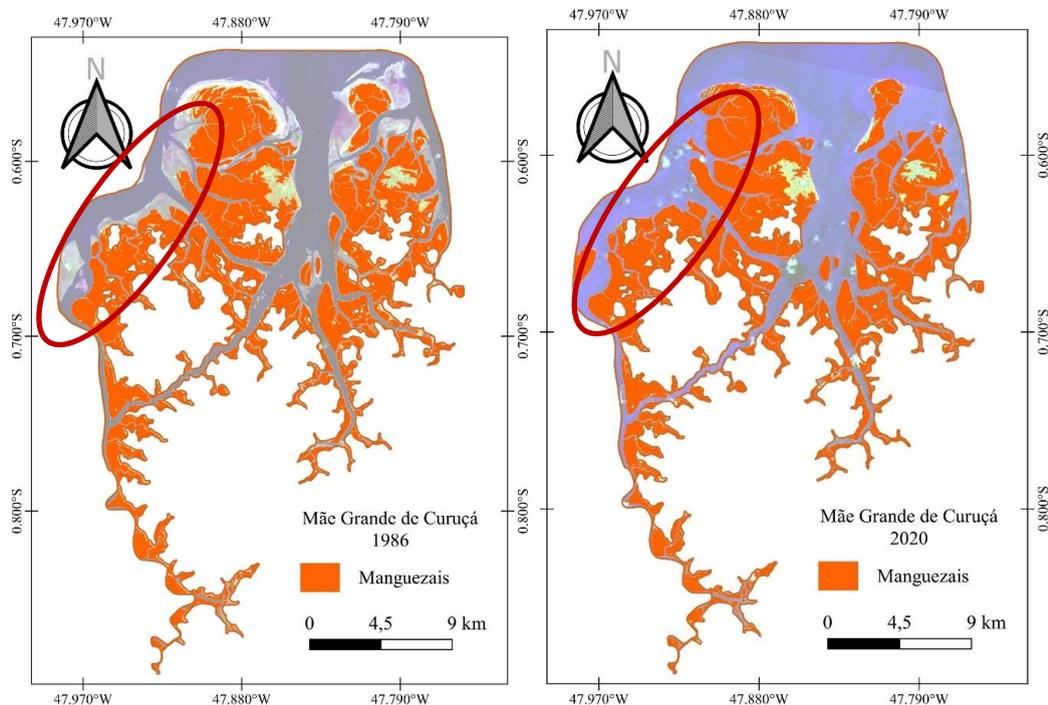


Figura 18. Estabelecimento de novas áreas de mangue na foz do estuário Mocajuba.

Kjerfve *et al.* (2020) 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.

Outro fator ambiental presente nas RESEX que determina o comportamento dos manguezais é a salinidade. A grande descarga do estuário do rio Pará 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 período seco. Valentim *et al.* (2018) relatam que a salinidade média anual no estuário Mojuim, dentro da RESEX Mocapajuba, é de 26.95 ± 0.98 na foz e 1.15 ± 1.89 50 km a montante. Berredo *et al.* (2008) afirmam que a salinidade do estuário Marapanim, que margeia a RESEX Mestre Lucindo, atinge valores entre 24 e 3, durante os períodos de baixa e alta descarga fluvial, respectivamente. A 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 & Alongi, 1992).

Sobre o uso e cobertura do solo, Silva *et al.* (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 a RESEX São João da Ponta. Estes fatores somados ao relevo ondulado e solo composto por depósitos fluviomarinhas com cotas altimétricas baixas, fazem com que a região seja considerada de alta vulnerabilidade. Estas características demonstram que a área da RESEX passa por eventuais inundações, havendo também ocorrência de processos erosivos e de assoreamento. Entretanto, como observado no presente estudo, os manguezais aparentam servir como amortecedores destes eventos, visto que estes sofreram pouca alteração no período analisado.

Pode se afirmar igualmente que os manguezais da RESEX São João da Ponta têm desempenhado seu 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 da cobertura vegetal ou do despejo de fertilizantes e agrotóxicos próximos as áreas de mangue.

Teles e Pimentel (2018) afirmam que há ocorrências de atividades danosas no entorno das RESEXs de Mocapajuba, São João da Ponta e Mãe Grande de Curuçá. Entre as atividades mais recorrentes estão as queimadas, o acúmulo de resíduos sólidos e a 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 rio Mocajuba, foi observado o crescimento de áreas desmatadas nas proximidades do rio, conseqüentemente, dentro da RESEX Mocapajuba. Estas áreas também são utilizadas para produção agrícola, como observado por Silva *et al.* (2020) em São João da Ponta. Neste local também é desenvolvida a ostreicultura, na margem direita do rio Mocajuba, no município de Curuçá. Esta atividade necessita da presença de manguezais.

Marques *et al.* (2019) afirmam que pessoas de outros municípios se instalam na região em busca de maior sucesso na pesca artesanal e extração de caranguejo, mariscos, ostras e outros. Estes autores afirmam também que inexistem políticas que promovam o conhecimento dos direitos e deveres dos moradores para com o ambiente, 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 de mestre Lucindo, mas não faz parte da mesma. Os impactos observados na praia são o despejo de dejetos no ambiente, que fica muito próximo às áreas de mangue da RESEX e barracas construídas de forma irregular. Por se tratar de um ponto turístico rodeado por uma unidade de conservação, a praia do Lembe deveria receber mais atenção por parte das autoridades ambientais. 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).

Em 2018, diante do aumento dos eventos costeiros 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 (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 ajudará 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 (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.

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. Neste trabalho as imagens demonstram que a maior parte das RESEXs se encontra bem conservada em relação ao uso antrópico. Entretanto Santos (2020) revela que na RESEX Mocapajuba, por exemplo, 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 diversidade de atividades que podem ser implantadas nas áreas próximas e no interior das RESEXs é vasta. Estas incluem trilhas ecológicas, com explicações sobre a importância da integração sociedade x ambiente; criação de grupos de monitoramento ambiental voluntário destas áreas, havendo integração com as instituições de ensino com as comunidades locais; programas de incentivo ao uso sustentável do ambiente; valorização da cultura local; incentivo ao ecoturismo, dentre outras atividades sustentáveis.

Também deve-se observar os limites das RESEX em relação ao crescimento urbano desordenado. Silva *et al.* (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 deste município apresenta baixa resiliência devido as 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.

9 CONCLUSÕES

Os manguezais presentes nas RESEX da Costa Atlântica Paraense fazem parte do maior e mais bem preservado cinturão de manguezais do planeta. A grande hidrodinâmica promovida pelos rios da região flúvio-marítima do Estado do Pará faz com que estes manguezais 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 de estes manguezais estarem amparados pelas RESEX, 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 bem gradativa. Entretanto, a falta de fiscalização e de incentivo para conservação permite que esta pressão ganhe maiores proporções com o passar do tempo. As áreas analisadas são de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e ecológico da região Norte. Assim, um estudo mais detalhado deve ser realizado para melhor compreender a dinâmica ambiental que atua sobre as RESEX, os manguezais e os outros ambientes interligados, utilizando imagens com maior resolução espacial e verificação das condições ambientais *in loco*. Também deve haver maior fiscalização das atividades urbanas e rurais e conscientização ambiental da população adjacentes em relação à importância das RESEXs, não só das abordadas neste estudo, mas em todas as Unidades de Conservação.

REFERÊNCIAS

ABD-EL MONSEF, Hesham; SMITH, Scot. A new approach for estimating mangrove canopy cover using Landsat 8 imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 135, p. 183-194. Abr. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.02.007>

ALBUQUERQUE, Antonia Gislaine Brito Marques; FREITAS, Eduardo Marcelo Negreiro; MOURA-FÉ, Marcelo Martins; BARBOSA, Wesley Rocha. A Proteção do Ecossistema Manguezal pela Legislação Ambiental Brasileira. **GEOgraphia**, v. 17(33), p. 126-153. Mai. 2015. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2015.v17i33.a13700>

ALMEIDA, Adrielson Furtado; JARDIM, Mario Augusto Gonçalves. 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 <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v49i0.55128>

ALVES, Jorge Rogério Pereira. **Manguezais: Educar para proteger**. Fundação de Estudos do Mar, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001. 96p.

ASP, Nils Edvin; FREITAS, Paulo Tadeu Amorim; GOMES, Vando José Costa; GOMES, José Diego. Hydrodynamic overview and seasonal variation among the estuarine diversity at the eastern sector of the Amazon coast. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 65. p. 1092-1097. Abr. 2013.

BERREDO, José Francisco; COSTA, Marcondes Lima; PROGENE, Maria do Perpétuo Socorro. 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**, v. 38 (3), p. 473-482. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000300012>

BIRD, Eric. **Coastal geomorphology: an introduction**. John Wiley & Sons. 2011. 411p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2018. Disponível em: [PROCOSTA-versao_digital.pdf \(mma.gov.br\)](https://www.mma.gov.br/procosta-versao_digital.pdf) Acesso em: Dez. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2020a. **Consulta Pública – RESEX**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/consulta-resex> Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2020b. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2021. **Programa Nacional para a**

Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA). Disponível em: [Procosta \(mma.gov.br\)](http://mma.gov.br). Acesso em: Dez. 2021.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (CPTEC/INPE). 2020. **Zona de convergência Intertropical.** Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1.html Acesso em: Mai. 2020.

COHEN, Marcelo Cancela Lisboa; DE SOUZA, Adriana Vivan; ROSSETTI, Dilce Fátima; PESSENDA, Luiz; FRANÇA, Marlon. 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(14), p. 2876-2888. Jun. 2018. <https://doi.org/10.1002/esp.4440>

CORRÊA, Artur Willen Ramos. **Conectividade estuarina amazônica: um estudo de caso entre os rios Mojuim e Mocajuba.** 2018. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém, Pará. 2018.

DATASUS. 2021. TabNet. Tecnologia da informação a serviço do SUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/poppa.def> Acesso em: Out. 2010.

DAVIDSON-ARNOTT, Robin. **Introduction to Coastal Processes and Geomorphology.** Cambridge University Press. 2010. 442p.

DAVIS JR, Richard; FITZGERALD, Duncan. **Beaches and coasts.** Blackwell Science Ltd. 2004. 419p.

DE ALMEIDA, Paula Maria Moura; MADUREIRA CRUZ, Carla Bernadete; AMARAL, Felipe Gonçalves; ALMEIDA FURTADO, Luiz Felipe, DOS SANTOS DUARTE, Gabriel; DA SILVA, Gabriella Ferreira; BARROS, Rafael Silva de; MARQUES, João Vitor Freitas Pereira Abrantes; BASTOS, Rita Maria Cupertino; ROSARIO, Edineuza dos Santos; SANTOS, Valdenira Ferreira; ALVES, Alex; CHAVES, Filipe de Oliveira; GOMES SOARES, Mario Luiz. Mangrove Typology: A Proposal for Mapping based on High Spatial Resolution Orbital Remote Sensing. **Journal of Coastal Research**, v. 95(SI), p. 1-5. Mai. 2020 <https://doi.org/10.2112/SI95-001.1>

EL-ROBRINI, Maamar; ALVES, Marcelo Augusto Moreno da Silva; SOUZA FILHO Pedro Walfir Martins e; EL-ROBRINI Maria Helena Santos; SILVA JR Osmar Guedes; FRANÇA, Carmena Ferreira de. Pará. *In*: MUEHE, Dieter (org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro.** Brasília, DF, Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 41-86.

EL-ROBRINI, Maamar; SILVA, Paulo Victor Magno; GUERREIRO, Juliana Sá; RANIERI, Leilanne Almeida; ALVES, Marcelo Augusto Moreno da Silva; DA SILVA, Melisa do Socorro Fonseca. Panorama da Erosão Costeira do Estado do Pará.

In: MUEHE, Dieter (Org.). **Panorama da Erosão Costeira do Estado do Pará**. 1ed. Brasília: MMA. 2018. v. 1, p. 65-166.

FRANÇA, Carmena Ferreira de; PIMENTEL, Marcia Aparecida da Silva; NEVES Silvia Caroline Ribeiro. Estrutura paisagística de São João da Ponta, nordeste do Pará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 20(1), p. 130-142. Jan. 2016.

FERNANDES, Marcus Emanuel Barroncas. **Os Manguezais da costa norte brasileira**. v. 3. Laboratório de Ecologia de Manguezal-LAMA. 2016. 175p.

FERNANDES, Marcus Emanuel Barroncas; Oliveira, Francisco Pereira; Eyzaguirre, Indira. Mangroves on the Brazilian Amazon coast: Uses and rehabilitation. *In:* MAKOWSKI, Cristopher; FINKL, Charles. (Eds.), **Threats to Mangrove Forests**. Coastal Research Library. Springer, 2018. v. 25, p. 621-625.

FERREIRA, Alexander Cezar; LACERDA, Luiz Drude. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, v. 125, p. 38-46. Jun. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.03.011>

GIRI, Chandra; OCHIENG, Enos; TIESZEN, Larry; ZHU, Zhiliang; SINGH, A., LOVELAND, Thomas; DUKE, Norman. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20(1), p. 154-159. Dez. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>

GIRI, Chandra. Observation and Monitoring of Mangrove Forests Using Remote Sensing: Opportunities and Challenges. **Remote Sens.** v. 8, 783. 2016. <https://doi.org/10.3390/rs8090783>

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2021. **Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama> Acesso em: Out. 2021.

INSITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). 2018. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf Acesso em: mai. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2022. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> Acesso em: abr. 2022.

KJERFVE, Bjorn PERILLO, Gerardo; GARDNER, L; RINE, James; DIAS, Gilberto Tavares; MOCHEL, Flavia. Chapter Twenty: Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. *In:* **Proceedings in Marine**

Science. Elsevier, 2002. v. 4, p. 479-532).

KUMAR, Tanumi; MANDAL, Abhishek; DUTTA, Dibyenku; NAGARAJA, R., DADHWAL, Vinay Kumar. Discrimination and classification of mangrove forests using EO-1 Hyperion data: a case study of Indian Sundarbans. **Geocarto International**, 2017. v. 34(4), p. 415-442. <https://doi.org/10.1080/10106049.2017.1408699>

LADWIG, Nilzo Ivo. **Sistemas de Informações Geográficas**. Palhoça. Unisul Virtual. 2011. 225p.

LEITE, L.S., FREITAS, H.M. FERREIRA, F.C. Análise da Vegetação do Manguezal no Entorno da Baía de Vitória-ES Utilizando o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) - Em 1975, 2000 E 2011. Universidade Federal do Ceará (UFC). **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Geografia Física e as Mudanças Globais**. 2019. 12p.

MAGRIS, Rafael Almeida; BARRETO, Raquel. Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5(4), p. 546-556. 2010.

MARTINS, Eliany; SOUZA-FILHO Pedro Walfir Martins; COSTA Francisco; ALVES Paulo. **Extração automatizada e caracterização da rede de drenagem e das bacias hidrográficas do nordeste do Pará ao noroeste do Maranhão a partir de imagens SRTM**. Annals of the 13 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. 2007.

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**. Universidade Federal do Ceará (UFC). Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Geografia Física e as Mudanças Globais. 2019. 13p.

MASCARENHAS, Angela; GOMES, Gabriela; LIMA, Antonia; DA SILVA, Heriton; SANTANA, Leandro; ROSÁRIO, Renan; ROLLNIC, Marcelo. Seasonal variations of the Amazon River plume with focus on the Eastern sector. **Journal of Coastal Research**, v. 75(10075), p. 532-536. 2016. <https://doi.org/10.2112/SI75-107.1>

MATIAS, Lidiane; SILVA, Milena Dutra. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2(3), p. 312-319. 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1447.312-319>

MATOS, Christiene; BERRÊDO, José Francisco; MACHADO, Wilson; SANDERS, Christian; METZGER, Edouard; COHEN, Marcelo Cancela Lisboa. Carbon and nutrient accumulation in tropical mangrove creeks, Amazon region. **Marine Geology**, v. 429, p. 106317. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106317>

MENEZES, Daniel Santos; SIENA, Osmar; RODRÍGUEZ, Tomás Daniel Menendez.

Ambientalismo e concepções de RESEX, extrativismo e conhecimento no ICMBIO na Amazônia Legal. REAd. **Revista Eletrônica de Administração** (Porto Alegre), v. 17(2), p. 451-479. 2011.

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

NAÇÕES UNIDAS – BRASIL (UN). 2020. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/14> Acesso em: out. 2020.

NASCIMENTO JR, Wilson; SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins; PROISY, Christophe; LUCAS, Richard; ROSENQVIST, Ake. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 117, p. 83-93. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.10.005>

NOBRE Carlos., OLIVEIRA, Antonio. 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*. Ministério da Ciência e Tecnologia e Centro Latinoamericano de Física. São José dos Campos, 1987, 13-17. p. 325–328.

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

NOVA, Fátima Verônica Pereira Vila; TORRES, Maria Fernanda Abrantes; COELHO, Maria Pessoa; DE SANTANA, Neiva Marion Guimarães. Aplicação Do Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada No Monitoramento Dos Manguezais: Litoral Sul De Pernambuco–Brasil. **Geografares**, p. 36-67. 2013. <https://doi.org/10.7147/GEO15.5665>

PARÁ. Secretaria de Estado e Meio Ambiente (SEMA/PA). 2012. **Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará**. Belém. 117p.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMA/PA). 2020. **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: fev. 2021.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro; DIAS, José Alverinho; CARMO, Antunes do; POLETTE, Marcus. A Zona Costeira Amazônica Brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 9(2), p. 3-7. 2009.

PEREIRA, Débora Rodrigues. **Limitações da setorização sedimentar do estuário Mocajuba**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia).

Universidade Federal do Pará. Belém. 57p.

PEIXOTO, Herbert Junior Campos; BAIA, Lizandra Pereira, PEREIRA, Debora Rodrigues; ROLLNIC, Marcelo; MONTEIRO, Sury de Moura. Sedimentological sectorization model in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, v.85 (10085), p. 91-95. 2018.

PIMENTEL, Márcia Aparecida da Silva. Comunidades tradicionais em reservas extrativistas marinhas no estado do Pará: Conflitos e resistências. **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 1(1), p. 191-218. 2019. <https://doi.org/10.48075/amb.v1i1.22690>

PRESTES, Yuri Onça; ROLLNIC, Marcelo; SILVA, Maurício; ROSÁRIO, Renan Peixoto. **Volume transport in the tidal limit of the Pará River, Brazil**. Proceedings of the 17th Physics of Estuaries and Coastal Seas conference, Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil. 2014.

PROST M.T., MENDES A.C., FAURE J.F., BERREDO J.F., SALES M.E., FURTADO L.G., SANTANA M.G., SILVA C.A., NASCIMENTO I., GORAYEB I., SECCO M.F., LUZ L. Manguezais e estuários da costa paraense: exemplo de estudo multidisciplinar integrado (Marapanim e São Caetano de Odivelas). *In*: PROST, M.T; MENDES, A. (ed.) **Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. 2001. FUNTEC e Museu Paraense Emílio Goeld, p. 73-88.

QUARTEL, S., KROON, A., AUGUSTINUS, P. G. E. F., VAN SANTEN, P., TRI, N. H. Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River Delta, Vietnam. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 29, p. 576-584. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2006.05.008>

RANIERI, Leilane Almeida; EL-ROBRINI, Maamar. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (NE do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. **Pesquisas em Geociências**, v. 39(3), p. 231-246. 2012. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.37380>

RANIERI, Leilane Almeida; EL-ROBRINI, Maamar. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 42 (3), p. 207–226. 2015. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78121>

ROBERTSON, Alistar Ian; ALONGI, Daniel. **Tropical mangrove ecosystems** (Tropical and Marine Studies). 1992. (No. 574.52632 T7). 330p.

ROY, Santanu; MAHAPATRA, Manik; CHAKRABORTY, Abhishekh. Mapping and monitoring of mangrove along the Odisha coast based on remote sensing and GIS techniques. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 5(1), p. 217-226. 2018. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0529-7>

SALUM, Rafaela; SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins; SIMARD, Marc; SILVA, Carlos Alberto; FERNANDES, Marcus; COUGO, Michelle; NASCIMENTO-JUNIOR,

Wilson; ROGERS, Kerrylee. Improving mangrove above-ground biomass estimates using LiDAR, **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 236, p. 106585. Mai. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106585>

SANTOS, Elyakim Alves Ramos. **Delimitação, inventário e avaliação da distribuição das espécies formadoras do Mangue da Pedra, Praia Gorda, Armação dos Búzios, RJ**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 28f.

SANTOS, Márcia Cristina dos; DO CANTO, Otávio; BASTOS, Rodolpho Zahluth; FENZL, Norbert; TUPIASSU, Lise; SOMBRA, Daniel. 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, extrivist reserve (RESEX) marinha mestre lucindo, Marapanim-Pará-Amazônia-Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6(3), p. 15607-15617. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-439>

SANTOS, Yasmin Alves dos. **O turismo de base comunitária como possibilidade de gestão de recursos naturais e desenvolvimento local da RESEX marinha Mocajuba-São Caetano de Odivelas-PA**. 2020. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) Núcleo do Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém. 229f.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. 2000. **Situação atual do grupo de ecossistemas: “manguezal, marisma e apicum” incluindo os principais vetores de pressão e as perspectivas para sua conservação e usos sustentável**. São Paulo, Brasil. 119p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara; ROVAI, André Scarlate; COELHO-JR, Clemente MENGHINI, Ricardo Palamar; ALMEIDA, Renato. Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os manguezais brasileiros, p. 18-27. 2012. In: SOUZA, Gilberto; WATHELY, Marussia. **Código Florestal e a Ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber**. Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável.

SILVA, Ariane Maria Marques da. **Propagação da maré ao longo do estuário do rio Mocajuba, nordeste paraense**. Trabalho de conclusão de curso (Instituto de Estudos Costeiros) Universidade Federal do Pará, Bragança, Pará, 2015. 41f.

SILVA, Marcus Vinícius Silva da; SILVA, Branda Caroline Sampaio da; LIMA, Ilale Ferreira. Análise da vulnerabilidade ambiental do município São João da Ponta, Pará: o uso do geoprocessamento na gestão de unidades de conservação. **Revista Cerrados**, 18 (1), 159-188. 2020.

SOUZA, Rosygleise Corrêa de; PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro; DA COSTA, Rauquário Marinho; JIMÉNEZ, José. Management of estuarine beaches on the Amazon coast though the application of recreational carrying capacity indices. **Tourism Management**, v. 59, p. 216-225. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.07.006>

SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins. 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(4), p. 427-435. 2005.

SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins; SALES, M.E. DA C., PROST, M.T.R. DA C., COSTA, F.R., SOUZA, L.F.M. DE O. Zona Costeira Amazônica: O cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. *In*: Souza Filho P.W.M., Cunha E.R.S.P. da., Sales M.E. da C., Souza L.F.M. de O., Costa F.R. (eds.). **Bibliografia da Zona Costeira Amazônica**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi/Universidade Federal do Pará/Petrobras, 401 p. 2005.

SOUZA-FILHO, Pedro Walfir Martins; MARTINS, Elaine do Socorro Farias; COSTA, Francisco Ribeiro. Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon: A remote sensing data approach. **Ocean & Coastal Management**, v. 49, p. 462-475. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.04.005>.

SOUZA-JÚNIOR, Valdomiro Severino; VIDAL-TORRADO, Pablo; TESSLER, Moyses Gonzáles; PESSENDA, Luiz Carlos Ruiz; FERREIRA, Tiago Ozório; OTERO, Xose Luiz; MACÍAS, Felipe. Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31(4), p. 753-769. Ago. 2007.

TELES, Geise Correa; PIMENTEL, Márcia Aparacida da Silva. Análise de conflitos sócioambientais nas Reservas Extrativistas de São João da Ponta e Curuçá-PA. **Geoambiente On-Line**, n. 31, p. 193 - 211. Ago. 2018. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i31.48852>

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2020. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product> Acesso em: set. 2020.

VALE, Jones Remo Barbosa; LEITE, Tabilla Verena da Silva; SILVA, Elton Luiz Silva da; SANTOS, Jefferson Ferreira dos. Análise espacial das unidades de paisagem da reserva extrativista Marinha Mocapajuba, Zona Costeira do Nordeste Paraense. **Revista Cerrados**, v. 16 (2), p. 153-173. 2018. <https://doi.org/10.22238/rc2448269220181602153173>

VALENTIM, Micaela; MONTEIRO, Sury de Moura; ROLLNIC, Marcelo. The influence of seasonality on haline zones in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 85 (10085), p. 76-80. 2018. <https://doi.org/10.2112/SI85-016.1>

VAN SANTEN, P., AUGUSTINUS, Pieter, JANSSEN-STELDER, B. M., QUARTEL, S. TRI, N. H. Sedimentation in an estuarine mangrove system. **Journal of Asian Earth Sciences**, 29, 566-575. Fev. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2006.05.011>

VILHENA, Maria do Perpétuo Socorro Progene; COSTA, Marcondes Lima da;

BERRÊDO, José Francisco; PAIVA, Rosildo Santos; ALMEIDA, Priscila Denise. Chemical composition of phytoplankton from the estuaries of Eastern Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 44(4): p. 513-526. 2014.

VORSATZ, Lyle. **The role of microhabitats within mangroves: an invertebrate and fish larval perspective**. 2020. Doctoral Thesis. Faculty of Science, Ichthyology and Fisheries Science, Rhodes University. Grahamstown, South Africa, 2020. 173f.

WALSH, Gerald. **Mangroves: a review**. Ecology of halophytes, 1974. p. 51-174.

ZHANG, Yao MENG, Xianwei; XIA, Peng; LI, Zhen. Response of Mangrove Development to Air Temperature Variation Over the Past 3000 Years in Qinzhou Bay, Tropical China. **Frontiers in Earth Science**, v. 9, p. 397. Mai. 2021 <https://doi.org/10.3389/feart.2021.678189>