



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E
LIMNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM OCEANOGRAFIA

ANA CATARINA PINHO MORAES

EVENTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS: Impactos gerados à pesca
associados a hidrodinâmica da área de influência do complexo portuário do Itaqui,
Ilha do Maranhão

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

SÃO LUÍS - MA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM OCEANOGRAFIA

ANA CATARINA PINHO MORAES

**EVENTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS: IMPACTOS GERADOS À
PESCA ASSOCIADOS A HIDRODINÂMICA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, ILHA DO MARANHÃO.**

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Leal de Castro

SÃO LUÍS - MA
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Moraes, Ana.

EVENTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS: IMPACTOS GERADOS À
PESCA ASSOCIADOS A HIDRODINÂMICA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, ILHA DO MARANHÃO / Ana
Moraes. - 2025.

34 p.

Orientador(a): Antônio Carlos Leal de Castro.
Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Eventos Climáticos. 2. Pesca Artesanal. 3.
Dinâmica Sedimentar. I. de Castro, Antônio Carlos Leal.
II. Título.

ANA CATARINA PINHO MORAES

**EVENTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS: IMPACTOS GERADOS À PESCA
ASSOCIADOS A DINÂMICA SEDIMENTAR DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
COMPLEXO PORTUÁRIO DO ITAQUI, ILHA DO MARANHÃO.**

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro (Orientador)

Prof. Jorge Hamilton Souza dos Santos - Titular

Profa. Dra. Paula Verônica Campos Jorge Santos - Titular

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter chegado até aqui, à minha família pela extrema dedicação incentivo e apoio. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Carlos pela confiança em mim depositada acreditando no êxito da minha vida acadêmica e pelo imenso incentivo, a minha amiga de vida que a Oceano me deu Willmara Guimarães pela paciência e dedicação em estender mais que uma mão amiga, uma mão irmã, todos esses anos, aos amigos do Departamento de Oceanografia que durante a graduação se fizeram presentes ajudando no que fosse necessário, aos professores Francisco José, Flávia Mochel, e Jorge Luiz Nunes pelos ensinamentos e trocas dentro e fora da sala de aula de valor inestimável. Agradeço a coordenadora e amiga Katiene Sousa pela paciência, dedicação e empenho em me ajudar e apoiar incansavelmente nessa reta final. Agradeço a minhas avós Emy Nazareth e Virginia Palmeira pelo afago e infinito amor durante essa caminhada.

Agradeço a minha madrinha Carla Beatriz Palmeira e a minha Tia Claudia Palmeira que com muito orgulho fizeram parte da minha formação não me deixando faltar os princípios básicos da honestidade, humildade e perseverança. Agradeço ao meu tio Olivar Leite pelos desabafos, puxões de orelha e conselhos muito bem dados e aos meus primos Beatriz Pinho e Heitor Pinho por sempre me lembrarem que nunca estarei sozinha.

Agradeço ainda as minhas amigas Zaine de Melo, Bruna Almeida e Maryana Raposo, que muitas vezes não me deixaram desistir e sempre apoiaram meus planos profissionais e pessoais não deixando faltar um ombro mais que amigo. A elas, Amanda Arrais e Ana Luiza Rodrigues por me mostrarem que o caminho acadêmico o meio mais digno de honrar pai e mãe através da educação e realizar não só nossos sonhos como os deles.

Por fim agradeço aos meus irmãos de coração Jonas Cruz e Lorena Cruz por me lembrarem que família a gente também escolhe e acolhe e por não me deixarem desistir dessa jornada.

Dedico este estudo ao meu pai, Carlos Henrique, minha mãe, Cristina Amália e meu irmão Carlos Vinícius, pela paciência que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

À minha companheira Amanda Tavares, pelo incansável dom de não me fazer perder o centro e a direção quando eu mais precisei, pelas inúmeras conversas e inestimável incentivo quando eu não acreditava mais ser possível, sem vocês, eu nada seria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Golfão Maranhense.	13
Figura 2. Bancos de areia da baía de São Marcos - Golfão Maranhense.	17
Figura 3. Batimetria do Golfão Maranhense.	18
Figura 4. Intensidade de correntes e altura da maré em Tauá. Baía de São Marcos, no período de 29/10 a 03/11.	20
Figura 5. Intensidade da corrente e altura de maré em Tauá, Baía de São Marcos, no período de 03/11 a 09/11.	20
Figura 6. Canais de marés mensurados no estreito dos Coqueiros.	21
Figura 7. Áreas vulneráveis a inundações no Golfão Maranhense nos (2024).	25
Figura 9. Espécies de peixes mais comuns na região, frequentemente capturadas pela pesca artesanal.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Alturas de marés dos Portos de Itaqui e Ponta da Madeira durante o ano de 2022.	15
Tabela 2. Alturas de marés dos Portos de Itaqui e Ponta da Madeira durante o ano de 2023.	15

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características morfométricas dos canais de maré localizados no estreito dos Coqueiros.	22
--	----

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos específicos	12
3METODOLOGIA.....	12
3.1 Área de estudo.....	12
3.2 Coleta de dados.....	14
4 RESULTADOS e DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	31

RESUMO

Esta monografia analisa os impactos dos eventos climáticos e oceanográficos sobre a pesca artesanal no entorno do Complexo Portuário do Itaqui, na Ilha do Maranhão, Maranhão. A pesquisa abordou a influência da hidrodinâmica e da macromarés na distribuição dos recursos pesqueiros e na atividade socioeconômica da região em destaque a pesca de subsistência que garante o sustento das famílias que vivem nos arredores do Porto do Itaqui. Os dados de marés e correntes foram analisados e comparados entre si para evidenciar o fator causador do impacto, uma vez que o clima influencia na temporada de pesca e na ocorrência de espécies predominantes durante o período chuvoso e de estiagem. Foram utilizados dados meteorológicos e oceanográficos dos anos de 2022 e 2023, com base em registros da boia meteorológica Preguiças A218, situada na baía de São Marcos. Os resultados indicaram que as alterações nas condições hidrológicas impactam diretamente a atividade pesqueira, evidenciando a necessidade de monitoramento e gestão ambiental na região.

Palavras-chave: eventos climáticos; oceanografia; pesca artesanal; macro marés.

1 INTRODUÇÃO

Metade da população humana vive em cidades costeiras e no Brasil, mais de 60% da população habita essas cidades ao longo dos 9.200 km de contorno do litoral brasileiro, onde parte dessa população encontra subsistência nos estuários e reentrâncias dessas regiões (Dias *et al.*, 2019). Esse território muitas vezes abriga portos e populações ribeirinhas, que sobrevivem da pesca.

As alterações climáticas em curso expõem as cidades litorâneas ao aumento do nível do mar, a mudanças na frequência e intensidade de tempestades, e ao aumento na precipitação e na temperatura dos oceanos, causando modificações na dinâmica oceanográfica e no padrão de velocidades das correntes, com implicações no comportamento das espécies de peixes e na atividade pesqueira (Asmus *et al.*, 2019).

Entre os ecossistemas costeiros, os estuários se destacam como um dos ecossistemas marinhos mais importantes do mundo, tanto em termos de produção biológica como para o desenvolvimento das atividades humanas (Blaber, 2013). Estas áreas, conhecidas como regiões de transição marinha/água doce, são ambientes particulares porque as suas condições físico-químicas flutuam e os processos biológicos devem se ajustar a essas flutuações diárias e sazonais, para alcançar seu ponto de equilíbrio e adaptação em curtos períodos (Whitfield, 2021).

A circulação hidrodinâmica dos estuários influencia diretamente no ambiente deposicional da área em que se encontra e a circulação das águas de um estuário, nas condições hidrodinâmicas geradas pela combinação ou predominância da descarga de água doce, propagação da onda de maré e pela influência do vento (Dyer, 1995; Geyer, 1997).

Estes ambientes localizados nas zonas costeiras constituem o canal principal de entrada de materiais sedimentares e nutrientes provenientes de lavagens continentais que adentram este território. A alta produtividade e o balanço ecológico nestes locais estão ligados diretamente com o material recebido de várias fontes, com trocas entre o meio fluvial e marinho e as precipitações (Siqueira *et al.*, 2000; Miranda *et al.*, 2002).

Os movimentos nos ambientes estuarinos são caracterizados pelas variações na descarga fluvial; gradientes de pressão, causado pela competição entre o rio e o

oceano, variação do nível do mar, ação das correntes de maré, circulação da plataforma continental adjacente, e vento atuando diretamente na superfície (Miranda *et al.*, 2002; Valle-Levinson, 2011). Obviamente essas forçantes interagem entre si tornando este ambiente complexo, já que elas atuam em diversas escalas de espaço e tempo

Por outro lado, registram-se também nessas áreas intensa urbanização, conjugada a atividades portuárias e industriais relevantes. A área industrial e portuária de São Luís, com destaque para o complexo portuário do Itaqui, desperta grande interesse internacional por constituir o maior complexo de cargas da região amazônica e um dos mais importantes da América Latina (Oliveira *et al.*, 2019).

Os impactos ambientais associados às atividades portuárias podem provocar distúrbios ecológicos com magnitudes variáveis, dependendo da componente ambiental terrestre ou aquática em que a atividade se realize. As atividades rotineiras e as intervenções no complexo portuário do Itaqui têm uma interface direta com a dinâmica das comunidades de pescadores artesanais locais, impondo-lhes limites/restrições de uso, no desenvolvimento de suas atividades em áreas com potencial pesqueiro, já que no seu entorno existem pontos de desembarque distribuídos em duas áreas distintas

Neste contexto, torna-se necessário o conhecimento prévio da hidrodinâmica, dados climáticos, hidrológicos e oceanográficos da região que compreende o Golfão Maranhense, onde está inserido o Complexo Porto do Itaqui, como estratégia essencial para compreender mudanças na estrutura das assembleias de peixes, sua vulnerabilidade a inundações extremas e movimentos migratórios em função da maré, os quais devem fornecer subsídios para uma melhor gestão dos recursos pesqueiros na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos das mudanças climáticas e eventos oceanográficos associados, na pesca artesanal das comunidades pesqueiras do entorno do Complexo Portuário do Itaqui.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamentos dos dados oceanográficos, hidrológicos e meteorológicos pretéritos disponíveis para a região do entorno do Complexo Portuário do Itaqui;
- Registrar as mudanças na direção e intensidade das correntes, bem como na amplitude das marés nos canais do entorno do complexo portuário do Itaqui;
- Identificar alterações da intrusão marinha nos canais de marés, associadas a eventos climáticos extremos.
- Reconhecer a influência das mudanças climáticas e variabilidades oceanográficas sobre o comportamento de espécies de pescado que utilizam os canais de marés para sua dinâmica natural de alimentação, crescimento e reprodução.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

No Golfão Maranhense são observadas características comuns aos litorais ocidental e oriental do estado do Maranhão. As baías de São Marcos e de São José são consideradas as mais importantes da zona costeira do Maranhão (Figura 1), tanto pelos aspectos fisiográficos, por serem desaguadouros de grandes rios e apresentarem intensa dinâmica da paisagem, quanto pela densidade das atividades humanas e comerciais que ocorrem no seu entorno (Feitosa, 1996).

A característica morfológica do Golfão difere das demais planícies litorâneas encontradas na região nordeste, em virtude de sua própria morfologia, conformação e vasta área de abrangência, além de sua extensão, das grandes amplitudes de marés uma característica marcante da região é a presença do regime de maré com periodicidade semi diurna e amplitude de macro maré, com alturas podendo atingir 7 m, podendo influenciar áreas distantes até 150 km do litoral. A variação periódica do nível do mar determina a presença de fortes correntes (Pereira & Harari, 1995) ao longo de todo o ciclo anual, atingindo valores acima de 3 m/s em áreas adjacentes ao complexo portuário do Itaqui.

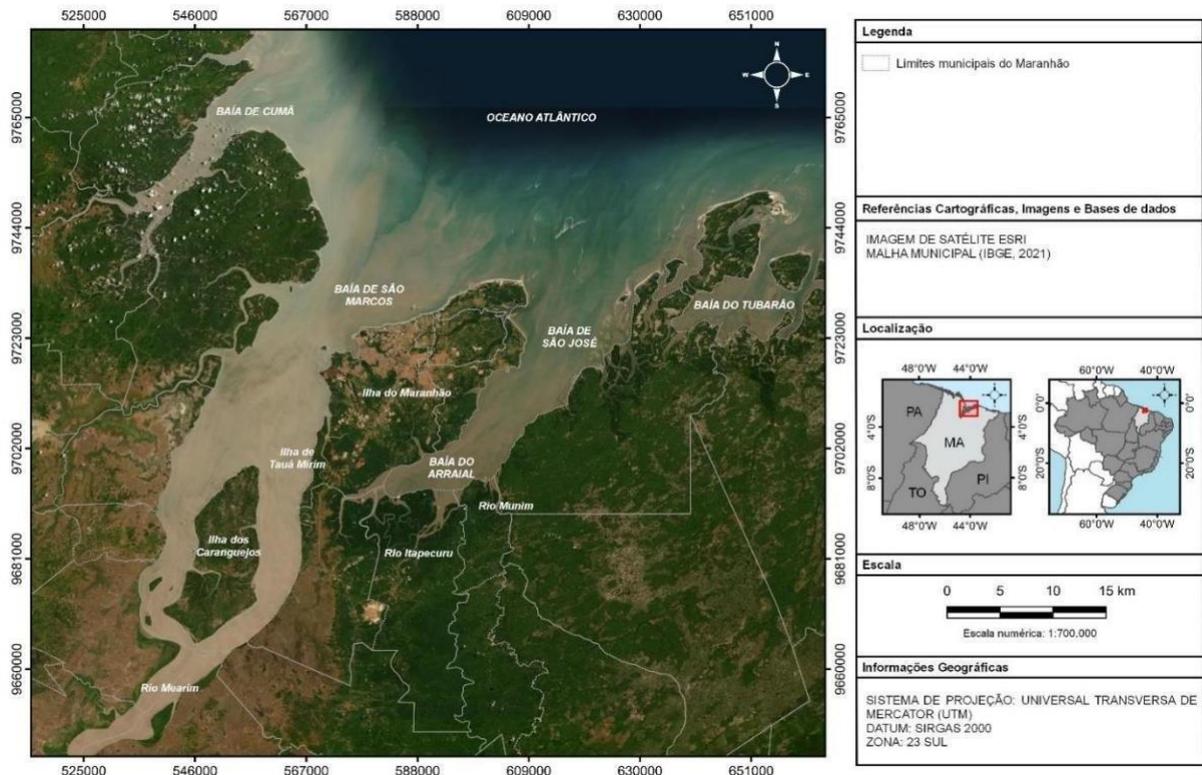


Figura 1. Mapa do Golfão Maranhense.

A faixa litorânea de maior interesse para este estudo compreende o espaço entre o Porto do Itaqui e a foz do rio Mearim, trecho este representado pela região constituída pelo rio dos Cachorros, estreito dos Coqueiros, e os canais de maré que margeiam esses corpos hídricos, todos situados no quadrante S/SW da Ilha do Maranhão. Separando a ilha do Maranhão do continente, encontra-se o estreito dos Mosquitos, com 5 Km de extensão e largura média da ordem de 104 m, interligando também a baía do Arraial com o estreito dos Coqueiros, que apresenta 16 Km de extensão e largura média da ordem de 284 m.

O estreito do Coqueiro, conecta-se com a baía de São Marcos através de duas aberturas e separa a ilha do Maranhão (São Luís) da ilha de Tauá-Mirim. Além dessas ocorrências presencia-se uma grande quantidade de pequenos rios, igarapés ou simples braços de mar, que avançam continente adentro, destacando-se pela posição que ocupa no contexto deste estudo, o rio dos Cachorros, com aproximadamente 7,4 Km de curso, onde desemboca no estreito dos Coqueiros, próximo da TUP (terminal de uso privado) da ALUMAR e distante 3,5 Km do encontro com a baía de São Marcos.

3.2 Coleta de dados

Os dados que lastreiam esse trabalho foram obtidos de estudos pretéritos realizados em canais de marés do estreito dos Coqueiros e na baía de São Marcos, inseridos no Golfão Maranhense. Os dados de marés foram obtidos na Tábua de Marés do Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, enquanto as variáveis climatológicas foram extraídas do site do INMET.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Marés

Os sistemas estuarinos e marinhos do Golfão Maranhense e áreas adjacentes se caracterizam como macromarés (Silva *et al.*, 2023). O regime de marés é do tipo semidiurnas (duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar), com amplitude máxima de cerca de 7,0 m, com média de 6,6 m, porém, na maioria do tempo (75%) as amplitudes de marés são inferiores a 5,5 m (Paschoaleti, Apud 2023; PORTOBRÁS, 1988).

Os mapas cotidais, segundo Pereira e Harari (1995), indicam um aumento da amplitude da componente principal M2, desde valores abaixo de 1,0 m (no contorno aberto sobre a plataforma) até valores acima de 2,0 m (no interior das baías de São José e São Marcos). A propagação da componente M2, do limite aberto à baía de São José, requer um tempo de 1h59min, valor muito próximo à velocidade de fase de uma onda longa numa região de profundidade média de 47 m, a qual corresponde a 2h04min. As correntes e os transportes da M2 são muito influenciados pelo canal que liga as baías e a bordo aberta oposta, havendo predominância do sentido sudoeste-nordeste na circulação. Na região do canal as correntes atingem valores máximos, refletem também caráter intenso e praticamente unidirecional. Os perfis verticais das correntes horizontais da M2 indicam a grande influência do atrito no fundo e da viscosidade turbulenta vertical, havendo acentuado decaimento da velocidade com a profundidade a partir da meia água.

Os efeitos de atrito e viscosidade são também notórios na distribuição relativa das isolinhas de amplitude e de fase da M2, que mantêm paralelas praticamente em toda a área, efeito descrito em Defant (1961). A onda de maré é predominantemente progressiva nas áreas externas (plataforma); já nas áreas internas, como na baía de São Marcos e São José, há uma tendência a um comportamento estacionário.

O comportamento das marés para os portos de Itaqui e Ponta da Madeira durante os anos de 2022/2023 são apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1. Alturas de marés dos Portos de Itaqui e Ponta da Madeira durante o ano de 2022. Fonte: IMET.

MÊS	Ponta da Madeira Lat. 02° 33' 9" S Long. 44° 22' 7" W		Porto do Itaqui Lat. 02° 31' 6" S Long. 44° 18' 7" W	
	MAX (m)	MIN (m)	MAX (m)	MIN (m)
JANEIRO	6,5	0,6	6,3	0,5
FEVEREIRO	6,4	0,1	6,3	0,1
MARÇO	6,5	0,4	6,4	0,2
ABRIL	6,0	0,2	5,9	0,1
MAIO	5,7	0,4	5,1	0,2
JUNHO	5,3	1,0	5,0	0,5
JULHO	5,3	0,4	5,0	0,3
AGOSTO	5,4	0,5	5,0	0,1
SETEMBRO	5,7	0,8	5,6	0,1
OUTUBRO	5,6	0,4	5,3	0,4
NOVEMBRO	4,9	1,2	5,0	1,0
DEZEMBRO	5,0	1,3	4,9	1,0

Tabela 2. Alturas de marés dos Portos de Itaqui e Ponta da Madeira durante o ano de 2023. Fonte: IMET.

MÊS	PONTA DA MADEIRA Lat. 02° 33' 9" S Long. 44° 22' 7" W		PORTO DO ITAQUI Lat. 02° 31' 6" S Long. 44° 18' 7" W	
	MAX (m)	MIN (m)	MAX (m)	MIN (m)
JANEIRO	5,0	1,2	4,9	1,0
FEVEREIRO	4,8	1,6	4,7	1,2
MARÇO	4,4	2,0	4,0	1,4
ABRIL	4,8	1,5	4,7	1,0
MAIO	5,0	1,0	4,9	1,0
JUNHO	4,9	1,0	4,4	1,2
JULHO	4,8	0,5	4,8	1,0
AGOSTO	5,3	1,2	5,0	1,0
SETEMBRO	4,9	1,0	5,0	0,5
OUTUBRO	4,4	1,3	4,3	1,0
NOVEMBRO	4,3	1,0	4,0	0,5
DEZEMBRO	4,3	0,5	4,0	0,5

A variação de marés na área de estudo configura padrão característico de macro-maré com amplitude máxima gira em torno de 6,1 m entre a preamar e a baixa mar de sizígia observado no mês de março/2022 no terminal da Ponta da

Madeira. Com referência ao Porto do Itaqui, registrou-se a maior amplitude também durante o mês de março/2022 com 6,2 m.

Investigações do comportamento das componentes de marés e suas interações com a topografia do Porto do Itaqui foram realizadas, indicando um padrão de maré influenciado pela configuração geomorfológica local (Dalbone, 2014), ressaltando a importância das componentes sem diurnas, principalmente M2, na geração de marés da baía de São Marcos, e como estas são moduladas pelas características específicas da área, resultando em padrões de maré que podem variar consideravelmente em relação a outros pontos do litoral maranhense (Jansen, 2024; Vasconcelos, 2018).

Batimetria

A baía de São Marcos, devido a sua configuração de formação, apresenta condições de navegabilidade com profundidade média de 27 m no leito do canal de acesso, caracterizando o complexo portuário do Itaqui, Ponta da Madeira e CVRD, como referência nacional e internacional na movimentação de cargas. Entretanto é constantemente submetida ao domínio de processos deposicionais de sedimentos clásticos oriundos dos rios Mearim, Pindaré, Grajaú e dos Cachorros, formando “bancos de areia”.

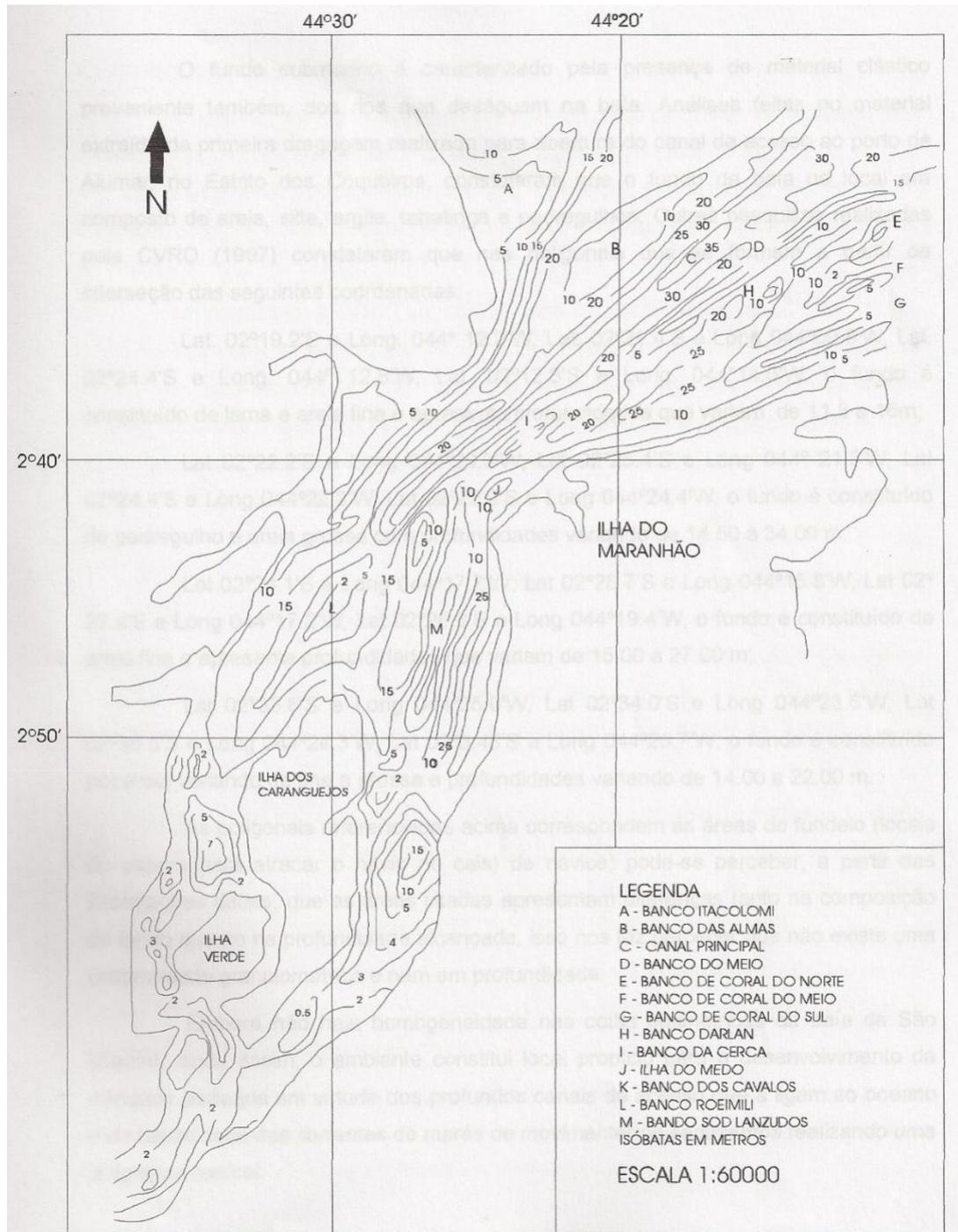


Figura 2. Bancos de areia da baía de São Marcos – Golfão Maranhense.

Fonte: Morais, 1977 adaptado por Mílen em 2006.

Considerando que a estrutura da topografia de fundo da baía encontra-se totalmente submersa na estufa de baixa-mar (Figura 3), constituem-se obstáculos à navegação, necessitando de frequentes levantamentos batimétricos para identificação, em carta náutica, da profundidade do canal e da localização dos bancos

arenosos. Outros obstáculos de natureza física são identificados, destacando-se os altos-fundos, coroas, arrecifes e afloramentos rochosos.

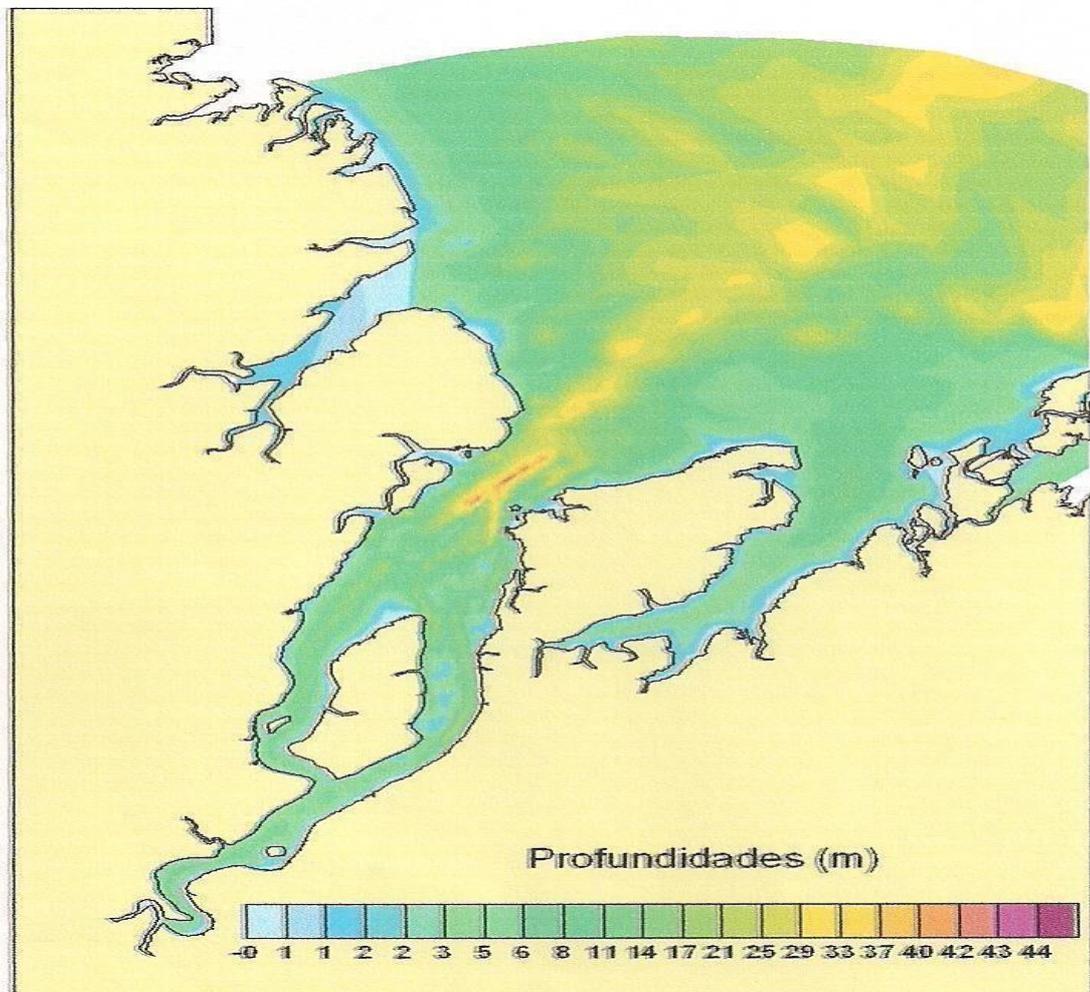


Figura 3. Batimetria do Golfo Maranhense.

Fonte: Interpolação dos dados das cartas náuticas 400, 410, 411, 412, 413, 414 e Oceano Dragagem, 2006

Canais e os fundos estuarinos

De uma forma geral, os fundos estuarinos são caracterizados por inúmeros canais profundos, às vezes com braços múltiplos e por fundos arenosos, onde bancos são individualizados. Quatro zonas principais são observadas na Baía de São Marcos, (CVRD, 2006):

- O canal de navegação **que** bordeja a margem direita da baía. A sua profundidade é de 41 m (em frente à Ponta da Madeira) e apresenta larguras variáveis que vão de 1,3 km até 1,7 km na parte navegável (delimitada pela isobatimétrica de 25 m);

- O primeiro braço forma uma reentrância a leste (a partir da Ponta da Madeira. Os fundos de 20m têm largura aproximada de 270m. O segundo braço está separado da bacia e apresenta largura de 800m (setor da Ilha de Guarapirá) a 700 m ao sul. Enfim, o terceiro braço é muito largo (900 m) e é delimitado por dois bancos arenosos, banco dos Lanzudos a oeste e o banco “A” a Leste;
- A Ilha do Maranhão é separada da Ilha do Medo pelo Canal do Boqueirão orientado NE-SW. Este canal tem mais de 900 m de largura e 20 a 30 m de profundidade. É comum observar por meio de registros ecobatimétricos, feições arenosas do tipo ondas arenosas conferindo aos fundos um aspecto de “dentes de pente”;
- A parte mediana do estuário está ocupada por um alto-fundo, orientado NE-SW, e comporta vários bancos arenosos com 10 m aproximadamente de altura. Um canal de 24 m de profundidade separa os bancos dos Cavalos (Oeste) e dos Lanzudos (Leste). A análise textural permitiu classificar as areias como sendo médias e finas;
- O lado oeste da Baía de São Marcos, ocorre um canal, com 55 m de profundidade e 2,8 km de largura.

Correntes

A velocidade das correntes induzidas pela grande amplitude de maré varia de 3 a 4 m/s na baía de São Marcos. O comportamento característico da dinâmica das correntes ao longo do ciclo de maré, a partir das estofas de baixa-mares, aumenta gradativamente até a terceira hora de enchente e diminui gradativamente até as estofas de preamares. Durante a vazante, a velocidade das correntes aumenta progressivamente com maior intensidade entre a terceira e quarta hora de vazante, quando após esse período volta a reduzir gradativamente até a estofa de baixa-mares.

O canal principal da baía de São Marcos é intensamente atingido pela energia das ondas sob a forma de correntes (Dalbone, 2014), chegando-se a constatar velocidades de até 6 nós (3 m/s) na terceira hora de vazante e 3 a 4 nós (2 m/s) na terceira hora de enchente, sendo que os valores mínimos das correntes ocorrem próximos às estofas de preamar e baixa-mar (Czizewski, 2019; Nogueira, 2007). Os fatores que interferem nas correntes destacam-se: a amplitude de maré, a geometria do Golfão, a topografia do fundo e o expressivo volume d’água dos rios que deságuam na baía (Czizewski, 2019). Logo a partir do afunilamento da baía, próximo ao terminal

da Ponta da Madeira, as velocidades diminuem conforme vai se interiorizando na baía em direção aos estuários.

Em Tauá, observou-se uma defasagem entre a estufa de maré e a inversão do sentido da corrente (Figura 4 e Figura 5), onde os valores positivos são de jusante para montante e os negativos de montante para jusante (FEMAR, 2000).

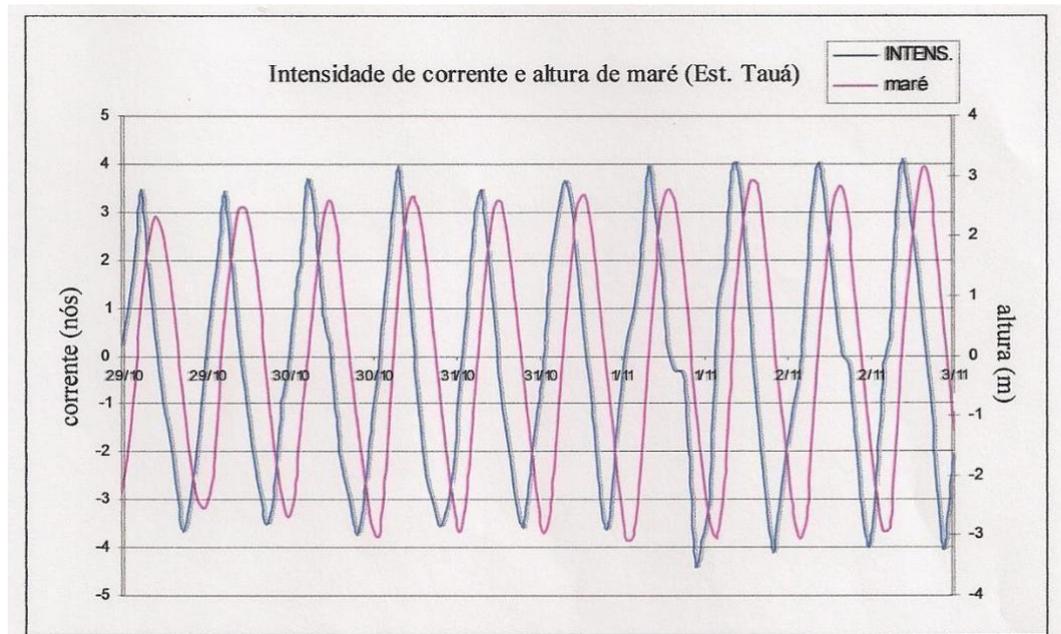


Figura 4. Intensidade de correntes e altura da maré em Tauá, Baía de São Marcos, no período de 29/10 a 03/11.

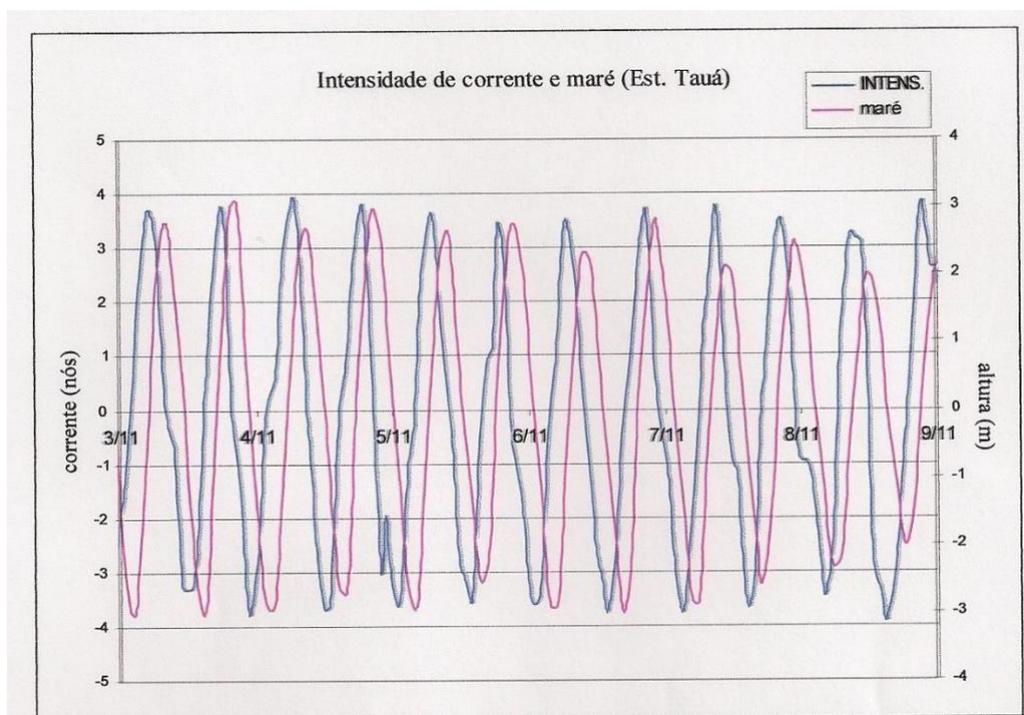


Figura 5. Intensidade da corrente e altura de maré em Tauá, Baía de São Marcos, no período de 03/11 a 09/11.

Canais de marés_características morfométricas

A incursão da maré para o continente está diretamente relacionada à abertura da boca do estuário, ao posicionamento do seu eixo em relação ao trem de ondas adjacentes, largura do canal e amplitudes de marés. Por outro lado, em contraposição, variáveis como descarga líquida fluvial, rugosidade e declividade do leito, concorrem para reduzir a penetração da maré. Os canais de marés mensurados estão posicionados no setor central do estreito dos Coqueiros (Figura 6), canal estuarino com uma extensão de 16 Km, que complementa a interligação da baía do Arraial com a baía de São Marcos e separa a Ilha de São Luís da Ilha de Tauá-Mirim. As características morfométricas dos canais de maré mensurados para este estudo são apresentadas no Quadro 1.

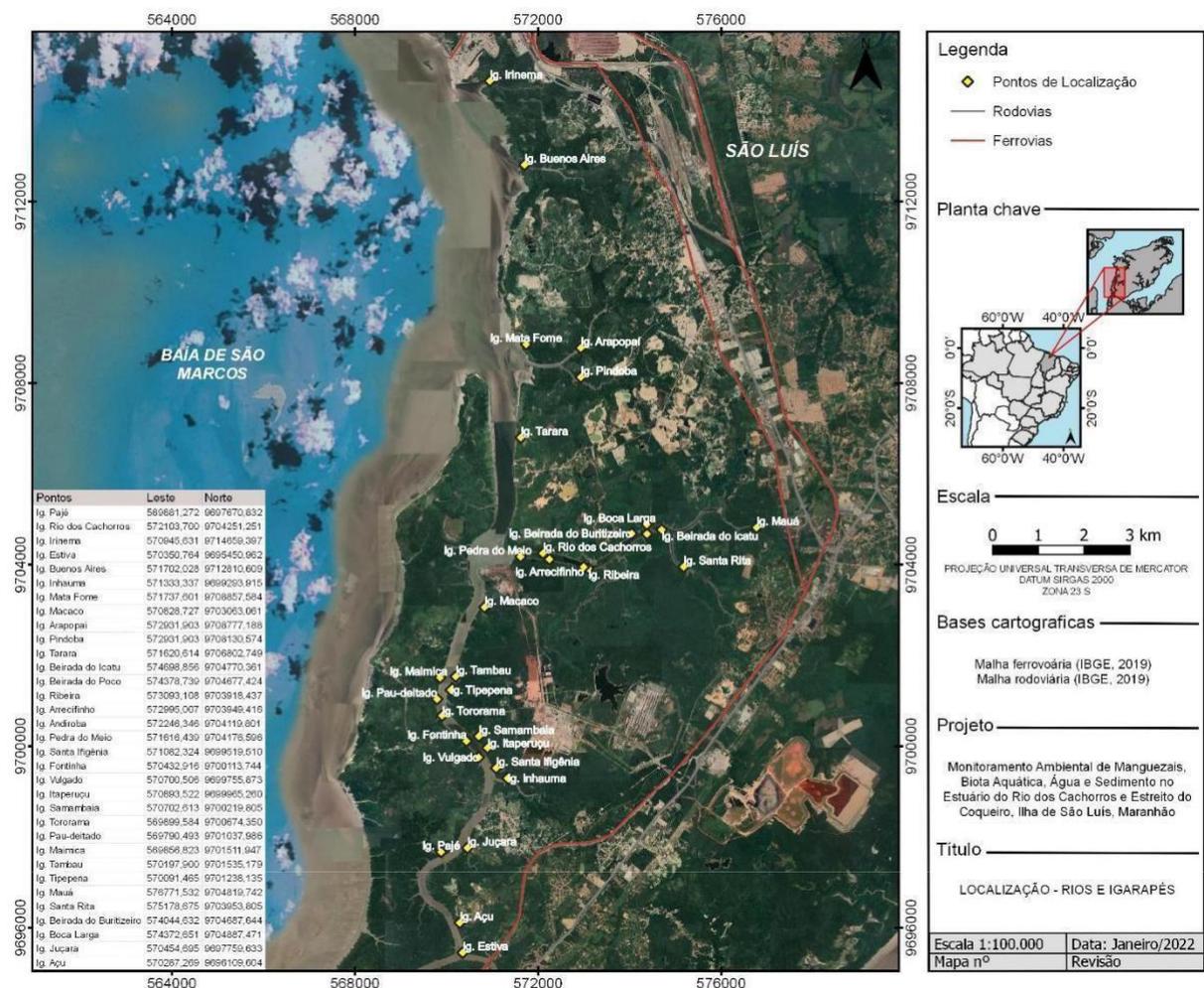


Figura 6. Canais de marés mensurados no estreito dos Coqueiros.

Quadro 1. Características morfométricas dos canais de maré localizados no estreito dos Coqueiros.

Locais	Comprimento dos canais	Abertura da boca canais	Largura	Area dos canais	Coordenadas
Rio dos Cachorros	7,38 km	0,24 km/238,24 m	0,99 km	1,278 km ²	Latitude: 2.539° S Longitude: 44.285° W
Igarape Tarara	1 km	0,05 km/49,32 m	0,58 km	0,02°3km ²	Latitude: 2.535° S Longitude: 44.304° W
Igarapé Arapopaí	2,66 km	0,10 km/100,73 m	1,03 km	0,213km ²	Latitude: 2.547° S Longitude: 44.284° W

Rio dos Cachorros

O rio dos Cachorros deságua no estreito dos Coqueiros após um percurso de 7,38 Km. A região apresenta amplitudes de maré da ordem de sete metros possibilitando uma intensa invasão do continente pelas águas marinhas, cuja resultante é o aparecimento de largas faixas de sedimentos lamosos, de cor escura, colonizada por denso cinturão de mangues, dominando a paisagem ao longo das margens do ambiente estuarino. A geometria do canal de maré apresenta uma largura de 240,0 metros, correspondendo a uma área inundada de 1,278 Km².

Igarapé Tarará

Este canal de maré possui um trecho de 1 Km de extensão, sendo o local de amostragem com menor dimensão. A configuração do igarapé está associada a uma morfologia que apresenta uma abertura de boca com 50 metros e uma superfície inundada de 0,023 Km².

Igarapé Arapopaí

Localizado na margem direita do canal principal do estreito dos Coqueiros, este igarapé se bifurca no seu trecho inicial formando o igarapé das Arraias e igarapé Pindoba. A morfologia do canal apresenta uma extensão de 2,66 Km, abertura de boca com 100 metros e uma área inundada de 0,213 Km². No passado recente, este canal foi associado ao furo de Arapopaí, considerado um bem de interesse arqueológico, construído artificialmente para permitir a navegação entre a baía de São Marcos e o rio Bacanga, sem enfrentar a perigosa passagem do Boqueirão, que devido as fortes velocidades de correntes provocavam constantes e graves acidentes, resultando em perdas econômicas e sociais significativas.

- **Importância ecológica dos canais de marés**

Todos esses ambientes oferecem diferentes funcionalidades para as comunidades bióticas, que são importantes para grupo de espécies que realizam migrações diárias associadas ao pulso de maré, seja em busca alimentação ou de abrigo seguro contra predadores (Krumme *et. al.*, 2004). Os canais de maré são áreas alagáveis periodicamente, de acordo com o ciclo de maré. Os peixes e crustáceos se concentram em regiões subtidais e adentram os canais na maré alta em busca de alimento e locais seguros, enquanto na maré baixa são obrigados a sair para os canais mais profundos. Estes movimentos de migrações diárias de acordo com o regime de maré, o tamanho do canal e os períodos do ano podem estar relacionados aos padrões de diversidade e abundância das espécies (Krumme *et. al.*, 2004). O melhor conhecimento dessas relações é essencial para compreender mudanças na estrutura das assembleias de peixes, sua vulnerabilidade a impactos e devem fornecer subsídios para uma melhor gestão dos recursos pesqueiros na região.

Impactos das mudanças climáticas na atividade de pesca artesanal

Os efeitos das mudanças climáticas tornaram-se recorrentes nos últimos anos, afetando diretamente a maneira como vivemos, trabalhamos e interagimos com o meio ambiente, especialmente em zonas costeiras, onde a maior densidade demográfica potencializa a exposição aos riscos (Manes *et al.*, 2023).

A tendência de aquecimento global, intensificado principalmente pelas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, tem provocado extremos climáticos mais severos e imprevisíveis. Uma das consequências mais preocupantes das mudanças climáticas é a elevação do nível do mar, resultado da atuação sinérgica de vários fatores, em diferentes escalas, como o aumento da temperatura da água do mar e a consequente expansão térmica dos oceanos, o derretimento da criosfera e a sob elevação por marés meteorológicas (Jansen, 2024).

Sousa (2024) afirma que área do Porto do Itaqui e seu entorno são consideradas urbanizadas e povoadas, havendo maior exposição às mudanças climáticas e, portanto, a contabilização de pessoas, infraestrutura e atividades laborais são fundamentais para o planejamento e adoção de medidas mitigadoras.

O aumento do nível do mar em ambientes estuarinos eleva o risco de inundações associadas a tempestades, precipitações pluviométricas excessivas e marés meteorológicas, colocando em risco a infraestrutura costeira (i.e. erosão costeira), a segurança habitacional e a economia local de regiões costeiras (Jansen, 2024). Estudos de modelagem simularam alguns cenários de inundação pelo aumento do nível do mar no Golfão Maranhense projetados pelos modelos do CMIP6/IPCC (Figuras 8A e B). Em geral, observa-se que o Golfão se mostra mais suscetível a eventos de inundações, devido as suas características geomorfológicas e ambientais espacialmente distintas, dada sua baixa topografia, alta complexidade ecológica e intensa pressão antrópica. A presença de uma densa população na Ilha do Maranhão agrava a situação, pois a urbanização intensa e as atividades antrópicas aumentam sua vulnerabilidade.

Sousa (2024), ao avaliar a vulnerabilidade do Golfão a cenários de inundação, também enfatiza que os ecossistemas costeiros, como os manguezais presentes na região, desempenham um papel vital na proteção da linha de costa contra a erosão e as inundações. Estes ecossistemas funcionam como barreiras naturais que podem absorver o impacto das marés altas e de tempestades, reduzindo os danos às infraestruturas sociais e humanas. No entanto, o aumento do nível do mar ameaça esses ecossistemas, potencialmente degradando sua capacidade de proteção e exacerbando a vulnerabilidade costeira.

A presença de estuários, canais de marés, manguezais e elevadas amplitudes de marés, combinados ao intenso desenvolvimento urbano nos municípios, agrava a vulnerabilidade do Golfão Maranhense ao aumento do nível do mar, com sérias implicações para as atividades pesqueiras.

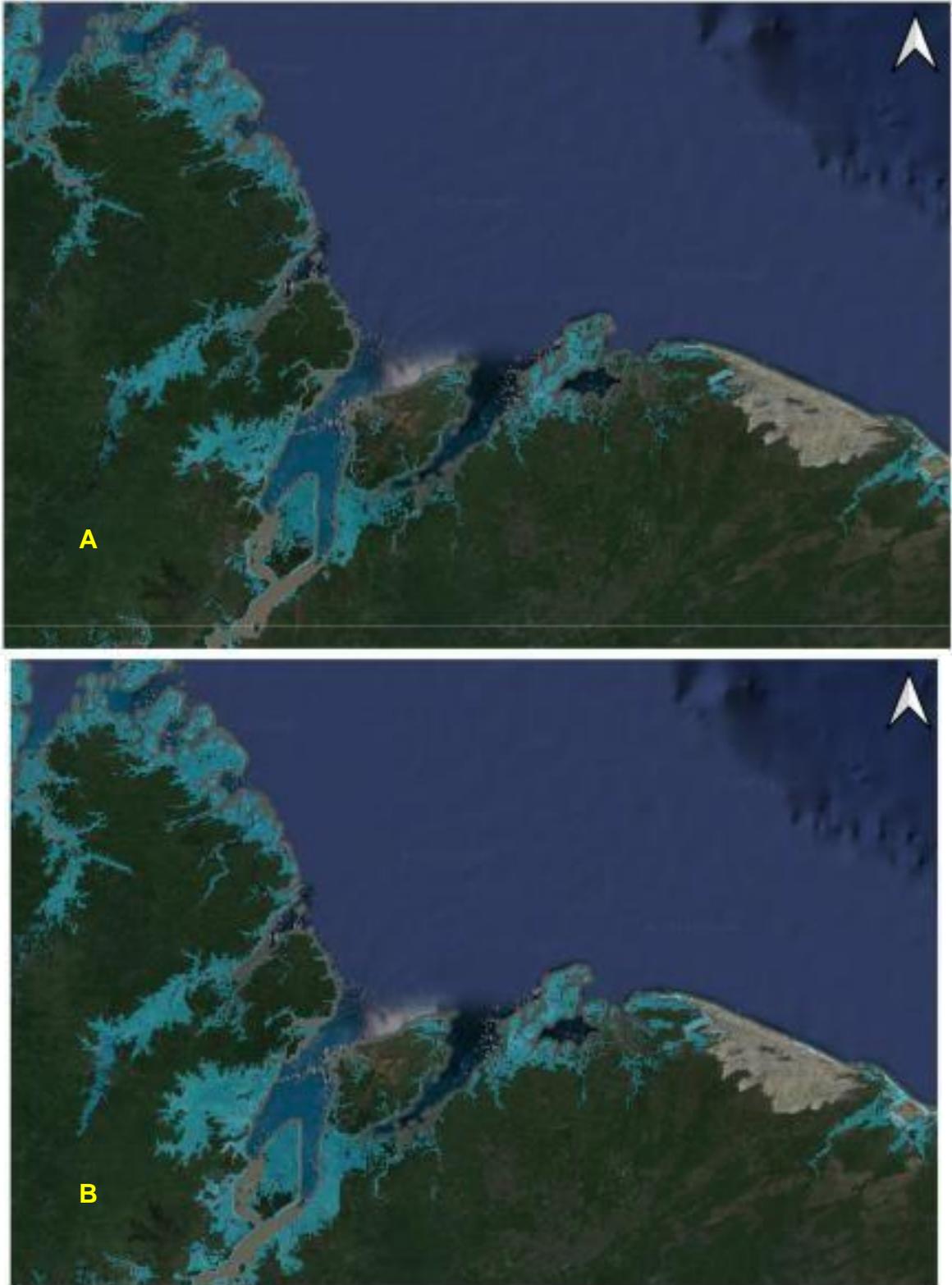
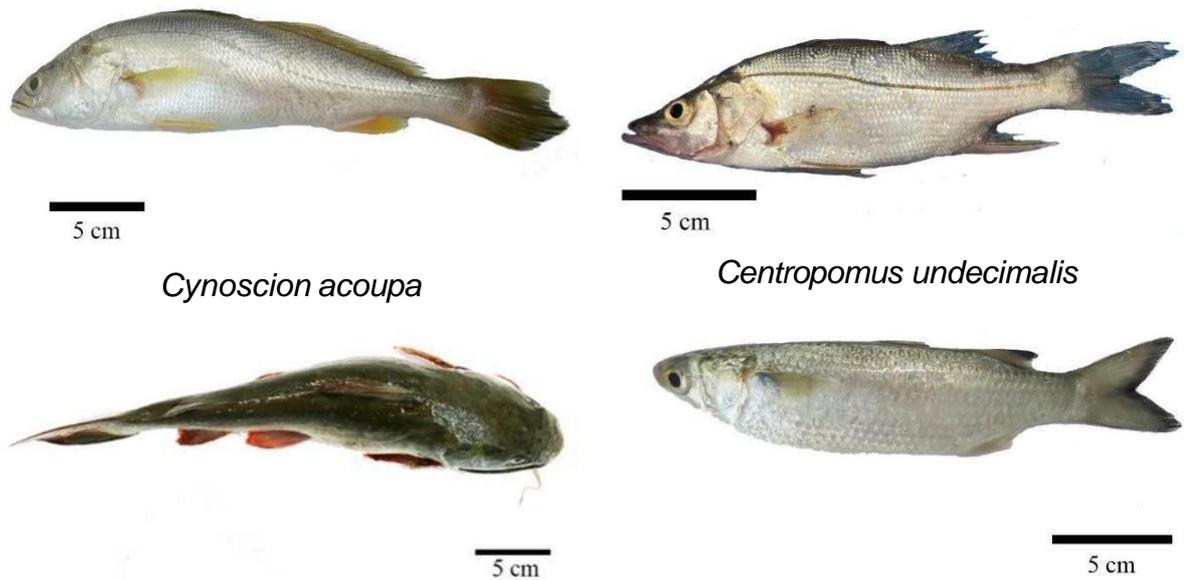


Figura 8. Áreas vulneráveis a inundações no Golfão Maranhense nos cenários climáticos otimista (A) e pessimista (B). Fonte: Jansen (2024).

Quanto aos aspectos hidrológicos no Porto do Itaqui as **macros marés** criam condições favoráveis para a pesca artesanal e industrial, pois as correntes associadas às marés movimentam nutrientes, atraindo espécies marinhas. **Pesca em maré de enchente e vazante:** Durante a enchente, os nutrientes são transportados da costa para o mar, enquanto na vazante há movimentação para áreas costeiras, favorecendo a presença de espécies diversas de peixes em diferentes aspectos morfométricos. Já a hidrodinâmica da região é intensamente influenciada pelas correntes de maré, quanto mais água salgada entra no igarapé, há maior diversidade de espécies marinhas migratórias, o que resulta em uma pesca mais produtiva. A maré baixa, por outro lado, reduz o volume de água disponível, podendo impactar a disponibilidade de algumas espécies, além de dificultar o acesso para a pesca artesanal. Essas correntes facilitam a renovação de nutrientes na coluna d'água, tornando o ambiente marinho ao redor do porto propício à abundância de espécies como peixes, moluscos e crustáceos. O aumento da turbidez em períodos de vazante pode dificultar a pesca, mas também atrai espécies adaptadas a águas ricas em sedimentos, como camarões. Apresenta temperatura média entre 26° C e 30° C, durante o período chuvoso, a salinidade da água tende a diminuir devido ao grande volume de água doce dos rios da Bacia do Itaipuru e do Mearim, que deságuam na Baía de São José, essa redução na salinidade favorece espécies eurialinas (adaptadas a variações de salinidade), como robalos e camarões, comuns na pesca artesanal da região.

Espécies mais comuns: Peixes como pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) robalo (*Centropomus undecimalis*), tainha sajuba (*Mugil curema*) e bagre guribú (*Sciades herzbergii*) são comuns na região e ainda crustáceos como camarões e caranguejos também são alvos importantes da pesca artesanal (Figura 8).



Sciades herzbergii *Mugil curema*

Figura 9. Espécies de peixes mais comuns na região, frequentemente capturadas pela pesca artesanal.

A abundância dessas espécies está diretamente relacionada à sazonalidade das chuvas e ao ciclo das marés, que influenciam a disponibilidade de alimentos no ecossistema. Impactos Hidrológicos nas Atividades Pesqueiras **Período chuvoso (janeiro a junho)**: Maior turbidez e redução na salinidade, propício à pesca em áreas costeiras e manguezais. **Período seco (julho a dezembro)**: estabilidade das condições hidrológicas, favorecendo a pesca em águas mais profundas e em canais de maré. (Manes *et al.*, 2023).

As condições hidrológicas do Porto do Itaqui em 2022 foram favoráveis para a pesca, especialmente para comunidades locais que dependem de recursos marinhos. O impacto direto de fatores como marés, salinidade e temperatura da água reafirma a importância do planejamento das atividades de pesca de acordo com as sazonalidades naturais comparando com 2023 onde os fatores hidrológicos do Porto do Itaqui continuaram a oferecer condições favoráveis para a pesca mas em especial a artesanal, devido à alta disponibilidade de nutrientes trazidos pelas macro-marés e pelo regime de chuvas mais intenso que no ano anterior, O monitoramento constante das condições hidrológicas (como salinidade, temperatura e marés) e seus estudos é essencial para maximizar a eficiência das atividades pesqueiras na região em prol da comunidade pesqueira e economia local. Em 2023 as **Marés de Sizígia** se

intensificaram as correntes marítimas e a movimentação de nutrientes, promovendo maior presença de espécies marinhas em áreas costeiras, favorecendo a pesca.

Enquanto na **Marés de Quadratura** (lua crescente e minguante) correntes suaves criaram condições ideais para pesca em águas mais tranquilas mesmo as correntes marítimas na região continuando a serem fortemente influenciadas pelas macro-marés. Essas correntes aumentaram a circulação de nutrientes, o que beneficiou a cadeia alimentar marinhas exemplificando as correntes de vazante (em direção ao mar) levaram nutrientes para o oceano, atraindo cardumes de peixes de interesse comercial e as correntes de enchente (em direção à costa) concentraram espécies como bagres, pescadas e tainhas em águas rasas, beneficiando a pesca artesanal, é importante destacar nesse ponto que o **aporte fluvial** no período chuvoso reduziu a salinidade da água em áreas próximas à costa e na Baía de São Marcos. A variação sazonal na salinidade influenciou a distribuição das espécies que durante o período chuvoso: Espécies eurialinas (como robalos e camarões) foram predominantes e durante o período seco: Espécies de águas salinas retornaram à costa, aumentando a diversidade capturada.

As temperaturas médias da água se mantiveram entre **26°C e 30°C** segundo a fonte DHN, favorecendo o ciclo reprodutivo de diversas espécies marinhas, como: Camarões (*Litopenaeus* spp.). Pescadas (*Cynoscion* spp.) e o Caranguejos em áreas de manguezais. Os impactos na pesca com a variação hidrológica ao longo do ano influenciaram diretamente as estratégias de pesca e no aumento de subsistência da região. As tabelas de maré de 2022 e 2023 nos mostrando em maior evidencia aumento do coeficiente de marés; Grandes coeficientes implicam grandes prea- mares e baixa-mares; costumam-se verificar grandes correntes e movimentos de fundos marinhos.

Peixes Comerciais: A região é habitada por várias espécies de peixes que têm grande valor comercial. Entre as mais comuns estão o tambaqui, guaru, robalo e camarões de diversas espécies, como o camarão sete-barbas.

Peixes de Água Salobra e Marinha: O estuário de Itaqui é também um local de passagem e reprodução para peixes de água salobra, como a tainha e o peixe- boi marinho, que utilizam a área para a alimentação e a reprodução.

Impacto da Atividade Portuária: A presença do complexo portuário pode ter impactos na fauna local, principalmente devido à poluição das águas, alterações nos cursos de água e à perda de habitats naturais. Os manguezais e os recifes podem ser degradados, o que afeta diretamente a vida marinha. No entanto, existem esforços para mitigar esses impactos por meio de projetos de conservação e manejo ambiental.

O porto é responsável por movimentação de grandes volumes de carga, principalmente grãos e minério, o que intensifica o tráfego de navios e pode alterar a dinâmica do ambiente marinho e estuarino. É importante monitorar essas mudanças para preservar a biodiversidade local.

O Complexo Portuário do Itaqui é de extrema importância para a economia do Maranhão e do Brasil, mas sua localização em um ambiente natural rico em biodiversidade exige um cuidado constante para que a exploração portuária e a conservação ambiental possam coexistir de forma equilibrada. A preservação dos manguezais e a gestão sustentável dos recursos ictiofaunísticos são essenciais para manter a saúde dos ecossistemas aquáticos e terrestres na região.

5 CONCLUSÃO

A pesca artesanal é uma das principais fontes de renda das comunidades pesqueiras do Golfão Maranhense, quando os recursos pesqueiros diminuem, os pescadores enfrentam dificuldades econômicas. A escassez de peixes e a degradação ambiental podem resultar em uma menor oferta de pescado e, conseqüentemente, em aumento dos preços. Isso afeta a renda das famílias ribeirinhas, tornando-as mais vulneráveis economicamente.

As espécies de peixes associadas a estuários são conhecidas por serem sensíveis a reduções no volume de escoamento de água doce e isso pode reduzir a abundância, o que também terá implicações na pesca. A redução no fluxo de água doce também reduzirá a quantidade de nutrientes que entram nos estuários, com um conseqüente empobrecimento da biota. Aumentos em eventos de precipitação extrema projetados para a costa leste podem resultar em aumento do fluxo de água doce e elevação de aporte de sedimentos nos estuários como resultado do escoamento da terra e da erosão dos canais dos rios e riachos.

A competição com a pesca predatória e com as grandes indústrias pesqueiras também pode ser um fator de pressão para a pesca artesanal local, já que as grandes

empresas utilizam tecnologias como embarcações de grande porte, com redes, armadilhas e arpões que podem reduzir a disponibilidade de peixe para os pescadores de pequena escala com o aumento das chuvas e da turbidez em 2023, muitos pescadores relataram dificuldades na captura de determinadas espécies como *Mugil curema*, o que afetou sua subsistência e a comercialização dos produtos pesqueiros. Além disso, a intensificação das correntes e das macro-marés impactou na acessibilidade às áreas de pesca, exigindo adaptações nas embarcações e nos equipamentos utilizados. Os resultados indicam que as condições oceanográficas e meteorológicas influenciam diretamente na pesca do entorno do Complexo Portuário do Itaqui. Ademais, as comunidades pesqueiras enfrentam desafios sociais e econômicos diante das variações hidrológicas, o monitoramento contínuo desses fatores é essencial para a gestão e conservação dos recursos pesqueiros na região, bem como para o desenvolvimento de políticas públicas que garantam a sustentabilidade da atividade pesqueira.

Os aspectos oceanográficos do Complexo Portuário do Itaqui envolvem a hidrodinâmica local já que os estuários no seu entorno apresentam um sistema hidrodinâmico bastante complexo, influenciado pela maré, correntes e aporte fluvial. A interação entre águas fluviais e salinas cria um ambiente dinâmico de águas misturadas, onde ocorre uma circulação que depende de fatores como o volume de água doce aportada pelos rios e a amplitude da maré. A previsibilidade das correntes fundamental para o planejamento das atividades portuárias e pesqueiras, sedimentação natural no estuário favorece um impacto significativo nas operações do porto.

O processo de deposição de sedimentos, impulsionado pelas correntes e pela variação das marés, pode alterar a profundidade dos canais de navegação. Por esse motivo, o processo de **dragagem** é contínuo no Porto do Itaqui, para garantir que a navegação de grandes navios, como os graneleiros e petroleiros, não seja comprometida. A dragagem, no entanto, também tem impactos ambientais, podendo afetar os ecossistemas locais, especialmente os manguezais e a fauna ictiológica. Outros fatores como temperatura, salinidade e turbidez afetam o esquema pesqueiro artesanal local geralmente esses parâmetros são reflexos de eventos climáticos recorrentes o Complexo Portuário do Itaqui desempenha um papel crucial na economia do Maranhão e do Brasil, ao mesmo tempo que está intimamente ligado a uma rica e delicada dinâmica oceanográfica e socioeconômica.

A sustentabilidade desse desenvolvimento depende de uma combinação

cuidadosa entre crescimento econômico, responsabilidade social e preservação ambiental. A gestão eficiente da infraestrutura portuária, aliada a esforços de conservação e a implementação de políticas ambientais rigorosas, é fundamental para garantir que as operações portuárias possam coexistir de maneira equilibrada com os ecossistemas locais e as comunidades que dependem desses recursos.

As mudanças climáticas podem ocasionar um impacto significativo na pesca artesanal e interferir tanto nos recursos pesqueiros, quanto nas comunidades que dependem deles. Efeitos imediatos dos impactos causados pelas mudanças climáticas sobre a pesca artesanal estariam relacionados às alterações na distribuição e migração de espécies, mudança no padrão de salinidade e velocidade das correntes, perda de habitats que fornecem abrigo e proteção nas fases iniciais do ciclo de vida e modificação no padrão de recrutamento. Discutir as mudanças climáticas e como isso interfere na prática da pesca artesanal é essencial para buscarmos soluções e adotar medidas necessárias.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, R.; ROSSETTI, D. F.; MIRANDA, F. P.; FERREIRA, F. J.; SILVA, C.; BEISL, C. Quaternary reactivation of a basement structure in the Barreirinhas Basin, Brazilian Equatorial Margin. *Quaternary Research*, 72(1), p. 103-110, 2009.
- ANDRADE Jr, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, p.143-151, 2005.
- ASMUS, M. L.; NICOLODI, J. L.; ANELLO, L. S.; GIANUCA, K. The risk to lose ecosystem services due to climate change: A South American case. ***Ecological Engineering***, 130: 233-241. 2019.
- BLABER, S.J.M., 2013. Fishes and fisheries in tropical estuaries: the last 10 years. *Estuar. Coast Shelf Sci.*, v. 135, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.11.002>
- CHAGAS, Felipe Murai. **Dinâmica de ondas de areia na Baía de São Marcos (Ponta da Madeira/MA)**: observações e modelagem numérica. [s. l.], p. 78, 2013.
- CORRÊA, Stalliviere. Aplicação do diagrama de pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó-PA. **Pesquisas em Geociências**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 109-118, 2005.
- Czizeweski, A., Pimenta, F. M., Saavedra, O. R. **Numerical modeling of Maranhão Gulf tidal circulation and power density distribution**. *Ocean Dynamics* 70, 667- 682 2020. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01354-8>.
- Defant, A. *Physical Oceanography*. Pergamon press Oxford London - New York-Paris, vol 2, pp. viii + 598, 1961.]

Dalbone, R, C. Análise das Correntes de Maré ao Longo do Canal de Acesso Portuário da Baía de São Marcos: Um Estuário de Macromarés. 2014. 91p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica/COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DE MORAIS, Jader Onofre. **Processos de Sedimentação na Baía de São Marcos. Estado do Maranhão, Brasil**Arquivo de Ciencias Marinhas, 1977.

DEPOSITADOS, Sedimentos; LAGOA, N. A.; PONTAL, D. O. No Title. [s. l.], p. 207-211, 2014.

DIAS, J.Alveirinho. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**, [s. l.], p. 86, 2004.

DIAS, J. A.; CARMO, J. A.; POLETTE, M. As zonas costeiras no contexto dos recursos marinhos. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 3-5, 2009.

EMERY, W.; THOMSON, R. **Data analysis methods in physical oceanography**. Oxford: Pergamon/Elsevier Science, p. 643, 1997.

FEITOSA, A. C. Dinâmica dos processos geomorfológicos da área costeira a nordeste da Ilha do Maranhão. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, São Paulo. 1996.
Femar. Catálogo das Estações Maregráficas do Brasil, 2000

JANSEN, Tayssa Ruanny Silva. Propagação das marés no Golfão Maranhense e cenários de inundação na Orla Oceânica da Ilha do Maranhão 2024. Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Ma - Brasil, 2024. Krumme U., Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a vertical split-beam echosounder. *Fish. Res.*, in press, 2004.

FUNDAÇÃO SOUSÂNDRADE DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFMA. **EIA/RIMA DA REFINARIA PREMIUM I Bacabeira – MA**. São Luís: FSADU. V.II. 2009.440p.

SANTOS, S. S. **Caracterização Hidrodinâmica e Fluxos de Sedimentos em Suspensão No Complexo Portuário De São Luís (Ma) Durante A Atividade De Dragagem**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão. 2018.

FILHO, J. B.; MIRANDA, L. B. Estimativa da descarga de água doce no sistema estuarinolagunar de cananéia-iguape. *Revista Brasileira Oceanográfica*, v. 45, n. 1/2, p. 89-94, 1997. LAMBIASE, JOSEPH J. Hydraulic control of grain-size distributions in a macrotidal estuary. *Sedimentology*, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 433-446, 1980.

MIRANDA, L.B.; Castro, B.M.; Kjerfve, B. **Princípios de Oceanografia física de estuários**. Editora da Universidade de São Paulo - Edusp. São Paulo, v. 1. P. 424, 2002.

MÖLLER, Osmar O.; FURG, Instituto De Oceanografia. No Title. [s. l.], [s.d.].

NOGUEIRA, J.L.D. 2007. Estudo das Intervenções Ambientais no Espaço Geográfico do Porto do Itaqui, São Luís – MA. TCC do curso de Especialização em Gestão Ambiental. Ceuma.

OLIVEIRA, S. R. S., SANTOS, B. W., SOUSA, J. B. M., NOLETO, K. S., LIMA, I. M. A., ANDRADE, T. S. M., CARVALHO-NETA, R. N. F. Enzymatic and histological biomarkers in *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda) in an industrial Port on the North Coast of Brazil. *Bull. Environmental Contamination and Toxicology*, v. 102, n. 6, p.802-810.2019.

Paschoaleti, D. M. Modelagem numérica hidrodinâmica para apoio a operações portuárias: estudo de caso da Baía de São Marcos - MA. Dissertação (Instituto de Oceanográfico) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

PRITCHARD, D. W. **Estuarine Circulation Patterns**. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 81:717. 1955.

PEREIRA, J. E. R.; HARARI, J. Modelo numérico tri-dimensional linear da Plataforma Continental do estado do Maranhão. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, v. 1, n. 43, p. 11–26, 5 1995.

PORTOBRÁS, 1988. Parecer Técnico quanto aos Aspectos Hidráulico/Sedimentológicos Referentes às Alternativas de Solução para Implantação do Pier Petroleiro do Porto do Itaqui. v.1: 51p.

SCHETTINI, C. A.; CARVALHO, J. L. Caracterização Hidrodinâmica Do Estuário Do Rio Cubatão, Joinville. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, [s.

l.], v. 3, n. 1, p.87,2010.Disponível:
<http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/2475>

Schneider, D. P., C. Deser, J. Fasullo, and K. E. Trenberth, 2013: Climate Data Guide Spurs Discovery and Understanding. Eos Trans. AGU, 94, 121- 122,
<https://doi.org/10.1002/2013eo130001>.

SILVA, V.G. Modelagem dos padrões de circulação local e transporte de sedimentos dragados no Complexo Estuarino de São Marcos, São Luís, MA. 2016. 114f. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra. Universidade Federal Fluminense. Niteroi, Rio de Janeiro, 2016.

WHITFIELD, A. K.; HARRISON, T. D., 2021. Fish species redundancy in estuaries: A major conservation concern in temperate estuaries under global change pressures. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 31, 979 – 983.

<https://www.tabuademare.com.br>