

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

Exploração, transporte, descarregamento e
beneficiamento de calcário marinho – Tutóia/MA

BIOMAR MINERAÇÃO



VOLUME 3

Revisão

Setembro, 2022





ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

**Exploração, transporte, descarregamento e beneficiamento de
calcário marinho – Tutóia/MA**

VOLUME 3

Empreendedor: BIOMAR Mineração Ltda.

Elaborado por:

APOIO Engenharia e Mineração Ltda.

Em parceria com:

DPG Consultoria e Tecnologia Ltda.

CICLO Assessoria e Serviços Ambientais Ltda.

SABIO Soluções Ambientais e Ensino de Biologia

VOLUME 3 – APRESENTAÇÃO

O **VOLUME 3** compreende o Subcapítulo 5.2, “**Diagnóstico do Meio Biótico**”, inserido no **Capítulo 5, DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**”, do presente **ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**, que contempla a seguinte a **ESTRUTURA GERAL**:

VOLUME 1

1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.1. INTRODUÇÃO

1.2. OBJETIVO

1.3. DIRETRIZES GERAIS DO EIA

2. PROCEDIMENTOS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

2.1. REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL

2.1.1. Legislação Federal

2.1.2. Legislação Estadual

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

3.1. APRESENTAÇÃO

3.1.1. Identificação do Empreendedor

3.1.2. Identificação da Consultoria Técnica

3.1.3. Identificação de Equipe Técnica

3.2. JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO

3.2.1. Panorama Geral

3.2.2. Justificativa Técnica

3.2.3. Aspectos Sociais e Econômicos

3.2.4. Aspectos Ambientais

3.2.5. Aspectos Locacionais, Políticos e Administrativos

3.2.6. Não Execução da Atividade

3.2.7. Outras Considerações

3.3. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE

3.3.1. Localização do Empreendimento

3.3.1.1. Localização da Atividade de Extração

3.3.1.2. Localização da Atividade de Descarregamento

3.3.1.3. Localização da Atividade de Beneficiamento

3.3.1.4. Unidades de Conservação

3.3.1.5. Compatibilização do Empreendimento com Planos, Programas e Projetos

3.3.2. Caracterização do Material a ser Explotado

3.3.3. Metodologia Operacional

3.3.3.1. Extração

3.3.3.2. Descarregamento

3.3.3.3. Beneficiamento

3.3.3.4. Quadro de Pessoal

3.3.3.5. Insumos

3.3.3.6. Efluentes e Resíduos Gerados

3.3.3.7. Medidas de Segurança e Prevenção de Acidentes

3.3.3.8. Empreendimentos Associados, Decorrentes e Similares

3.3.3.9. Alternativas Locacionais

3.3.4. Plano de Aproveitamento Econômico

3.3.4.1. Reservas

3.3.4.2. Produção

3.3.4.3. Cronograma de Implantação do Empreendimento

4. ÁREAS DE INFLUÊNCIA

4.1. ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA

4.1.1. Meio Físico

4.1.2. Meio Biótico

4.1.3. Meio Socioeconômico

4.2. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID

4.2.1. Meio Físico

4.2.2. Meio Biótico

4.2.3. Meio Socioeconômico

4.3. ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA – AII

4.3.1. Meio Físico

4.3.2. Meio Biótico

4.3.3. Meio Socioeconômico

VOLUME 2

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1. DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

- 5.1.1. Metodologia aplicada
- 5.1.2. Delimitação da Análise do Meio Físico
- 5.1.3. Clima e Meteorologia
 - 5.1.3.1. Características Regionais
 - 5.1.3.2. Classificação Climática
- 5.1.4. Geologia e Geomorfologia
 - 5.1.4.1. Geologia Regional
 - 5.1.4.2. Geologia e Geomorfologia da Zona Costeira do Maranhão (ZCEM)
 - 5.1.4.3. Plataforma Continental na Região de Tutóia
 - 5.1.4.4. Caracterização geológica das áreas de exploração
 - 5.1.4.5. Faciologia
 - 5.1.4.6. Sondagens
 - 5.1.4.7. Mapa de Fácies
 - 5.1.4.8. Sondagens
 - 5.1.4.9. Caracterização e Análise Geoquímica dos Sedimentos Coletados
- 5.1.5. Oceanografia
 - 5.1.5.1. Introdução
 - 5.1.5.2. Áreas de Exploração da BIOMAR Mineração
 - 5.1.5.3. Temperatura, Salinidade e Transparência
 - 5.1.5.4. Circulação das Águas Costeiras
 - 5.1.5.5. Sistema de Correntes Equatoriais
 - 5.1.5.6. Circulação Oceânica na Plataforma Continental Norte Brasileira
 - 5.1.5.7. Circulação Oceânica na Plataforma Continental do Maranhão
 - 5.1.5.8. Marés e Correntes de Maré
 - 5.1.5.9. Ondas Oceânicas
 - 5.1.5.10. Turbidez
- 5.1.6. Qualidade da água
- 5.1.7. Bibliografia Referencial Específica

VOLUME 3

5.2. DIAGNÓSTICO DO MEIO BIÓTICO

- 5.2.1. Metodologia aplicada
- 5.2.2. Delimitação da Análise do Meio Biótico
- 5.2.3. Inventário Quali-Quantitativo das Algas Calcárias Vivas e as Demais Espécies de Algas mais Abundantes na Área de Exploração
- 5.2.4. Caracterização da Comunidade Bentônica e Infauna no Sedimento
 - 5.2.4.1. Introdução
 - 5.2.4.2. Metodologia de Análise
 - 5.2.4.3. Resultados e Discussão
- 5.2.5. Caracterização da Ictiofauna (Nécton)
 - 5.2.5.1. Introdução
 - 5.2.5.2. A Caracterização
 - 5.2.5.3. Metodologia de Análise
 - 5.2.5.4. Resultados e Discussão
- 5.2.5. Caracterização das Espécies de Cetáceos e Quelônios
 - 5.2.5.1. Cetáceos
 - 5.2.5.2. Quelônios Marinhos
- 5.2.6. Caracterização dos Manguezais nas Áreas de Influência do Empreendimento
- 5.2.7. Bibliografia Referencial Específica

VOLUME 4

5.3. DIAGNÓSTICO DO MEIO SOCIOECONÔMICO

- 5.3.1 Metodologia Aplicada
- 5.3.2. Delimitação da Análise Socioeconômica
- 5.3.3. Dados Gerais do Município de Tutóia
- 5.3.4. História
 - 5.3.4.1. Histórico de Criação
 - 5.3.4.2. Patrimônio Histórico Remanescente
- 5.3.5. Limites e Divisas
 - 5.3.5.1. Limites Municipais
 - 5.3.5.1. Limites Interdistritais
- 5.3.6. Perfil Geral da População
- 5.3.7. Educação

- 5.3.8. Saúde
- 5.3.9. Saneamento Básico
 - 5.3.9.1. Abastecimento de Água
 - 5.3.9.2. Esgotamento Sanitário
 - 5.3.9.3. Resíduos Sólidos
- 5.3.10. Sistema Elétrico
- 5.3.11. Estrutura de Transportes
 - 5.3.11.1. Transporte Rodoviário
 - 5.3.11.2. Sistema Portuário
 - 5.3.11.3. Transporte Ferroviário
 - 5.3.11.4. Transporte Aéreo
- 5.3.12. Renda, Trabalho e Atividades Econômicas
 - 5.3.12.1. Panorama Geral
 - 5.3.12.2. Turismo
 - 5.3.12.3. Agropecuária
 - 5.3.12.4. Extrativismo Vegetal
 - 5.3.12.5. Mineração
 - 5.3.12.6. Atividades Pesqueiras
- 5.3.13. Bibliografia Referencial Específica

VOLUME 5

6. ANÁLISE INTEGRADA

6.1. SÍNTESE DA ANÁLISE INTEGRADA

- 6.1.1. Introdução
- 6.1.2. O Projeto Extração de Sedimentos biodetríticos/BIOMAR e os Recursos Naturais
- 6.1.3. O Projeto Extração de Sedimentos Biodetríticos/BIOMAR e os Ecossistemas
- 6.1.4. O Projeto Extração de Sedimentos Biodetríticos/BIOMAR e o Ecossistema Urbano
- 6.1.5. Síntese da Qualidade Ambiental
 - 6.1.5.1. Meteorologia
 - 6.1.5.2. Geologia/Geomorfologia
 - 6.1.5.3. Oceanografia
 - 6.1.5.4. Qualidade da Água
 - 6.1.5.5. Ictiofauna
 - 6.1.5.6. Atividade Pesqueira

6.1.5.7. Zoobentos

6.1.5.8. Unidades de Conservação

6.2. PROGNÓSTICO AMBIENTAL

6.3. IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

6.3.1. Metodologia de Avaliação de Impactos

6.3.2. Descrição e Classificação dos Impactos e Apresentação das Medidas Mitigadoras e Potencializadoras

6.3.2.1. Fase de Planejamento

6.3.2.2. Fase de Implantação/Operação

6.3.3 Descrição dos Impactos por Meio Estudado

6.3.3.1. Meio Físico

6.3.3.2. Meio Biótico

6.3.3.3. Meio Socioeconômico

6.3.3.4. Resumo dos Impactos

6.4. PROGRAMAS AMBIENTAIS

6.4.1. Introdução

6.4.2. Objetivos

6.4.2.1. Programa de Gestão Ambiental – PGA

6.4.2.2. Programa de Comunicação Social

6.5.2.3. Programa de Educação Ambiental para Trabalhadores (PEAT)

6.5.2.4. Programa de Delimitação a Área de Dragagem

6.5.2.5. Programa de Monitoramento das Comunidades Planctônicas e Bentônicas nas Áreas de Extração

6.5.2.6. Programa de Monitoramento dos Níveis da Qualidade de Água nas Áreas de Extração

6.5.2.7. Programa de Segurança na Navegação

6.5.2.8. Programa de Adoção de Descarte de Finos e Areia no Fundo

6.5.2.9. Programa de Priorização de Contratação de Mão-De-Obra

7. CONCLUSÕES

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VOLUME 6

9. ANEXOS

VOLUME 3 – SUMÁRIO

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	13
5.2. DIAGNÓSTICO DO MEIO BIÓTICO	14
5.2.1. Metodologia aplicada	14
5.2.2. Delimitação da Análise do Meio Biótico	15
5.2.3. Inventário Quali-Quantitativo das Algas Calcárias Vivas e as demais Espécies de Algas mais Abundantes na Área de Exploração	17
5.2.4. Caracterização da Comunidade Bentônica e Infauna no Sedimento	25
5.2.4.1. Introdução.....	25
5.2.4.2. Metodologia de Análise	26
5.2.4.3. Resultados e Discussão	32
5.2.5. Caracterização da Ictiofauna (Nécton)	43
5.2.5.1. Introdução.....	43
5.2.5.2. Caracterização.....	44
5.2.5.3. Metodologia de Análise	45
5.2.5.4. Resultados e Discussão	51
5.2.5.5. Considerações Finais.....	56
5.2.6. Caracterização das Espécies de Cetáceos e Quelônios.....	57
5.2.6.1. Cetáceos.....	57
5.2.6.2. Quelônios Marinhos.....	61
5.2.7. Caracterização dos Manguezais nas Áreas de Influência do Empreendimento....	63
5.2.8. Bibliografia Referencial Específica	67

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 5.2.2-1: ADA, AID e All da atividade de extração Meio Físico e Biótico.</i>	5
<i>Figura 5.2.3-1: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em fevereiro de 2018. Sequência de fotos mostrando as condições de visibilidade da água desde a superfície até o fundo (23m). Fonte: BIOMAR, 2018.</i>	20
<i>Figura 5.2.3-2: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em fevereiro de 2018. Sequência de fotos mostrando as condições de visibilidade da água do fundo (23m) à superfície. Fonte: BIOMAR, 2018.</i>	21
<i>Figura 5.2.3-3: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em janeiro de 2019. Fonte: BIOMAR, 2019.</i>	22
<i>Figura 5.2.3-4: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em junho de 2019. Fonte: BIOMAR, 2019.</i>	23
<i>Figura 5.2.3-5: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em junho de 2019 (cont.). Fonte: BIOMAR, 2019.</i>	24
<i>Figura 5.2.4.2-1: Mapa com os quatros pontos de coleta</i>	27
<i>Figura 5.2.4.2-2: Amostragem de sedimentos. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	28
<i>Figura 5.2.4.2-3: Material coletado para fixação e triagem em laboratório. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	29
<i>Figura 5.2.4.2-4: Material em laboratório e peneiras em que foram analisadas as amostras de sedimento. Fonte: SABIO, 2019.</i>	29
<i>Figura 5.2.4.2-5: Material sendo triado em peneiras granulométricas de malha 0.05mm. Fonte: SABIO, 2019.</i>	30
<i>Figura 5.2.4.3-1: Capitella capitata e Laeonereis culveri identificados no laboratório em amostras coletadas de sedimentos na região. Fonte: SABIO, 2019.</i>	33
<i>Figura 5.2.4.3-2: Moluscos (bivalves) coletados nos sedimentos e identificados na região. Fonte: SABIO, 2019.</i>	35
<i>Figura 5.2.3-2: Pontos de Monitoramento de Ictiofauna.</i>	46
<i>Figura 5.2.5.3-2: Equipamento utilizado para registros fotográficos e vídeo subaquático remoto (BRUV) na área. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	47
<i>Figura 5.2.5.3-3: Petrecho de pesca (rede de emalhar de deriva). Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	47
<i>Figura 5.2.5.3-4: Rede de arrasto utilizada na captura de organismos nas praias dos arredores mais distantes da área do empreendimento em Tutóia. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	48
<i>Figura 5.2.5.3-5: Coleta de dados físicos em campo para subsidiar interpretação dos dados. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	48
<i>Figura 5.2.5.4-1: Exemplar de Lutjanus synagris amostrado nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia-MA. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	52
<i>Figura 5.2.5.4-2: Exemplar de Echeneis naucrates amostrado nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia-MA. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.</i>	53
<i>Figura 5.2.5.4-3: Exemplar de M. ancylodon amostrado nas proximidades da área do empreendimento. Fonte: SABIO, 2018.</i>	55
<i>Figura 5.2.5.4-4: Exemplar de M. curema amostrado nas proximidades da área do empreendimento. Fonte: SABIO, 2018.</i>	55
<i>Figura 5.2.7-1: Áreas de Mangue – Tutóia - MA.</i>	66

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 5.2.4.3-1: Lista de táxons bênticos inventariadas em Tutóia/MA. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 5.2.4.3-2: Percentual de táxons da meiofauna quantificados nas amostras coletadas na área. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 5.2.4.3-3: Riqueza de Margalef, Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) da meiofauna analisada na área. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 5.2.5.4-1: Número total de indivíduos e média de tamanhos dos exemplares de espécies de peixes capturados na All do empreendimento. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 5.2.5.4-2: Índices ecológicos calculados para as assembleias de peixes amostradas nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 5.2.5.4-3. Lista de espécies de maior ocorrência em Tutóia. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>54</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 5.2.4.3-1: Percentual de espécies encontradas para os principais filos de invertebrados bêmicos registrados na área. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>32</i>
<i>Gráfico 5.2.4.3-2: Densidade da fauna bêmica identificada na área. Fonte: SABIO, 2019.....</i>	<i>39</i>
<i>Gráfico 5.2.4.3-3: Percentual de táxons da meiofauna quantificados nas amostras coletadas na área. Fonte: SABIO, 2019.</i>	<i>40</i>

CAPÍTULO 5

An underwater photograph showing a diver in the foreground, wearing a mask and snorkel, looking down at a sediment coring device on the seabed. The device consists of a vertical tube with a circular opening at the bottom, which is being used to collect a sample from the ocean floor. The water is clear and blue, and the seabed is visible in the background.

*Coleta de sedimentos/Pesquisa - BIOMAR
Tutóia/MA, 2018*

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O Capítulo 5 apresenta o diagnóstico dos Meios Físico, Biótico e Socioeconômico, em atendimento ao item 4.6 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, subitens 4.6.1 – Meio Físico, 4.6.2 – Meio Biótico e 4.6.3 – Meio Socioeconômico, do Termo de Referência (TR) do IBAMA (2019).

Os levantamentos e análises referem-se às Áreas de Influência da atividade de extração, visto que as atividades de descarregamento e beneficiamento já foram objeto de avaliação e aprovação de suas viabilidades pelo IBAMA (LP 541/2017) em outro processo similar de licenciamento da BIOMAR Mineração, conforme ressaltado anteriormente no presente EIA.

O presente VOLUME 3 é destinado exclusivamente à apresentação do Diagnóstico do Meio Biótico.

5.2. DIAGNÓSTICO DO MEIO BIÓTICO

5.2.1. Metodologia aplicada

A elaboração deste diagnóstico do meio biótico envolveu o levantamento e a análise de dados primários e secundários. Como levantamento primário e com o objetivo de complementar e atualizar as informações na Área de Influência Indireta (AII) e compor a análise da Área de Influência Direta (AID), que coincide com a Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, foram realizadas campanhas nas áreas de exploração da BIOMAR Mineração. As atividades envolveram mergulhos, procedimentos de coletas, realização de imagens e vídeos, que permitiram a caracterização das estações georreferenciadas de cada atividade e a verificação da similaridade entre os pontos, justificando a escolha dos pontos e a análise de cada parâmetro.

De 1 a 4/04/2019, realizou-se a visita técnica do IBAMA às áreas de extração, sendo possível o mergulho do analista ambiental Henrique Arakawa, acompanhado da equipe técnica da BIOMAR Mineração.

Quanto às informações e dados secundários, os levantamentos se deram por meio de fontes oficiais e/ou de excelência e reconhecida competência, tais como Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), Comando da Marinha, universidades, entre outros, no nível federal, estadual e municipal, além de produções acadêmicas de instituições renomadas, nacionais e internacionais.

5.2.2. Delimitação da Análise do Meio Biótico

Para desenvolvimento da análise do Meio Biótico da atividade de extração, foram delimitadas três áreas de estudo, como referendado no Capítulo 4, ÁREAS DE INFLUÊNCIA, deste EIA: i) Área Diretamente Afetada (ADA) - poligonal das duas áreas somadas de ocorrência de algas calcárias; ii) Área de Influência Direta (AID) - raio de 3.000 m do centroide das duas áreas somadas; e iii) a Área de Influência Indireta (AII) - raio de 5.000 m do centroide das duas áreas somadas.

A figura 5.2.2-1 apresenta essas três áreas.

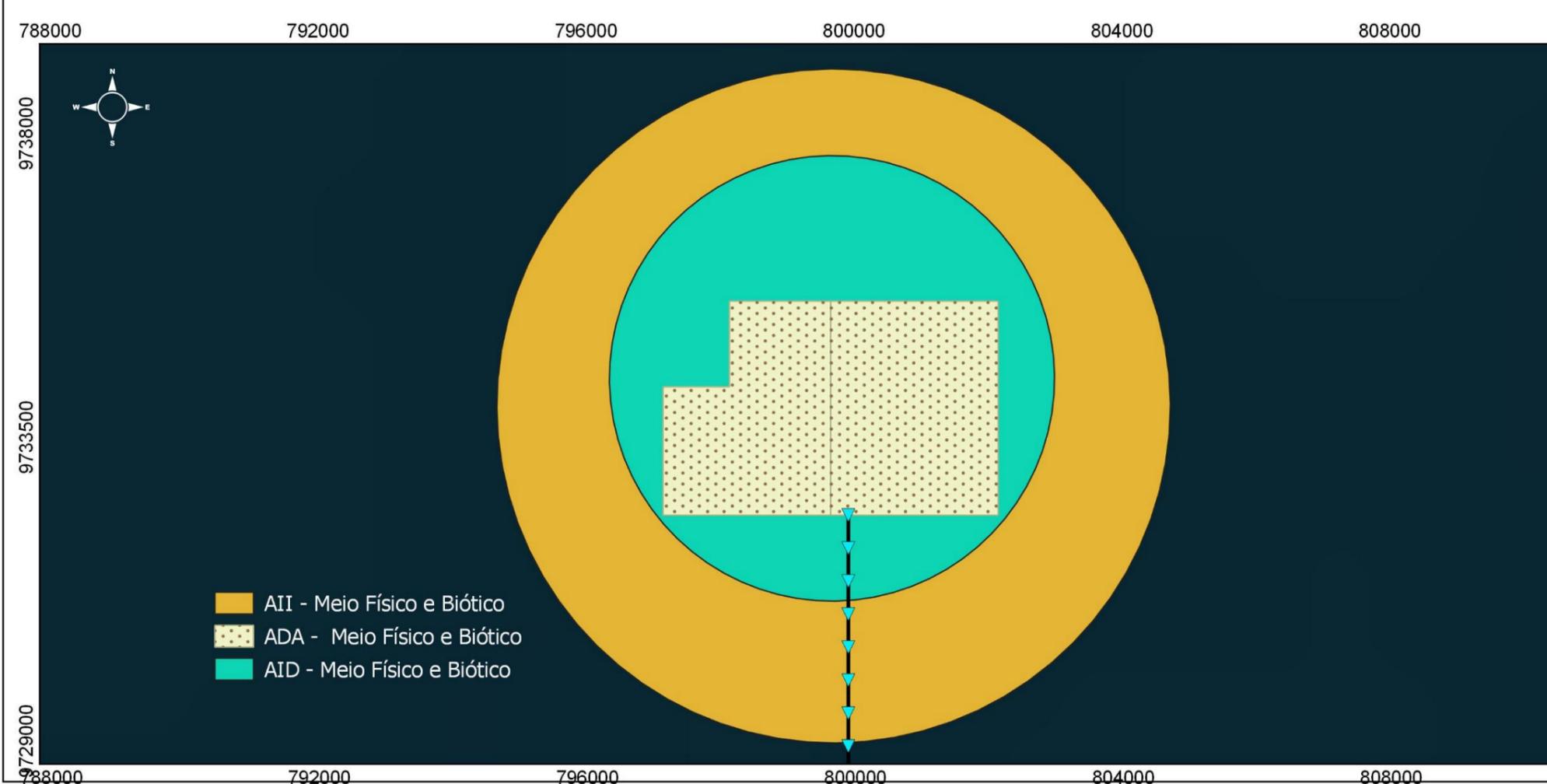
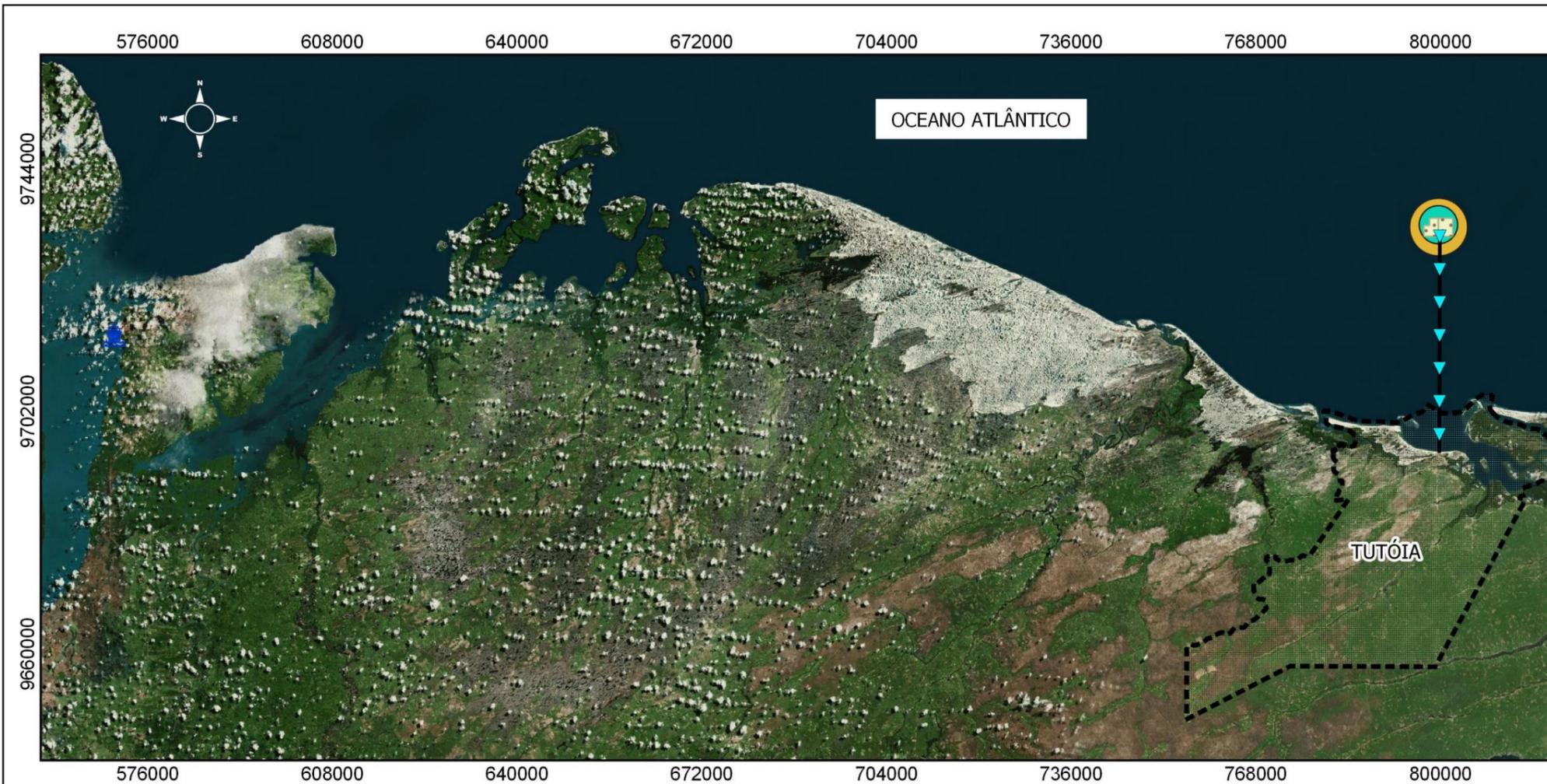
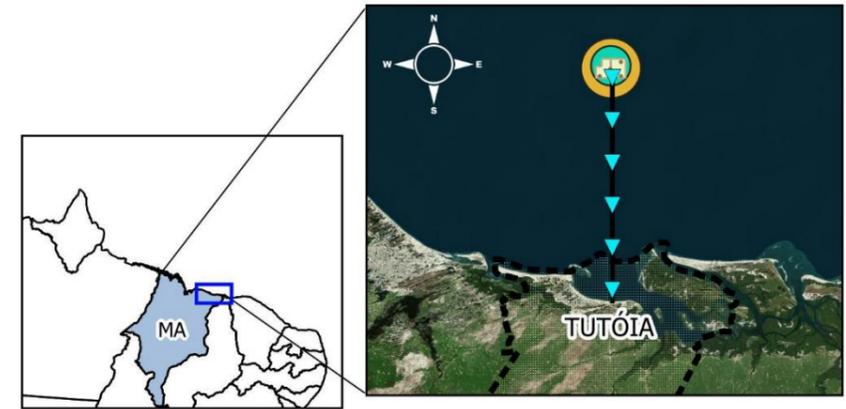


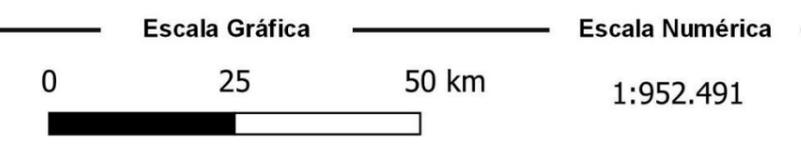
Figura 5.2.2-1: ADA, AID e AII da atividade de extração Meio Físico e Biótico

Localização



Convenções Cartográficas / Legenda

- Processo 806.698/2010
- Processo 806.701/2010
- Área do Beneficiamento
- Estado do Maranhão
- Tutóia - MA
- Limites: Federal e Estadual
- Área do Descarregamento (Porto do Itaqui)
- Distância Tutóia até Área de Extração (20 MN ou 37,10 km)



Dados Cartográficos

Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas Planas
 M.C.: -45° WGr. - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona: 23 M

Fonte

Base de Dados: ANM (2022) e IBGE (2022)

Elaboração	Data	Revisão	Formato
Gizele Ferreira	27/08/2022	02	A3



5.2.3. Inventário Quali-Quantitativo das Algas Calcárias Vivas e as demais Espécies de Algas mais Abundantes na Área de Exploração

De acordo com o Prof. PhD Roberto Villaça, que participou da campanha da BIOMAR Mineração para investigação da área mapeada, nela, não existem recifes de corais. O fundo observado *in loco* basicamente pode ser chamado de substrato não consolidado, em toda a extensão, sendo claramente constituído por pequenos fragmentos calcários morfologicamente irregulares com, no máximo, alguns centímetros em sua maior dimensão. Os fragmentos calcários são oriundos da fragmentação de talos de algas marinhas do *Filo Rhodophyta* (algas vermelhas), mais particularmente da ordem *Corallinales*, grupo amplamente distribuído por todo o mundo.

O fato de parte dos fragmentos apresentarem a cor rosa avermelhada indica que possui a fina película externa da alga viva. A forma de desenvolvimento livre (não aderidas ao substrato) das algas calcárias encontradas na região, é conhecida como “maerl”. Essas formas ocorrem em área sujeita à movimentação por correntes de marés e agitação de ondas. Eventualmente apareceram no fundo alguns fragmentos maiores e aproximadamente esféricos (3 a 8 cm de diâmetro) dessas algas calcárias livres, sendo denominados de “rodolitos”. Os rodolitos, assim como o *maerl*, ocorrem espacialmente separados uns dos outros e não empilhados em algum tipo de depressão em que pudessem produzir alguma coalescência. A maior parte dos fragmentos observados tinha coloração branca, ou seja, sem a película externa viva, indicando ausência de crescimento ativo da alga (algas mortas).

Importante observar que, em fevereiro de 2018, durante a fase de pesquisa da BIOMAR Mineração, um movimento pendular de corrente de fundo (movimento oscilatório provocado pelas ondas) foi sentido ao longo de todos os mergulhos, realizados na região de Tutóia/MA e Luís Correia/PI, nas áreas da BIOMAR Mineração, dando sinais claros de que o fundo analisado tem movimentação suficiente para deslocar os fragmentos sobre ele, impedindo algum tipo de coalescência ou de empilhamento em quase toda sua totalidade.

Fora as observações acima descritas, em um percentual entre 5 a 10% de alguns *frames* de vídeos utilizados como amostras, foram observados agrupamentos de esponjas marinhas (*Filo Porífera*) e formas arborescentes de hidróides (*Filo Cnidaria*, Classe *Hydrozoa*), possivelmente do gênero *Obelia*. Colônias de *Hydrozoa* ou hidróides são considerados oportunistas como organismos, isto é, apresentam-se em grande quantidade sob formas planctônicas e aproveitam qualquer substrato disponível para realizar fixação rapidamente, sendo, por isso, um dos principais componentes de “*fouling*” em muitos ambientes.

Verificou-se que a macroalga verde *Caulerpa* prolifera e aparece em pequeno percentual na área amostrada. Esta espécie, característica de substratos não consolidados, possui capacidade de se desenvolver (oportunista) desde que haja períodos de pequena a moderada taxa de sedimentação, evitando seu soterramento.

O mergulho realizado pelo Prof. Villaça, a 23 m, na área da BIOMAR ao largo de Tutóia, teve que ser suspenso após alguns minutos de seu início, em virtude de uma situação completamente inusitada e desfavorável para a atividade, a visibilidade estava praticamente nula, causada por revolvimento do fundo, produzindo intensa suspensão de material fracionado de origem orgânica. Nos poucos minutos de mergulho, foi possível observar que havia a presença de fragmentos de algas calcárias de forma livre, porém não foi possível certificar a existência de material vivo nas condições de observação realizadas.

Em síntese, nos demais mergulhos e nas observações realizadas por meio de vídeo transecções, tanto em Tutóia quanto Luís Correia, não foi possível caracterizar nenhuma comunidade típica de substrato consolidado, ou seja, resultante de fundo estável ao longo do tempo, e de aspecto tridimensional, abrigando algum consórcio de organismos bênticos marinhos. Na verdade, os fundos analisados apresentaram, em sua grande maioria, fragmentos calcários, em parte, algas calcárias de forma livre (*maerl*), típicas de um ambiente instável, com iluminação suficiente para a fotossíntese. Os organismos macroscópicos fixos observados ao largo de Luís Correia indicam um oportunismo de ocupação de parte do substrato em um período em que o movimento hidrodinâmico foi atenuado e são, em quase toda sua totalidade, considerados organismos de substrato não consolidado.

O depósito de algas calcárias de Tutóia é idêntico ao "cascalho de algas isento de lama" descrito por Bosence (1979), na Irlanda, e Ehrhold (2004), na Bretanha. A principal característica deste tipo de fundo bioclástico observado é a presença de feições sedimentares na superfície do fundo (cristas e cavas), denominadas "marcas de ondas" (*megaripples* ou *megarides*), com alturas próximas a 40 cm e comprimento de onda, entre as cristas, de 1 a 2 m. A simetria perfeita das cristas indica que são resultantes do movimento oscilatório das ondas, remobilizando o fundo, porém sem provocar transporte longitudinal das partículas bioclásticas. São feições típicas de áreas com alta energia, expostas à ação de ondas e correntes de marés. Segundo Bosence (1979), a fauna destes sedimentos é pobre, por causa da natureza instável das partículas, pois o cascalho é constantemente remobilizado por ação das ondas e correntes. A maior parte da epifauna e algas coralinas vivas encontra-se nas cavas das marcas de ondas, pois este é o único local relativamente protegido.

Evidências de transformações do fundo causadas por impacto natural

Seguindo o relato do Prof. Villaça, na primeira campanha de diagnóstico dos organismos bentônicos em Tutóia, realizada em fevereiro de 2018, encontraram-se águas escuras que impossibilitaram obter filmagens nítidas do fundo marinho.

A segunda campanha foi realizada em janeiro de 2019, quase um ano depois da primeira, porém na mesma época de ocorrência de ondas de grande período (*swell*). Estas ondas oriundas do hemisfério Norte, revolvem o fundo, criando as marcas de ondas (*megarides*) e dispersando as algas macrófitas foliáceas fixas sobre o fundo.

Foi notável, nessa época de filmagem, a inexistência de esponjas e de algas foliáceas e filamentosas, indicando que o fundo sofrera intensa movimentação que provocou a erosão e deslocamento desses organismos bentônicos superficiais. As ondas de tempestade geradas no Hemisfério Norte viajam por milhares de milhas e atingem o litoral do Maranhão até o Ceará. Conforme Melo *et al.* (1995, apud PAULA *et al.*, 2015), no litoral do Ceará, mais especificamente no de Fortaleza, as ressacas do mar estão associadas à ação de furacões extratropicais do Hemisfério Norte que provocam fortes tempestades, resultando na chegada de ondas *swell* na costa Nordeste do Brasil.

A terceira campanha de filmagens foi realizada em junho de 2019, época de calmaria característica do verão no Hemisfério Norte. As condições do fundo, nessa época, mudaram significativamente

em comparação com as filmagens anteriores (jan. 2019, fev. 2018), mostrando sinais de estabilidade, com presença abundante de algas macrófitas

As imagens a seguir demonstram as condições de fundo encontradas nas diversas épocas e os vídeos constam do **ANEXO 5 – Vídeos dos mergulhos realizados**.

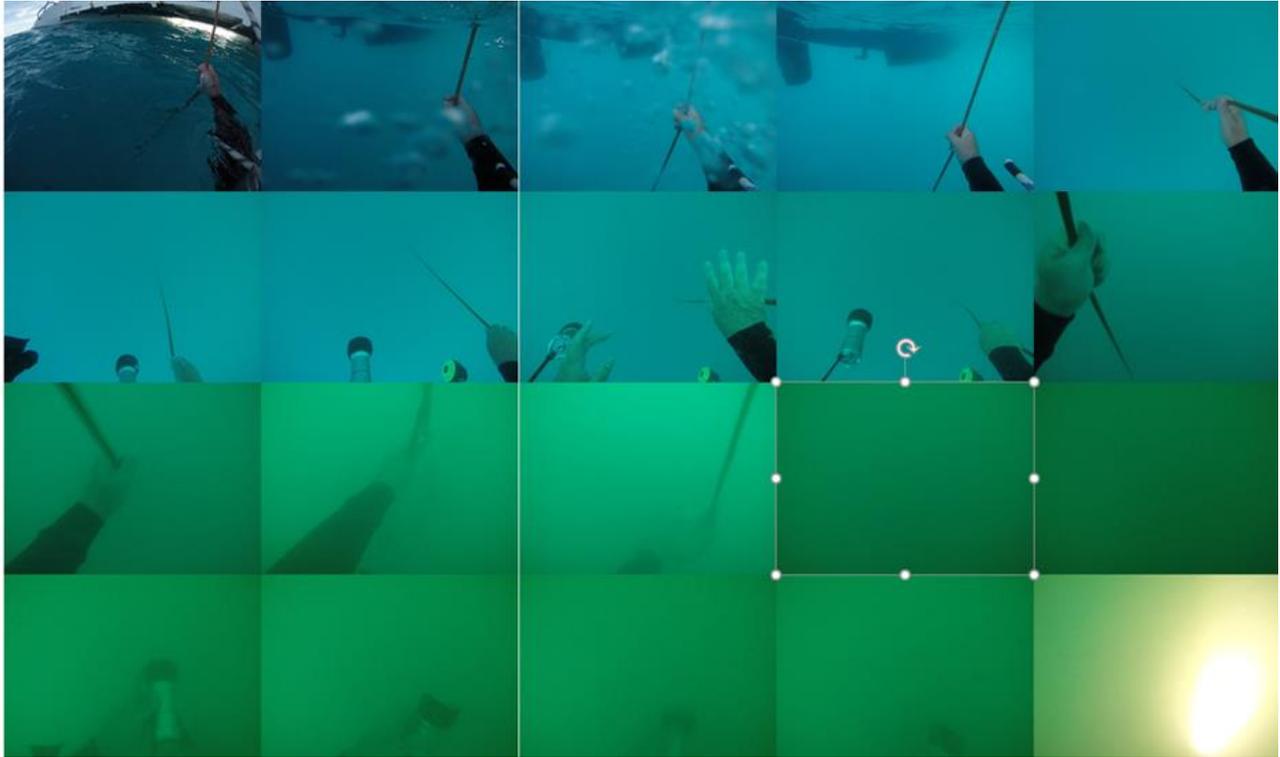


Figura 5.2.3-1: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em fevereiro de 2018. Sequência de fotos mostrando as condições de visibilidade da água desde a superfície até o fundo (23m).

Fonte: BIOMAR, 2018.



Figura 5.2.3-2: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em fevereiro de 2018. Sequência de fotos mostrando as condições de visibilidade da água do fundo (23m) à superfície.

Fonte: BIOMAR, 2018.

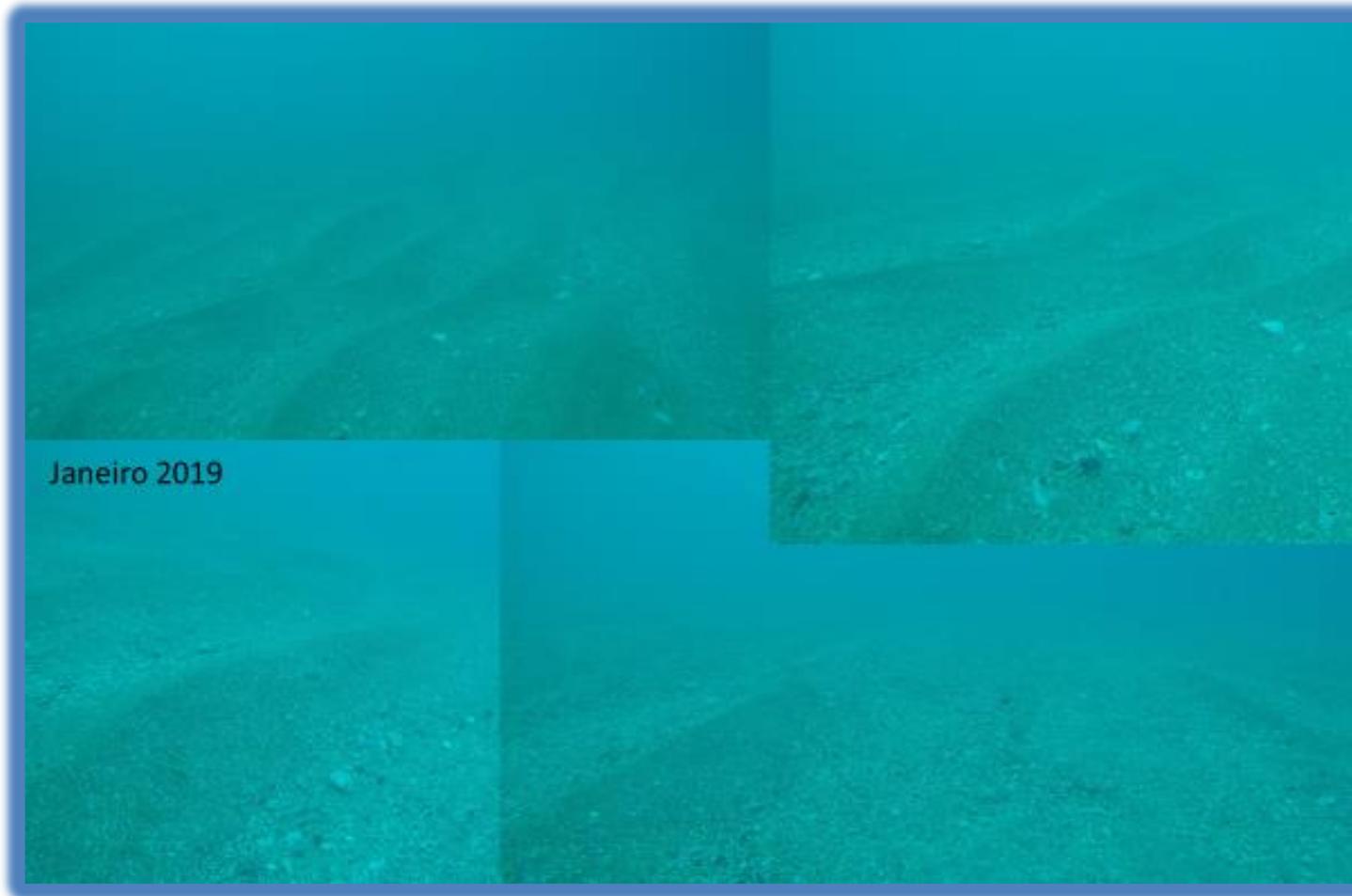


Figura 5.2.3-3: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em janeiro de 2019. Fonte: BIOMAR, 2019.



Figura 5.2.3-4: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em junho de 2019. Fonte: BIOMAR, 2019.



Figura 5.2.3-5: Mergulho na área ao largo de Tutóia, em junho de 2019 (cont.). Fonte: BIOMAR, 2019.

5.2.4. Caracterização da Comunidade Bentônica e Infauna no Sedimento

5.2.4.1. Introdução

A comunidade bêntica compreende as associações de organismos aquáticos que vivem dentro do substrato (infauna) ou sobre os substratos (epifauna) de fundo, desempenhando importante papel ecológico (nas interações substrato e coluna d'água, nas cadeias tróficas e como espécies monitoras em estudos de poluição) e socioeconômico (extrativismo pelas populações costeiras, atividades pesqueiras, espécies ornamentais, produção de produtos farmacêuticos) (VENTURINI *et al.*, 2011; ROSENBERG, 2001).

Os principais táxons que compõem a macrofauna bêntica marinha pertencem aos filos *Arthropoda* (principalmente crustáceos do grupo *Malacostraca*), *Mollusca* (principalmente bivalves e gastrópodes) e *Annelida* (principalmente poliquetas e oligoquetas), sendo os principais responsáveis pela produção secundária no sistema (LANA *et al.*, 1996).

Estudos com a macrofauna bêntica podem auxiliar na compreensão da transferência de matéria e energia entre a comunidade e o ecossistema, no manejo de recursos aquáticos, na detecção de poluição e formulação de hipóteses sobre a produção biológica em ambientes aquáticos (GRAY; ELLIOTT, 2009).

A utilização da macrofauna para monitoramento se deve à grande diversidade de espécies, que, apesar do ciclo de vida bastante variável, é curto em relação a outros organismos de grande porte, dando respostas mais rápidas às condições do meio (SANZ-LÁZARO; MARIN, 2011). As espécies dominantes em sistemas estuarinos, com alta densidade e biomassa, são as mais sugeridas a serem utilizadas para a avaliação do ecossistema (FIGUEIREDO-BARROS *et al.*, 2006).

O conhecimento sobre os aspectos ecológicos da comunidade de macroinvertebrados bênticos é fundamental na determinação de espécies bioindicadoras, podendo auxiliar na previsão da estrutura da comunidade no sistema, bem como após impactos ambientais no aparecimento de espécies invasoras (BUMBEER *et al.*, 2016). Assim, neste estudo, objetivou-se caracterizar a comunidade bentônica e infauna no sedimento e substrato consolidado, identificando os táxons mais abundantes e índices de riqueza, equitabilidade e diversidade na área antes de instalação do empreendimento.

5.2.4.2. Metodologia de Análise

Os animais bentônicos da área foram caracterizados a partir de levantamentos realizados em três estações estabelecidas com auxílio de GPS e os seus respectivos pontos indicados na figura 5.2.4.2-1.

Utilizaram-se os métodos de coleta “direto” e “indireto”, tentando observar as seguintes características: penetrar o substrato até profundidade suficiente para que todos os animais presentes na coluna de sedimentos, abaixo da área amostrada, fossem capturados; abranger sempre a mesma área superficial e amostrar igualmente toda a profundidade abaixo dela; não perturbar os sedimentos de forma a não subestimar o número de organismos antes da retirada do amostrador.

O método “direto” envolveu mergulhadores que fizeram coletas da coluna de sedimentos em quadrats de 25 x 25 cm, sendo o material levado até a superfície em recipiente fechado. No método “indireto”, utilizou-se uma draga cilíndrica de 10 x 20 cm de boca (figura 5.2.4.2-2), que permite obtenção simultânea de várias unidades amostrais. As amostras obtidas foram fixadas em formol a 10 % e levadas ao laboratório para análise.

Inicialmente, as amostras foram submersas em água e agitadas lentamente, formando um sobrenadante no qual se concentraram os organismos bentônicos, que foram separados para triagem por meio de passagem do sobrenadante em malhas de peneiras de macrofauna (0,5 mm). A presença de organismos com alto peso específico, como moluscos e equinodermos, foi detectada pela triagem manual do restante da amostra que não passou pela peneira.

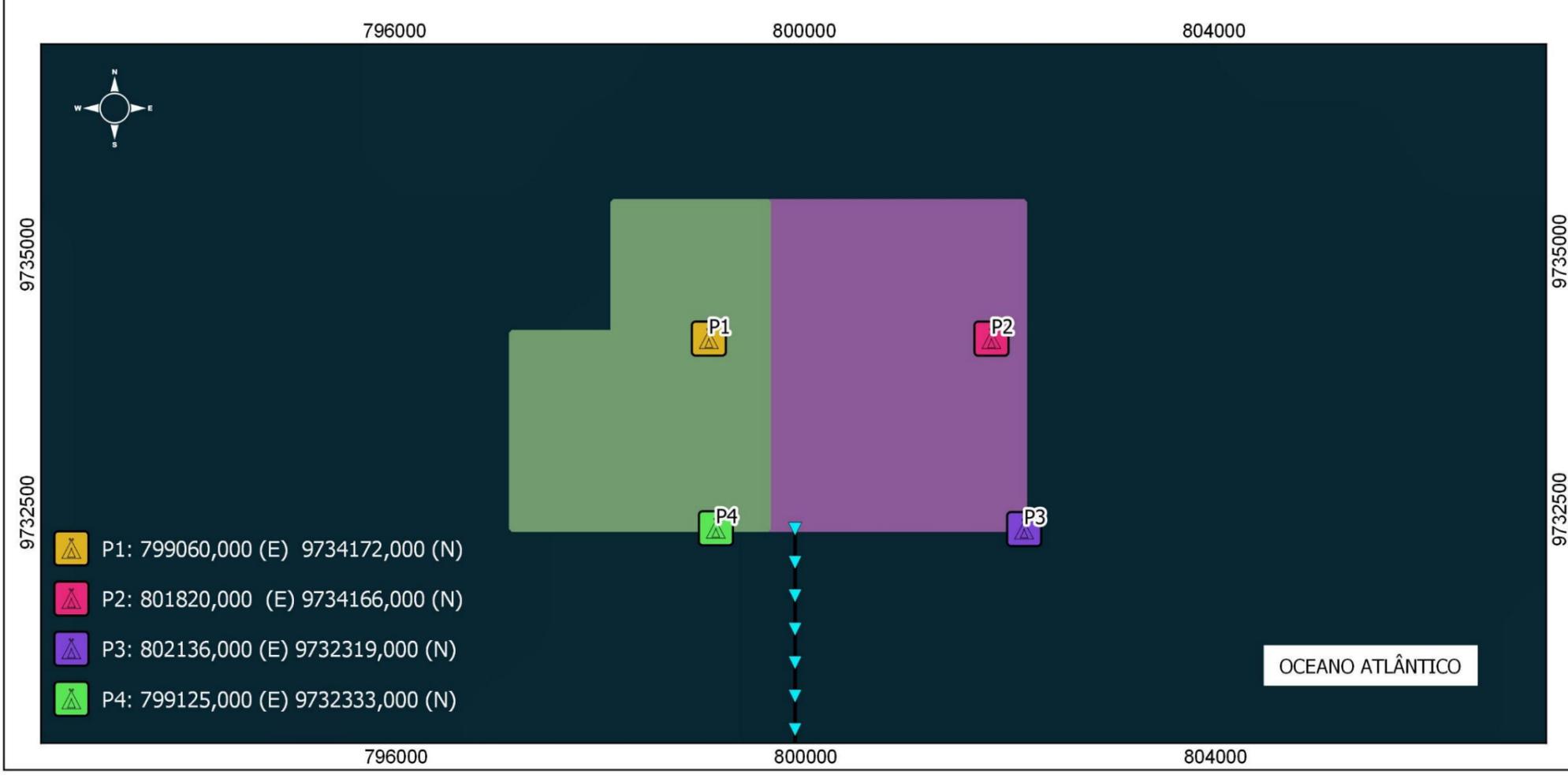
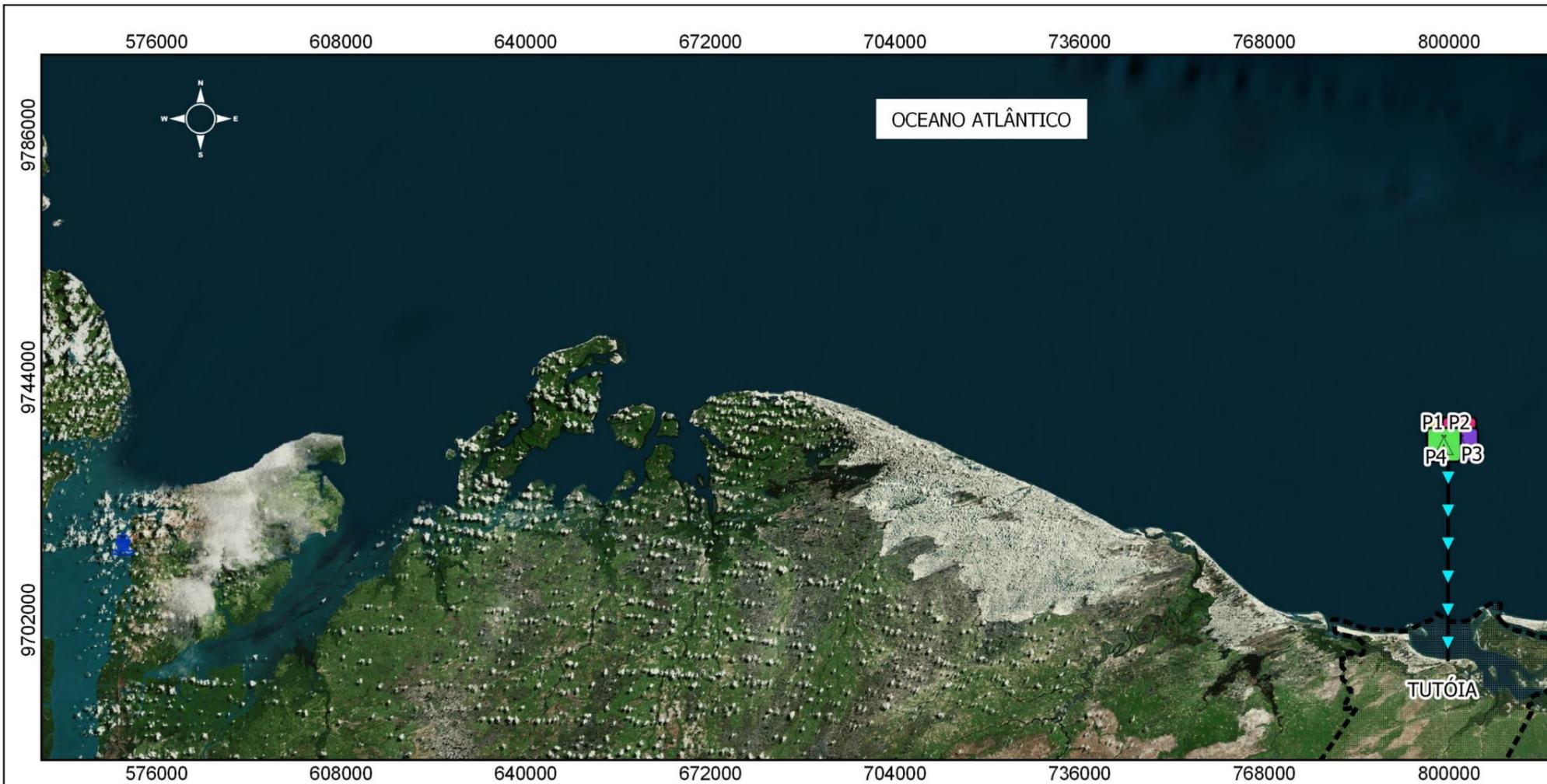
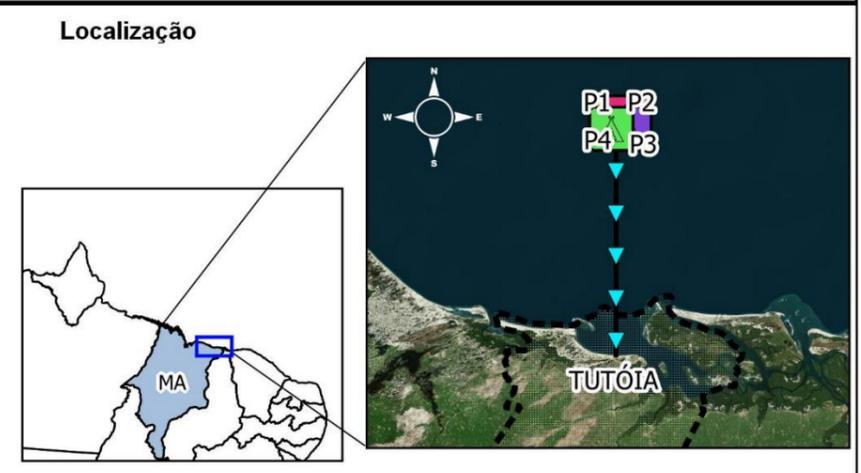
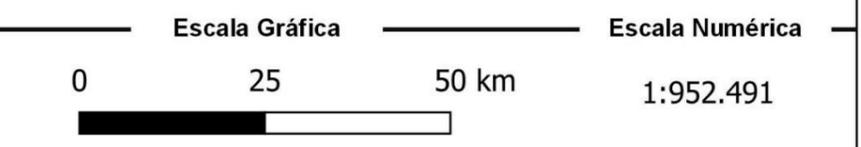


Figura 5.2.4.2-1: Mapa com os quatros pontos de coleta.



- Convenções Cartográficas / Legenda**
- Processo 806.698/2010
 - Processo 806.701/2010
 - Área do Beneficiamento
 - Estado do Maranhão
 - Tutóia - MA
 - Limites: Federal e Estadual
 - 🏠 Área do Descarregamento (Porto do Itaqui)
 - ➡ Distância Tutóia até Área de Extração (20 MN ou 37,10 km)



Dados Cartográficos

Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas Planas
 M.C.: -45° WGr. - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona: 23 M

Fonte

Base de Dados: ANM (2022) e IBGE (2022)

Elaboração	Data	Revisão	Formato
Gizele Ferreira	27/08/2022	02	A3



Esse material foi acondicionado em potes e, posteriormente, analisado em estereomicroscópio numa placa de Dolphus. Os organismos foram identificados com auxílio de chaves de identificação específicas para cada grupo taxonômico.

As amostras de sedimento do local em que ocorrerá a exploração do material (bem como do seu entorno) foram coletadas com tubos coletores (um pegador cilíndrico de 10 cm por 20 cm de boca), em quatro pontos diferenciados (pontos 1, 2, 3 e 4). As amostras de sedimento foram fixadas em formol a 10% durante 24 horas.



Figura 5.2.4.2-2: Amostragem de sedimentos. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.



Figura 5.2.4.2-3: Material coletado para fixação e triagem em laboratório.
Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.

Em laboratório, as amostras foram lavadas e peneiradas em peneiras de malha de 0,5mm (figuras 5.2.4.2-4 e 5.2.4.2-5), para análise da comunidade bêntica e infauna do sedimento, bem como em séries sucessivas de malhas até 0,053 mm para análise da meiofauna.



Figura 5.2.4.2-4: Material em laboratório e peneiras em que foram analisadas as amostras de sedimento. Fonte: SABIO, 2019.



Figura 5.2.4.2-5: Material sendo triado em peneiras granulométricas de malha 0.05mm.
Fonte: SABIO, 2019.

O material sobrenadante da peneira de 0,053 mm foi centrifugado, sendo transferido para uma placa de *Dollfus*, composta por 200 quadrados de 0,25 cm cada um. A contagem dos organismos foi efetuada, em toda a placa de *Dollfus*, sob microscópio estereoscópico, a fim de identificar as espécies e estimar abundâncias e densidades da fauna.

A Abundância relativa dos táxons foi calculada pela seguinte expressão matemática:

$$Ar = NIT \times 100 / Nt, \text{ onde:}$$

- **Ar** – abundância relativa;
- **NIT** – número de indivíduos de um táxon; e
- **Nt** – número total de organismos.

Já a frequência de ocorrência dos grupos taxonômicos foi calculada pela expressão:

$$FO = NA \times 100 / NA T, \text{ onde:}$$

- **Fo** – frequência de ocorrência (%);
- **NA** – número de amostras onde o táxon ocorre; e
- **NAT** – número total de amostras.

Os táxons meiofaunísticos foram classificados em quatro grupos, em função da frequência em que ocorrerem nas amostras, seguindo o modelo proposto por Bodin (1977): grupos constantes (> 76%), grupos muito frequentes (51% -75%), grupos comuns (26% -50%) e grupos raros (< 25%).

A Densidade dos organismos foi estabelecida por meio da expressão matemática:

$$D = N/V, \text{ onde:}$$

- **D** – densidade (indivíduo/ml);
- **N** – número de indivíduos coletados; e
- **V** – volume estimado pela leitura do volume deslocado e proveta graduada.

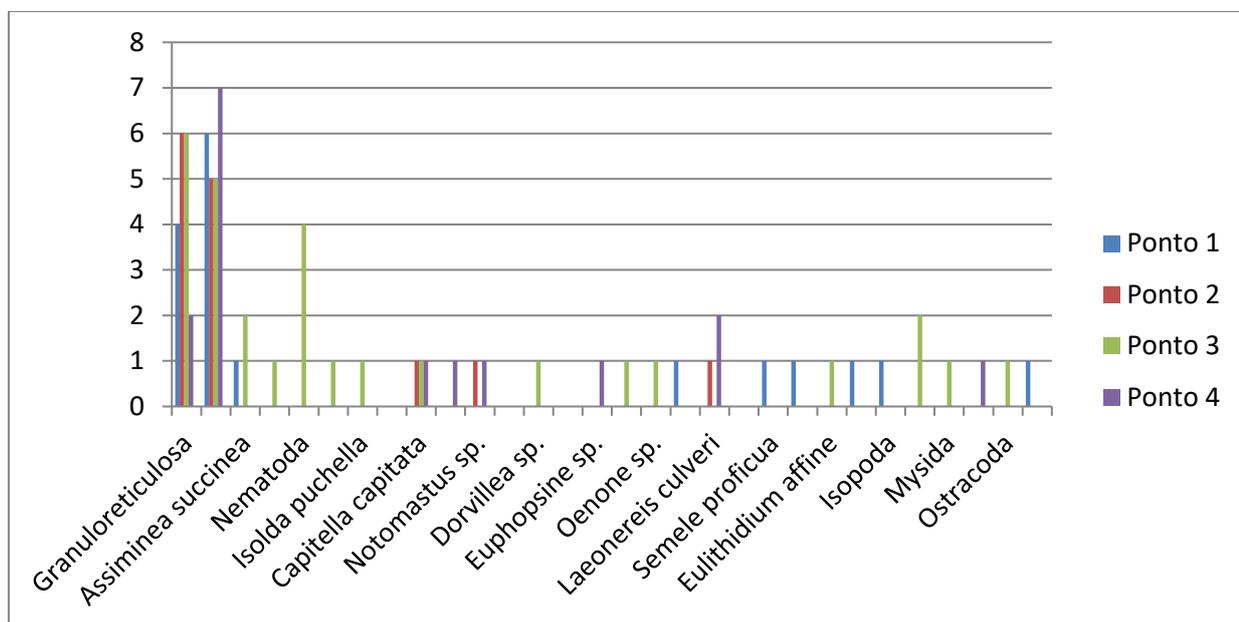
As variações de composição e abundância de espécies dos organismos bênticos foram avaliadas a partir do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), riqueza de Margalef, equitabilidade de Pielou (J') nos diferentes pontos de coletas.

5.2.4.3. Resultados e Discussão

TAXONOMIA DA MACROFAUNA BÊNICA

Foram encontrados 29 táxons da macrofauna bêmica para os quatro pontos analisados em Tutóia (tabela 5.2.4.3-1). Foram registrados todos os principais grupos característicos da macrofauna, tais como *Annelida (Polychaeta)*, *Mollusca (Bivalvia e Gastropoda)*, *Arthropoda (Crustacea Malacostraca)* e *Echinodermata* (gráfico 5.2.6.1-1).

Gráfico 5.2.4.3-1: Percentual de espécies encontradas para os principais filos de invertebrados bêmicos registrados na área. Fonte: SABIO, 2019.



A macrofauna é composta pela grande maioria dos táxons de invertebrados, destacando-se principalmente moluscos (bivalves e gastrópodes), crustáceos e poliquetas (PICHON 1967; DEXTER 1969; 1972; BROWN; MCLACHLAN, 1990; AMARAL *et al.*, 1998; MOLINA; VARGAS, 1994; LANA, 2002; VIANA *et al.*, 2005; CARDOSO, 2006; SILVA, 2011).

O táxon *Polychaeta* (62,53%) esteve presente em todos os pontos amostrados para as duas áreas, seguido de crustáceos (30,89%) e moluscos (9,43%). Os representantes de cnidários, platelmintos, moluscos e equinodermos apresentaram abundâncias relativamente baixas, com percentuais inferiores a 2%; tal fato pode estar relacionado com a baixa afinidade dessas espécies com o tipo de substrato dessas estações de coleta analisadas.

Durante o assentamento das larvas de diferentes grupos de animais invertebrados, ocorre a seleção do substrato, já que elas são capazes de detectar, em pequena escala, a heterogeneidade ambiental (PAWLIK, 1992).

A macrofauna bêntica da costa brasileira é representada, principalmente, pelos seguintes grupos taxonômicos: *Porifera*, *Cnidaria*, *Turbellaria*, *Nemertea*, *Nematoda*, *Annelida*, *Mollusca*, *Echiura*, *Sipuncula*, *Crustacea*, *Pycnogonida*, *Brachiopoda*, *Echinodermata* e *Hemichordata*. Entre estes, os numericamente mais importantes são *Polychaeta*, *Mollusca* e *Crustacea* (BROWN; MCLACHLAN, 1990). Entre as espécies de poliquetas mais representativas da área em estudo, destacam-se *Capitella capitata* e *Laeonereis culvieri* (figura 5.2.4.3-1).

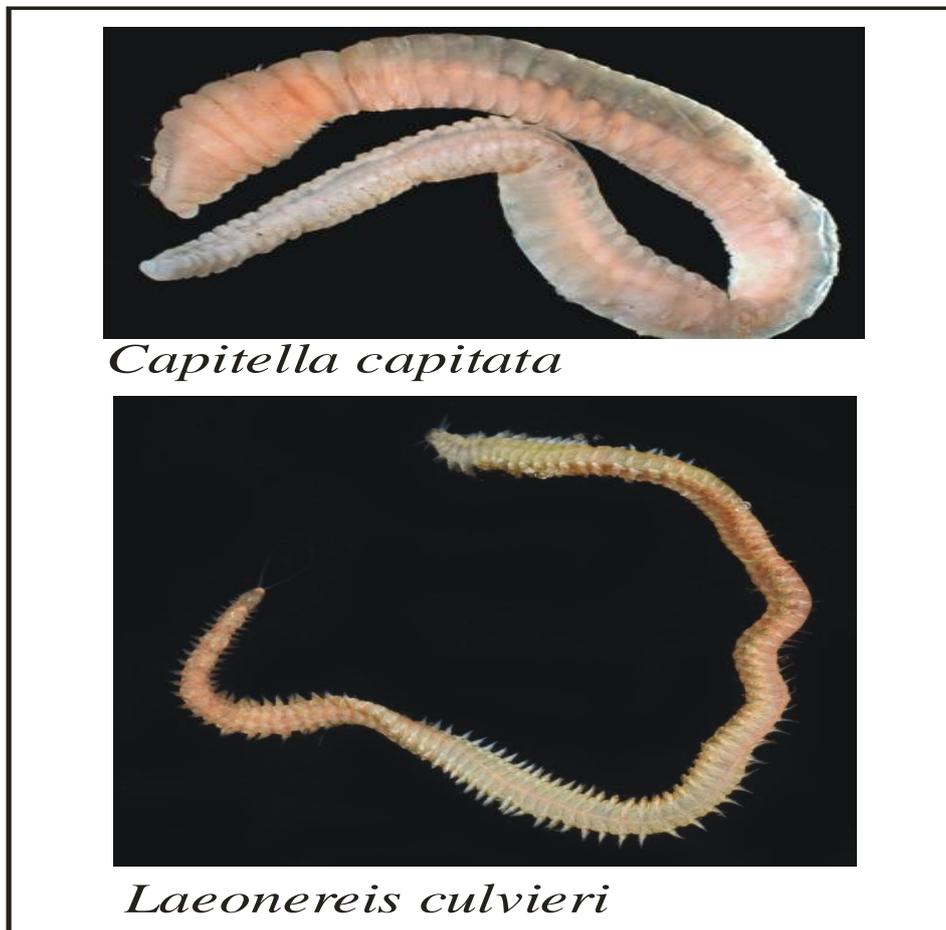


Figura 5.2.4.3-1: *Capitella capitata* e *Laeonereis culvieri* identificados no laboratório em amostras coletadas de sedimentos na região. Fonte: SABIO, 2019.

Os organismos conhecidos como poliquetas (*Annelida Polychaeta*) compõem aproximadamente um terço do número total das espécies da macrofauna, sendo, portanto, um dos organismos mais abundantes, estando presente em quase todos os ecossistemas bênticos (AMARAL; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2004). Hutchings (1992) afirmam que, nos estágios iniciais de colonização de substratos coralíneos e dendríticos por organismos perfuradores, os poliquetas dominam a comunidade em termos de número de indivíduos, diversidade de espécies e biomassa.

Com relação aos crustáceos analisados na área, a ordem *Tanaidacea* foi a que apresentou maior abundância de indivíduos. Esses organismos desempenham papéis importantes na dieta alimentar de peixes e crustáceos (GNEWUCH; CROCKER, 1985; DESMAREST, 1823; RATHBUN, 1896). São também considerados alguns dos crustáceos mais abundantes na plataforma continental (SIEG, 1986), como demonstrado neste estudo.

Embora os moluscos (figura 5.2.4.3-2) tenham apresentado a menor abundância nos pontos de coleta analisados, deve-se lembrar que, do ponto de vista ecológico, esse grupo possui papel-chave em seus habitats, tanto pelo modo de alimentação (carnívoros, herbívoros, filtradores, depositívoros, parasitas e comensais), na ciclagem de nutrientes e na capacidade de se enterrar e revolver o sedimento auxiliando na oxigenação do mesmo (BOFFI, 1979).

Os moluscos constituem um filo representante da macrofauna bêntica de extrema importância; e ainda é um grupo alvo de estudos de biomonitoramento, graças a sua capacidade em responder, por meio de índices de descritores biológicos, a situações ambientais adversas (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2000).



Figura 5.2.4.3-2: Moluscos (bivalves) coletados nos sedimentos e identificados na região.
Fonte: SABIO, 2019.

No presente levantamento de fauna bêntica, não foram encontradas espécies que apresentam riscos à saúde humana. Quanto à capacidade de bioindicação, praticamente todas as espécies de invertebrados bênticos podem ser consideradas bioindicadoras, pois cada uma, independente do grau de sensibilidade pode indicar a condição da qualidade da água em qualquer ambiente (PASSOS; SILVA, 2012). Todavia, alguns táxons são mais difundidos para fins de biomonitoramento (e nesse caso, são considerados biomonitores), tais como os poliquetas da espécie *Capitella capitata* que foram registradas nas áreas em estudo e que, segundo a literatura científica, sempre apresenta altas densidades (AMARAL, 1979) e é um importante indicador de áreas poluídas (PASSOS; SILVA, 2012).

Segundo os dados do presente estudo, percebe-se que as áreas onde será instalado o empreendimento apresentaram boas condições para colonização da fauna bêntica. Para uma avaliação consistente, deve-se fazer constante monitoramento biológico, dando atenção aos táxons já catalogados. A bioindicação é uma abordagem importante para detecção das modificações ambientais de um sistema, visto que a fauna bêntica apresenta alta capacidade de responder prontamente a distúrbios (MUGNAI *et al.*, 2010). Mas é importante utilizar táxons fáceis de serem identificados e que funcionem como biomonitores das condições locais.

TAXONOMIA DA MEIOFAUNA

Nos quatro pontos analisados em Tutóia foram encontrados seis grupos taxonômicos meiofaunísticos (tabela 5.2.4.3-1). Da mesma forma que ocorreu com a macrofauna bêntica, percebeu-se a ocorrência de táxons meiofaunísticos muito comuns e constantes em ambientes marinhos do Brasil (*Foraminifera*, *Nematoda* e *Copepoda*).

A meiofauna é constituída por protozoários e metazoários retidos em malhas de 0,06 mm e 0,5 mm, podendo ser temporária, constituído por larvas e jovens da macrofauna, ou permanente, constituída por indivíduos que vivem todo seu ciclo de vida nos interstícios entre os grãos do sedimento (SOYER, 1970; ALMEIDA; FONSECA-GENEVOIS, 1999). De um modo geral, a distribuição espacial da meiofauna reflete os processos que ocorrem no ambiente, sendo que esta é dependente da interação de fatores abióticos (granulométrica do sedimento, salinidade, temperatura, entre outras), bióticos (disponibilidade de alimento, reprodução, relações intra e interespecíficas) e de influências antropogênicas, como contaminação orgânica e poluente químico (SANTOS *et al.*, 1996).

A meiofauna pode colonizar todos os tipos de sedimentos (HEIP *et al.*, 1985; GOURBAULT *et al.*, 1998; MOENS; VINCX, 1998; ATILLA *et al.*, 2003; DE TROCH *et al.*, 2004, FONSÊCA-GENEVOIS *et al.*, 2006). Os organismos meiofaunísticos desempenham um papel importante no fluxo de energia dos sistemas bênticos, servindo de alimento para a própria meiofauna, para macrobentos e peixes (COULL, 1988). Além disso, esses organismos atuam na remineralização de detritos orgânicos tornando-os disponíveis para o mesmo nível trófico e para níveis tróficos superiores (TENORE *et al.*, 1977).

No Maranhão há escassez de trabalhos realizados com a meiofauna. Levantamentos pretéritos indicam que existe apenas um trabalho sobre meiofauna realizado na Plataforma Continental (ALMEIDA *et al.*, 1999) em profundidades que variaram entre 18 e 100 m.

Tabela 5.2.4.3-1: Lista de táxons bênticos inventariadas em Tutóia/MA. Fonte: SABIO, 2019. Continua.

	FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	TOTAL
MEIOFAUNA	Sarcomastigophora	Granuloreticulosa	-----	-----	-----	37
	Nematoda	Adenophorea	-----	Tripyloididae	<i>Bathylamus sp.</i>	73
	Mollusca	Bivalva	-----	Lucinidae	<i>Lucina pectinata.</i>	3
	Arthropoda	Copepoda	-----	-----	-----	14
	Sinpucla	-----	-----	-----	-----	5
MACROFAUNA	Nemertea	-----	-----	-----	-----	43
	Annelida	Polychaeta	-----	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>	3
	Annelida	Polychaeta	-----	Dorvilleidae	<i>Dorvillea sp.</i>	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Eunicidae	<i>Lysidice sp.</i>	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris atlantica</i>	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Nereididae	<i>Laeonereis culveri</i>	7
	Annelida	Polychaeta	-----	Sabellaridae	-----	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Syllidae	<i>Branchiosyllis sp.</i>	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Syllidae	<i>Syllis sp.</i>	1
	Annelida	Polychaeta	-----	Syllidae	-----	1
	Mollusca	Polyplacophora	-----	Ischnochitonidae	<i>Ischnochiton marcusii</i>	1
	Mollusca	Bivalva	-----	Noetiidae	<i>Arcopsi adamsi</i>	1
	Mollusca	Bivalva	-----	Mactridae	<i>Mactrellona alata</i>	44

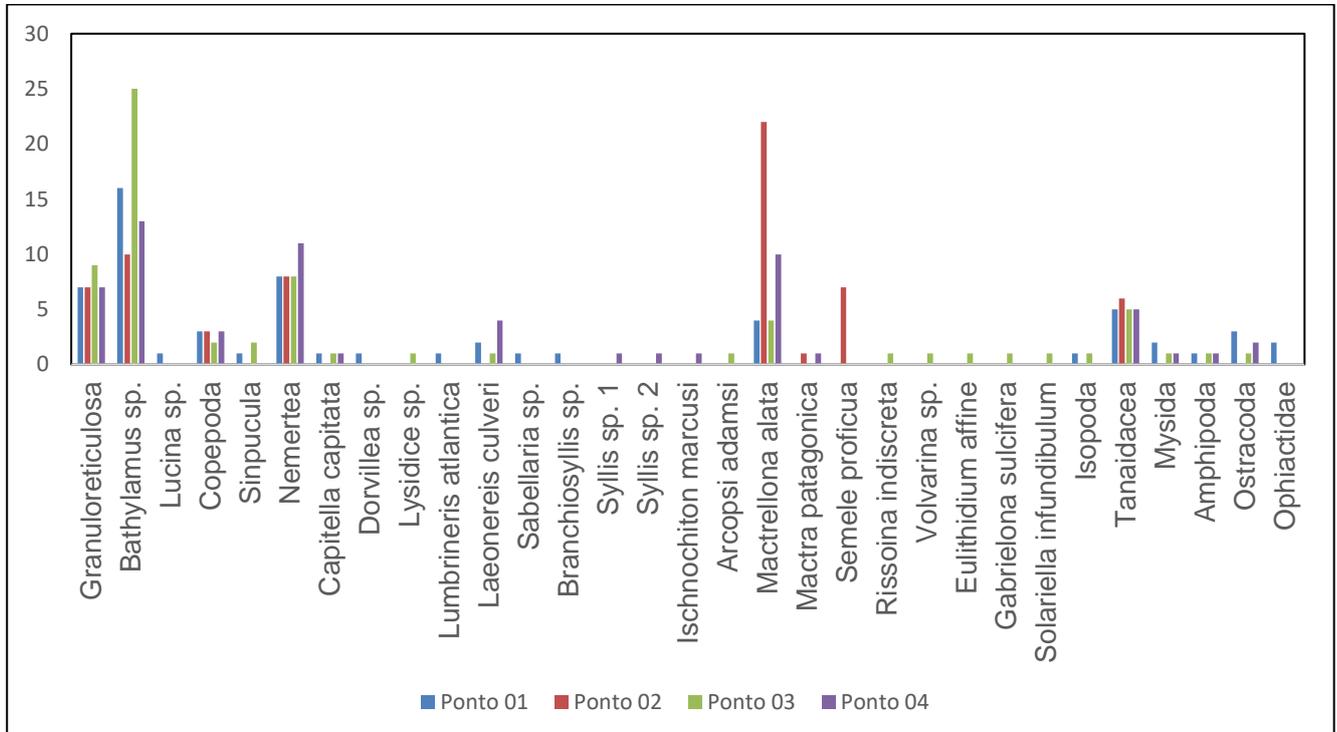
Tabela 5.2.4.3-1: Lista de táxons bênticos inventariadas em Tutóia/MA. Fonte: SABIO, 2019. Final.

	FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	TOTAL	
MACROFAUNA	Mollusca	Bivalva	-----	Macridae	<i>Mactra patagônica</i>	2	
	Mollusca	Bivalva	-----	Semelidae	<i>Semele profícuca</i>	1	
	Mollusca	Gastropoda	-----	Cymatiidae	<i>Rissoina indiscreta</i>	1	
	Mollusca	Gastropoda	-----	Marginellidae	<i>Volvarina sp.</i>	1	
	Mollusca	Gastropoda	-----	Phasianellidae	<i>Eulithidium affine</i>	1	
	Mollusca	Gastropoda	-----	Phasianellidae	<i>Gabrielona sulcifera</i>	1	
	Mollusca	Gastropoda	-----	Solariellidae	<i>Solariella infundibulum</i>	1	
	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	-----	-----	3	
	Arthropoda	Malacostraca	Tanaidacea	-----	-----	24	
	Arthropoda	Malacostraca	Mysida	-----	-----	4	
	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	-----	-----	3	
	Arthropoda	Ostracoda	-----	-----	-----	4	
		Echinodermata	Ophiuroidea	-----	Ophiactidae	-----	2

ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA A MACROFAUNA BÊNITICA E MEIOFAUNA

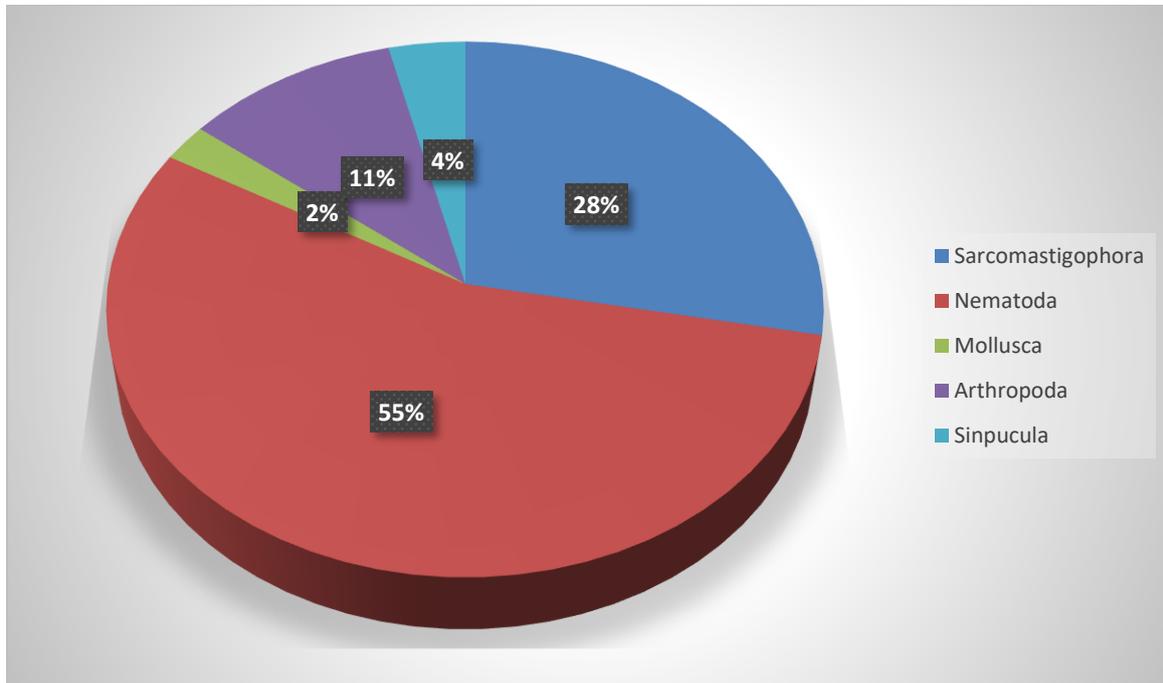
Os maiores valores de densidade de organismos da fauna bêntica na área da BIOMAR Mineração concentraram-se nos pontos 2 e 3 (figura 5.2.4.2-1). Os táxons com maior densidade foram os foraminíferos. Estudos históricos mostram que foraminíferos são abundantes em sedimentos da plataforma continental em todo o país (BRUNO et al., 2009). Também foram encontradas densidades mais altas de nematódeos, moluscos bivalves e crustáceos. A alta densidade de nematódeos e tanaidáceos pode ser explicada pela matéria orgânica abundante na região. *Mactrelona alata* apresentou maior abundância devido ao sedimento lamoso da área, que permite maior desenvolvimento de populações da espécie. Essa taxocenose bêntica encontrada no presente Estudo é esperada para ambientes marinhos, conforme mostram vários estudos realizados desde a década de 1980 (LANA et al., 1989; MOLINA; VARGAS, 1994; RIOS, 1994; SOUZA; GIANUCA, 1995; BORZONE et al., 1996; BEZERRA et al., 1997; BORZONE; SOUZA, 1997; BARROS et al., 2001, DE PAIVA et al., 2005; VIANA et al., 2005; CARDOSO, 2006; MARTINS, 2007, BRAUKO, 2008; SETUBAL, 2008; MALVEZZI et al., 2010; COUTINHO, 2013).

Gráfico 5.2.4.3-2: Densidade da fauna bêntica identificada na área. Fonte: SABIO, 2019.



Os táxons meiofaunísticos foram classificados como “grupos muito frequentes” (51% -75% = Nematoda), “grupos comuns” (26% -50% = Sarcostigophora) e “grupos raros” (< 25% = Arthropoda e Mollusca), conforme Gráfico 5.2.4.3-3.

Gráfico 5.2.4.3-3: Percentual de táxons da meiofauna quantificados nas amostras coletadas na área. Fonte: SABIO, 2019.



A riqueza, diversidade (H') e equitabilidade (J) nos pontos amostrados na área para a macrofauna bêntica (tabela 5.2.4.3-2) e meiofauna (tabela 5.2.4.3-3) indicaram baixa diversidade. Comparativamente, a riqueza e diversidade foram maiores nos pontos 2 e 3 (pontos brancos/ pontos de referência) do que entre os pontos 1 e 4 (área mineralizada).

Tabela 5.2.4.3-2: Percentual de táxons da meiofauna quantificados nas amostras coletadas na área. Fonte: SABIO, 2019.

Ponto amostral	Riqueza de Margalef (S)	Diversidade de Shannon-Wiener (H')	Equitabilidade de Pielou (J)
1	9	1,997	2,173
2	28	3,2205	2,5663
3	28	3,2205	2,5663
4	9	1,997	2,173

Tabela 5.2.4.3-3: Riqueza de Margalef, Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) da meiofauna analisada na área. Fonte: SABIO, 2019.

Ponto amostral	Riqueza de Margalef (S)	Diversidade de Shannon-Wiener (H')	Equitabilidade de Pielou (J)
1	3	2,9802	2,073
2	4	3,1205	2,7518
3	4	3,1205	2,7518
4	3	2,9802	2,2651

Os índices ecológicos, em especial o índice de equitabilidade de Pielou (J), não apresentaram modificações relevantes entre os pontos amostrados, indicando um ambiente bem estabelecido. É de conhecimento que ambientes com níveis altos de distúrbios apresentam maiores valores de equitabilidade que ambientes mais estabelecidos ecologicamente (ambientes clímax) (BEGON *et al.*, 2006; OLSGARD *et al.*, 2003).

A variação na diversidade dos invertebrados bênticos e meiofaunísticos tem sido frequentemente associada ao gradiente de profundidade e às características sedimentares (ABSALÃO, 1991). Sumida e Pires-Vannin (1997), estudando a diversidade na região do talude da plataforma de Ubatuba, mostraram haver uma redução da diversidade da fauna de invertebrados, com a ocorrência de apenas um terço do número de espécies relatadas para a plataforma externa.

No presente levantamento taxonômico da comunidade bentônica e infauna no sedimento da plataforma continental de Tutóia, nos pontos em que operará o empreendimento, não foram encontradas espécies de interesse econômico. Também não foram encontrados exemplares de espécies ameaçadas de extinção nas amostras de dos pontos analisados. A dificuldade de identificação da maioria dos organismos invertebrados de pequenas dimensões e, principalmente, a falta de estudos populacionais e de monitoramento faunístico dificultam a definição do estado de ameaça dos invertebrados marinhos (AMARAL; JABLONSKY, 2005).

No diagnóstico aqui realizado não foram encontradas espécies consideradas “raras”. Para o Brasil, o Ministério do Meio Ambiente incluiu 34 espécies de bentos marinhos como ameaçadas e dez como sobrexploradas ou em risco de sobrexploração (Instrução Normativa nº 5, 21 de março de 2004, Ministério do Meio Ambiente). *Diopatra cuprea* é o único poliqueta considerado ameaçado

para a costa brasileira e não foi encontrada nos pontos amostrados em Tutóia; vive na região entremarés e na franja do infralitoral, sendo considerado um complexo de espécies e, no Brasil é representada por, pelo menos, quatro (ALVES *et al.*, 2010; RIBEIRO; ALMEIDA, 2014). As duas espécies de *Diopatra* que apresentam exemplares de maior porte (podendo alcançar 50 cm) podem chegar ao risco de extinção devido à coleta intensa dos indivíduos para se tornarem isca para pesca (MMA, 2004). Não foram encontrados exemplares dessas espécies nas amostras de nenhuma das duas áreas analisadas.

As espécies de crustáceos que figuram como espécies sobrexploradas ou ameaçadas de sobrexploração são: o caranguejo *Ucides cordatus* (caranguejo uçá), as lagostas *Panulirus argus* (lagosta vermelha) e *P. laevicauda* (lagosta verde) e os camarões *Penaeus schmitti* (camarão branco) e *Xyphopeneus kroyeri* (camarão sete-barbas). Nenhuma dessas espécies ocorreu nas amostras analisadas de Tutóia (Instrução Normativa nº 5, 21 de março de 2004. MMA, 2004).

IMPACTOS À FAUNA BÊNICA E MEIOFAUNA

A remoção da comunidade bênica e a meiofauna local será o principal impacto, pois apesar da baixa biodiversidade e abundância observadas, a camada superficial, cerca de 50 cm, serve como habitat para diversos organismos marinhos. Além disso, o empreendimento de extração de calcário causará movimentação dos sedimentos marinhos, assim os organismos ali estabelecidos serão afetados por tal atividade.

A remoção do substrato com a fauna bênica poderá prejudicar o funcionamento de outros processos ecológicos, tais como a ciclagem de nutrientes, e ocasionando a alteração das comunidades biológicas dos arredores em função do eventual material em suspensão nas águas da área de extração. Ressalta-se que muitos organismos do zoobentos acabam também por fornecer material para a composição do substrato.

5.2.5. Caracterização da Ictiofauna (Nécton)

5.2.5.1. Introdução

O nécton marinho é composto por grande variedade de invertebrados e vertebrados providos de órgãos de locomoção eficientes para permitir deslocamentos consideráveis, direcionados à perseguição de presas, fuga de inimigos naturais, bem como para cumprir jornadas migratórias (PAES, 2002). Em muitas regiões, os peixes compõem a maior fração do nécton, mas grandes crustáceos, cefalópodes, répteis e mamíferos marinhos podem ser espécies de grande importância ecológica em determinadas áreas.

O nécton inclui poucas espécies animais, contudo, devido ao seu maior tamanho individual, sua tendência em formar cardumes, sua grande influência em comunidades marinhas em termos de predação e seu grande valor econômico, não pode ser analisado de maneira dissociada das atividades comerciais, às quais estão estreitamente relacionados.

Dessa forma, este item abordará aspectos relacionados à ictiofauna da plataforma continental da costa leste maranhense, mais precisamente no banco de algas da região de Tutóia e suas proximidades, fornecendo informações sobre os locais utilizados para a exploração pesqueira e uma lista das espécies mais comercializadas na região. Foi realizada análise ecológica, levando-se em consideração a representatividade dos diferentes grupos da ictiofauna mapeada dentro da AID e da AII.

5.2.5.2. Caracterização

O conhecimento sobre as comunidades de peixes de determinada região constitui-se em importante instrumento para auxiliar na gestão adequada desses recursos naturais e, dentro de uma perspectiva mais ampla, auxiliar na ordenação de forma integrada dos usos dos ecossistemas (CARVALHO-NETA; CASTRO, 2008). Segundo Araújo *et al.* (2008), muitas das espécies de peixes marinhos selecionam certos ambientes como áreas de reprodução, desenvolvimento e alimentação, em virtude da grande oferta de alimento e habitats adequados nas regiões costeiras. Na ausência dessa disponibilidade de abrigo e alimento, a diversidade e a riqueza de espécies tendem a ser baixas (RICKLEFS, 2010).

As espécies de peixes mais exploradas no litoral do Maranhão agrupam espécies de hábitos estuarinos ou habitantes das porções mais rasas da plataforma continental, tais como os bagres (cangatã, uritinga, bandeirado, jurupiranga, gurijuba, entre outros de menor valor), os cianídeos (pescada amarela, pescada gó, corvina), peixe serra e tainhas (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Mudanças nas comunidades de peixes ao longo do tempo foram registradas em muitos habitats costeiros e são muitas vezes ligados a variáveis abióticas (temperatura, salinidade) ou impactos antropogênicos, como a pesca (LAST *et al.*, 2011), a poluição e a degradação do habitat (FLORES-LOPES *et al.*, 2010). Todavia, as espécies ícticas dos ambientes mais rasos da costa maranhense não reflete a composição das comunidades de peixes das porções mais afastadas da plataforma continental, sendo necessária uma caracterização das assembleias de peixes das Áreas de Influência Direta e Indireta do empreendimento da BIOMAR Mineração em Tutóia.

Assim, neste item, a ictiofauna das AID e All será caracterizada, com lista de espécies e composição quantitativa da comunidade (análises ecológicas), considerando a representatividade dos diferentes grupos e avaliando a composição da ictiofauna utilizada como recurso pesqueiro.

5.2.5.3. Metodologia de Análise

AMOSTRAGEM EM CAMPO

Os peixes foram coletados em pontos de amostragem dentro das AID e AII do empreendimento, conforme ilustra a figura 5.2.5.3-1.

Os organismos representantes da ictiofauna da região foram analisados a partir das seguintes estratégias: mergulho autônomo (para registro fotográfico e vídeo subaquático remoto - BRUV dos peixes *in locu*), com realização de censos da ictiofauna em transectos de 30m (figura 5.2.5.3-2); campanhas de pesca experimentais (para coleta de organismos ocorrentes na área), com uso de redes de emalhar de deriva e espinhéis de diferentes tamanhos e anzóis, operadas por pescadores que conhecem a área e os tipos de pescarias praticadas na região e sob a supervisão do biólogo especialista autorizado pela ABIO (figura 5.2.5.3-3); campanhas de acompanhamento de pesca experimental com rede de arrasto, possuindo 150 m de comprimento, 2 m de altura e 4,5 mm de nós opostos (figura 5.2.5.3-4).

A identificação ao menor nível taxonômico dos exemplares capturados foi feita em campo por especialista na fauna íctica da região, sendo os exemplares devolvidos ao ambiente sempre que possível. Em laboratório, a identificação foi feita com auxílio de material biológico de coleção depositado no Laboratório de Pesca e Ecologia Aquática da Universidade Estadual do Maranhão (LABPEA/UEMA) e de literatura específica, tais como Castro (1997), Carvalho Neta e Castro (2008), Figueiredo e Menezes (1978; 1980; 1885); Cervigón (1966), Nelson (1984), Cervigón *et al.* (1992) e Mourão *et al.* (2015). Além disso, as identificações foram atualizadas utilizando o banco de dados do Fishbase (<http://fishbase.org>). As amostras de peixes das campanhas experimentais (figura 5.2.5.3-5) foram acondicionadas em galões contendo formol a 10%. Posteriormente, os exemplares foram lavados em água destilada e conservados em álcool a 70% nas coleções biológicas do LABPEA/UEMA (Laboratório de Pesca e Ecologia Aquática da Universidade Estadual do Maranhão) para futuras análises e pesquisas necessárias.

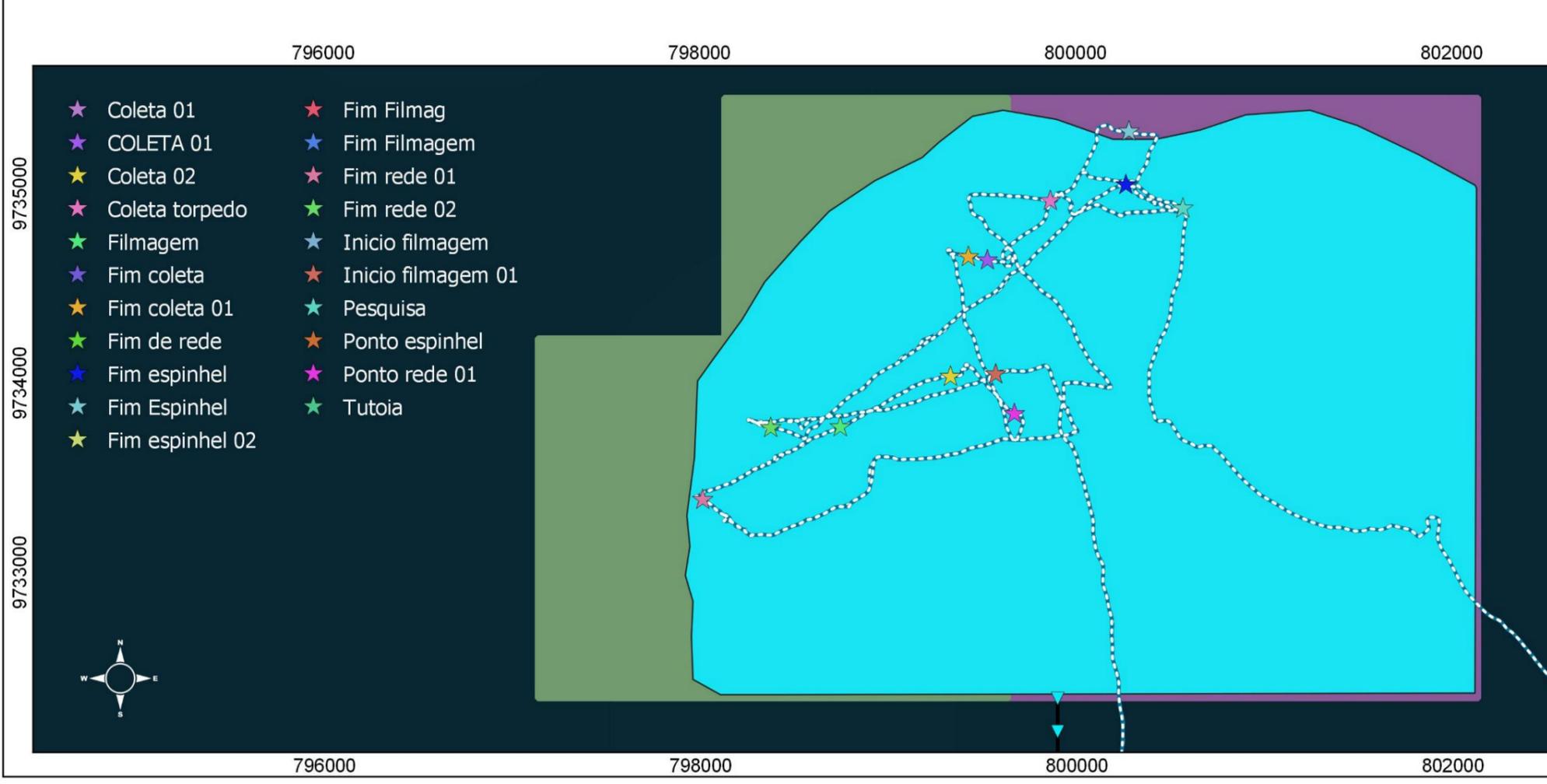
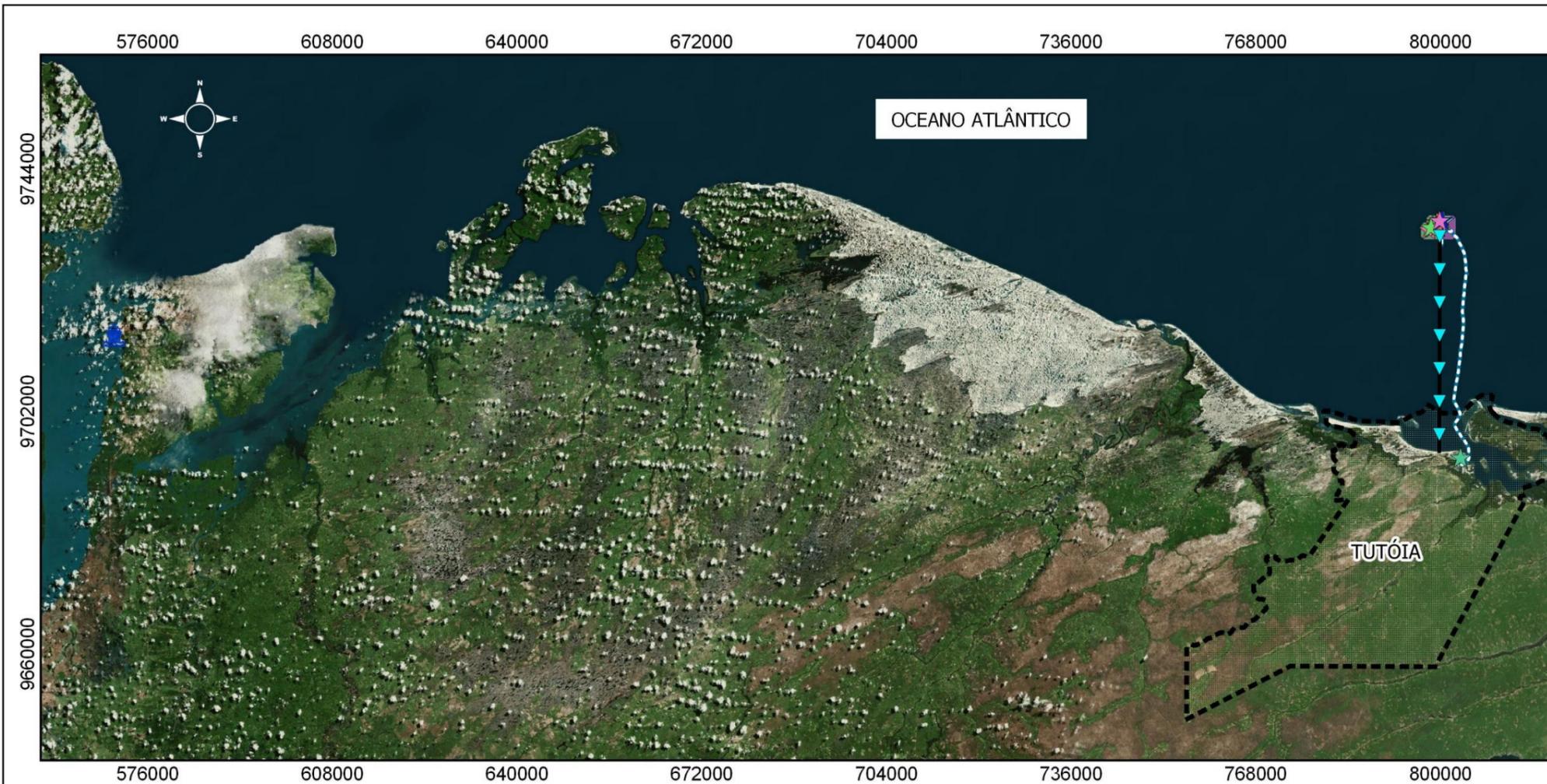
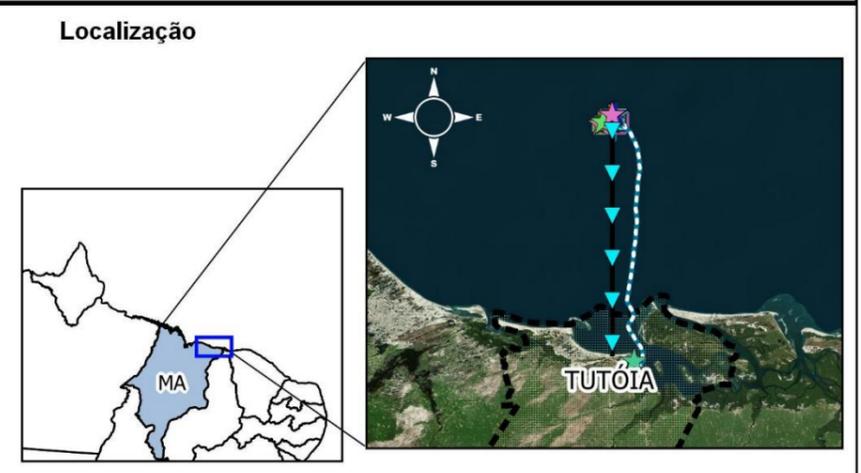
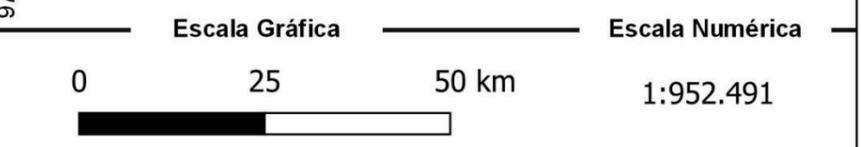


Figura 5.2.3-2: Pontos de Monitoramento de Ictiofauna



Convenções Cartográficas / Legenda

- Processo 806.698/2010
- Processo 806.701/2010
- Área do Beneficiamento
- Estado do Maranhão
- Tutóia - MA
- Limites: Federal e Estadual
- Área do Descarregamento (Porto do Itaqui)
- Distância Tutóia até Área de Extração (20 MN ou 37,10 km)
- Corpo Mineral



Dados Cartográficos

Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas Planas
 M.C.: -45° WGr. - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona: 23 M

Fonte

Base de Dados: ANM (2022) e IBGE (2022)

Elaboração	Data	Revisão	Formato
Gizele Ferreira	27/08/2022	02	A3





Figura 5.2.5.3-2: Equipamento utilizado para registros fotográficos e vídeo subaquático remoto (BRUV) na área.
Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.



Figura 5.2.5.3-3: Petrecho de pesca (rede de emalhar de deriva). Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.



Figura 5.2.5.3-4: Rede de arrasto utilizada na captura de organismos nas praias dos arredores mais distantes da área do empreendimento em Tutóia. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.



Figura 5.2.5.3-5: Coleta de dados físicos em campo para subsidiar interpretação dos dados. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.

DADOS SECUNDÁRIOS

Além dos dados de campo para a identificação das espécies de peixes presentes nas áreas de influência do empreendimento, foram coletadas informações com pescadores da região, em especial, nos portos de desembarque do pescado. Além disso, foram utilizados trabalhos científicos e técnicos já desenvolvidos sobre as espécies da fauna íctica da região. A indicação de possíveis espécies de peixes ameaçadas de extinção utilizou o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO, 2018).

ANÁLISE DOS DADOS DA ICTIOFAUNA

Nas análises dos dados da ictiofauna, foram atribuídos valores para a frequência de ocorrência de cada espécie, calculados pela fórmula $C = p \times 100/P$, onde C é a constância da espécie, p é o número de pontos de amostragem que contêm a espécie, e P é o número total de pontos onde ocorreram as coletas. De acordo com o valor de constância as espécies foram assim classificadas, conforme Carvalho-Neta e Castro (2008): (a) “constantes” quando $C > 50$; (b) “acessórias” quando $25 \geq C \leq 50$; e (c) “acidentais” quando $C < 25$.

A diversidade ictiofaunística foi calculada utilizando-se os índices de Simpson e de Shannon-Wiener, bem como a Riqueza de Espécies de Margalef e Uniformidade de Pielou. Na estimativa da riqueza de espécies, foi empregado o “método da curva de rarefação”, que complementa outros testes ao estimar o número de espécies nas comunidades por meio da comparação entre várias amostras padronizadas (Sanders, 1968).

O Índice de Diversidade de espécies foi calculado para os dados obtidos por meio das capturas experimentais, empregando-se o índice de Shannon, descrito pela equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) * (\log_n p_i)$$

Onde:

S = número total de espécies na amostra;

i = espécie 1, 2... na amostra;

P_{*i*} = proporção de indivíduos da espécie *i* na amostra, através da CPUE_n.

A Equitabilidade da comunidade ictiofaunística foi obtida por meio da fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Onde:

H' max (índice de diversidade máxima) = log S;

S = número de espécies.

O índice de riqueza de espécies (Índice de Margalef) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$D = \frac{(S-1)}{\log N}$$

Onde:

S = número de espécies;

N = número total de indivíduos.

5.2.5.4. Resultados e Discussão

Não foi registrada a ocorrência de peixes na Área de Influência Direta do empreendimento com as amostragens feitas com rede de amalhar e espinhel. Esses dados permitem inferir, nas situações temporais e de amostragem realizadas em campo, que não há ocorrência natural de peixes na referida AID. Todavia, na Área de Influência Indireta do empreendimento (ponto de referência) foram capturados 13 exemplares de duas espécies (5.2.5.4-1) de peixes adultos (usando o espinhel), não sendo registrado nenhum exemplar em rede de amalhar de deriva.

Tabela 5.2.5.4-1: Número total de indivíduos e média de tamanhos dos exemplares de espécies de peixes capturados na AII do empreendimento. Fonte: SABIO, 2019.

Espécie	Varição de tamanhos (comprimento total)	Total
<i>Lutjanus synagris</i>	30 a 38 cm	08 exemplares
<i>Echeneis naucrates</i>	40 a 45 cm	05 exemplares

Registrou-se a ocorrência de apenas 8 (oito) exemplares de *Lutjanus synagris* (ariacó), variando de 30 a 38 cm (figura 5.2.5.4-1). De acordo com a constância das espécies nos pontos amostrais, essa espécie foi considerada “acessória” ($25 \geq C \leq 50$). Em trabalho elaborado por Sousa *et al.* (2017) com *Lutjanus synagris* oriundos da pesca artesanal realizada pela maior comunidade pesqueira do Maranhão (município de Raposa), foi verificado que o tamanho de primeira maturidade sexual de *L. synagris* para o período estudado foi de 24,02 cm para fêmeas e 23,59 cm para machos e 23,14 cm para sexos agrupados. Ou seja, o tamanho mínimo de captura, no qual 50% da população encontra-se apta para se reproduzir. Verificou-se que os exemplares capturados na área de Tutóia eram maiores e, assim como os exemplares de Raposa/MA, podem ser considerados adultos.

O ariacó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) é um peixe marinho de importância comercial, que contribui para a produção pesqueira artesanal em todo o Brasil. Por ser alvo preferencial de pescarias por todo o mundo, os estoques dessa espécie vêm sendo ameaçados pela pesca intensiva (DE MOURA CAVALCANTE *et al.*, 2012). A espécie não consta como ameaçada no livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO, MMA, 2018).



Figura 5.2.5.4-1: Exemplo de *Lutjanus synagris* amostrado nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia-MA. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.

A segunda espécie registrada foi *Echeneis naucrates* (piolho-de-tubarão ou rêmora), sendo capturados 5 (cinco) exemplares que variaram entre 40 a 45 cm (figura 5.2.5.4-2). A constância das espécies nos pontos amostrais indicou *E. naucrates* como “acessória”. A espécie, que é encontrada geralmente em todos os mares tropicais ao redor do mundo, possui na cabeça um disco em forma de ventosa, que permite a forte fixação em uma variedade de hospedeiros, tais como raias, tubarões, tartarugas marinhas, golfinhos, baleias e também navios (RITTER, 2002). Esses peixes alimentam-se das presas do hospedeiro e seus parasitas, sendo que o poder de sucção pode ser interrompido quase instantaneamente, quando *E. naucrates* vai se alimentar dos restos que o hospedeiro deixa cair (BRUNNSCHWEILER; SAZIMA, 2008). Essa espécie de rêmora não apresenta importância econômica e ocupa o status de “Menor preocupação”, segundo a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2019).



Figura 5.2.5.4-2: Exemplar de *Echeneis naucrates* amostrado nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia-MA. Fonte: BIOMAR, SABIO, 2019.

O cálculo dos índices ecológicos para a comunidade de peixes identificada na região indicou baixa diversidade e baixa riqueza de espécies (tabela 5.2.5.4-2). Estudos indicam que comunidade de peixes e a comunidade bentônica de ambientes semelhantes ao analisado em Tutóia apresentam baixa riqueza e densidade em comparação a fundos não consolidados da plataforma continental do Brasil (HACKRADT; FÉLIX-HACKRADT, 2009).

Tabela 5.2.5.4-2: Índices ecológicos calculados para as assembleias de peixes amostradas nas proximidades da área do empreendimento em Tutóia. Fonte: SABIO, 2019.

Índice	P1	P2	P3	P4	Ponto de referência
Número de táxons	0	0	0	0	2
Número de indivíduos	0	0	0	0	13
Dominância_D	-	-	-	-	0.5266
Simpson_1-D	-	-	-	-	0.4734
Shannon_H	-	-	-	-	0.6663
Margalef	-	-	-	-	0.3899
Equitabilidade_J	-	-	-	-	0.9612

Os dados do presente levantamento ictiofaunístico permitem afirmar que a AID do empreendimento não apresenta potencial pesqueiro, visto que não foram capturados exemplares e não foram observados cardumes nos mergulhos subaquáticos. Todavia, dados secundários indicam várias espécies de importância para a pesca artesanal do litoral de Tutóia, especialmente da família Carangidae (*Selene setapinnis*), Sciaenidae (*Menticirrhus americanus*, *Larimus breviceps*, *Macrodon ancylodon*), Mugilidae (*Mugil curema*) e Ariidae (*Sciades proops*, *Aspistor quadriscutis*, *Sciades herzbergii*) (DINIZ, 2019). Essas espécies são capturadas, especialmente, em regiões rasas e próximas das praias. Esses dados foram confirmados em campo a partir de uma campanha de pesca experimental por rede de arrasto durante o ano de 2018, na qual foram identificadas 20 espécies (tabela 5.2.5.4-3).

Tabela 5.2.5.4-3. Lista de espécies de maior ocorrência em Tutóia. Fonte: SABIO, 2019.

Espécie	Família	Nome científico	Nome vulgar	Ocorrência
Elasmobranchii	Gymnuridae	<i>Gymnura micrura</i>	Raia-manteiga	Constante
Elasmobranchii	Dasyatidae	<i>Hypanus guttatus</i>	Raia-bicuda	Constante
Elasmobranchii	Rhinobatidae	<i>Pseudobatos horkelii</i>	Raia-viola	Acidental
	Carangidae	<i>Selene setapinnis</i>	Peixe-galo	Acessória
	<u>Diodontidae</u>	<i>Chilomycterus antillarum</i>	Baiacu de espinho	Acessória
	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	Paru	Acessória
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	Guaravira	Acessória
	Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	Olho-de-vidro	Acessória
	Carangidae	<i>Trachinotus falcatus</i>	Pampo	Constante
Teleostei	Engraulidae	<i>Cetengraulis edentulus</i>	Sardinha Boca- torta	Constante
	Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>	Jiquiri-listrado	Constante
	Achiridae	<i>Symphurus plagusia</i>	Solha	Acessória
	Engraulidae	<i>Anchoa sp.</i>	Manjuba	Constante
	Haemulidae	<i>Genyatremus luteus</i>	Peixe-pedra	Acessória
	Clupeidae	<i>Sardinella brasiliensis</i>	Sardinha verdadeira	Constante
	Sciaenidae	<i>Menticirrhus americanus</i>	Boca-de-rato	Constante
	Sciaenidae	<i>Larimus breviceps</i>	Pirucaia	Constante
	Sciaenidae	<i>Macrodon ancylodon</i>	Pescada-gó	Constante
	Ariidae	<i>Sciades proops</i>	Uritinga	Constante
	Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Tainha	Constante
Total	16 famílias	20 espécies		

As espécies de maior ocorrência no município de Tutóia e que apresentam importância econômica ainda são pouco estudadas, especialmente *M. ancylodon* (Figura 5.2.5.4-3), *M. curema* (Figura 5.2.5.4-4) e *S. proops*. Os poucos estudos feitos com essas espécies indicam a necessidade de mais pesquisas com a fauna íctica da região, em especial, abordagens sobre reprodução para o entendimento dos processos de renovação dos estoques pesqueiros (CARDOSO *et al.*, 2018; DINIZ *et al.*, 2020; AZEVEDO *et al.*, 2010), visando à conservação, principalmente em relação ao tamanho mínimo de captura e época do ano apropriada para a pesca (CANTANHÊDE *et al.*, 2016).



Figura 5.2.5.4-3: Exemplar de *M. ancylodon* amostrado nas proximidades da área do empreendimento. Fonte: SABIO, 2018.

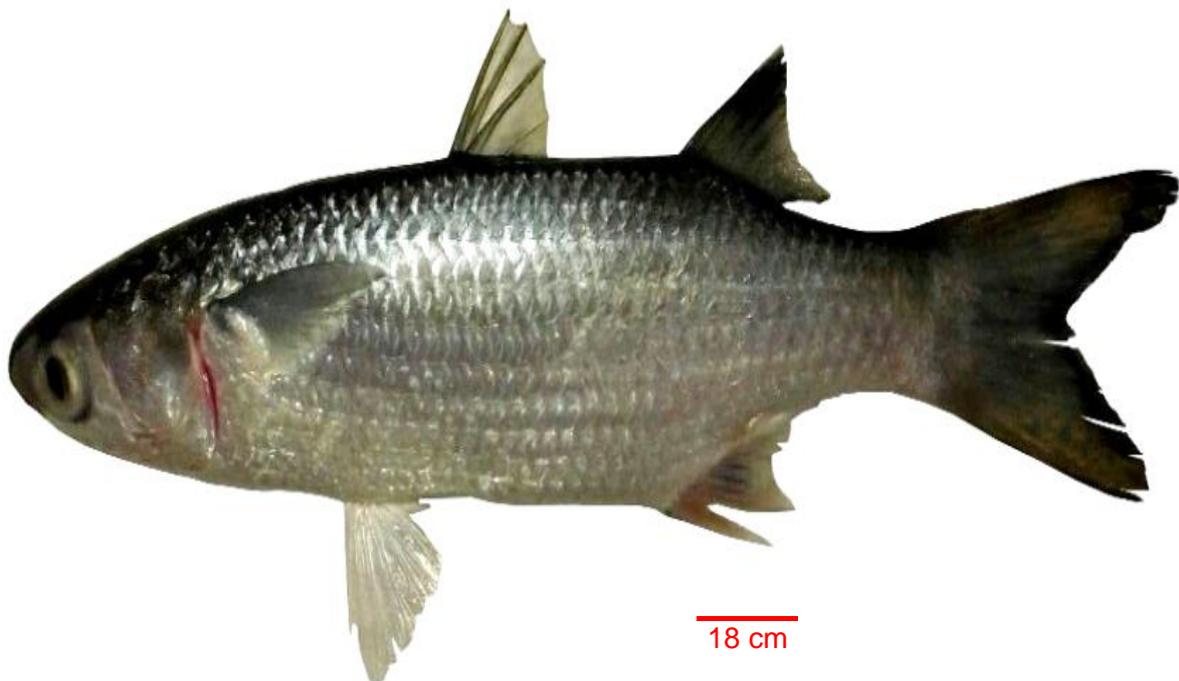


Figura 5.2.5.4-4: Exemplar de *M. curema* amostrado nas proximidades da área do empreendimento. Fonte: SABIO, 2018.

5.2.5.5. Considerações Finais

Os dados levantados em campo sobre a ictiofauna da área direta do empreendimento permitem afirmar que a região possui reduzido potencial para a pesca, embora tenha sido registrada a ocorrência de duas espécies (*Lutjanus synagris* e *Echeneis naucrates*). Por outro lado, dados obtidos a partir de fontes bibliográficas e campanhas de acompanhamento de pesca experimental com rede de arrasto de praia indicam a existência de cerca de oito espécies de significativa importância para a pesca artesanal nas regiões mais rasas, tais como *Selene setapinnis*, *Menticirrhus americanos*, *Larimus breviceps*, *Macrodon ancylodon*, *Sciades proops*, *Aspistor quadriscutis*, *Sciades herzbergii* e *Mugil curema*, não sendo o local do empreendimento área de reprodução das espécies encontradas.

5.2.6. Caracterização das Espécies de Cetáceos e Quelônios

5.2.6.1. Cetáceos

INTRODUÇÃO

Segundo Apoio (2014), os cetáceos são mamíferos marinhos pertencentes à ordem *Cetacea*, que possuem sangue quente e respiram o ar atmosférico por meio de pulmões, vindo à superfície em intervalos regulares para realizar as trocas gasosas (respiração).

Segundo BIOMAR e DPG Consultoria (2016), o Projeto Mamíferos Marinhos (MAMA)¹ ressalta que esses animais habitam todos os oceanos, como também mares, estuários e poucos habitam os rios. Possuem corpo hidrodinâmico facilitando a natação, alimentam-se de peixes, lulas e krill (pequenos crustáceos). A gestação varia de 9 (nove) a 16 (dezesesseis) meses, resultando em um ou, raramente, dois filhotes. O período de amamentação é de um ano e é nesta fase que aprendem a pescar com o seu grupo.

Entre as grandes ameaças para os cetáceos, destacam-se:

- Caça comercial de baleias e pequenos cetáceos;
- Interação com atividades pesqueiras;
- Degradação do ambiente marinho pelo rápido crescimento das áreas costeiras;
- Superexploração dos estoques pesqueiros, o qual reduz o suprimento de alimentos;
- Efluentes industriais, carregando seus produtos químicos;
- Aumento do número de embarcações, resultando na mortandade de cetáceos devido às colisões.

No que se refere aos mamíferos aquáticos no Brasil, existem cinquenta espécies nas águas jurisdicionais do país, que se encontram em situações diversas de conservação: animais com dados insuficientes, apresentando baixos riscos, vulneráveis, em perigo ou, até mesmo, em perigo crítico – este é o caso do peixe-boi marinho, espécie com maior risco de extinção no país. Aliás, os maiores

¹ Projeto Mamíferos Marinhos (MAMA): criado em 1995, o projeto é uma entidade sem fins lucrativos, com a instalação da base de pesquisa na Barra do Paraguaçu, Baía de Todos os Santos (BTS). A prioridade do projeto é incentivar a proteção dos cetáceos da costa baiana. Informação disponível em <http://comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/litoral/lit09.shtml>. Acesso em 02/01/2016.

remanescentes dessa espécie no Brasil estão justamente no Maranhão (BIOMAR, DPG CONSULTORIA, 2016).

Nesse estado, com a segunda maior costa do país (640 quilômetros de extensos manguezais e praias abertas), verifica-se significativa presença de espécies como a *Sotalia fluviatilis* (boto-cinza), além de registros históricos de encalhes de baleias cachalotes e falta de informações sobre demais mamíferos aquáticos.

No que se refere aos mamíferos aquáticos no Maranhão, algumas ameaças à sua sobrevivência já foram identificadas, como:

- Interação com a pesca, observada por meio de marcas de redes e perfurações de arpões;
- Retirada intencional de órgãos, tecidos e dentes, utilizados no consumo de carne, como isca para pesca de tubarões, no artesanato ou em crenças populares.

Somem-se a isso alguns perigos potenciais, como redes de arrasto de camarão e prospecção sísmica, recurso utilizado na identificação de áreas disponíveis para exploração de petróleo e que pode afetar os animais.

De acordo com BIOMAR e DPG Consultoria (2016), biólogos que trabalham com esses mamíferos aquáticos afirmam que os próximos desafios são:

- A criação de um Centro de Tratamento de Animais Silvestres (CETAS) destinado aos mamíferos aquáticos.
- O aparelhamento de unidades móveis de resgate.
- A capacitação de pessoal.
- A busca por mais parcerias.
- O fortalecimento das campanhas informativas.

Este trabalho, associado à pesquisa de estimativa dos cetáceos na costa Norte do Brasil, exige tempo, investimento e pessoal qualificado. Apesar da existência de grupos de estudos recentes, como o Projeto Cetáceos do Maranhão do Instituto Ilha do Caju Ecodesenvolvimento e Pesquisa

(PROCEMA/ICEP)², inexistem dados relacionados à estrutura das comunidades de cetáceos que ocorrem na costa maranhense.

USO DO HABITAT POR ESPÉCIES DE CETÁCEOS QUE OCORRAM NA ÁREA DA BIOMAR

É importante inicialmente salientar que, conforme apresentado e justificado no Capítulo 4. ÁREAS DE INFLUÊNCIA e no item 5.2.2. Delimitação da Análise do Meio Biótico deste Subcapítulo 5.2, a AID da área de extração é de 3.000 m de raio de sua localização; a AII é definida pelo raio de 5.000 m a partir do mesmo ponto da AID.

Ressalta-se que, em todas as campanhas de pesquisa para a elaboração das análises deste diagnóstico, realizadas nas datas já indicadas anteriormente, não houve nenhum avistamento de cetáceos na AID e na AII, tampouco em suas proximidades, tanto durante as navegações, quanto nos mergulhos realizados.

Vale ainda reiterar que, nas campanhas anteriores realizadas pela APOIO e a BIOMAR para avaliar a viabilidade do empreendimento nas áreas objetos deste licenciamento, assim como mais anteriormente (2013/2014), no decorrer das campanhas para a elaboração do “Estudo de Impacto Ambiental da Exploração de Sedimento Biodetrítico Marinho na Plataforma Continental em Cururupu – MA” (APOIO, 2014), também não houve avistamento algum de espécies de cetáceos.

ESTIMATIVA DA ABUNDÂNCIA DOS CETÁCEOS NA ÁREA DA BIOMAR

Como não houve avistamento nas incursões em campo, conforme relatado no item anterior, não foi tecnicamente possível realizar uma estimativa da abundância dos cetáceos na área do presente estudo, tampouco na rota de navegação.

² “O Instituto Ilha do Caju Ecodesenvolvimento e Pesquisa (PROCEMA/ICEP) é uma sociedade civil sem fins lucrativos, de caráter educativo, técnico-científico e cultural, comprometido com o desenvolvimento sustentável e com a preservação ambiental da Ilha do Caju e seu entorno, no Delta do Rio Parnaíba, bem como em outras regiões, por meio de iniciativa e ações que envolvem a comunidade, os setores técnico-científico, ambiental, educacional público e privado.” Disponível em <http://ilhadocaju.com.br/index.php/pt-br/o-instituto/projetos>. Acesso em 02/01/2016.

CONCLUSÃO

Por essas razões, a BIOMAR Mineração propõe-se a manter um programa de monitoramento e avistamento de cetáceos durante a navegação São Luís-Tutóia (e retorno) e durante a dragagem do material, na fase de operação do empreendimento. Tal programa será indicado no Capítulo 6. ANÁLISE INTEGRADA, Subcapítulo 6.3. Medidas Mitigadoras e Programas de Controle, e detalhado posteriormente, em modo executivo, no Plano Básico Ambiental (PBA).

Como o período de exploração da jazida é longo, por meio do referido programa, será possível coletar dados mais robustos, considerando a linha de tempo maior e a sazonalidade, para a correta determinação do uso do habitat e da estimativa da abundância dos cetáceos na área em questão.

5.2.6.2. Quelônios Marinhos

INTRODUÇÃO

Segundo Apoio (2014), os quelônios mostram especializações morfológicas associadas a habitats terrestres e aquáticos (água doce e marinha). A maioria dos quelônios consiste em animais de vida longa e capacidade relativamente pequena para crescimento populacional rápido (POUGH, 2003).

O grupo dos quelônios marinhos tem uma origem muito antiga e não apresenta modificações biológicas significativas nos últimos cento e oitenta milhões de anos. As tartarugas marinhas têm um corpo bastante adaptado para a vida no mar. Suas principais características são:

- O desenvolvimento de uma forma hidrodinâmica do corpo, que é comprimido dorso-ventralmente.
- Patas dianteiras e traseiras transformadas em remos, permitindo uma natação eficiente.
- Excreção do excesso de sal ingerido com a água do mar e alimento através de glândulas especiais situadas na cabeça, que se abrem nas narinas.

A respiração é feita por pulmões e, por isso, após cada mergulho (que pode ser bastante longo), as tartarugas necessitam vir à tona para respirar. Sabe-se que, por causa desta necessidade, centenas de tartarugas morrem todos os anos asfixiadas e presas a redes de pescadores em todo o mundo.

As espécies marinhas de quelônios realizam migrações de longas distâncias, são animais ovíparos, botam seus ovos em terra, na areia das praias, fora do alcance das marés. A maturidade sexual ocorre em torno dos 15 anos de vida, sendo as fêmeas fecundadas pelos machos nas águas próximas à costa. A liberação dos ovos é escalonada, com uma média total de 400 a 500 ovos postos por estação, durante os meses de verão.

No Brasil, desovam de novembro a março, em regiões como Praia dos Tamoios (Espírito Santo), Santa Isabel (Alagoas), Fernando de Noronha e Lençóis Maranhenses (Maranhão), regiões consideradas primordiais para a manutenção das espécies que ocorrem na nossa costa.

De todos os ovos postos, um máximo de 10% sobreviverá à ação predatória de peixes, aves, caranguejos, mamíferos, inclusive do próprio homem, e chegarão à idade adulta. A maioria das tartarugas marinhas é carnívora, alimentando-se de invertebrados e peixes.

As espécies de tartarugas presentes nos oceanos são 7, sendo que 5 delas ocorrem em águas brasileiras: tartaruga verde (*Quelonia midas*); tartaruga olivácea (*Lepidochelys olivacea*); tartaruga de pente (*Eretmochelys imbricata*); tartaruga careta (*Caretta caretta*) e tartaruga de couro (*Dermochelys coriacea*).

PRAIAS E SÍTIOS ONDE OCORRE A NIDIFICAÇÃO E DESOVA DE QUELÔNIOS NAS AID E AII DO EMPREENDIMENTO

Novamente neste item, é importante reiterar que, conforme apresentado e justificado no Capítulo 4. ÁREAS DE INFLUÊNCIA e no item 5.2.2. Delimitação da Análise do Meio Biótico deste Subcapítulo 5.2, a AID da área de extração é de 3.000 m de raio de sua localização; a AII é definida pelo raio de 5.000 m a partir do mesmo ponto da AID.

Levou-se em consideração que a BIOMAR Mineração não fará o desembarque do material explorado em terminais portuários/atracadouros de Tutóia e a navegabilidade ocorrerá a partir de 28 milhas náuticas da costa. Dessa forma, as análises do Meio Biótico não contemplam as praias do município de Tutóia.

PRINCIPAIS AMEAÇAS À CONSERVAÇÃO DE QUELÔNIOS NAS AID E AII DO EMPREENDIMENTO

Durante as campanhas para execução do Diagnóstico do Meio Socioeconômico (Subcapítulo 5.3 deste EIA), em 2018 e 2020, não se verificaram registros de capturas acidentais desses animais nas redes de pesca artesanal utilizadas na região. Este fato também foi constatado nas campanhas desta pesquisa para consolidação do Diagnóstico do Meio Biótico, nas AID e AII do empreendimento, durante as quais não foram avistadas quaisquer espécies de quelônios.

CONCLUSÃO

Dadas as informações anteriores, o levantamento mais aprofundado sobre quelônios nas AID e AII da BIOMAR não se aplica; entretanto, recomenda-se, assim como no caso dos cetáceos, a execução de programa de avistamento e monitoramento ao longo do primeiro ano de operação das atividades de extração da BIOMAR Mineração, sendo este sempre compatível com o período de dragagem e navegação. O referido programa será indicado no Capítulo 6. ANÁLISE INTEGRADA, Subcapítulo 6.3. Medidas Mitigadoras e Programas de Controle, e detalhado posteriormente, em modo executivo, no Plano Básico Ambiental (PBA).

5.2.7. Caracterização dos Manguezais nas Áreas de Influência do Empreendimento

Os manguezais são ecossistemas que ocorrem predominantemente nas zonas litorâneas das regiões tropicais e subtropicais entre a latitude de 23º 30'N e 23º 30'S e excepcionalmente em latitudes mais altas, onde apresentam menor desenvolvimento estrutural (SCHAEFFER- NOVELI, 1991).

Estima-se, conforme pesquisa de Marcelino (2000), que haja cerca de 20.000.000 de hectares de manguezais em todo o mundo, sendo que a maior extensão dessa floresta está localizada na Ásia (principalmente na Malásia e Índia), na América, (Brasil e Venezuela) e na África (Nigéria e Senegal).

A definição clássica considera o mangue como uma comunidade de plantas tropicais que colonizam os solos inundados das zonas entremarés. Já o termo manguezal tem sido empregado para o ecossistema na sua totalidade, incluindo a fauna e flora que ocorrem nesse tipo de bosque (CABRAL *et al.*, 2005).

Normalmente esse tipo de ecossistema apresenta melhor desenvolvimento em áreas salinas e sua ocorrência no ambiente costeiro pode estar ligada à competição com outras plantas terrestres. Comumente os manguezais mostram grande variabilidade em seu desenvolvimento estrutural em virtude das respostas da vegetação a inúmeros fatores como nutrientes, variações decorrentes, quantidade de precipitação e influência de tensores antrópicos.

O manguezal também se desenvolve melhor em áreas com temperaturas altas, substratos aluviais, locais sujeitos a baixa energia de ondas e marés, presença de água salgada e grandes amplitudes de marés. Portanto, próximo à linha do Equador, onde ocorre maior disponibilidade de nutrientes, grandes amplitudes de marés, temperaturas altas e constantes, desenvolvem-se bosques exuberantes com árvores de grandes portes (VANNUCCI, 2003).

A vegetação é do tipo arbustiva sendo formada por vegetais lenhosos que se distribuem nas áreas influenciadas pelas marés. As plantas são Perenifólias³, com adaptações para excreção de sais, absorção de água doce, respiração através de Pneumatóforos⁴ e Lenticelas⁵, raízes para

³ Perenifólias: Qualitativo atribuído aos vegetais cujas folhas permanecem verdes durante as quatro estações do ano.

⁴ Pneumatóforos: Designativo atribuído às raízes que exercem a função de órgão respiratório em algumas plantas.

⁵ Lenticelas: Poros ou pupilas de casca do caule dos vegetais com papel idêntico aos estômagos.

sustentação em substrato movediço, e a reprodução é por viviparidade e flutuação de plântulos. A maior diversidade de mangue é encontrada na região Indo-pacífico sugerindo que essa região seja o núcleo endêmico das espécies (CABRAL *et al.*, 2005).

As florestas de manguezais brasileiros distribuem-se ao longo de 6.800 Km do Oiapoque no Amapá (4° 30' N), até a praia de Santa Catarina (28° 53'S). No oriente, o seu limite máximo encontra-se na ilha de Fernando de Noronha, longitude 32° 24'W e latitude 3°50'S. Estimativas mais recentes sobre a área total de mangue no Brasil variam de 1,01 a 1,38 milhão de hectares (VANNUCCI, 2003).

Cerca de 85% dos manguezais brasileiros estão ao longo de 1.800 Km do litoral norte, nos estados do Amapá, Pará e Maranhão, sendo os maiores e mais estruturalmente complexos do país, refletindo-se nas características hidrológicas e topográficas. As marés semidiurnas possuem uma amplitude de mais de 8 m em algumas áreas, uma vez que a região é formada por extensas planícies que são inundadas quase que diariamente pelas marés e uma estação chuvosa que ultrapassa 2.000 mm por ano.

O Maranhão possui quase 50% dos manguezais brasileiros, encontrados desde o município de Carutapera, na costa ocidental do estado e se estendendo pela costa oriental até Tutóia, ocupando assim toda a zona abrangida pela foz e as margens de rios, até o limite interno da influência de maré, nas reentrâncias maranhenses (MMA, 2018).

De acordo com IBAMA e SEMATUR/MA (1991, *apud* MMA, 2018), a área de manguezais no Maranhão foi avaliada inicialmente em 602.300 ha, incluindo os 226.600 ha de mangues do Golfão Maranhense. Para Rebelo e Medeiros (1988, *apud* MMA, 2018), “as áreas abrigadas da ação das ondas, associadas ao clima quente e úmido, constituem o paraíso desse ecossistema litorâneo, pois as águas calmas e salobras favorecem a deposição de sedimentos finos (silte e argila)”.

Os mangues maranhenses podem se estender mais de 40 Km terra adentro, seguindo o curso dos rios e estuários. No litoral norte, as árvores de mangues chegam a 1 m de diâmetro e 40 m de altura. Uma exceção aos extensos mangues dessa parte do litoral brasileiro acontece no estuário do Amazonas, denominado de arbórea, e é tipicamente de água doce. Embora bem desenvolvida, essa área de mangue é bem limitada devido à grande quantidade de água doce e pela competição

com outras espécies que não são halófitas⁶ (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994).

CONCLUSÃO

Novamente considerando as premissas para definição das AID e AII para o Meio Biótico, que justificadamente delimitou a AID da área de extração em 3.000 m de raio de sua localização e a AII, em um raio de 5.000 m a partir do mesmo ponto da AID, a caracterização mais detalhada dos manguezais de Tutóia não se aplica no âmbito deste EIA.

Ressalta-se ainda que, conforme descrito anteriormente (em especial, no Capítulo 3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO, Subcapítulo 3.3. Caracterização da Atividade), não haverá geração relevante de pluma de sedimentos na operação de dragagem, devido à granulometria do material extraído e ao método de extração empregado. As partículas em suspensão serão totalmente dissipadas na coluna d'água, ao longo de grandes distâncias, devido à ação das fortes correntes marinhas existentes na região.

Vale ainda destacar, que, em relação à faixa litorânea costeira, os manguezais de Tutóia estão fixados a uma distância aproximada de 30.000 m das AID e AII e AID da área de extração, como pode ser constatado no mapa da figura 5.2.7-1.

⁶ Halófitas: Diz-se do que brota em solo salgado.

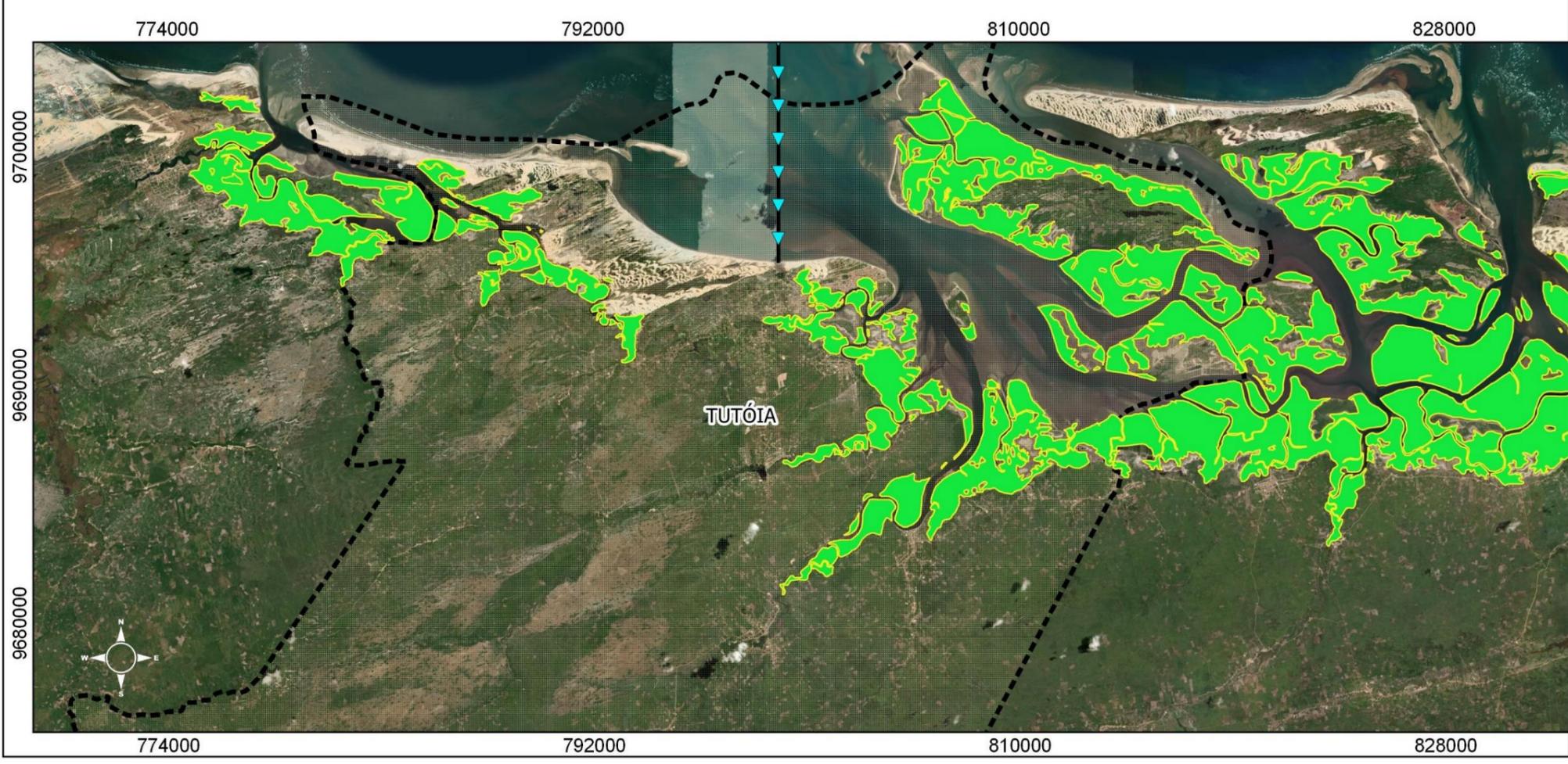
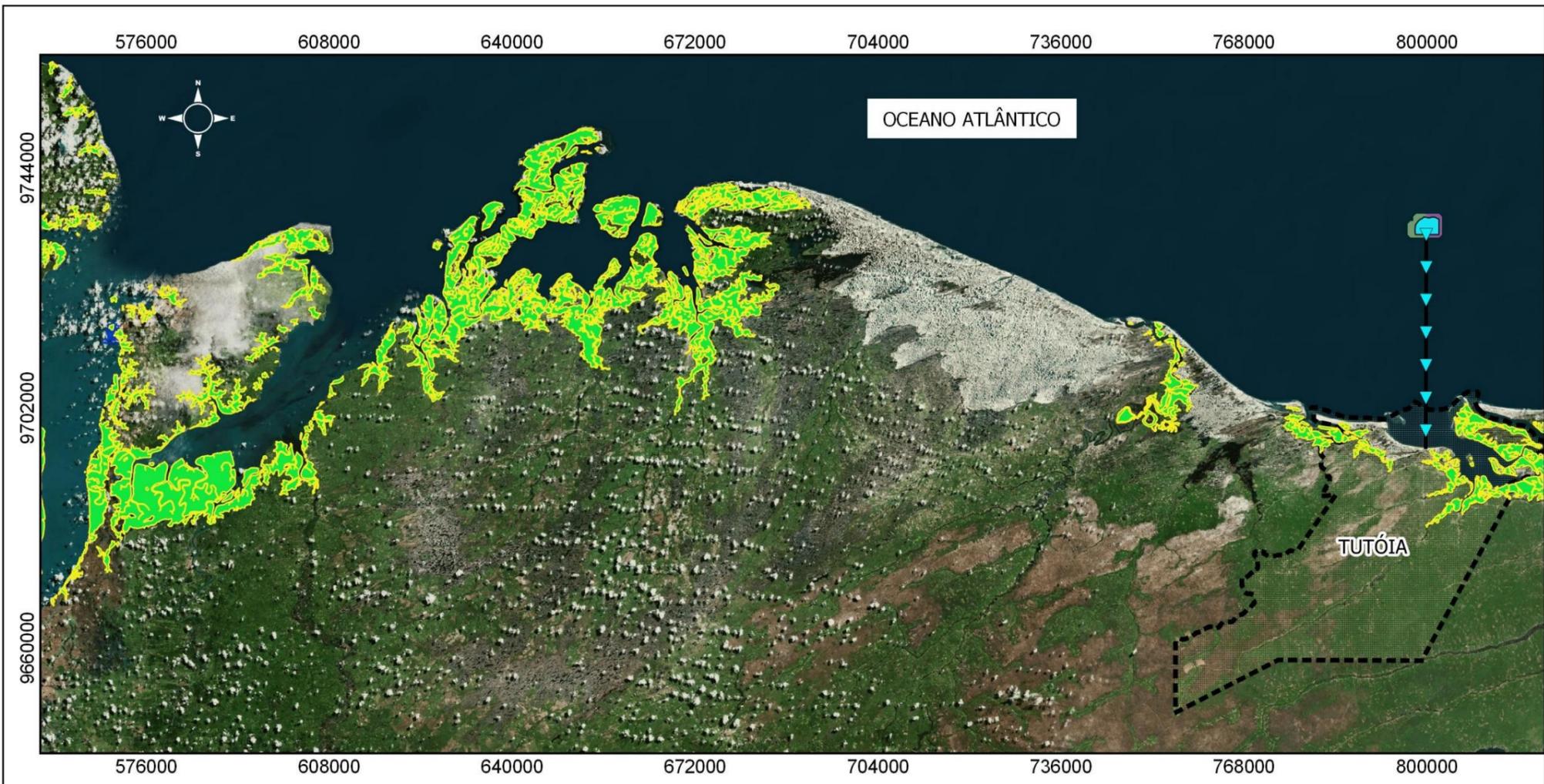
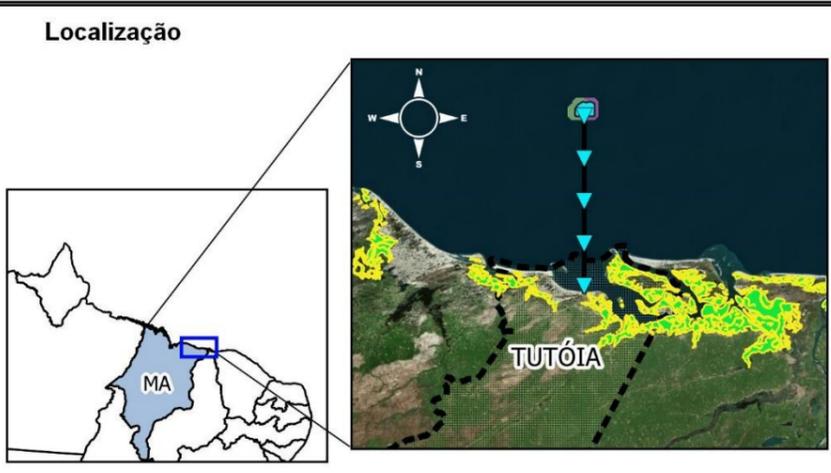
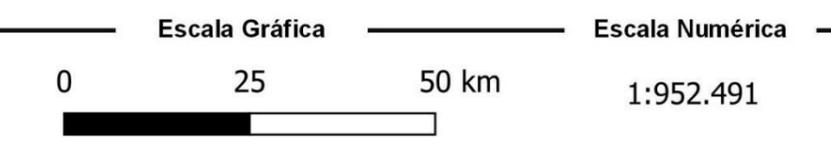


Figura 5.2.7-1: Áreas de Mangue – Tutóia - MA



- Convenções Cartográficas / Legenda**
- Processo 806.698/2010
 - Processo 806.701/2010
 - Área do Beneficiamento
 - Estado do Maranhão
 - Tutóia - MA
 - Limites: Federal e Estadual
 - Área do Descarregamento (Porto do Itaqui)
 - Distância Tutóia até Área de Extração (20 MN ou 37,10 km)
 - Corpo Mineral
 - Manguezal



Dados Cartográficos

Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas Planas
 M.C.: -45° WGr. - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona: 23 M

Fonte

Base de Dados: ANM (2022) e IBGE (2022)

Elaboração	Data	Revisão	Formato
Gizele Ferreira	27/08/2022	02	A3



5.2.8. Bibliografia Referencial Específica

- ABSALÃO, R. S.; MOREIRA, J.; TRONCOSO, J. S. **Common Environmental Descriptors Of Two Benthic Amphi-Atlantic Mollusc Assemblages**. Brasil. J Oceanogr., v. 54, p. 65-73, 2006.
- ALMEIDA, Z. S.; CASTRO, A. C. L.; PAZ, A. C.; RIBEIRO, D.; BARBOSA, N.; RAMOS, T. **Diagnóstico da Pesca Artesanal no Litoral do Estado do Maranhão**. São Luís, 2006.
- ALMEIDA, Z. S.; FONSECA-GENEVOIS, V. **Análise quali-quantitativo da meiofauna na região de Itapissuma-PE**. Pesquisa em Foco, v. 7, n. 9, p.115-137, 1999.
- ALVES, G.; DALBEN, A.; HANAZAKI, N. **Gênero Diopatra: dados etnobiológicos da baía da Ilha de Santa Catarina**. Ecologia de Campo na Lagoa do Peri, p. 181, 2010.
- AMARAL, A. C. Z. **Ecologia e contribuição dos anelídeos poliquetos para a biomassa bêntica da zona das marés, no litoral norte do Estado de São Paulo**. Bol. Inst. Oceanogr., p. 01-52, 1979.
- AMARAL A. C. Z.; JABLONSKI, S. **Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil**. Megadiversidade, v.1, p. 43-51, 2005.
- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. **Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas**. Rev. Brasil. Biol.,58(2):307-316, 1998.
- AMARAL, A. C. Z.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. **Biodiversidade bentônica da região sudeste-sul do Brasil, plataforma externa e talude superior**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP (Série Documentos Revizee – Score Sul), 2004.
- ARAÚJO, C. V.; ROSA, D. M.; FERNANDES, J.M.; RIPOLI, L. V.; KROHLING, W. **Composição e estrutura da comunidade de peixes de uma praia arenosa da Ilha do Frade, Vitória, Espírito Santo**. Iheringia, Sér. Zoologia, v.98, 2008.
- ATILLA, N. *et al.* **Abundance and colonization potential of artificial hard substrate associated meiofauna**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., v. 287, p. 273–287, 2003.
- AZEVEDO, J. W. J; CASTRO, A. C. L; PORTO, H. L. R; LIMA, P. R. S. **Size and age at first maturity of the crucifix sea catfish, *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Ariidae), caught off western Maranhão state, Brazil**. Arq. Ciên. Mar; 43(2): 96 – 102, 2010.
- BARROS, F.; BORZONE, C. A.; ROSSO, S. **Macroinfauna of six beaches near Guaratuba bay, southern Brazil**. Brazilian Archives of Biology and Technology, 44(4): 351–364, 2001.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: From individuals to ecosystems**. 4^o ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- BEZERRA, T. N. C; GENEVOIS, B.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G. **Influência da granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do istmo de Olinda-PE**. Oecol. Brasiliensis, v.3, p. 107 – 116, 1997.

BIOMAR, DPG CONSULTORIA. **Estudo de Impacto Ambiental da Exploração de Sedimento Biodetrítico Marinho na Plataforma Continental em Cururupu-MA.** São Luís/Brasília, 2014.

BOFFI, A. V. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico.** São Paulo, Hucitec, 1979.

BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B. **Estrutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil.** Oecologia Brasiliensis, 3:197-212, 1997.

BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B.; SOARES, A. G. **Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches.** Revista Chilena de Historia Natural, 69: 565-577, 1996.

BRAUKO, K. M. **Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná.** 2008. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores.** Amsterdam: Elsevier, 1990.

BRUNNSCHWEILER, J. M.; SAZIMA, I. A. **New and unexpected host for the sharksucker (*Echeneis naucrates*) with a brief review of the echeneid-host interactions.** Marine Biodiversity Records, 1, pp. e41, 2008.

BRUNO, R. L. M.; DE ARAÚJO, H. A. B.; DE JESUS MACHADO, A. **Análise das assembleias de foraminíferos no sedimento superficial do Recife de Fora, região sul da Bahia.** Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 4, p. 599-607, 2009.

BUMBEER, J.; CATTANI, A. P.; CHIERIGATTI, N. B.; ROCHA, R. M. D. **Biodiversity of benthic macroinvertebrates on hard substrates in the Currais Marine Protected Area, in southern Brazil.** Biota Neotropica, v. 16, e20160246, 2016.

CABRAL, A.; SASSI, R.; COSTA, C. F. **Os estuários do Nordeste do Brasil e o desenvolvimento sustentável: usos múltiplos e impactos. O estuário do Rio Timbó como um estudo de caso.** Tropical Oceanography. Recife, v. 33, n. 2, p. 193-204, 2005.

CANTANHÊDE L. G; CARVALHO I. F. S, SANTOS N. B; ALMEIDA Z. S. **Biologia reprodutiva do Hassar affinis (Pisces: Siluriformes, Doradidae), Lago de Viana, Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil.** Acta amazonica; 46(2): 219 – 226, 2006.

CARDOSO A. S; SANTOS N. B, ALMEIDA Z. S, CARVALHO-NETA, R. N. F; CANTANHÊDE L. G. **Reproductive biology of king weakfish, *Macrodon ancylodon* (Perciformes, Sciaenidae) from the northeastern coast of Brazil.** Revista de Biología Marina y Oceanografía; 53(1): 95-104, 2018.

CARDOSO, C. D. de P. **Estudo da macrofauna bêntica de praias do parque estadual da ilha do Cardoso, como subsídio a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo.** 2006. 65p. (Monografia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2006.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; CASTRO, A. C. L. **Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão.** Arq. Cienc. Mar., v.41, p.48-57, 2008.

CASTRO, R. M. C.; CASATTI, L. **The fish fauna from a small forest stream of the upper Paraná River basin, Southeastern Brasil.** Ichthyol. Explor. Freshwaters, v. 7, p. 337-352, 1997.

CAVALCANTE, L. F. M; OLIVEIRA, M. R.; CHELLAPPA, S. **Aspectos reprodutivos do ariacó, lutjanus synagris nas águas costeiras do Rio Grande do Norte.** Biota Amazônia. v.2 n.1, 2012.

CERVIGÓN, F. **Los peces marinos de Venezuela.** 2 ed. Caracas: Fundación Científica Los Roques, 1991.

CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HEN DRICKX, M.; LEMUS, A.J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, M.; ROIJAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Guia de Campo de las Especies Comerciales Marinas y de Aguas Salobras de la Costa Septentrional de Sur America.** Roma, FAO, 1992.

COULL, B.C. **Ecology of the marine meiofauna.** In: HIGGINS, R.P., THIEL, H. (eds). **Introduction to the study of meiofauna.** Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 1988.

COUTINHO, M. S. **Diversidade da macrofauna bentônica de praias arenosas na APA Costa das Algas-ES, Brasil.** Monografia (Graduação em Oceanografia), Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2013.

DE PAIVA, A. C. G.; COELHO, P. A.; TORRES, M. F. A. **Influência dos fatores abióticos sobre a macrofauna de substratos inconsolidados da zona entre-marés no Canal de Santa Cruz, Pernambuco, Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 38, n. 1-2, p. 85-92, 2005.

DE TROCH, M. *et al.* **Effect of habitat fragmentation on meiofauna: colonization experiments in a mexican seagress bed.** In: **INTERNATIONAL MEIOFAUNA CONFERENCE**, 12., Ravenna, Itália. Resumos. 88p., 2004.

DESMAREST, A. G. **Malacostracés.** Pages 138–425. In: **Dictionnaire des Sciences Naturelles: Dans Lequel on Traite Méthodiquement des Différens Êtres de la Nature, Considérés Soit en Eux-Mêmes, d’après l’État Actuel de nos Connaissances, Soit Relativement à l’Utilité qu’en Peuvent Retirer la Médecine, l’Agriculture, le Commerce et les Arts; Suivie d’une Biographie des Plus Célèbres Naturalistes**, Vol. 28. Strasbourg, Paris Rathbun, M. J. (1986). The genus Callinectes. P.U.S. Mus. xviii, pp. 349–375, pls. xii-xxviii, 1823.

DEXTER, D. M. **Structure of na intertidal sandy beaches community in North Carolina.** Chesapeak Sci., 10(2): 93-98, 1969.

DINIZ, A. L. C. **Aspectos reprodutivos de Mugil curema (Teleostei: Mugilidae) em duas áreas da Costa Norte do Maranhão, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca) – Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2019.

DINIZ, A. L. C; CARVALHO, I. F. S; SILVA, A. P. C; ALMEIDA, D. S; FERREIRA, L. J. S; CANTANHÊDE, L. G; CARVALHO-NETA, R. N. F; ALMEIDA, Z. S. **Parâmetros da reprodução de Mugil curema (Mugilidae, Telesostei) capturados em uma área da costa amazônica maranhense, Brasil.** Braz. J. of Develop; 6(3): 11277-11289, 2020.

Ehrhold, A. *et al.* **The redbent monitoring network, a spatially integrated, acoustic approach to surveying nearshore macrobenthic habitats: application to the Bay of Concarneau (South Brittany, France).** ICES Journal of Marine Science 63 (9), 1604-1615. 2006.

FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; LEAL, L. J.; ESTEVES, J. F.; ROCHA, F. A.; BOZELLI, R. L. **Life cycle, secondary production and nutrient stock in *Heleobia australis* (d'Orbigny 1835) (Gastropoda: Hydrobiidae) in a tropical coastal lagoon.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v.69; p.87-95, 2006.

FIGUEIREDO, I. L.; MENEZES, N. A. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil.** 11. Teleostei (1). São Paulo, Museu de Zoologia, Univ. São Paulo, II Op., 1978.

FLORES-LOPES, F.; CETRA, M.; MALABARBA, L. R. **Utilização de índices ecológicos em assembleias de peixes como instrumento de avaliação da degradação ambiental em programas de monitoramento.** Biota Neotropica, v. 10, 2010.

FONSECA-GENEVOIS, V. *et al.* **Colonization and early succession on artificial hard substrata by meiofauna.** Mar. Biol., v. 148, p.1039–1050, 2006.

GNEWUCH, T.; CROKERR, A. **Macroinfauna of northern New England marine sand. The biology of *Mancocuma stellifera* Zimmer, 1943 (Crustacea, Cumacea).** Canadian Journal of Zoology, 51:1011–1020, 1985.

GOURBALT, N. *et al.* **A survey of intertidal meiobenthos (especially Nematoda) in coral sandy beaches of Moorea (French Polynesia).** Bulletin of Marine Science, v. 52, n.2, p. 476-488, 1998.

GRAY, J. S.; ELLIOTT, M. **Ecology of Marine Sediments.** 2 edition. Oxford: Oxford University Press, 2009.

HACKRADT, C. W.; FÉLIX-HACKRADT, F. C. **Assembléia de peixes associados a ambientes consolidados no litoral do Paraná, Brasil: uma análise qualitativa com notas sobre sua bioecologia.** Papéis Avulsos de Zoologia, v. 49, n. 31, p. 389-403, 2009.

HEIP, C. H. R.; HERMAN, P. M. J.; COOMANS, A. **The productivity of marine meiobenthos.** Meded. Kon. Acad. Wet. Lett. Kunst. Klasse der Wet. Academiae Analecta, 44(2): 1-20, 1982.

HUTCHINGS, P. **Ballast water introductions of exotic marine organisms into Australia: Current status and management options.** Marine Pollution Bulletin, v. 25, n. 5-8, p. 196-199, 1992.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS); SEMATUR/MA (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E TURISMO DO MARANHÃO). **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão.** São Luís, MA: Ed. Lithograf. 1991. *In*: MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Panorama da erosão costeira no Brasil.** Brasília: MMA, 2018.

ICMBIO (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I.** Brasília, 2018.

LANA, P. C. **Bentos de sedimento não consolidado.** *In*: PEREIRA, R. C; SOARES-GOMES. A. (org). **Biologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciências, 2002.

LANA, P. C.; ALMEIDA, M. V. O.; FREITAS, C. A. F.; COUTO, E. C. G.; CONTI, L. M. P. GPNZALES-PERONTI, A. L.; GILES, A. G.; LOPES, M. J. S.; SILVA, M. H. C.; PEDROSO, L. A. **Estrutura espacial de associações macrobênticas sublitorais da gamboa Perequê (Pontal do Sul, Paraná)**. Neritica, 4 (1/2): 119-136, 1989.

LANA, P. C.; CAMARGO, M. G.; BROGIM, R. A.; ISAAC, V. J. **Os bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1858–1996)**. Rio de Janeiro: Femar/Revizee, 1996.

LAST, P. R.; WILLIAM, T.; WHITE, W. T.; DANIEL, C.; GLEDHILL, D. C.; HOBDDAY, A. J.; BROWN, R.; GRAHAM, J.; EDGAR, G. J.; PECL, G. **Long-term shifts in 83 abundance and distribution of a temperate fish fauna: a response to climate change and fishing practices**. Global Ecology and Biogeography, v.20, p.58–72, 2011.

MALVEZZI, H.; VALÉRIO-BERARDO, M. T.; BARRELLA, W. **Composição das Famílias de Poliquetas amostradas em duas praias de granulação distintas no Estado de São Paulo**. Revista Eletrônica de Biologia. Volume 3 (1): 1-18, 2010.

MARCELINO, R. L. **Diagnóstico sócio-ambiental do estuário do rio Paraíba do Norte - PB, com ênfase nos conflitos de uso e interferências humanas em sua área de influência direta**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2000.

MARTINS, A. L. G. **A macrofauna bentônica das praias arenosas expostas do Parque Nacional de Superagüi – PR Subsídios ao Plano de Manejo**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Universidade Estadual do Paraná. Curitiba, 2007.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Instrução Normativa nº 5, 21 de março de 2004**.

_____. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018.

MOENS, T., VINCX, M. **On the cultivation of free-living marine and estuarine nematodes**. J. Mar. biol. Ass. U.K., v. 77, p. 211-227, 1998.

MOLINA, O. A.; VARGAS, J. A. **Estrutura del macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador**. Rev. Biol. Trop., 42: 165-174, 1994.

MOURÃO, J. da S.; NORDI, N. **Comparações entre as taxonomias folk e científica para peixes do estuário do rio Mamanguape, Paraíba-Brasil**. INCI, Caracas, v. 27, n. 12, p. 664-668, dic. 2002.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NELSON, I. S. **Fishes of the World**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1994.

OLIVEIRA, M. P.; ALMEIDA, M. N. **Malacologia**. Juiz de Fora, 2000.

OLSGARD, F. *et al.* **Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: Lower taxonomic resolution and indicator groups**. Biodiversity and Conservation. 12. 1033-1049, 2003.

PASSOS, R. R.; SILVA, A. Z. **Estudo de Annelida Polychaeta para monitoramento em manguezais da Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil (2010-2012)**. XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. 25 a 28 de setembro, Porto de Galinhas, PE. 2012.

PAWLIK, J. R. **Chemical Ecology of the Settlement of Benthic Marine Invertebrates**. Oceanogr. Mar. Biol., nº 30, p. 273-335. 1992.

PICHON, M. **Contribution a l'étude des peuplements de la zone intertidale sur sable fins et sable vaseux non fixes dans la region de Tuléar**. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, 7:57-100, 1967.

POUGH, H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

RATHBUN, M. J. **The genus Callinectes**. Proceedings of the United States National Museum, v. 18, n. 1070, p. 349-375, Pls. XIII-XXVIII, 1896.

REBELO, F. C.; MEDEIROS, T. C. C. **Cartilha do Mangue de São Luís**. [S.l.]: UFMA, 1988. *In*: MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018.

RIBEIRO, R. P.; ALMEIDA, Z. S. **Anelídeos Poliquetas do estado do Maranhão, Brasil: síntese do conhecimento**. Títulos não-correntes, v. 28, n. 1, 2014.

RICKLEFS, R. E. **Disintegration of the ecological community**. American Naturalist 172(6): 741-750, 2008.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Rio Grande: Editora da Fundação Universidade do Rio Grande, 1994.

RITTER, F. **Collisions of sailing vessels with cetaceans worldwide: First insights into a seemingly growing problem**. J. Cetacean Research and Management, [s.l.], v. 12, n. 1, 119–127, 2012.

ROSENBERG, R. **Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity**. Scientia Marine, v.65, p.107-119, 2001.

SANDERS, H. L. **Marine benthic diversity. A comparative study**. American Naturalist, v. 102, p. 243-282, 1968.

SANTOS, P. J. P. **Population dynamics and production of Scolelepis gaucha (Polychaeta: Spionidae) on a sandy beach in southern Brazil**. Mar. Ecol. Prog., 110: 159-165, 1996.

SANZ-LÁZARO, C.; MARÍN, A. **Diversity Patterns of Benthic Macrofauna Caused by Marine Fish Farming**. Diversity, v. 3, p. 176-199, 2011.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros**. Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

_____. **Manguezal: conhecer para conservar**. São Paulo, BSP, s.n. p. 45, 1994.

SETUBAL, M. F. C. **Distribuição vertical da macrofauna bentônica entre marés da Praia de Panaquatira, São José de Ribamar (Maranhão - Brasil)**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2008.

SIEG, J. **Tanaidacea (Crustacea) von der Antarktis und Subantarktis. II. Tanaidacea gesammelt von Dr. JW. Wägele während der Deutschen Antarktis Expedition 1983.** Zoologischen Museum der Universität Kiel, 2 (4): 1–80, 1986.

SILVA, I. P. **Estudo comparativo da diversidade da macrofauna bentônica do mesolitoral das parias de Bom Jesus dos Pobres e Cabuçu-Bahia.** Monografia (Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2011.

SOUSA, A. F. R.; SANTOS, N. B.; NETA, R. N. F. C.; ALMEIDA, Z. D. S. **Aspectos Reprodutivos do Peixe Lutjanus synagris (Perciformes, Lutjanidae) capturado na Costa Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, v. 10, v. 106-120, 2017.

SOUZA, J. R. B.; GIANUCA, N. M. **Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on a sandy beach of Parana state, Brazil.** Sci. Mar. 59: 103-111, 1995.

SOYER, J. **Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoides de Méditerranée occidentale. 2. Tachidiidae Sars, Lang.** Vie Milieu 21, 261–278, 1970.

SUMIDA, P. Y. G.; PIRES-VANIN, A. M. S. **Benthic Associations of the shelfbrake and upper slope off Ubatuba-SP, southeastern Brazil.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, London, 44: 779-784, 1997.

TENORE, K. R. *et al.* **Effect of meiofauna in incorporation of aged eelgrass, Zostera marina, detritus by the polychaete Nephtys incisa.** J. Fish Res. Bd. Can., v. 34, p. 563-567, 1977.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções.** São Paulo: Editora EdUSP, 2003.

VENTURINI, N.; MUNIZ, P.; RODRÍGUEZ, M. **Macrobenthic subtidal communities in relation to sediment.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 44, p. 59 – 80, 2011.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; GROSSI HIJO, C. A. **Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracurú (Ceará-Brasil).** Braz. J. Aquat. Sci. Technol., 9(1):75-82, 2005.

SITES:

<http://comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/litoral/lit09.shtml>. Acesso em 02/01/2016.

<http://fishbase.org>. Acesso em 20/03/2019.

<http://ilhadocaju.com.br/index.php/pt-br/o-instituto/projetos>. Acesso em 02/01/2016.

<https://iucnredlist.org/>. Acesso em 20/09/2019.