

**Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do
Complexo Portuário do Maranhão (CPM)
São Luís/MA**

Volume II

Empresa Consultora:

Eraní
Bastos
ASSESSORIA AMBIENTAL

Empreendedor:



Complexo
Portuário do
Maranhão

Março 2026

Estudo de Impacto Ambiental (EIA) Complexo Portuário do Maranhão (CPM)

São Luís/MA

VOLUME II

Preparado para:
CPM - COMPLEXO PORTUÁRIO DO MARANHÃO
São Luís - MA

Preparado por:
ERANI BASTOS CONSULTORIA AMBIENTAL
Brasília - DF

Distribuição:

01 cópia - CPM

01 cópia - SEMA - MA

NOTA

Este Estudo foi preparado a partir das normas técnicas recomendadas para trabalhos desta natureza, em estreita observação aos ditames da Legislação vigente e dos termos e condições do Processo de Contratação em questão.

Todo o conteúdo é confidencial e destinado à utilização exclusiva do Contratante, de maneira que a Consultoria não se responsabiliza pela utilização do material, ainda que parcialmente, por terceiros. Cópias do conteúdo ou a utilização dos dados para outros fins somente poderão ser efetuadas a partir da obtenção da autorização formal do Contratante.

Mês/Ano	Código Documento
Março, 2026	OS 2026-015-CPM-EIA-R3.docx

Controle de Versões	Documento		Data Emissão
	Versão 1	■	17/03/2026
	Revisão 1	■	22/03/2026
	Revisão 2	■	25/03/2026
	Revisão 3	■	25/03/2026
	Versão Aprovada Cliente		26/03/2026

Controle de Produção do Documento

	Profissional	Qualificação	Registro Profissional	Assinatura	Rubrica
Coordenação, Revisão e Aprovação	Erani Maurício Bastos	Engenheiro Agrônomo	CREA RJ 45414		
Organização Textual	Evandro Gottardo	Geólogo Ms. Dr. em Engenharia	CREA RS 83699		
	Priscila Kayani GhellereVanzella	Engenheira Sanitarista e Ambiental Ms.	CREA RS 227070		
Cartografia	Romelito Regginato	Geólogo e Geógrafo	CREA RS 191059		

Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Complexo Portuário do Maranhão (CPM)

São Luís/MA

VOLUME II

Sumário

7 - LEGISLAÇÃO E NORMATIVAS INCIDENTES.....	343
7.1 - Licenciamento Ambiental - Instrumento de Gestão e Controle dos Impactos Ambientais	343
7.2 - Legislação Federal	344
7.3 - Legislação Estadual.....	350
7.4 - Legislação Municipal	351
8 - PLANOS E PROGRAMAS COLOCALIZADOS AO EMPREENDIMENTO	352
8.1 - Âmbito Federal	352
8.1.1 - Portos.....	352
8.1.2 - Transportes.....	354
8.1.3 - Programas Sociais.....	357
8.2 - Âmbito Estadual.....	358
8.2.1 - Planejamento Estratégico	358
8.2.2 - Transporte.....	360
8.2.3 - Programas Sociais.....	361
8.2.4 - Meio Ambiente	363
8.3 - Âmbito Municipal	364
8.4 - Iniciativa Privada.....	365
9 - ÁREA DE ESTUDO (AE) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)	367
9.1 - Área de Estudo (AE).....	367
9.1.1 - Meio Físico.....	368
9.1.2 - Meio Biótico	368
9.1.3 - Meio Socioeconômico	368
9.2 - Área Diretamente Afetada (ADA)	369
10 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	370
10.1 - Meio Físico.....	370
10.1.1 - Metodologia	370
10.1.2 - Clima.....	371
10.1.2.1 - Temperatura do Ar	375
10.1.2.2 - Insolação	376
10.1.2.3 - Precipitação.....	377
10.1.2.4 - Umidade Relativa	379

10.1.2.5 -Nebulosidade	379
10.1.2.6 -Regime dos Ventos	381
10.1.2.7 -Balanço Hídrico	383
10.1.3 - Geomorfologia.....	392
10.1.4 - Geologia	396
10.1.4.1 -Grupo Barreiras.....	397
10.1.4.2 -Depósitos de Mangue	399
10.1.5 - Geotecnia	400
10.1.5.1 -Levantamento e Caracterização das Cavidades Naturais Existentes na Área de Estudo	401
10.1.5.2 -Áreas de Apoio Previstas (Jazidas/Empréstimos e Deposição de Material Excedente)	402
10.1.6 - Pedologia (Solos)	402
10.1.7 - Recursos Hídricos	406
10.1.7.1 -Hidrologia Superficial	408
10.1.7.2 -Qualidade das Águas	411
10.1.7.2.1 - Metodologia.....	411
10.1.7.2.2 - Resultados	413
10.1.7.2.2.1 - Parâmetros Não Conformes	420
10.1.7.2.2.1.1 - Odor.....	421
10.1.7.2.2.1.2 - Turbidez	421
10.1.7.2.2.1.3 - Coliformes Termotolerantes e <i>Escherichia coli</i>	422
10.1.7.2.2.1.4 - Carbono Orgânico Total	422
10.1.7.2.2.1.5 - Oxigênio Dissolvido	423
10.1.7.2.2.1.6 - Alumínio Dissolvido	423
10.1.7.2.2.1.7 - Boro	424
10.1.7.2.2.1.8 - Cobre Dissolvido.....	424
10.1.7.2.2.1.9 - Ferro Dissolvido.....	425
10.1.7.2.2.1.10 - Fósforo.....	426
10.1.7.2.2.1.11 - Nitrato Como N	426
10.1.7.2.2.1.12 - Zinco	427
10.1.7.2.2.1.13 - Surfactantes.....	428
10.1.7.2.3 - Conclusão	429
10.1.7.3 - Qualidade dos Sedimentos Marinhos	429
10.1.7.3.1 - Metodologia.....	430
10.1.7.3.2 - Resultados	432
10.1.7.3.3 - Conclusão	434
10.1.7.4 - Hidrogeologia	434
10.1.8 - Qualidade do Ar	437
10.1.8.1 - Principais Poluentes Atmosféricos.....	437
10.1.8.2 - Padrões de Qualidade do Ar Regional	438

10.1.8.2.1 - Fontes de Emissão de Poluentes Atmosféricos	440
10.1.8.2.1.1 - Veículos	440
10.1.8.2.1.2 - Indústria	441
10.1.8.3 - Metodologia	441
10.1.8.3.1 - Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar	442
10.1.8.4 - Resultados	443
10.1.8.4.1 - Das Condições Meteorológicas Locais	443
10.1.8.4.2 - Monitoramento da Qualidade do Ar	446
10.1.8.5 - Considerações Finais	456
10.1.9 - Ruídos e Vibrações	457
10.1.9.1 - Ruídos	457
10.1.9.1.1 - Metodologia	458
10.1.9.1.1.1 - Equipamentos Utilizados	460
10.1.9.1.1.2 - Procedimento de Calibração	460
10.1.9.1.1.3 - Critério Legal	461
10.1.9.1.2 - Resultados e Discussões	461
10.1.9.1.2.1 - Caracterização dos Pontos de Medição	461
10.1.9.1.2.2 - Ruído Diurno	464
10.1.9.1.2.3 - Ruído Noturno	467
10.1.9.1.2.4 - Análise dos Dados	471
10.1.9.1.3 - Conclusão	473
10.1.9.2 - Vibrações	473
10.1.9.2.1 - Metodologia	475
10.1.9.2.1.1 - Equipamento Utilizado	475
10.1.9.2.1.2 - Procedimento de Calibração	475
10.1.9.2.1.3 - Critério Legal	475
10.1.9.2.2 - Resultados e Discussões	476
10.1.9.2.3 - Conclusão	479
10.1.10 - Oceanografia Física	480
10.1.10.1 - Área de Estudo	480
10.1.10.2 - Caracterização Meteorológica e Oceanográfica Regional	481
10.1.10.2.1 - Meteorologia	482
10.1.10.2.2 - Ondas	484
10.1.10.2.3 - Marés	489
10.1.10.3 - Dados Utilizados	490
10.1.10.3.1 - Batimetria	490
10.1.10.3.2 - Dados de Maré	493
10.1.10.3.3 - Dados Hidrodinâmicos	493
10.1.10.4 - Modelagem Numérica	493

10.1.10.4.1 - Grades Numéricas e Batimetria	494
10.1.10.4.2 - Calibração do Modelo	496
10.1.10.4.3 - Validação do Modelo	497
10.1.10.5 - Caracterização de Ondas e Hidrodinâmica no Terminal	498
10.1.10.5.1 - Ondas	498
10.1.10.5.2 - Hidrodinâmica	503
10.1.10.6 - Modelagem Morfodinâmica	505
10.1.10.6.1 - Sedimentologia	506
10.1.10.6.2 - Técnica De Aceleração Morfológica	506
10.1.10.6.3 - Maré Reduzida	507
10.1.10.6.4 - Calibração Morfológica	507
10.1.10.6.5 - Transporte de Sedimentos	511
10.1.10.7 - Análise de Impacto	512
10.1.10.8 - Considerações Finais Acerca da Oceanografia Física	518
10.1.11 - Considerações Finais Acerca do Meio Físico da Área de Estudo	520

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Legislação Federal Aplicável ao Licenciamento Ambiental.	345
Quadro 2 - Legislação Estadual aplicável ao licenciamento ambiental.	350
Quadro 3 - Legislação Municipal de São Luís/MA aplicável ao empreendimento.	351
Quadro 4 - Principais poluentes relacionados a qualidade do ar, suas respectivas fontes e efeitos sobre o meio ambiente. Fonte: Instituto Estadual do Ambiente (INEA), 2022.	437

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Valores médios de temperatura máxima, média e mínima no município de São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).	376
Figura 2 - Insolação total mensal na estação meteorológica São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).	377
Figura 3 - Valores médios de umidade relativa do ar no município de São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).	379
Figura 4 - Valores médios de nebulosidade no município de São Luís (1994- 2023). Fonte: INMET (2024).	380
Figura 5 - Climograma no município de São Luís no ano de 2012. Fonte: INMET (2024).	380
Figura 6 - Climograma no município de São Luís no ano de 2009. Fonte: INMET (2024).	381
Figura 7 - Valores médios de velocidade máxima e média dos ventos no município de São Luís. Fonte: INMET (2024).	382
Figura 8- Rosa dos ventos da estação meteorológica de São Luís/MA. Fonte: ProjetEEE, 2022.	382
Figura 9 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).	385
Figura 10- Valores de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no ano de 2012 no CPM em 2009. Fonte: INMET (2024).	386
Figura 11 - CAD e armazenamento mensal no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).	387
Figura 12 - Balanço hídrico no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).	389
Figura 13 - Balanço hídrico no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).	390
Figura 14 - Balanço hídrico no CPM em 2012.	391
Figura 15- Balanço hídrico no CPM em 2009.	392
Figura 16 - Evolução tectonossedimentar evidenciando diferentes períodos climáticos e fácies do Grupo Barreiras no litoral maranhense. Fonte: Arai, 2006.	397
Figura 17 - Suscetibilidade à Inundação na região de interesse do empreendimento. Fonte: MRS Estudos Ambientais (2025).	410
Figura 18 - Fatores que influenciam a qualidade das águas costeiras. Fonte: CETESB, 2014.	429
Figura 19 - Perfil construtivo do poço 2200035383 - Santa Bárbara no município de São Luís. Fonte: CPRM (1981).	436
Figura 20 - Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar posicionadas no DISAL. Fonte: RAMQAr DISAL, 2024.	439
Figura 21- Estação mais próxima do empreendimento. Fonte: RAMQAr DISAL, 2024.	440
Figura 22 - Umidade do ar (%) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	443
Figura 23 - Pressão Atmosférica (hPa) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	444
Figura 24 - Velocidade (m/s) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	444
Figura 25 - Rosa dos ventos para período compreendido entre os dias 16/05/2024 e 18/05/2024. Fonte: INMET (2024)- Adaptado em WRPlot por ENGPLAN/2024).	445
Figura 26 - Temperaturas máxima e mínima para período compreendido entre os dias 14 e 22 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	445
Figura 27 - Precipitação pluviométrica para período compreendido entre os dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	446
Figura 28 - Nebulosidade (décimos) para período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).	446
Figura 29 - Ozônio (O ₃) 8 horas (máxima obtida em cada ponto). Fonte: Engplan (2024).	447
Figura 30 - Monóxido de Carbono (CO) 8 horas (máxima média móvel obtida nos pontos abordados). Fonte: Engplan (2024).	448

Figura 31 - Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)- 1 hora (média diária), Fonte: Engplan (2024).	449
Figura 32 - Dióxido de Enxofre (SO ₂)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).	450
Figura 33 - PM _{2,5} (µg/m ³)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).	451
Figura 34 - PM ₁₀ - 24 horas, Fonte: Engplan (2024).	452
Figura 35 - PTS- 24 Horas, Fonte: Engplan (2024).	453
Figura 36 - Índice da Qualidade do Ar (IQA _r) Ponto 1-PQA: parâmetros monitorados na área de influência da instalação do empreendimento. Fonte: Engplan (2024).	455
Figura 37 - Índice da Qualidade do Ar (IQA _r) Ponto 3-PQA: parâmetros monitorados na área de influência da instalação do empreendimento. Fonte: Engplan (2024).	456
Figura 38 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 01.	464
Figura 39 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 02.	464
Figura 40 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 03.	464
Figura 41 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 04.	465
Figura 42 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 05.	465
Figura 43 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 06.	465
Figura 44 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 07.	465
Figura 45 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 08.	465
Figura 46 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 09.	466
Figura 47 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 10.	466
Figura 48 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 01.	468
Figura 49 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 02.	468
Figura 50 - Gráfico 1 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 03.	468
Figura 51 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 04.	468
Figura 52 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 05.	468
Figura 53 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 06.	469
Figura 54 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 07.	469
Figura 55 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 08.	469
Figura 56 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 09.	469
Figura 57 - Acima, forma de propagação da onda P; ao centro, onda S; e a figura inferior representa a propagação da onda de Rayleigh. Fonte: Clough; Penzien, 2003.	474
Figura 58 - Localização da área de estudo. Fonte: LC Terminais (2022) sobre imagens do aplicativo Google Earth.	481
Figura 59 - Rosa e diagrama polar de frequência de ocorrência dos dados de vento da estação A203 do INMET. Fonte: INMET, 2022.	482
Figura 60 - Distribuição de probabilidade acumulada de velocidade dos ventos. Fonte: INMET, 2022.	483
Figura 61 - Rosas de ventos de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). Fonte: INMET, 2022.	484
Figura 62 - Localização do ponto de extração dos dados do modelo WaveWatchIII para aplicação no Terminal Portuário e no TGNL do CPM.	485
Figura 63 - Rosas (coluna da esquerda) e diagrama polar de frequência de ocorrência (coluna da direita) de Hs (linha superior) e Tp (linha inferior) dos dados do modelo WaveWatchIII.	486
Figura 64 - Distribuição de probabilidade acumulada de altura significativa e período de pico das ondas.	487
Figura 65 - Rosas de altura significativa de ondas de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito).	489
Figura 66 - Rosas de período de pico de ondas de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito).	489
Figura 67 - Dados de maré do Porto de Itaqui provenientes da FEMAR. Fonte: Fundação de Estudos do Mar.	490

Figura 68 - Representação espacial dos dados batimétricos considerados no estudo.	491
Figura 69 - Batimetria da área de implantação do TGNL. Fonte: Microars (2020).	492
Figura 70 - Grades numéricas regional (azul) e local (vermelho) utilizadas no estudo.	495
Figura 71 - Detalhamento da resolução da grade local na região do terminal, da ordem de 15m.	495
Figura 72 - Resultado da interpolação da batimetria nas grades regional (superior) e local (inferior).	496
Figura 73 - Resultado da calibração do modelo hidrodinâmico com dado medido em uma boia do canal de navegação.	497
Figura 74 - Resultado da calibração do modelo hidrodinâmico nas cercanias de um berço de atracação.	497
Figura 75 - Validação do modelo para a propagação da onda de maré para o interior da Baía de São Marcos.	498
Figura 76 - Esquema do método do hipercubo, que permite obter os parâmetros de onda no ponto de estudo para um dado estado de mar (Hsi, Tpi e Diri), a partir da interpolação dos resultados da propagação de casos com diferentes combinações de Hs, Tp e Dir. Fonte: Bonanata <i>et al.</i> (2010).	499
Figura 77 - Casos de ondas (Dir x Hs) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).	500
Figura 78 - Casos de ondas (Dir x Tp) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).	500
Figura 79 - Casos de ondas (Dir x Tp x Hs) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).	501
Figura 80 - Distribuição de probabilidade acumulada de altura significativa e período de pico das ondas oceânicas (esquerda) e ondas geradas pelo vento local (direita).	502
Figura 81 - Rosas (coluna da esquerda) e diagrama polar de frequência de ocorrência (coluna da direita) de Hs (linha superior) e Tp (linha inferior) dos dados do Hipercubo (ondas oceânicas).	503
Figura 82 - Rosas (coluna da esquerda) e diagrama polar de frequência de ocorrência (coluna da direita) de Hs (linha superior) e Tp (linha inferior) dos dados do Hiperplano (ondas geradas localmente).	503
Figura 83 - Variação de maré durante o período equinocial, com maiores amplitudes.	504
Figura 84 - Rosa e diagrama direcional de frequência de ocorrência de correntes no terminal.	504
Figura 85 - Histograma e distribuição de probabilidade acumulada de velocidades de correntes no terminal.	505
Figura 86 - Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo de modelagem.	505
Figura 87 - Série temporal das marés reduzidas utilizadas nas simulações morfodinâmicas.	507
Figura 88 - Localização dos polígonos utilizados na calibração morfológica.	508
Figura 89 - Padrões de erosão (vermelho) e sedimentação (verde) medidos (esquerda) e modelados (direita) na melhor rodada de calibração do modelo.	510
Figura 90 - Mapa de transporte de sedimentos (em m ³ /m/ano) para a simulação do cenário atual. A linha vermelha contempla a seção transversal para a qual foi realizada a avaliação do impacto da implantação do terminal.	511
Figura 91 - Resultados das simulações hidrodinâmicas sem e com o terminal, além da comparação entre os cenários, para picos de maré vazante (superior) e enchente (inferior).	513
Figura 92 - Variação da velocidade de correntes no terminal nos cenários atual (azul) e futuro (vermelho).	513
Figura 93 - Curvas de transporte de sedimentos transversal (acima), longitudinal (centro) e total (abaixo) para a seção transversal apresentada na Figura 76, para os cenários atual (preto) e futuro (vermelho).	515
Figura 94 - Resultados das simulações morfodinâmicas do cenário atual (painel superior) e futuro (painel inferior), exibindo a batimetria inicial (esquerda), batimetria final após 2 anos (centro) e os padrões de erosão e sedimentação (direita).	516
Figura 95 - Análise comparativa dos resultados do cenário atual e futuro, permitindo identificar as diferenças geradas pela construção do terminal.	516
Figura 96 - Variações volumétricas absolutas e relativas computadas pelo modelo morfodinâmico.	518

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estação meteorológica do INMET- Dados utilizados para caracterização climática da área de estudo do CPM. Fonte: INMET, 2023.	370
Tabela 2 - Médias pluviométricas anuais no período de 1994- 2023 em São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).....	378
Tabela 3 - Médias pluviométricas mensais no período de 1994- 2023 em São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).	378
Tabela 4 - Valores de excedente, deficiência, retirada e reposição hídrica no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).....	384
Tabela 5 - Valores de excedente, deficiência, retirada e reposição hídrica no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).....	384
Tabela 6 - Valores de capacidade de água disponível no solo (CAD) no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).....	386
Tabela 7 - Valores de capacidade de água disponível no solo (CAD) para o CPM em 2012. Dados: INMET (2024).....	386
Tabela 8 - Valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).....	388
Tabela 9 - Valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a região do CPM em 2009. Dados: INMET (2024).....	388
Tabela 10 - Deficiência e excedente hídrico na região do CPM em 2012. Dados: INMET (2024).....	390
Tabela 11 - Deficiência e excedente hídrico na área de inserção do CPM em 2009. Dados: INMET (2024).	391
Tabela 12 - Classes de declividade. Fonte: EMBRAPA, 1979.	393
Tabela 13 - Localização dos pontos de coleta de água salobra e salina.....	411
Tabela 14 - Resultados da análise de água salina do Ponto 02. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.	414
Tabela 15 - Resultados da análise de água salina no Ponto 03. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.....	417
Tabela 16 - Resultados das análises de água salobra no Ponto 01. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.....	419
Tabela 17 - Localização dos pontos de coleta de sedimentos.....	430
Tabela 18 - Dados granulométricos (g/kg) dos sedimentos amostrados.....	432
Tabela 19 - Resultados das análises dos sedimentos nos pontos coletados.....	433
Tabela 20 - Índice de Qualidade do Ar- IQAr. Fonte: CETESB (2019).....	439
Tabela 21 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar e suas coordenadas geográficas.	442
Tabela 22 - Ozônio (O3) - 8 horas (máxima média móvel). Fonte: Engplan (2024).	447
Tabela 23 - Monóxido de Carbono (CO) 8 horas (máxima média móvel obtida nos pontos abordados). Fonte: Engplan (2024).	448
Tabela 24 - Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) - 1 hora (média diária), Fonte: Engplan (2024).	449
Tabela 25 - Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 24 horas, Fonte: Engplan (2024).....	450
Tabela 26 - PM _{2,5} (µg/m ³) - 24 horas, Fonte: Engplan (2024).	451
Tabela 27 - PM ₁₀ - 24 horas, Fonte: Engplan (2024).....	452
Tabela 28 - 24 Horas, Fonte: Engplan (2024).	453
Tabela 29 - Resultados das amostragens de PTS realizadas na AID.	453
Tabela 30 - Coordenadas dos pontos de medição de ruído ambiental.	459
Tabela 31 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período. ..	461

Tabela 32 - Características dos pontos de medição de ruídos diurnos.	462
Tabela 33 - Características dos pontos de medição de ruídos noturnos.	463
Tabela 34 - Resultados das amostragens de ruído ambiental no período diurno comparado com os limites da NBR 10.151/2019.	472
Tabela 35 - Resultados das amostragens de ruído ambiental no período noturno comparado com os limites da NBR 10.151/2019.	472
Tabela 36 - Localização dos pontos de medição de vibração.	475
Tabela 37 - Limites de velocidade de vibração de partícula (pico) em função dos tipos. Fonte: DD nº 215/2007/E (CETESB, 2007).	476
Tabela 38 - Resultados da medição do pico de velocidade de vibração, em mm/s.	476
Tabela 39 - Tabela de distribuição de velocidades (m/s) e direções de vento para os dados do INMET. Fonte: INMET, 2022.	483
Tabela 40 - Tabela de distribuição de alturas e direções de ondas para os dados do WW3.	487
Tabela 41 - Tabela de distribuição de períodos e direções de ondas para os dados do WW3.	487
Tabela 42 - Tabela de distribuição de alturas e períodos de ondas para os dados do WW3.	488
Tabela 43 - Cartas náuticas adotadas no estudo.	491
Tabela 44 - Constantes harmônicas utilizadas como forçante, provenientes do modelo TPXO.	493
Tabela 45 - Parâmetros do modelo que foram variados na calibração do modelo morfológico.	509
Tabela 46 - Volumes de sedimentação medidos, do modelo rodado com os parâmetros <i>default</i> e do modelo adotado como melhor calibração.	510

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 - Tabuleiros Pré-litorâneos na área de estudo.	395
Foto 2 - Planície fluviomarinha na área de estudo.	395
Foto 3 - Planície de maré nas imediações da área de estudo do empreendimento.	395
Foto 4 - Planície costeira nas imediações da área de estudo do empreendimento.	395
Foto 5 - Grupo Barreiras na Ilha Boa Razão.	398
Foto 6 - Depósito de Pântanos de Mangues na Ilha Boa Razão.	398
Foto 7 - Blocos de rochas do Grupo Barreiras lateritizados visualizados em campo.	399
Foto 8 - Depósitos de mangue visualizados em campo.	400
Foto 9 - Vertente erosiva do tabuleiro pré-litorâneo com movimento de massa visualizado em campo.	401
Foto 10 - Vertente do tabuleiro pré-litorâneo na área de estudo exposta aos agentes intempéricos produtores de movimentos de massa.	401
Foto 11 - Argissolo vermelho-amarelo distrófico na área de estudo.	404
Foto 12 - Gleissolo sálico na área de estudo.	404
Foto 13 - Gleissolo na AID do empreendimento.	405
Foto 14 - Área de inundação sazonal bordejada por Planossolos na área de estudo.	406
Foto 15 - Camada superficial de Neossolo Flúvico na área de estudo.	406
Foto 16 - Afloramento de água na área de estudo.	407
Foto 17 - Poço de água utilizado na área de estudo para atividades humanas.	408
Foto 18 - Poço de água utilizado na área de estudo para atividades humanas.	408
Foto 19 - Procedimento de coleta de água.	413
Foto 20 - Procedimento de coleta de água.	413
Foto 21 - Sonda multiparâmetro utilizada em campo durante as coletas.	413
Foto 22 - Amostras coletadas acondicionadas	413
Foto 23 - Equipamento utilizado para coleta de sedimentos.	431
Foto 24 - Procedimento de coleta de sedimentos.	431
Foto 25 - Procedimento de triagem e acondicionamento de sedimentos.	432
Foto 26 - Amostras coletadas acondicionadas.	432
Foto 27 - Estação de Monitoramento de Qualidade do Ar modelo ECMQAr-3 utilizada no presente estudo. Fonte: Engplan (2024).	442
Foto 28 - Local de monitoramento do ponto 1 - PQA. Fonte: Engplan (2024).	443
Foto 29 - Local de monitoramento no ponto 3 - PQA. Fonte: Engplan (2024).	443
Foto 30 - Medição de ruído no Ponto 01.	466
Foto 31 - Medição de ruído no Ponto 02.	466
Foto 32 - Medição de ruído no Ponto 03.	466
Foto 33 - Medição de ruído no Ponto 04.	466
Foto 34 - Medição de ruído no Ponto 05.	467
Foto 35 - Medição de ruído no Ponto 06.	467
Foto 36 - Medição de ruído no Ponto 07.	467
Foto 37 - Medição de ruído no Ponto 08.	467
Foto 38 - Medição de ruído no Ponto 09.	467
Foto 39 - Medição de ruído no Ponto 10.	467
Foto 40 - Medição de ruído no Ponto 01.	470
Foto 41 - Medição de ruído no Ponto 02.	470
Foto 42 - Medição de ruído no Ponto 03.	470

Foto 43 - Medição de ruído no Ponto 04.	470
Foto 44 - Medição de ruído no Ponto 05.	470
Foto 45 - Medição de ruído no Ponto 06.	470
Foto 46 - Medição de ruído no Ponto 07.	471
Foto 47 - Medição de ruído no Ponto 08.	471
Foto 48 - Medição de ruído no Ponto 09.	471
Foto 49 - Medição de vibração no ponto 01 - diurna.	477
Foto 50 - Medição de vibração no ponto 01 - noturna.	477
Foto 51 - Medição de vibração no ponto 02 - diurna.	477
Foto 52 - Medição de vibração no ponto 02 - noturna.	477
Foto 53 - Medição de vibração no ponto 03 - diurna.	477
Foto 54 - Medição de vibração no ponto 03 - noturna.	477
Foto 55 - Medição de vibração no ponto 04 - diurna.	478
Foto 56 - Medição de vibração no ponto 04 - noturna.	478
Foto 57 - Medição de vibração no ponto 05 - diurna.	478
Foto 58 - Medição de vibração no ponto 05 - noturna.	478
Foto 59 - Medição de vibração no ponto 06 - diurna.	478
Foto 60 - Medição de vibração no ponto 06 - noturna.	478
Foto 61 - Medição de vibração no ponto 07 - diurna.	479
Foto 62 - Medição de vibração no ponto 07 - noturna.	479
Foto 63 - Medição de vibração no ponto 08 - diurna.	479
Foto 64 - Medição de vibração no ponto 08 - noturna.	479
Foto 65 - Medição de vibração no ponto 09 - diurna.	479

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A&C - Automação & Controle
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADA - Área Diretamente Afetada
AE - Área de Estudo
AGERP - Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural do Maranhão
AID - Área de Influência Direta
AII - Área de Influência Indireta
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANM - Agência Nacional de Mineração
ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
APPs - Áreas de Preservação Permanente
ART - Anotação de Responsabilidade Técnica
ATER - Assistência Técnica e Extensão Rural
BOG - Boil-off gas
BOR - Boil- off rate
CAO - Caixa Separadora de Água e Óleo
CAP - Comprometimento de Área Prioritária
CANIE - Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas
CBMMA - Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão
CECA - Câmara Estadual de Compensação Ambiental
CECT - Cadastro Estadual de Comunidades Tradicionais
CEDRUS - Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário
CERESTs - Centros de Referência em Saúde do Trabalhador
CFTV - Circuito Fechado de TV
CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CITES - Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens Ameaçadas de Extinção
CNES - Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT - Carbono Orgânico Total
COV - Compostos Orgânicos Voláteis
CPM - Complexo Portuário do Maranhão
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil
CT - Carbono Total
DEF - Deficiência Hídrica
DISAL - Distrito Industrial de São Luís

DMT - Distância Média de Transporte
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DOL - Distúrbios Ondulatórios de Leste
DP - Drenagem Profunda
DWT - Deadweight Tonnage/ Tonelagem de Porte Bruto (também conhecida como Peso Morto)
EFC - Estrada de Ferro Carajás
EMAP - Empresa Maranhense de Administração Portuária
EMED - Estação de Medição de Vazão
ENOS - El Niño Oscilação Sul
EPIs - Equipamentos de proteção individual
EPL - Empresa de Planejamento e Logística
ESD - Emergency Shutdown System
ET - Evapotranspiração
ETA - Estação de Tratamento de Água
ETE - Estação de Tratamento de Efluentes
EXC - Excedente Hídrico
FCP - Fundação Cultural Palmares
FEUC - Fundo Estadual de Unidades de Conservação
FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FSRU - Floating Storage Regasification Unit
FT - Ferrovia Transnordestina
FUNAI - Fundação Nacional do Índio
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
GASMAR - Companhia Maranhense de Gás
GEPLAN - Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico
GNC - Gás Natural a Alta Pressão
GNL - Gás Natural Liquefeito
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAP - Índice de Comprometimento de Áreas Prioritárias
IDH-M - Índice de Desenvolvimento Humano do Município
IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INEP - Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISA - Instituto Socioambiental
ISTs - Infecções Sexualmente Transmissíveis

ITERMA - Instituto de Colonização e Terras do Maranhão

LGE - Líquido Gerador de Espuma

LI - Licença de Instalação

LI - Linhas de Instabilidade

LNGC - Liquefied Natural Gas Carrier - Embarcação Transportadora de Gás Natural Liquefeito

LO - Licença de Operação

LOA - Length Overall - Comprimento Total

LP - Licença Prévia

MATOPIBA - Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

MDE - Modelo Digital de Elevação

MHC - Guindastes Portuários Móveis/Mobile Harbor Cranes

NBR - Normas Brasileiras

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

NT - Nitrogênio Total

OAE - Obra de Arte Especial

OL - Ondas de Leste

ONG - Organização Não Governamental

OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PA - Projeto de Assentamento Federal

PAC - Plano de Aceleração de Crescimento

PBA - Plano Básico Ambiental

PCA - Plano de Controle Ambiental

PCD - Pessoa Com Deficiência

PCHE - Printed Circuit Heat Exchanger/ Trocador de calor de circuito impresso

PDM - Plano Diretor Municipal

PE - Projeto de Assentamento Estadual

PEA - População Economicamente Ativa

PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PIG (Pipeline Inspection Gauge) - técnica que conta com a utilização de um dispositivo conduzido pelo interior de dutos e tubulações para limpeza através do atrito direto nas superfícies

PNL - Plano Nacional de Logística

PNT - Política Nacional de Transportes

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPA - Plano Plurianual

PPPs - Parcerias Público-Privadas

PST - Plano de Segurança do Trabalho

PT - Fósforo Total

PTS - Partículas Totais em Suspensão

QCDC - Quick Connect/Disconnect Couple - Conexão/Desconexão Rápida

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA

RET - Retirada Hídrica

RTI - Reserva Técnica de Incêndio

SAF - Sistema da Agricultura Familiar

SEDS - Secretaria Especial do Desenvolvimento Social

SEMMAM - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de São Luís

SGB - Serviço Geológico do Brasil/CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SIGMINE - Sistema de Informação Geográfica da Mineração

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais

SPDA - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica de Radar Embarcado)

TGNL - Terminal de Regaseificação de GNL

TI - Terra Indígena

TPXO - Topex/Poseidon Global Tidal Model - modelo global de marés

TSM - Temperatura de Superfície do Mar

TUPs - Terminais de Uso Privado

UTAO - Unidade de Tratamento de Águas Oleosas

UTM - Universal Transversa de Mercator

VCANs - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZEE - Zoneamento Ecológico e Econômico

ZPE - Zona de Processamento de Exportação

7 - LEGISLAÇÃO E NORMATIVAS INCIDENTES

O setor portuário brasileiro é regido por um conjunto estruturado de leis federais, decretos e normas regulatórias emanadas pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), com foco na modernização, aumento da competitividade e segurança jurídica.

A base legal foi profundamente alterada pela "Nova Lei dos Portos" (2013) e segue em constante evolução, com o PL 733/2025 em tramitação na Câmara Federal para atualizar as regras.

Neste capítulo consta a relação e descrição da legislação e das principais normativas legais aplicáveis ao empreendimento CPM nas esferas federal, estadual e municipal, além dos principais atos legais correlatos ao licenciamento ambiental da atividade proposta.

7.1 - LICENCIAMENTO AMBIENTAL - INSTRUMENTO DE GESTÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

O licenciamento ambiental constitui um dos principais instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981. Trata-se de um procedimento administrativo obrigatório para a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades ou empreendimentos potencialmente causadores de significativa degradação ambiental.

Regulamentado em âmbito federal pela Resolução CONAMA nº 237/1997, o licenciamento ambiental tem como finalidade assegurar a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico e a preservação dos recursos naturais, garantindo que os impactos ambientais sejam devidamente avaliados, mitigados e, sempre que possível, evitados.

O processo envolve a análise técnica e jurídica dos impactos potenciais de um empreendimento, sendo conduzido pelo órgão ambiental competente — o qual pode ser federal (IBAMA), estadual ou municipal, a depender da natureza, porte e localização da atividade. Esse procedimento pode culminar na emissão de três licenças distintas e sucessivas: a Licença Prévia (LP), a Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO), cada uma com requisitos específicos e condicionantes ambientais.

No contexto do licenciamento ambiental, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) representam os principais instrumentos técnicos utilizados para a análise de empreendimentos de significativo impacto ambiental, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 01/1986.

Os Empreendimentos Portuários desencadeiam algumas situações específicas, que devem ser analisadas e equacionadas à luz da legislação pertinente, em níveis federal, estadual e municipal.

Dessa forma, neste Capítulo, procedeu-se à análise e sistematização das principais leis, decretos,

resoluções, instruções normativas e portarias, com a finalidade de identificar os dispositivos legais de aplicação direta e imediata a empreendimentos dessa natureza.

Nessa pesquisa deu-se ênfase especial às exigências de ordem constitucional, às preocupações com a proteção ao meio ambiente e às necessidades associadas ao licenciamento ambiental.

Este Capítulo, portanto, tem como objetivo apresentar o arcabouço legal aplicável ao licenciamento ambiental no estado do Maranhão, com ênfase nas legislações municipal, estadual e federal, a fim de contextualizar os requisitos normativos que orientam a viabilidade ambiental da tipologia do empreendimento em estudo.

7.2 - LEGISLAÇÃO FEDERAL

No Quadro 1 a seguir, é apresentado o conjunto das principais referências ambientais legais, em nível federal, aplicáveis a empreendimentos de tipologia portuária.

Quadro 1 - Legislação Federal Aplicável ao Licenciamento Ambiental.

Regulamentação	Descrição
Leis, Decretos e Portarias Federais	
Art. 225 da Constituição Federal	Trata do Meio Ambiente, que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.
Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961	Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.
Decreto nº 58.054, de 23 de março de 1966	Promulga a Convenção para a proteção da flora, fauna e das belezas cênicas dos países da América
Lei nº 5.197, de 03 de janeiro de 1967	Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.
Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Decreto nº 87.566, de 16 de setembro de 1982	Promulga o texto da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias. Tem como objetivo promover, individual e coletivamente, o controle efetivo de todas as fontes de contaminação do meio marinho e, o comprometimento em adotar medidas possíveis para impedir a contaminação pelo alijamento de resíduos e outras substâncias.
Lei nº 97.633, de 10 de abril de 1989	Dispõe sobre o Conselho Nacional de Proteção à Fauna - (CNPFF), e dá outras providências
Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990	Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.
Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993	Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias, e dá outras providências. (Lei dos Portos)
Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas
Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997	Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas jurisdicionais brasileiras e dá outras providências. Trata das atribuições e procedimentos relativos ao controle da poluição ambiental causada por embarcações
Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1998	Instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Determina que o licenciamento para construção, instalação, funcionamento e ampliação de atividades que possam alterar as características naturais da zona costeira deve obedecer às normas específicas federais, estaduais e municipais, respeitando as diretrizes dos Planos de Gerenciamento Costeiro.
Lei nº 9.719, de 27 de novembro de 1998	Dispõe sobre normas e condições gerais de proteção ao trabalho portuário, institui multas pela inobservância de seus preceitos, e dá outras providências.

Regulamentação	Descrição
Resolução CIRM 006, de 02 de dezembro de 1998	Dispõe sobre a criação da Agenda Ambiental Portuária e dá outras providências
Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000	Estabelece as principais conformidades ambientais de prevenção e combate à poluição, como o Tratamento dos Resíduos, Plano de Emergência Individual, Manual de Procedimentos de Riscos à Poluição e Auditoria Ambiental
Lei nº 9.985, de 8 de junho de 2000	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e estipula a exigência de compensação pela implantação de empreendimentos com significativos impactos ambientais (Artigo 36), e regulamentação pelo Decreto Federal 4340/2002.
Decreto nº 3.607, de 21 de setembro de 2000	Dispõe sobre a implementação da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção - CITES, e dá outras providências
Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002	Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade
NORMAM nº 08, de 16 de dezembro de 2003	Estabelece que a parada ou fundeio de embarcação no Mar Territorial Brasileiro deve ser feita em local conveniente com os interesses de prevenção à poluição ambiental
NORMAM nº 11, 03 de outubro de 2022 (ver.2)	Estabelece procedimentos para padronizar a solicitação de Parecer para a realização de obras sob, sobre e às margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que concerne ao ordenamento do espaço aquaviário e à segurança da navegação
NORMAM nº 20, 14 de junho de 2005	Estabelece requisitos referentes à prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange ao Gerenciamento da Água de Lastro
Lei nº 11.284 de março de 2006	Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis n. 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências.
Lei nº 11.134 de 2006	Altera a Lei Federal nº 8.630 de 1993 e dá outros dispositivos.
Lei nº 11.518 de 2007	Acresce e altera dispositivos da Lei Federal nº 8.630 de 1993 e dá outras providências.
Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
Portaria nº 104, de 29 de abril de 2009/SEP	Dispõe sobre a criação e estruturação do Setor de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho (SGA) nos portos e terminais marítimos
Portaria nº 414, de 30 de dezembro de 2009/SEP	Estabelece as diretrizes, os objetivos gerais e os procedimentos mínimos para a elaboração do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário - PDZ
Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Art. 14 e Art. 16 determinam que determinados setores da economia, inclusive atividades portuárias, devem elaborar planos de gerenciamento e planos setoriais de resíduos sólidos.
Decreto Legislativo nº148 de 2010	Aprova o texto da Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios e tem como objetivos prevenir, minimizar e eliminar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos através

Regulamentação	Descrição
	do controle e gerenciamento da água de lastro dos navios e dos sedimentos nela contidos.
Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011	Fixa normas, nos termos dos Incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do Artigo 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.
Lei nº 12.651 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
Lei nº 12.815 de 05 de junho de 2013	Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela união de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários
Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015	Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea "h", e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União.
Decreto nº 8.033 de 27 de junho de 2013	Regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias.
Decreto nº 10.672 de 12 de abril de 2021	Altera o Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013, que regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias.
Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021	Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.
Decreto nº 12.153, de 26 de agosto de 2024	Altera o Decreto nº 10.712, de 2 de junho de 2021, que regulamenta a Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, que dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural.
Portaria nº 3.114/78/MTE NR 29	Esta norma tem como objetivo a proteção e a regulamentação das condições de segurança e saúde dos trabalhadores aquaviários
Resoluções CONAMA	
Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
Resolução CONAMA nº 3, de 15 de junho de 1990	Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar.

Regulamentação	Descrição
Resolução CONAMA nº 5, 05 de agosto de 1993	Define procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de portos e outras instalações, com vistas a preservar a saúde pública e a qualidade do meio ambiente.
Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o Licenciamento Ambiental.
Resolução CONAMA nº 306, de 05 de julho de 2002	Estabelece os aspectos a serem considerados pela auditoria ambiental nos portos organizados
Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008	Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, para portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração.
Instruções Normativas IBAMA	
Instrução Normativa Ibama nº 184, de 17 de julho de 2008.	Estabelece, no âmbito do Ibama, os procedimentos para o Licenciamento Ambiental Federal.
Instrução Normativa Ibama nº 8, 14 de julho de 2011.	Regulamenta, no Ibama, o procedimento da Compensação Ambiental, conforme disposto nos Decretos nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, com as alterações introduzidas pelo Decreto nº 6.848, de 14 de maio de 2009.
Instrução Normativa MMA/Ibama nº 2, de 27 de março de 2012.	Estabelece as bases técnicas para programas de educação ambiental apresentados como medidas mitigadoras ou compensatórias, em cumprimento às condicionantes das licenças ambientais emitidas pelo Ibama.
Instrução Normativa Ibama nº 6, de 15 de março de 2013.	Regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, nos termos desta Instrução Normativa.
Portaria Interministerial	
Portaria interministerial MMA/MJ/Minc/MS nº 419, de 26 de outubro de 2011.	Regulamenta a atuação dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal envolvidos no Licenciamento ambiental, de que trata o art. 14 da Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007.
ANTAQ	
Resolução nº 2.190, de 28 de julho de 2011	Aprova a norma para disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações
Resolução nº 2.239, de 15 de setembro de 2011	Aprova a norma de procedimentos para o trânsito seguro de produtos perigosos por instalações portuárias situadas dentro ou fora da área do porto organizado
Resolução 2.650, de 26 de setembro de 2012	Aprova os instrumentos de acompanhamento e controle de gestão ambiental em instalações portuárias, instituindo o Sistema Integrado de Gestão Ambiental - SIGA, o Índice de Desempenho Ambiental - IDA para instalações portuárias e o Sistema de Informações de Instalações para Recepção de Resíduos de embarcações - PRFD/GISIS da Organização Marítima Internacional - IMO, traduzido e disponibilizado no Portal desta Agência e denominado GISIS/ANTAQ
Lei nº 12.815/2013, Res. ANTAQ	Estabelece as regras para a exploração direta e indireta de portos e instalações portuárias pela União, bem como para as atividades desempenhadas pelos operadores portuários.

Regulamentação	Descrição
Resolução nº 3.274, de 6 de fevereiro de 2014	Aprova a norma que dispõe sobre a fiscalização da prestação dos serviços portuários e estabelece infrações administrativas
Resoluções ANVISA	
RDC nº 56, de 06 de agosto de 2008	Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados
RDC nº 72, de 29 dezembro de 2009	Dispõe sobre o Regulamento Técnico que visa à promoção da saúde nos portos de controle sanitário instalados em território nacional, e embarcações que por eles transitam
RDC nº 661, de 30 de março de 2022	Dispõe sobre as Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados.

7.3 - LEGISLAÇÃO ESTADUAL

A legislação ambiental do Estado do Maranhão segue, em linhas gerais, as diretrizes estabelecidas pela legislação federal, no que se refere à proteção do meio ambiente e à inserção de empreendimentos em seu território. Os principais dispositivos legais aplicáveis encontram-se relacionados no Quadro 2, apresentados a seguir.

Quadro 2 - Legislação Estadual aplicável ao licenciamento ambiental.

Ato Legislativo	Dispositivo
Lei Estadual nº 4.126 de 22 julho de 1988	Institui a política estadual de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, implantada pelo Sistema Estadual do Meio Ambiente (SEAMA)
Lei nº 5.405, de 8 de abril de 1992	Institui o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão
Decreto nº. 13.494 de novembro de 1993	Regulamenta o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão
Lei Complementar nº 152 de 16 de junho de 1999	Cria o Fundo de Defesa e Desenvolvimento do Meio Ambiente, o Conselho Estadual e os Conselhos Regionais do Meio Ambiente e dá outras providências
Lei Estadual nº. 8.528 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado do Maranhão. Resolução Carcinicultura
Lei nº 9.412 de 13 de julho de 2011	Regulamenta a Compensação Ambiental no âmbito do Estado do Maranhão
Lei nº 9413 de 13 de julho de 2011	Regulamenta o Art. 241 da Constituição do Estado do Maranhão, o Capítulo III, Seção VII da Lei Estadual nº 5.405, de 08 de Abril de 1992, o Capítulo II, Seção VIII do Decreto Estadual nº 13.494, de 12 de Novembro de 1993, e Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza do Maranhão e dá Outras Providências
Decreto nº 27.791 de 01 de novembro de 2011	Regulamenta o Fundo Estadual de Unidades de Conservação - FEUC, criado pela Lei Estadual nº 9.413, de 13 de julho de 2011, que instruiu o Sistema Estadual de Unidade de Conservação da Natureza do Maranhão - SEUC, e dá outras providências
Lei nº 10.535 de 07 de dezembro de 2016	Dispõe sobre a gestão da fauna silvestre brasileira e exótica no âmbito do Estado e estabelece outras providências
Portaria 079 de 16 de dezembro de 2016	Dispõe sobre os procedimentos relativos à Autorização de Coleta, Captura e Transporte de Fauna Silvestre, necessários às atividades de levantamento, monitoramento, resgate, afugentamento e destinação da fauna silvestre para instruir os processos de Licenciamento Ambiental no âmbito da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (Sema).
Resolução CONSEMA 024 de 24 de fevereiro de 2017	Para empreendimentos que causam ou possam causar impacto ambiental local, fixa normas gerais de cooperação federativa nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas em conformidade com o previsto na Lei Complementar nº 140/2011 e dá outras providências.
Resolução CONSEMA nº024, de 22 de fevereiro de 2017	Define as atividades, obras e empreendimentos que causam ou possam causar impacto ambiental local, fixa normas gerais de cooperação federativa nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas em conformidade com o previsto na Lei Complementar nº 140/2011 e dá outras providências
Resolução CONSEMA 025 de 12 de maio de 2017	Dispõe sobre os Procedimentos para a Elaboração, Implementação, Monitoramento e Avaliação de Programas e Projetos de Educação Ambiental que devam ser Apresentados no Âmbito do Licenciamento Ambiental Estadual
Portaria nº 086 de 18 de julho de 2017	Institui o Termo de Referência para elaboração do item Unidades de Conservação e Compensação Ambiental de Estudos de Impacto Ambiental - EIA a serem apresentados no procedimento de Licenciamento Ambiental

Ato Legislativo	Dispositivo
Lei nº 11.662 de 31 de março de 2022.	Altera a Lei nº 9.102, de 23 de dezembro de 2009, que dispõe sobre normas gerais da prestação de serviço de movimentação de gás canalizado para consumidor livre, auto produtor e auto importador no Estado do Maranhão, e altera a Lei nº 10.225, de 15 de abril de 2015, que dispõe sobre as atribuições da Agência Estadual de Mobilidade Urbana - MOB, e dá outras providências.

7.4 - LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM) é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental no âmbito municipal, competindo-lhe analisar e autorizar a localização, instalação, ampliação, operação e funcionamento de empreendimentos ou atividades que possam causar impacto ambiental, em conformidade com a legislação ambiental vigente e as normas técnicas aplicáveis a cada caso.

Assim, o Licenciamento Ambiental em São Luís/MA passou a ser obrigatório às atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente regulamentadas na Lei Municipal nº 4.730/06, que institui o Licenciamento Ambiental naquele município, observada a Resolução CONAMA nº 237/97.

Apresenta-se, a seguir, a relação da legislação básica municipal que contempla a temática ambiental.

Quadro 3 - Legislação Municipal de São Luís/MA aplicável ao empreendimento.

Ato Legislativo	Dispositivo
Lei Orgânica Municipal	Capítulo III Seção V - Do Meio Ambiente (arts. 201 a 219)
Lei Municipal nº 4.727/06 de 28 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a regulamentação do Fundo Socioambiental Municipal, e dá outras providências
Lei Municipal nº 4.730/06 de 28 de dezembro de 2006	Institui o Licenciamento Ambiental em São Luís, e dá outras providências
Lei Municipal nº 4.738/06 de 28 de dezembro de 2006	Institui a Política Municipal de Meio Ambiente de São Luís, e dá outras providências
Lei nº 4.739/06 - de 28 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a regulamentação do Conselho Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências
Lei nº. 4.872 de 21 de novembro de 2007	Dispõe sobre a instalação e o funcionamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMAM, e dá outras providências
Instrução Normativa IMCA Nº. 001/2007	Regulamenta os procedimentos relativos ao corte e poda de árvores, assim como limpeza de área e supressão de vegetação em áreas privadas e públicas no município de São Luís/MA

8 - PLANOS E PROGRAMAS COLOCALIZADOS AO EMPREENDIMENTO

Apresenta-se, a seguir, os Planos e Programas (públicos, de iniciativas privadas e mistos) em desenvolvimento, propostos e em andamento na área de inserção do empreendimento, com sinergia com os impactos do respectivo empreendimento .

Tendo em vista as características da região e do empreendimento em estudo, foram considerados como Planos e Programas de interface direta com o empreendimento, os que envolvem a melhoria e expansão da infraestrutura regional de transporte, recursos hídricos, saúde e ações sociais.

O crescimento nestes aspectos, em decorrência do empreendimento, pode gerar mudanças no L e na proteção do meio ambiente, em particular com respeito à fauna, flora e recursos hídricos, que potencialmente podem ser impactados.

Os Planos e Programas em desenvolvimento na região do empreendimento abrangem quatro níveis: da União, do Estado do Maranhão, do Município de São Luís/MA e aqueles de iniciativa privada.

8.1 - ÂMBITO FEDERAL

Considerada a esfera federal, os principais Planos e Programas correlatos ao empreendimento em questão estão citados a seguir.

8.1.1 - Portos

PLANO PLURIANUAL DO QUADRIÊNIO 2024-2027 (PPA)

O PPA para o quadriênio 2024-2027, aprovado pelo Congresso Nacional, define as diretrizes e metas para a administração pública federal no período de 2024 a 2027, é o instrumento de planejamento que estabelece, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da Administração Pública Federal para as despesas de capital e outras delas decorrentes, além daquelas relativas aos programas de duração continuada, conforme disposto no artigo 165 da Constituição Federal de 1988. O PPA declara as escolhas pactuadas com a sociedade e contribui para viabilizar os objetivos fundamentais da República. Além disso, organiza a ação de governo na busca de um melhor desempenho da Administração Pública. No que diz respeito aos Portos, o PPA 2024-2027 inclui ações, tais como:

- Modernização e ampliação de infraestrutura portuária, com investimentos em terminais, equipamentos e novas tecnologias;
- Melhora da logística e do fluxo de cargas, com aprimoramento das estradas de acesso aos portos e da eficiência dos processos de despacho;

- Aumento da segurança portuária, com investimentos em sistemas de vigilância, tecnologia de ponta e treinamentos de pessoal;
- Investimentos em novas tecnologias, como sistemas de gestão eletrônica de informações e plataformas de comunicação e intercâmbio de dados.

Impacto do PPA nos Portos:

- O PPA tem o objetivo de melhorar a eficiência dos portos, aumentar a capacidade de movimentação de cargas e promover o desenvolvimento econômico das regiões portuárias;
- As ações previstas no PPA podem gerar novos investimentos, criação de empregos e aumento da arrecadação tributária nas regiões portuárias;
- O PPA também pode contribuir para a redução de custos logísticos, a melhoria da competitividade das empresas exportadoras e o fortalecimento da economia do país.

PROGRAMA PORTO DO FUTURO

No Estado do Maranhão, o Programa **Porto do Futuro** é a principal iniciativa que visa a modernização e inovação do Complexo Portuário do Itaqui, com foco em pesquisa, formação de mão de obra e desenvolvimento tecnológico. Este programa reúne diversas iniciativas, como a Residência Portuária em Inovação e o Programa de Apoio à Pesquisa no Porto, e tem como objetivo transformar o porto em um hub logístico e tecnológico de referência.

Objetivos do Programa:

O programa tem como principais objetivos a modernização das operações portuárias, a formação de profissionais qualificados para o mercado de trabalho portuário e a promoção da inovação e da pesquisa no setor.

O "Porto do Futuro" integra diversas iniciativas, incluindo:

- Residência Portuária em Inovação: seleciona e desenvolve talentos locais para solucionar desafios de inovação no setor portuário;
- Jovem Tech: formação de jovens em tecnologia, direcionada ao mercado portuário;
- Programa de Apoio à Pesquisa no Porto: apoia projetos de pesquisa que visam o desenvolvimento de soluções tecnológicas para o Complexo Portuário do Itaqui.

PLANO NACIONAL DE INTEGRAÇÃO PORTUÁRIA (PNIP)

O PNIP é um instrumento de planejamento estratégico do setor portuário brasileiro que visa projetar o crescimento da demanda por serviços portuários e orientar intervenções na infraestrutura e gestão dos portos. Ele faz parte do planejamento integrado de transportes e busca otimizar a infraestrutura portuária até 2025, considerando os modos de transporte rodoviário,

ferroviário e aquaviário.

O PNIP, portanto, busca aperfeiçoar o sistema de segurança pública nos portos, terminais e vias navegáveis, visando prevenir e reprimir crimes, aumentando a segurança e reduzindo o "custo Brasil". O PNIP está integrado ao Plano Nacional de Logística (PNL) e outros instrumentos de planejamento, como os Planos Mestres, Planos de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) e o Plano Geral de Outorgas (PGO).

PLANO DE DESENVOLVIMENTO E ZONEAMENTO (PDZ)

O PDZ de um porto organizado é um instrumento de planejamento que define as estratégias e ações para o desenvolvimento e expansão do porto, levando em consideração o zoneamento de suas áreas e instalações. Ele visa garantir o desenvolvimento integrado, ordenado e sustentável do porto, alinhado com as políticas nacionais de transporte e logística, bem como com o desenvolvimento regional.

O PDZ é elaborado pela administração portuária e aprovado pela autoridade portuária competente. Ele estabelece diretrizes para o uso e ocupação das áreas do porto, definindo zonas específicas para diferentes tipos de atividades e operações. Além disso, o PDZ inclui planos de ação, investimentos e medidas para otimizar a gestão e operação do porto, bem como para promover sua interação com a cidade e a região.

8.1.2 - Transportes

PROGRAMA DE PARCERIAS DE INVESTIMENTOS (PPI)

O Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) foi criado, no âmbito da Presidência da República, em 2016, pela Lei nº 13.334, com a finalidade de ampliar e fortalecer a interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria e de outras medidas de desestatização.

Com a lei que instituiu o PPI, duas estruturas foram criadas na Administração Federal: o Conselho do PPI e a Secretaria do PPI. O Conselho é o órgão colegiado que avalia e recomenda ao Presidente da República os projetos que integrarão o PPI, decidindo, ainda, sobre temas relacionados à execução dos contratos de parcerias e desestatizações.

A Secretaria, vinculada ao Ministério da Economia, atua em apoio aos Ministérios e às Agências Reguladoras para a execução das atividades do Programa.

Uma infraestrutura logística que explora diferentes modais de transporte é essencial para eficiência da produção, reduzindo custos e tornando mercadorias e serviços mais competitivos.

O PPI apoia projetos relacionados à modernização da matriz de transportes do Brasil em todos os

modais, incluindo os setores aeroviário, rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário para transporte de cargas e passageiros que alie a melhor prestação de serviço à sociedade e redução de custos de transportes com modelos mais eficientes e sustentáveis.

Vale destacar que o BNDES é o condutor do processo de concessões e outras formas de desestatização de ativos do PPI. O Banco atua na estruturação de projetos que visem atrair a parceria privada, identificando oportunidades e conduzindo o processo desde a fase de estudos e modelagem, até a assinatura do contrato de desestatização entre o governo e o parceiro privado. Cabe, também, ao BNDES, no papel de membro do Conselho do PPI, indicar empreendimentos que se qualifiquem para sua implantação por meio de parcerias privadas.

PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DAS RODOVIAS FEDERAIS

O Governo Federal instituiu, em 2021, a Política de Modernização da Infraestrutura Federal de Transporte Rodoviário e a qualificou no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência (PPI).

A política, criada pelo Decreto nº 10.648/2021, tem por objetivo promover a modernização e garantir a segurança e eficiência logística das rodovias federais, concedidas ou não. Este Programa visa trazer inovações para as rodovias, proporcionando a segurança viária, a fluidez e a tecnologia como pilares da modernização.

Este projeto pretende garantir as ferramentas necessárias para melhorar a competitividade, assegurar a qualidade na infraestrutura e promover a segurança de todos.

O Programa, voltado para rodovias concedidas e para as administradas pelo Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT), está em consonância com a Política Nacional de Transportes (PNT) e com o Plano Setorial de Transportes Terrestres (PSTT) coordenados pelo MInfra.

No âmbito desse Programa serão realizados investimentos em novas sinalizações, em monitoramento das vias, na conectividade (*wi-fi* e cobertura de celular nas rodovias), na implantação do *free flow*, além de aprimorar a paisagem veicular e a integração do DNIT e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

O Programa, conseqüentemente, trará a modernização junto com o incentivo para uso da TAG dos pedágios (pedágios expressos) e técnicas sustentáveis para melhorar a qualidade do meio ambiente no Maranhão e nos demais estados brasileiros.

Em maio de 2022 o estado do Maranhão reivindicou melhoria das rodovias federais BR-135 e BR-222 durante a reunião do Conselho Temático de Infraestrutura e Obras, da Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (Fiema), com representantes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes no Maranhão (DNIT/MA).

Salienta-se que a BR-135 é a única via de acesso por terra à capital maranhense e para a indústria local, e os problemas encontrados em sua infraestrutura causam lentidão no fluxo do tráfego e aumentam os custos logísticos.

Uma das solicitações é que haja a duplicação da rodovia até o município de Miranda. Essa melhoria vai beneficiar diretamente a economia do Maranhão, impactando positivamente o turismo, e agregando valor às *commodities*.

No início deste ano, a Secretaria de Estado da Fazenda (SEFAZ) do Maranhão e a Polícia Rodoviária Federal (PRF) realizaram a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica com o objetivo de realizar troca de informações para execução de procedimentos e de ações de programa de cooperação técnico-fiscal, abrangendo o intercâmbio de informações, o planejamento de operações e a fiscalização referente à circulação de veículos e de mercadorias.

O Maranhão é o terceiro Estado brasileiro a formalizar esse tipo de acordo com a PRF, que tem por objetivo realizar a integração de sistema e compartilhamento de registro, informações e documentos pertencentes à SEFAZ e à PRF. Com essa colaboração mútua, os resultados esperados são: aumento das fiscalizações, diminuição gradual do número de ocorrências criminais e redução no tempo de atendimento do cidadão.

PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA (PNL)

O PNL é um dos principais instrumentos que o Poder Público dispõe para planejar, no longo prazo, a infraestrutura de transportes brasileira. O PNL identifica e propõe, com base no diagnóstico atual, soluções que contribuam para o desenvolvimento brasileiro.

O objetivo é indicar empreendimentos que propiciem a redução dos custos, melhorar o nível de serviço para os usuários, buscar o equilíbrio da matriz, aumentar a eficiência dos modos utilizados para a movimentação das cargas e diminuir a emissão de poluentes.

O PNL é desenvolvido pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL) de acordo com as atribuições legais da empresa. Neste papel, a EPL busca integrar os planejamentos setoriais brasileiros, de forma a promover o desenvolvimento regional e nacional, além de garantir a infraestrutura necessária para o escoamento de produção e deslocamento da população por todo o território brasileiro.

O PNL representa a retomada do processo de planejamento no setor de transporte, dotando-o de estrutura permanente de gestão com base em sistema de informações georreferenciadas, contendo os principais dados de interesse do setor, tanto na oferta quanto na demanda.

Vale destacar que o PNL considera a infraestrutura de transportes do Maranhão, incluindo rodovias, ferrovias, hidrovias e portos, com o objetivo de otimizar a logística do estado. O plano

busca identificar oportunidades e necessidades específicas do Maranhão, como a expansão de infraestruturas, a melhoria da logística portuária e a promoção do transporte multimodal.

O PNL 2035, por exemplo, inclui projeções de demanda de transporte até o ano 2035, com foco em diferentes cenários de simulação, incluindo o Maranhão. O plano, também, considera projetos para a carteira de estudos, que serão analisados nas simulações até 2035, com o objetivo de estruturar investimentos em infraestrutura.

A implementação do PNL no Maranhão pode trazer diversos benefícios, como:

- Redução dos custos de transporte, o que pode aumentar a competitividade da economia maranhense;
- Melhora do nível de serviço para os usuários, como empresas e consumidores;
- Aumento da eficiência dos modos de transporte, o que pode otimizar o fluxo de cargas e pessoas;
- Diminuição da emissão de poluentes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental;
- Promoção do desenvolvimento regional, com a geração de empregos e o aumento da arrecadação de impostos.

8.1.3 - Programas Sociais

A Secretaria Especial do Desenvolvimento Social (SEDS) integra a estrutura do Ministério da Cidadania, órgão responsável por políticas executadas pelos extintos ministérios do Desenvolvimento Social e do Esporte e instituído por meio do Decreto nº 9.674/2019 e Decreto nº 10.357/2020.

Compete à Secretaria assessorar o Ministro da Cidadania na formulação e coordenação de políticas, programas e ações voltados à renda de cidadania, assistência social, inclusão social e produtiva nos âmbitos rural e urbano, atenção à primeira infância e cuidados e prevenção às drogas.

Os Programas Criança Feliz e Auxílio Brasil, o Cadastro Único para Programas Sociais, o Sistema Único de Assistência Social (Suas) e as políticas nacionais de Assistência Social e de Segurança Alimentar e Nutricional compõem parte das atribuições desta Secretaria Especial.

No bojo das políticas de renda de cidadania está o Auxílio Brasil, que integra em apenas um programa, várias políticas públicas de assistência social, saúde, educação, emprego e renda.

O novo programa social de transferência direta e indireta de renda é destinado às famílias em situação de pobreza e de extrema pobreza em todo o país. Além de garantir uma renda básica a essas famílias, o programa busca simplificar a cesta de benefícios e estimular a emancipação dessas famílias para que alcancem autonomia e superem situações de vulnerabilidade social.

Na atenção à primeira infância, o Programa Criança Feliz consiste numa importante iniciativa para que famílias com crianças entre zero e seis anos ofereçam a elas ferramentas para promover seu desenvolvimento integral.

Trata-se de uma estratégia alinhada ao Marco Legal da Primeira Infância que traz diretrizes para a formulação e a implementação de políticas públicas em atenção à especificidade e à relevância dos primeiros anos de vida no desenvolvimento infantil.

O Sistema Único de Assistência Social (Suas) é responsável por reorganizar os serviços, programas, projetos e benefícios relativos à proteção social considerando os cidadãos que dela necessitam, tendo a centralidade na família e base no território, ou seja, o espaço social onde seus usuários vivem.

Já as políticas de inclusão social e produtiva se dividem em rural e urbana. No contexto rural estão as ações de promoção da alimentação saudável, aquisição de alimentos da agricultura familiar e acesso água.

A área urbana conta com iniciativas para o fortalecimento de empreendimentos econômicos solidário e a qualificação profissional básica e continuada, bem como acesso à microcrédito orientado por parte dos beneficiários do Auxílio Brasil.

A SEDS é responsável, ainda, pelas políticas voltadas aos cuidados e prevenção às drogas e pelo Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal, principal instrumento do Estado brasileiro para a seleção e a inclusão de famílias de baixa renda em programas federais.

8.2 - ÂMBITO ESTADUAL

No âmbito estadual os principais Planos e Programas correlatos ao empreendimento em questão estão citados a seguir.

8.2.1 - Planejamento Estratégico

PLANO PLURIANUAL (PPA)

O Governo ordena suas ações com a finalidade de atingir objetivos e metas por meio do PPA, um plano de médio prazo elaborado no primeiro ano de mandato do gestor do poder executivo eleito, para execução nos quatro anos seguintes.

O PPA é instituído por lei, estabelecendo, de forma regionalizada, as diretrizes, objetivos e metas da Administração Pública para as despesas de capital e outras delas decorrentes e para aqueles referentes programas de duração continuada. A lei é de iniciativa exclusiva do Poder Executivo.

Os investimentos cuja execução seja levada a efeito por períodos superiores a um exercício financeiro, só poderão ser iniciados se previamente incluídos no PPA ou se nele incluídos por

autorização legal. A não observância deste preceito caracteriza crime de responsabilidade.

O PPA para o quadriênio 2024-2027 do Estado do Maranhão consta em Projeto de Lei, de 26 de setembro de 2023, sendo um importante instrumento de gestão, materializando o planejamento de médio prazo mediante uma estrutura programática que se propõe a ser executada pelos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário no respectivo quadriênio. Sua Revisão tem como premissa basilar a transparência necessária ao fortalecimento do processo democrático, estimulando a gestão participativa e o controle social.

PROGRAMAS PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DO MARANHÃO

o Plano Maranhão 2050:

Coordenado pela Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento (Seplan), a construção do Plano Maranhão 2050 tem o objetivo de promover estudos, planejamento da gestão estadual e perspectivas a longo prazo, para a elaboração de políticas públicas adequadas à proteção das minorias, das populações vulneráveis, e que garantam inclusão social, o respeito à dignidade humana e ao meio ambiente.

A organização da Comissão do Maranhão 2050 se dará de forma democrática, coletiva e contínua, a partir da mobilização de diversos segmentos da sociedade, e do estímulo a parcerias com entidades públicas, privadas, nacionais e internacionais.

o Política de Energia Renovável:

Visando aumentar a oferta de energia limpa e renovável, a descarbonização da economia estadual e a universalização do fornecimento de energia elétrica no Maranhão, o governo do Estado criou uma Comissão para a elaboração da Política Estadual de Energia Renovável, que irá definir diretrizes, desenvolver e coordenar projetos, ações, estudos e programas relativos à geração de energia limpa e renovável para a matriz energética do Maranhão, com ênfase à energia eólica e solar.

o Programa Estadual de Hidrogênio Verde:

Visando o desenvolvimento sustentável e integrado do potencial energético, solar e eólico, o governo do Estado criou a Comissão Estadual para elaboração de estudos para implantação do Programa Estadual de Hidrogênio Verde (PEH2V), para a geração de hidrogênio verde no Maranhão.

O PEH2V, que será coordenado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico e Programas Estratégicos (Sedepe), objetiva complementar a matriz estadual, em conformidade com diretrizes nacionais, internacionais e com a Política Estadual de Energia Renovável, e terá comissão

composta por órgãos públicos, sociedade civil, universidades, federações, iniciativa privada e outros atores relevantes para o fomento da cadeia produtiva de H2V no Estado.

o *Zona de Processamento de Exportação:*

A partir do Decreto 37.581, de 18 de abril de 2022, da Instalação da Comissão Estadual sobre a Zona de Processamento de Exportação do Maranhão (CZEPEMA), o Estado irá implantar a Zona de Processamento de Exportação (ZPE), uma área de livre comércio com o exterior, destinada à instalação de empresas voltadas para a produção de bens a serem comercializados, e para a prestação de serviços vinculados à industrialização de mercadorias ou a serem comercializados ou destinados ao exterior.

A instalação de uma ZPE no Maranhão trará benefícios como o fortalecimento da balança comercial estadual, atração de investimentos estrangeiros, geração de emprego e renda, difusão de novas tecnologias, inclusive decorrentes da instalação de empresas da cadeia produtiva do hidrogênio verde.

8.2.2 - Transporte

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE RODOVIAS

O Programa de Recuperação de Rodovias é uma iniciativa do Governo do Maranhão para melhorar a malha rodoviária do estado. O cronograma contempla 50 trechos distribuídos em 12 regionais com um investimento que ultrapassa R\$ 150 milhões de reais.

Seguindo o cronograma de Recuperação de Rodovias, o Governo do Maranhão, está executando os serviços para garantir a trafegabilidade das vias.

Na Região da Baixada, composta por 21 municípios, as equipes se dividem em 10 cidades com os serviços de manutenção de vias, asfaltamento de trechos e imprimação, alcançando cerca de 213 km de malha rodoviária.

Somente na MA-014, que liga a maioria dessas cidades, os serviços estão divididos em sete frentes de trabalho entre Vitória do Mearim a Pinheiro, passando por São Vicente e São Bento.

Os serviços de manutenção atendem, também, a região do Gurupi, pela MA-206, que passa por Carutapera e povoado Quatro Bocas, importante via de acesso em que os trabalhos contemplam 70 quilômetros de extensão da via.

As equipes já realizaram a imprimação de asfalto em vários trechos e a comunidade já pode usufruir de uma viagem mais rápida e segura.

A MA-101, no trecho entre Carutapera e Cândido Mendes, também, está no mapa para recuperação.

8.2.3 - Programas Sociais

CENTRO ESTADUAL DE REFERÊNCIA EM SAÚDE DO TRABALHADOR (CEREST)

Os Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (CERESTs) promovem ações para melhorar as condições de trabalho e a qualidade de vida do trabalhador por meio da prevenção e vigilância. Existem dois tipos de CEREST: os estaduais e os regionais.

Cabe ao CEREST estadual elaborar e executar a Política Estadual de Saúde do Trabalhador, acompanhar os planos de ação dos CERESTs regionais, a participação da pactuação para definição da rede sentinela e a contribuição para as ações de vigilância em saúde.

POLÍTICA ESTADUAL DE SAÚDE DO TRABALHADOR E DA TRABALHADORA

O Governo do Estado instituiu a Política Estadual de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora no território maranhense. A política foi instituída por meio da publicação de portaria da Secretaria de Estado da Saúde (SES), de 17 de março de 2022, e visa garantir a promoção, a proteção, a recuperação e a reabilitação da saúde do trabalhador e da trabalhadora, bem como a redução dos indicadores de mortalidade decorrente dos processos produtivos.

Para a implantação da política, a portaria baseou-se no Artigo 200 da Constituição Federal, que estabelece que compete ao Sistema Único de Saúde (SUS) executar as ações de Vigilância Sanitária e Epidemiológica, bem como as de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora.

O documento considerou ainda a Lei nº 8.080/1990, a Lei Federal nº 8.142/1990 e a Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 453/2012, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde e a regulamentação dos espaços de participação e controle social no SUS.

PROGRAMA JOVEM TRABALHADOR

Instituído a partir da lei nº 11.384, de 16 de dezembro de 2020 e regulamentado por meio do Decreto nº 36.486, de 10 de fevereiro de 2021, o Programa Trabalho Jovem é uma iniciativa do Governo do Maranhão para a geração direta de oportunidades a jovens maranhenses, por meio da oferta de emprego, renda, estágios, cursos, residências profissionais em Ciências Agrárias e apoio financeiro a atividades comunitárias de proteção ao meio ambiente e indireta, por meio de assessorias gratuitas.

O Programa capacita e forma jovens para potencial atuação em diversos setores do mercado de trabalho, o que pode ser potencializado a partir da demanda gerada pela Usina.

AGRICULTURA FAMILIAR

Uma pesquisa recente produzida pela Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância) junto com

Ibope Inteligência revelou que 30% das famílias de classes D e E deixaram de ter comida em algum momento durante a pandemia. O estudo apontou, também, que lares com crianças e adolescentes foram os mais afetados pelos efeitos da pandemia, independentemente do nível econômico. Segundo os dados apresentados, 60% de lares com pessoas dessa faixa etária viram seus rendimentos domiciliares minguarem.

Nesse sentido, o estado do Maranhão aposta no fortalecimento da agricultura familiar como uma estratégia de redução dos danos. Com incentivos que vão desde a formação técnica de pequenos agricultores até o beneficiamento e a aquisição e doação dos produtos, é gerada uma cadeia de apoio aos produtores e consumidores.

Em setembro de 2021 foi lançado o Plano Emergencial de Empregos Celso Furtado, que dentre diversas ações, garantiu a abertura de edital do Programa de Compras da Agricultura Familiar (PROCAF).

Foram beneficiadas 87 associações em 44 municípios, totalizando 1.230 agricultores familiares, entre elas duas associações indígenas do estado.

Dos agricultores e agricultoras familiares foram adquiridas 453 toneladas de alimentos, diversificadas em 97 produtos entre frutas, verduras, legumes, hortaliças e panificações. Entre as 71 unidades beneficiadas estão hospitais, casas familiares rurais e Centros de Referência de Assistência Social (Cras).

Há 160 km de São Luís, o Cras da Vila de Fátima, no município de Chapadinha, foi um dos beneficiados pelo programa de doação de alimentos.

PROGRAMA NACIONAL CRÉDITO FUNDIÁRIO - TERRA BRASIL

O Terra Brasil - Programa Nacional de Crédito Fundiário - oferece condições para que os agricultores sem acesso à terra ou com pouca terra possam comprar imóvel rural por meio de um financiamento de crédito rural.

Além da terra, os recursos financiados podem ser utilizados na estruturação da propriedade e do projeto produtivo, na contratação de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), gerando oportunidade, autonomia e fortalecimento da agricultura familiar, alicerçado na melhoria da qualidade de vida, geração de renda, redução da pobreza, segurança alimentar e sucessão no campo para os agricultores familiares.

Os recursos para os financiamentos concedidos são oriundos do Fundo de Terras e da Reforma Agrária.

SISTEMA DA AGRICULTURA FAMILIAR (SISTEMA SAF)

O governo do Estado do Maranhão, visando fortalecer e integrar o diálogo na Agricultura Familiar

maranhense, criou o Sistema da Agricultura Familiar (Sistema SAF). O Sistema compreende: a Secretaria de Estado da Agricultura Familiar - SAF, o Instituto de Colonização e Terras do Maranhão - ITERMA e a Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural do Maranhão - AGERP como vinculadas.

À SAF é vinculado ao Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário (CEDRUS) que tem o objetivo de promover parcerias entre o poder público e a sociedade civil e estabelecer diretrizes para as políticas públicas dos municípios.

Desde a sua criação, o Sistema SAF trabalha em conjunto e dialoga com os movimentos sociais (MST, MIQCB, ACONERUQ, FETAEMA e FETRAF). Por meio de um conjunto de ações, o Sistema SAF está levando políticas públicas aos agricultores e agricultoras familiares de todo o Maranhão.

8.2.4 - Meio Ambiente

PROGRAMA MARANHÃO SEM QUEIMADAS

Nos dois últimos anos o Maranhão vem apresentando quedas significativas nos quantitativos de focos de calor no Estado. Essa redução é reflexo do trabalho realizado pelo Governo do Maranhão, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), que atua fortemente no combate e na prevenção de queimadas e dos focos de fogo por todo o Estado através do Programa Maranhão Sem Queimadas.

Nos anos de 2020 e 2021, a SEMA desenvolveu diversas ações que oportunizaram na diminuição dos índices de queimadas no estado através de seis campanhas do Programa Maranhão Sem Queimadas em 2020.

Já em 2021, foram desenvolvidas mais seis campanhas do Programa que contou com a doação de dezenas de equipamentos ao Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBBMA) para auxiliar no combate direto aos incêndios florestais, além da formação de brigadistas em diversas cidades.

Outra importante ação realizada pela SEMA se dá pelo monitoramento constante dos eventos climáticos críticos que, oportunamente, podem ser informados ao CBMMA para que haja atuação nos locais com incêndios florestais. Ademais, o desenvolvimento de campanhas que auxiliam na educação ambiental se torna fundamental para que não ocorram esses incêndios de forma criminosa ou sem intenção.

PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPECURU

O Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru é um documento estratégico para a gestão dos recursos hídricos da bacia, abrangendo um período de 2025 a 2034. Ele foi desenvolvido em parceria pela Codevasf e a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). O plano visa diagnosticar

a bacia, estabelecer o enquadramento dos cursos d'água, realizar prognósticos, cenarização e criar um atlas da bacia.

O Rio Itapecuru, localizado no estado do Maranhão, possui uma área de aproximadamente 53.216,84 km², representando 16% do estado. A bacia abrange 56 municípios e mais de 1,2 milhão de habitantes, segundo a Ufma. O rio nasce na serra do Itapecuru e deságua na baía do Arraial, após um percurso de cerca de 1.050 km. O plano é importante para a gestão da bacia, especialmente devido aos desafios enfrentados, como baixos índices de saneamento básico e de gestão de resíduos sólidos em muitos municípios. A implementação do plano visa melhorar a gestão dos recursos hídricos e promover o desenvolvimento sustentável da região.

8.3 - ÂMBITO MUNICIPAL

Em termos de abrangência municipal, os principais Planos e Programas correlatos ao empreendimento em questão estão citados a seguir.

PROGRAMA ASFALTO NOVO

Em São Luís vários projetos de infraestrutura estão em andamento, incluindo obras de drenagem, asfaltamento e revitalização de áreas urbanas. O Programa Asfalto Novo da Prefeitura, lançado em 2021, já pavimentou mais de 600 km de estradas em diversos bairros, incluindo aqueles na zona rural. Outras obras, como a construção do Elevado da Cidade e a duplicação da Avenida Metropolitana, visam melhorar a mobilidade urbana e a qualidade de vida dos moradores.

OBRAS DE DRENAGEM PROFUNDA

Em São Luís, estão a ser realizadas 42 obras de drenagem profunda em diversas áreas críticas, com foco em bairros como Jambeiro, Vila Embratel e Santa Clara, entre outros. Uma destas obras visa interligar os bairros Geniparana e Santa Efigênia, além de melhorar o acesso e beneficiar as comunidades. As obras de drenagem profunda, portanto, visam solucionar problemas de alagamento e melhorar o escoamento de águas, contribuindo para a qualidade de vida da população e para a preservação do meio ambiente.

EXPANSÃO E MODERNIZAÇÃO DE PORTOS

Em São Luís, o principal porto é o Porto do Itaqui, que está a desenvolver diversos projetos de expansão e modernização. Estes incluem a construção de novas infraestruturas, como o Terminal de Grãos do Maranhão (TEGRAM), que visa tornar o porto uma referência nacional na exportação de grãos, e a expansão da Avenida Litorânea e do próprio Porto do Itaqui. O Porto do Itaqui está a desenvolver vários projetos importantes para a sua expansão e modernização, visando aumentar a

sua capacidade de movimentação de cargas, modernizar a sua infraestrutura e fortalecer a sua posição como um dos principais portos do país. Estes projetos devem trazer benefícios econômicos e sociais para a região.

8.4 - INICIATIVA PRIVADA

Em sequência constam Planos e Programas correlatos à iniciativa privada e com interesse para a região do empreendimento.

PARCERIAS PÚBLICAS PRIVADAS (PPPs)

As Parcerias Público-Privadas (PPPs) são contratos de longo prazo entre o setor público e o setor privado, com o objetivo de desenvolver e gerenciar projetos de infraestrutura, incluindo portos. No contexto portuário, as PPPs visam melhorar a eficiência das operações e expandir a capacidade dos portos, atraindo investimentos privados para projetos que tradicionalmente seriam de responsabilidade exclusiva do governo.

As PPPs em portos são contratos que podem variar de 5 a 35 anos, estabelecendo um vínculo jurídico para a implantação ou gestão, parcial ou total, de serviços, obras e atividades de interesse público.

Vale salientar que o setor privado assume parte ou a totalidade do financiamento do projeto, enquanto o governo pode oferecer contraprestações pecuniárias, garantias ou outras formas de apoio financeiro.

PPPs, portanto, podem ser uma ferramenta eficaz para atrair investimentos privados para projetos portuários, mas a estruturação de projetos atraentes e a garantia de segurança jurídica são cruciais.

A legislação brasileira sobre PPPs, embora tenha avançado, ainda pode apresentar desafios na sua aplicação em projetos portuários, exigindo adaptações e aperfeiçoamentos.

TERMINAL MARÍTIMO DE PONTA DA MADEIRA

Operado pela Vale, é o principal Terminal Portuário da mineradora e um dos maiores do Brasil em movimentação de carga, especialmente minério de ferro. Ele está localizado no Complexo Portuário de Itaqui, em São Luís, Maranhão, e se destaca pela sua capacidade de operar com grandes navios e pela complexidade das operações devido às marés e correntes marítimas.

Destina-se principalmente à exportação de minério de ferro trazido do projeto Serra dos Carajás, no Pará. Sua localização é feita através de ferrovia, pela Estrada de Ferro Carajás e rodoviária pela Avenida dos Portugueses e Vila Maranhão.

NOVO PLANO DE ACELERAÇÃO DE CRESCIMENTO - NOVO PAC

No Maranhão, há um volume significativo de investimentos privados em curso, impulsionados pelo Novo PAC e por outros projetos de infraestrutura e desenvolvimento. O Novo PAC, por exemplo, já executou 47,7% dos R\$ 17,3 bilhões previstos até 2026, com foco em áreas como habitação, saúde e educação.

Além disso, o estado tem atraído investimentos em setores como energia, mineração, agroindústria e infraestrutura portuária, impulsionando o crescimento econômico e a criação de novas oportunidades.

O Novo PAC tem um forte impacto no Maranhão, com investimentos em diversas áreas, como habitação (72.896 unidades do Minha Casa, Minha Vida) e saúde (retomada de obras de UBS e construção de maternidades).

Obras de infraestrutura como a duplicação de rodovias (BR-010, BR-222 e BR-135), a construção de pontes e a adequação de rodovias fazem parte do pacote de investimentos.

O Programa também contempla investimentos em portos e aeroportos, visando melhorar a logística e a infraestrutura de transporte do estado.

9 - ÁREA DE ESTUDO (AE) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

Neste capítulo constam as definições e respectivas abrangências geográficas da Área de Estudo (AE) estabelecida para este EIA e da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento.

9.1 - ÁREA DE ESTUDO (AE)

A definição da área de estudo é uma etapa fundamental na elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), pois estabelece os limites geográficos dentro dos quais serão avaliados os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

A área de estudo é determinada com base nas características do empreendimento, considerando a natureza, a magnitude e a abrangência dos impactos ambientais que podem ocorrer nas fases de instalação e operação. Para empreendimentos portuários, essa definição envolve tanto ambientes terrestres quanto marinhos, uma vez que as atividades afetam diretamente a zona costeira, o ecossistema marinho, áreas de influência socioeconômica e a biodiversidade regional.

A importância da correta delimitação da área de estudo está na garantia de que o EIA avaliará com precisão a extensão dos efeitos do empreendimento sobre o meio ambiente. Uma área de estudo bem definida permite:

- Diagnosticar adequadamente os meios físico, biótico e socioeconômico;
- Identificar com precisão os impactos ambientais significativos;
- Fundamentar a elaboração de medidas mitigadoras, compensatórias e de controle;
- Atender aos requisitos legais estabelecidos pela legislação ambiental vigente, como a Resolução CONAMA nº 01/1986 e diretrizes específicas da SEMA/MA.

Portanto, a área de estudo não é apenas um critério geográfico, mas sim um instrumento metodológico essencial para assegurar a qualidade, a efetividade e a legitimidade do processo de licenciamento ambiental de empreendimentos portuários no Maranhão e no Brasil.

A delimitação da área de estudo considerou as especificidades de cada componente ambiental. Por isso, as áreas de estudo para os meios físico, biótico e socioeconômico não são necessariamente coincidentes, já que os efeitos do empreendimento se manifestam de formas distintas em cada Meio.

No Mapa do Apêndice 17 consta a delimitação geográfica definida para o Meio Físico. Já no Mapa do Apêndice 18 consta a Área Diretamente Afetada e a Área de Estudo do Meio Biótico (Flora) e por fim, no Apêndice 19 consta a abrangência das Áreas de Influência do Meio Socioeconômico.

9.1.1 - Meio Físico

A área de estudo compreende as ilhas Tauá-Mirim e Boa Razão, localizadas na Ilha de São Luís, no estado do Maranhão, inseridas na Baía de São Marcos. Engloba a superfície terrestre dessas ilhas, incluindo suas faixas costeiras, áreas de manguezal, vegetação nativa e comunidades existentes, bem como a zona intertidal e subtidal adjacente, considerada até aproximadamente 500 metros a partir da linha média de maré baixa.

Abrange ainda o entorno aquático imediato e o canal de navegação projetado, estendendo-se a uma faixa de influência ao redor das ilhas, de modo a incluir ecossistemas associados, áreas de uso tradicional pelas comunidades ribeirinhas e rotas de pesca artesanal.

9.1.2 - Meio Biótico

A área de estudo referente à flora definida considerando um raio de 500 metros a partir da poligonal de implantação do terminal, localizado na Ilha Boa Razão, município de São Luís, estado do Maranhão. Esse recorte espacial abrange a porção insular diretamente relacionada à localização do projeto, incluindo ambientes terrestres, de forma a contemplar integralmente as características físicas, bióticas e socioeconômicas passíveis de influência direta pelo empreendimento. A delimitação adotada assegura a representatividade das condições ambientais locais e permite a análise detalhada dos aspectos e impactos potenciais no entorno imediato do futuro terminal.

A área de estudo definida para a fauna, tanto as espécies terrestres quanto as aquáticas visa garantir a avaliação abrangente das comunidades faunísticas locais, considerando seus habitats, interações ecológicas e possíveis sensibilidades frente às intervenções previstas. A inclusão conjunta de fauna terrestre e aquática se justifica pelo fato de a área de implantação situar-se em ambiente insular e estuarino, onde há forte inter-relação entre ecossistemas costeiros, manguezais e ambientes marinhos adjacentes.

Tais condições favorecem a presença de espécies que dependem simultaneamente de ambientes aquáticos e terrestres para alimentação, reprodução ou abrigo, além de garantir que potenciais impactos decorrentes da implantação e operação portuária sejam avaliados de forma integrada e compatível com a realidade ecológica local.

O Mapa do Apêndice 18 define a AE para a componente Flora do Meio Biótico e o Mapa do Apêndice 20 apresenta o Uso e Ocupação do Solo na ADA e Área de Estudo do Meio Biótico.

9.1.3 - Meio Socioeconômico

A Área de Estudo definida para o meio antrópico foi caracterizada visando estabelecer o perfil

socioeconômico da região, além de detalhar os diversos aspectos necessários para a avaliação dos potenciais impactos ambientais decorrentes da implantação desta tipologia de empreendimento.

Desse modo, a Área de Estudo compreende os quatro (04) Setores Censitários municipais, nos quais se encontram inseridas as sete (07) Comunidades integrantes deste Estudo, são eles: 211130005001903; 211130005001908; 21113000500191; e 211130005000959.

9.2 - ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

A Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento corresponde exclusivamente à poligonal do Terminal Portuário a ser implantado no estado do Maranhão, abrangendo a totalidade da infraestrutura prevista em terra e no espelho d'água associado à sua operação. Essa delimitação aplica-se de forma idêntica aos meios físico, biótico e socioeconômico, uma vez que as intervenções e impactos diretos concentram-se no próprio sítio de implantação do terminal.

Assim, a ADA inclui a área terrestre destinada às edificações, pátios, acessos internos, instalações de apoio e sistemas operacionais, bem como a faixa aquática destinada aos berços de atracação, estruturas de acostagem e manobra de embarcações, dragagem e obras marítimas associadas.

Por se tratar do espaço onde ocorrerão modificações diretas de uso do solo, supressão de vegetação, movimentação de solo e alteração das condições naturais e socioeconômicas, não se estende além dos limites físicos do terminal proposto, representando, portanto, o recorte espacial específico para avaliação dos impactos diretos nos três meios ambientais considerados.

O Mapa do Apêndice 20 define a ADA para o empreendimento.

10 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Em continuação estão descritos os principais aspectos geoambientais e socioeconômicos e culturais identificados e descritos nas áreas de influência propostas para o empreendimento.

10.1 - MEIO FÍSICO

Os principais aspectos correlatos ao Meio Físico estão considerados a seguir.

10.1.1 - Metodologia

Para este estudo técnico, foi utilizado um conjunto de dados secundários e informações sobre o clima regional complementados por visitas técnicas realizadas na área do empreendimento.

Os dados secundários foram obtidos por meio de artigos científicos, livros, dissertações, teses, base de dados quantitativas e espaciais referentes ao Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses e suas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão. Também foram utilizados relatórios técnicos de órgãos governamentais nacionais e processamento dos dados de domínio públicos, como a exemplo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com verificação em campo.

Após a coletânea de dados disponíveis, estes foram processados para caracterização dos sistemas atmosféricos e tipos climáticos.

A análise rítmica dos sistemas atmosféricos, valores mensais de precipitações pluviométricas, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos foi baseada nas normais climatológicas medidas pela série histórica de 1994- 2023 da estação meteorológica 82280 do INMET (Tabela 1), localizada na porção oeste do município de São Luís. O método de balanço hídrico foi realizado pelo método de Thornthwaite; Mather (1955) por meio desses dados meteorológicos obtidos, a fim de produzir a interpretação da realidade fiel do empreendimento.

Tabela 1 - Estação meteorológica do INMET- Dados utilizados para caracterização climática da área de estudo do CPM. Fonte: INMET, 2023.

Código INMET	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82280	São Luís - MA	-2,526	-44,213	32,58

Para o meio físico natural geológico, hidrogeológico e geomorfológico, foram empregados como base para caracterização das unidades geomorfológicas, os relatórios técnicos do Serviço Geológico do Brasil (BANDEIRA, 2013) com verificação em campo. Riscos geotécnicos foram avaliados em campo e espacializados na cartografia geotécnica atualizada.

Para o meio físico pedológico, foi utilizada como base para caracterização das classes de solos, o mapeamento realizado pela EMBRAPA (2006) com verificação em campo.

O mapeamento digital realizado para espacialização das informações ambientais e atendimento

aos objetivos foi produzido a partir de dados espaciais secundários dos tipos vetorial e *raster* com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essas informações, disponibilizadas nas escalas 1:250.000, permitiram suceder a identificação e delimitação de dados que explicassem o contexto natural na área.

No diagnóstico regional e local, a produção do mapeamento com informações ambientais considerou como base cartográfica principal as imagens orbitais do sistema óptico Landsat 8 com os sensores *Operational Land Imager* (OLI). Com o uso dos dados espaciais, os mapeamentos em ambiente SIG foram identificados e caracterizados mediante suas expressões espaciais encontradas na área de estudo.

Os territórios de abrangência da Área de Influência Direta e da Área de Influência Indireta foram utilizados fundamentalmente em planejamentos prévios e execução de análises técnicas em campo e detalhamento espacial da repercussão dos fenômenos em escala das sub-bacias hidrográficas, por fim foi efetuado o detalhamento necessário na Área Diretamente Afetada pretendida para instalação do empreendimento.

O procedimento de checagem *in loco* foi adotado para observação e checagem dos mapeamentos secundários com as informações percebidas em campo. Foram coletados pontos de reconhecimento que abrangem toda a área.

10.1.2 - Clima

O clima e seus padrões meteorológicos rítmicos foram caracterizados a seguir neste estudo com o objetivo de identificar seus efeitos, repercussões e impactos na dinâmica de instalação e operação do empreendimento.

Para tal caracterização, foram estabelecidos dois recortes espaciais, relativos às sub-bacias hidrográficas de Estiva e Tauá-Mirim/Boa Razão enquanto recorte regional e a poligonal do empreendimento como recorte local.

Os limites e dimensões dessas sub-bacias seguiram as áreas estabelecidas pela extração de bacias hidrográficas utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shutter Radar Topographic Mission* de resolução espacial de 1 arco de segundo.

A compreensão das dinâmicas em escala local do empreendimento e regional no Estado se convergem enquanto subsídios para a produção de planejamentos sistemáticos de ações de mitigação de riscos sociais, naturais e ambientais. Essas ações são fundamentais durante a instalação e operação de outros empreendimentos que venham a ocupar áreas adjacentes ao presente empreendimento.

A bacia hidrográfica consiste em um grupo de terras drenadas por um rio principal e seus

afluentes, servindo como unidade espacial de planejamento ambiental devido aos seus sistemas ecológicos e recursos naturais operarem de forma interligada e dependente, conforme analisa Silva *et al.* (2020).

Enfatiza-se nesse contexto as sub-bacias hidrográficas de Estiva e do Arquipélago de Tauá-Mirim/Boa Razão, localizada na porção extremo-oeste do município de São Luís. Dada sua extensão territorial e diversidade de relevos, essa sub-bacia apresenta 1 tipo climático classificados pelo IBGE para a área, sendo ele o Tropical Zona Equatorial.

O CPM está inserido nesse ambiente climático com as temperaturas anuais variando entre 23°C a 33°C. O período chuvoso ocorre principalmente nos meses de janeiro a maio, cuja precipitação anual total aproxima-se dos 2.175 mm.

Nessa região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, que é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizados em estudos dessa natureza, o clima é classificado como As- Clima Tropical Semi-úmido de verão. Esta classificação corresponde ao Grupo A, que indica clima quente com chuvas de inverno e outono e inverno seco. Ocorre no litoral oriental do Nordeste (Zona da Mata).

Sob a perspectiva ambiental, essa caracterização climática associada a localização promove uma variedade de paisagens com heterogeneidade de fragmentos vegetacionais, relevos, solos, disponibilidade hídrica e consequentemente usos do solo e dos recursos hídricos.

Desse modo, a gestão dos recursos hídricos deve considerar o tipo climático que, em sua função, orienta ao longo do ano a frequência e volume de precipitações e evapotranspiração para cada setor climático específico.

O Mapa do Apêndice 21 apresenta a espacialização do tipo climático na área do empreendimento, conforme o levantamento do IBGE (2002).

Com base em Júnior (2018), a regência da variabilidade da precipitação no empreendimento é em função dos sistemas atmosféricos causadores de chuva e da dinâmica das massas de ar que provocam instabilidade e estabilidade para o tempo, respectivamente.

A dinâmica atual destes fenômenos controla a distribuição temporal das chuvas durante o ano, influenciando nas condições chuvosas e secas verificadas. Marques *et al.* (2024) caracterizou os principais sistemas causadores de chuvas para região do Nordeste Brasileiro, em específico para o estado do Maranhão e a cidade de São Luís.

No Mapa do Apêndice 21 é possível notar com especificidade a distribuição climática para o CPM.

O caráter seco no Nordeste brasileiro, de maneira geral, tem associação ao domínio do centro de ação do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS) que no estado do Maranhão é responsável pela mEa (massas de ar Equatorial). Nimer (1989) destaca que somente no primeiro semestre do

ano, entre o verão e o equinócio outonal, há uma entrada de nuvens convectivas responsáveis pela precipitação no território.

Soares (2015) aponta que no Nordeste brasileiro ocorre “uma forte influência do centro de ação do Atlântico (mTa) que atuam no período de estabilidade das condições de tempo para a região”. Na área do empreendimento e nos bairros de Estiva e Ilha de Taua Mirim, há atuação direta da mEa que se diferencia da MTa, a partir da direção de deslocamento.

Em relação aos sistemas atmosféricos deflagradores de chuvas nessas áreas, destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) como o principal responsável pelos maiores volumes de precipitação no período chuvoso na Bacia Hidrográfica das Ilhas Maranhenses. Segundo Xavier (2000), a ZCIT é uma faixa nebulosa formada em virtude da “pseudotensão do vento”, fenômeno caracterizado pela convergência dos ventos alísios de nordeste e alísios de sudeste.

Por ser um sistema convectivo, a ZCIT segue a região do equador térmico, cujo seu deslocamento ocorre de modo sazonal, conforme as regiões que concentram a Temperatura de Superfície do Mar (TSM) mais aquecida. No primeiro semestre do ano, essa se situa mais ao sul da linha do equador (cerca de 6° de latitude sul) e no segundo semestre segue em direção ao norte, localizando-se a cerca de 14° de latitude.

A ZCIT é considerada o principal sistema produtor de chuvas na região Nordeste e sua posição influi diretamente no papel positivo das chuvas para o estado do Maranhão, atuando nos meses de fevereiro, março, abril e maio, sendo comumente os meses de março e abril os mais significativos. Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) são sistemas atmosféricos que contribuem para ocorrência de precipitações nas sub-bacias de Estiva e Ilha de Taua Mirim, cuja sua predominância foi verificada na pré-estação chuvosa, sobretudo nos meses de dezembro e janeiro. Segundo Gan e Kousky (1986), esse sistema é caracterizado como de baixa pressão fechado que se forma na alta troposfera.

O Mapa do Apêndice 21 contém a distribuição dos tipos climáticos nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão, Maranhão.

Ferreira & Mello (2005) apontam esses vórtices como provocadores de chuvas em sua zona periférica devido apresentar intensa atividade convectiva, contribuindo para a formação de nuvens e de modo consequente precipitação, havendo subsidência de ar em seu núcleo, sem formação de nuvens, resultando em totais pluviométricos mais reduzidos.

De outro modo, as Ondas de Leste (OL) ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) são ondas atmosféricas que se deslocam acompanhando os ventos alísios de leste para o oeste. No Atlântico Sul, esses distúrbios se deslocam desde a costa da África até o litoral leste brasileiro. De acordo com Alves *et al.* (2004), entende-se que os DOL são o principal sistema atmosférico provocador de

chuvas no litoral leste do Nordeste do Brasil no período de maio a julho.

Nos meses de junho e julho, quando intensificam suas ações na costa leste do Nordeste brasileiro e as condições meteorológicas estão favoráveis, podem atingir também o estado do Maranhão, causando chuvas significativas acompanhadas de muitas descargas elétricas e rajadas de ventos fortes, segundo salienta Barbieri (2015). No entanto, não são verificadas chuvas nesses meses em função desse sistema durante o período de chuvas analisado na área de estudo.

Não obstante, as Linhas de Instabilidade (LI) atuam fortemente no período do inverno, durante os meses de junho, julho e agosto, podendo ser influenciadas pelo término de ações da ZCIT. Ferreira e Mello (2015) lembram que as LI são bandas convectivas que possuem origem nas diferenças de temperaturas entre oceano e continente, cujas linhas podem estar intimamente associadas à brisa marítima.

Na Bacia Hidrográfica das Ilhas Maranhenses, o máximo de precipitação desse sistema ocorre entre a noite e o amanhecer. Barbieri (2015) analisa que nessa área os ventos de sudeste em baixos níveis que possuem direção do continente para o oceano, aliam-se a brisa terrestre, formando a convergência e uma linha de nuvens Cumulonimbus. Entretanto, para o período pluviométrico analisado, não se verifica a atuação desse sistema no empreendimento durante os meses pós-quadra chuvosa.

Face ao exposto, entende-se que os fenômenos atmosféricos de escala global/regional contribuem de maneira direta para ocorrência de chuvas na Bacia Hidrográfica das Ilhas Maranhenses e nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão, produzindo um dinamismo e variabilidade interanual e mensal concentrada.

Nesse ínterim, a variabilidade pluviométrica interanual no Nordeste brasileiro também está diretamente determinada pelas características termodinâmicas dos fenômenos oceânicos nos Oceanos Pacífico e Atlântico Equatoriais, como analisa Barbieri (2015, p.99).

As anomalias da Temperatura de Superfície do Mar (TSM) estão diretamente correlacionadas com as condições de seca para a região nordestina, local de análise deste estudo.

As pesquisas sobre os fenômenos climáticos-oceânicos reconhecem o El Niño Oscilação Sul (ENOS) como o produtor de alterações dos padrões habituais de TSM e dos ventos na região do Pacífico Equatorial (CPTEC, 2014). Esse fenômeno é caracterizado pela anomalia crescente da TSM no Oceano Pacífico Equatorial, onde, nos anos de El Niño, ocorre mudanças nos padrões gerais de circulação de atmosfera, causando movimento descendente de ar sobre a América do Sul, sobretudo no Nordeste brasileiro. Esse processo inibe a convecção do ar e consequentemente a formação de nuvens de chuva.

Em anos de La Niña, as águas do Oceano Pacífico oeste apresentam temperaturas mais baixas,

cujos fenômenos ocorrem de modo inverso perante o El Niño, gerando ascendência de ar e por consequência formação de nuvens com potencial convectivo sobre a América do Sul. Desse modo, esse fenômeno contribui para um aumento positivo de precipitações pluviométricas.

De modo análogo, também há os efeitos do Dipolo Atlântico ou Grande Inter-hemisférico da temperatura da superfície do mar (GRADM), segundo afirmam Andreoli e Kayano (2007). De acordo com Ferreira e Mello (2005), o Dipolo do Atlântico é a diferença entre as temperaturas anômalas da TSM no Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul.

Quando o Dipolo é positivo, a anomalia da TSM do Atlântico Norte é positiva, promovendo óbice para a ocorrência frequente de precipitação no Nordeste, ainda mais quando associada ao El Niño. Na vez em que o Dipolo é negativo, a anomalia da TSM do Atlântico Sul é positiva e a do Norte é negativa, produzindo chuvas com maior frequência na área setentrional nordestina, especialmente quando associada ao ENOS em fase negativa. Souza *et al.* (1998) lembra que o GRADM determina de modo incisivo a precipitação no Nordeste, na medida em que interfere na intensidade e posição da ZCIT.

Esses fenômenos ocorrem com abrangência regional no Brasil, mas seus efeitos se repercutem na área desse estudo com variações locais. São efeitos produzidos por interrelações em escala global, determinando de maneira direta e indireta as regiões e zonas de maior escala no Nordeste. Compreende-se que o clima é determinado fortemente pela circulação meteorológica regional com ocorrência dependente do comportamento dos seus sistemas atmosféricos.

10.1.2.1 - Temperatura do Ar

Na condição da temperatura, a área de estudo localiza-se na região equatorial com latitudes médias de -2.52° , correspondendo a forte incidência de radiação solar e temperaturas elevadas durante todo o ano, conforme analisa Júnior (2018). De modo geral, apresenta baixa amplitude térmica anual e interanual, em razão da sua localização geográfica (latitudinal e continental).

A sua baixa variabilidade térmica diária é devido ao fato do limite de proximidade entre os sertões e o litoral, cujo mar ainda atua na função de regulador térmico, em função das trocas de calor latente e em virtude dos processos físicos de troca de estado da água. Esse calor é oriundo do continente através dos ventos, exercendo o papel de regulação das temperaturas na superfície terrestre.

Além da sua influência nas temperaturas médias, o oceano está diretamente associado aos valores de umidade relativa, em função das taxas de evaporação elevada na região equatorial.

Em razão de estar localizado nessa região de constante e alta incidência de radiação solar, nas sub-bacias de Estiva e Ilha Boa Razão e de modo subsequente, o CPM, verifica-se pouca variação

intra-anual e interanual de temperatura com médias de 26°C a 27°C, segundo a constatação dos dados no período de 1994 a 2023.

As médias máximas acontecem em novembro e dezembro, com 27,78°C, enquanto a média mais baixa em março, com 26,36° C. A amplitude mensal é de 1,42° C, explicada principalmente pela sua localização em baixas latitudes e pela proximidade do oceano. O trimestre mais quente corresponde ao final da primavera e verão do Hemisfério Sul (outubro a janeiro), enquanto o trimestre mais frio corresponde ao final do outono até o final do inverno do Hemisfério Sul (março a agosto).

Os valores médios de temperatura foram analisados com base no banco de dados do INMET para a estação 82280 São Luís. A Figura 1 traz o padrão da temperatura máxima, média e mínima na série história dos últimos 30 anos expressa em graus Celsius (°C).

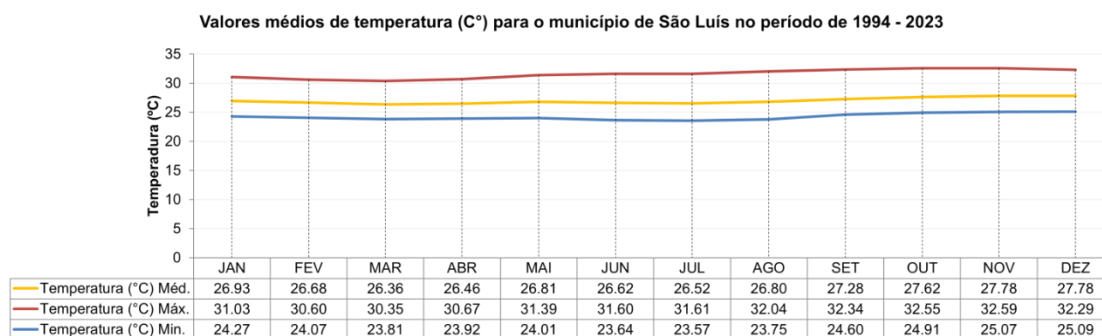


Figura 1 - Valores médios de temperatura máxima, média e mínima no município de São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).

Historicamente, os meses de novembro e dezembro apresentam com temperaturas mais elevadas com registros de temperatura de 32,59°C e 32,29°C, respectivamente. Os meses que registraram as menores temperaturas foram julho com 23,57°C e junho com 23,64°C, período convergente com maior ocorrência de nuvens Stratocumulus e Altostratus nos cenários meteorológicos diários.

10.1.2.2 - Insolação

Em Meteorologia a insolação representa o número de horas nas quais, durante o dia, o disco solar é visível para um observador situado à superfície terrestre, em um local com horizonte desobstruído. A insolação é, portanto, o intervalo total de tempo (entre o nascimento e o pôr do sol) em que o disco solar não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza.

A importância do estudo do fotoperíodo é importante, na medida em que interfere em várias atividades civis. A insolação é sempre menor ou (no máximo) igual ao fotoperíodo, sendo este designado como a insolação máxima teoricamente possível.

Em geral, as pessoas preferem desenvolver atividades turísticas, por exemplo, na época de maior fotoperíodo, exatamente para desfrutarem ao máximo do intervalo de iluminação natural em seus passeios. Por outro lado, o racional aproveitamento do fotoperíodo pode trazer sensível economia de energia elétrica, ajustando-se o início e o término da jornada de trabalho do comércio, da indústria, das instituições de ensino e outras de modo a aproveitá-lo melhor.

Em atividades agrícolas, por seu turno, a insolação pode ser decisiva, já que interfere na fisiologia de muitas espécies de vegetais, por exemplo. Desta forma, o tempo de insolação total mensal na estação São Luís do INMET é variável de acordo com os meses do ano, conforme a Figura 2. Observa-se que, na estação da primavera, de agosto a dezembro é o período com maior duração de incidência solar, entre 265,36h e 211,26 horas por mês.

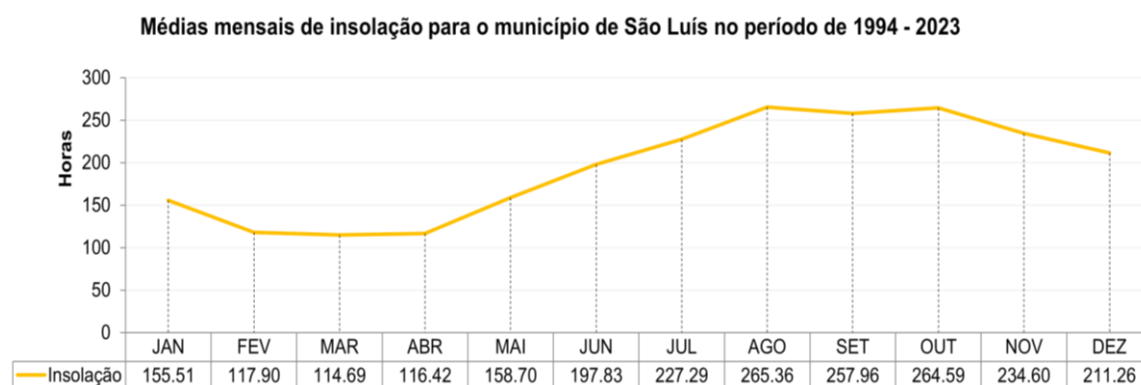


Figura 2 - Insolação total mensal na estação meteorológica São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).

10.1.2.3 - Precipitação

Para caracterização das variáveis climáticas nas sub-bacias de Estiva, Ilha Boa Razão e no CPM, as informações a seguir foram produzidas a partir das médias dos efeitos meteorológicos em uma série de dados que corresponde a uma série histórica de 30 anos, correspondente aos anos de 1994 até 2023.

Os dados climáticos foram obtidos da INMET para as médias pluviométricas com os valores extraídos da Estação Meteorológica 82280 localizada no município de São Luís e próxima do CPM, inserida no mesmo tipo climático Tropical Equatorial.

As médias pluviométricas anuais no recorte temporal de 30 anos (1994- 2023) permitiram a interpretação real do comportamento das precipitações em um passado recente e a elaboração de possíveis tendências posteriores, possibilitando o planejamento à antecipação de eventos climáticos.

A Tabela 2 traz a média anual ao longo dos últimos 30 anos obtidos no posto meteorológico do INMET completo de dados e mais próximo do CPM.

Tabela 2 - Médias pluviométricas anuais no período de 1994- 2023 em São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).

Médias Pluviométricas Anuais					
Ano	Média (mm)	Ano	Média (mm)	Ano	Média (mm)
1994	226,68	2004	208,07	2014	152,83
1995	205,84	2005	150,28	2015	125,60
1996	201,60	2006	196,18	2016	128,61
1997	118,43	2007	158,25	2017	188,50
1998	121,65	2008	216,65	2018	207,50
1999	197,18	2009	237,32	2019	229,42
2000	230,43	2010	146,30	2020	227,12
2001	206,63	2011	226,11	2021	211,36
2002	157,37	2012	94,43	2022	204,77
2003	197,54	2013	128,46	2023	132,82
Média Decadal	189,34	Média Decadal	176,20	Média Decadal	180,85
Pluviosidade Decadal	1.863,37	Pluviosidade Decadal	1.762,04	Pluviosidade Decadal	1.808,51
Média dos 30 anos			181,13 mm		
Pluviosidade acumulada nos 30 anos			5.433,92 mm		

O total da média da série histórica foi de 181,13 mm para a estação meteorológica analisada. No ano de 2012 ocorreu menor precipitação anual dentro do período analisado com 94,43 mm. Por outro lado, o ano de 2009 conferiu a maior quantidade média de chuvas com 237,32 mm. Assim, os primeiros 10 anos contabilizaram o maior volume de chuvas com 1.863,37 mm, seguido por 1.762,04 mm na década seguinte analisada e essa acompanhada por 1.808,51 mm nos últimos anos.

A Tabela 3 exibe a precipitação média mensal para os anos analisados. Expressa o período e a ação dos fenômenos climáticos com valores de chuva nos meses da quadra chuvosa e demais.

Tabela 3 - Médias pluviométricas mensais no período de 1994- 2023 em São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).

Médias Pluviométricas Mensais (Mm)											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
242,42	316,93	450,26	436,20	324,52	183,17	113,02	28,67	3,52	3,80	17,64	55,16

A quadra chuvosa refere-se aos meses de fevereiro, março, abril e maio que representam o maior volume de precipitação ao longo do ano para o estado do Maranhão. Na série analisada de 1994-2023, a quadra chuvosa totaliza média de 381,98 mm, sendo responsável por 70,24% das precipitações ao longo do ano na área do empreendimento.

Ainda, os dados mensais de precipitação revelam que no mês de março com a maior média de precipitação contabilizando 450,26 mm, seguido por abril com 436,20 mm. Esses foram, respectivamente, o terceiro e segundo mês da quadra chuvosa, responsáveis por mais de 40% das

chuvas nos meses de maior precipitação. Esses dados permitem interpretar que é indispensável o gerenciamento e implementação dos usos da terra que considerem, sobretudo, os solos hidromórficos e argissolos vermelho-amarelo eutróficos que ocorrem nas Áreas Diretamente Afetada e Área de Influência Direta desse estudo.

10.1.2.4 - Umidade Relativa

A umidade relativa é apresentada em percentual na Figura 3. Exibe os máximos e mínimos para o município de São Luís no período de 1994- 2023, cuja umidade mais baixa ocorreu nos meses de outubro (76,93%) e mais alta nos meses de abril (88,28%), meses com maior volume de chuvas. Mediante a Figura 3, foi analisado que a umidade possui relação direta com a precipitação, cujos percentuais foram mais elevados no período chuvoso, enquanto os percentuais mais baixos ocorrem no período seco.

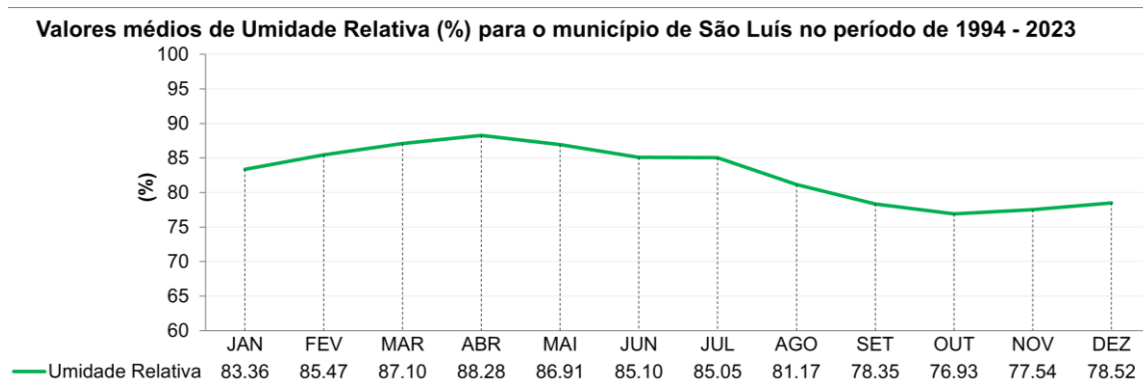


Figura 3 - Valores médios de umidade relativa do ar no município de São Luís, Maranhão. Fonte: INMET (2024).

As umidades relativas altas em todos os meses do ano são explicadas pela estação meteorológica em São Luís estar localizada no litoral maranhense, gerando elevadas taxas de evaporação durante o ano todo e umidades mais elevadas. No entanto, os meses com valores mais elevados (abril e março), foram também os que apresentam maiores precipitações.

10.1.2.5 - Nebulosidade

Nesse assunto, a nebulosidade é indicada na Figura 4 em oitavos ou décimos de céu encoberto. Nebulosidade de 5/10 (cinco décimos) ou 0,5 corresponde à metade da abóboda celeste encoberta.

O valor zero indica que nenhuma nuvem foi detectada no momento da observação e o valor 1 (10/10) corresponde a totalidade da abóboda coberta.

Médias mensais de nebulosidade para o município de São Luís no período de 1994 - 2023

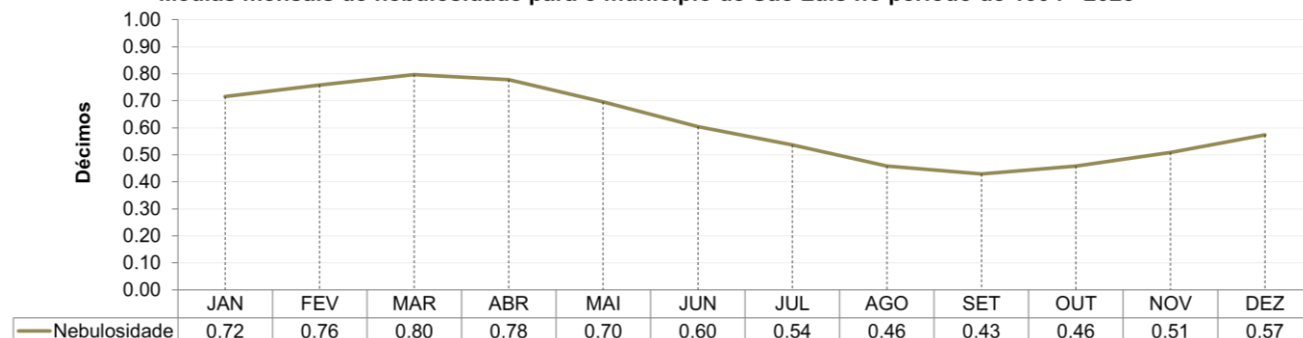


Figura 4 - Valores médios de nebulosidade no município de São Luís (1994- 2023). Fonte: INMET (2024).

A nebulosidade é mais intensa nos primeiros meses do ano, de modo incisivo entre fevereiro a maio, determinada pelo comportamento sistemático anual da ZCIT. Dessa forma, esse fenômeno natural limita a incidência solar e influência na temperatura, como revelam os climogramas na Figura 5 e na Figura 6.

Climograma da estação São Luís (INMET 82280) para o ano de 2012

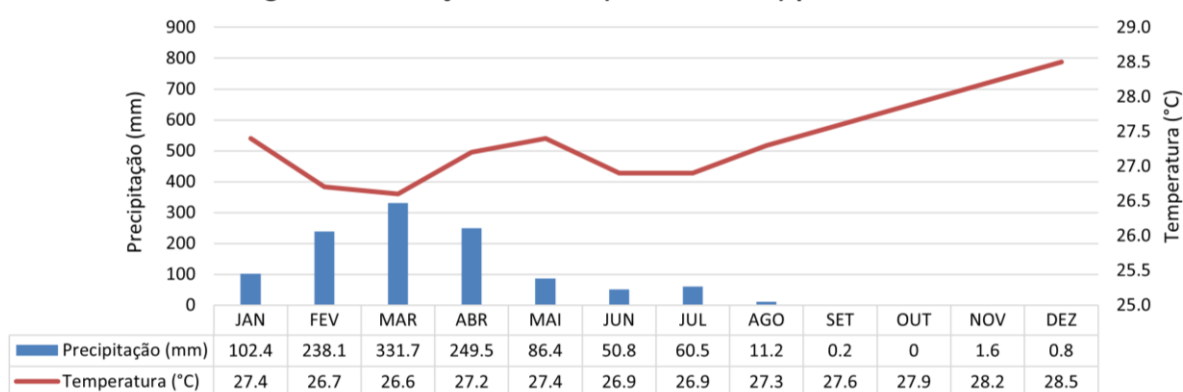


Figura 5 - Climograma no município de São Luís no ano de 2012. Fonte: INMET (2024)

O ano de 2012 corresponde na série histórica abordada o de menor precipitação média. O climograma na Figura 6 exibe o comportamento e distribuição da temperatura perante a precipitação no município de Fortaleza e áreas próximas. Nota-se que o mês de fevereiro possuiu maior volume de chuvas e compõe o conjunto de meses com menores médias de temperatura ao longo do ano.

Ao fim do período chuvoso, em maio, a temperatura tem um aumento significativo, com elevadas de temperaturas nos últimos meses do ano. Diferente desse quadro, o ano de 2009 corresponde a série histórica analisada dos anos com acúmulo de chuvas acima da média de precipitação.

Climograma da estação São Luís (INMET 82280) para o ano de 2009

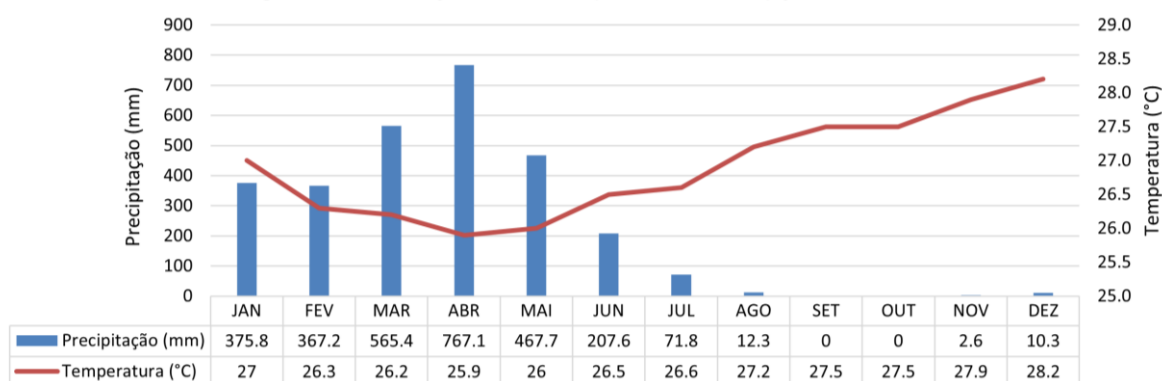


Figura 6 - Climograma no município de São Luís no ano de 2009. Fonte: INMET (2024)

Para o município de São Luís, e de modo emblemático no CPM, o padrão desse ano recente se caracteriza por haver grandes ocorrências de eventos de inundações e intensos alagamentos, conforme observam também Lima, Santos e Zanella (2018), justificando sobremaneira as altas elevações nas cotas altimétricas nos corpos hídricos e nas áreas de inundação sazonal, como exemplo emblemático dos açudes, lagoas e rios.

Mediante a Figura 6, foi verificado também que o período de chuvas se estende até o mês de julho, em virtude ação de todos os sistemas atmosféricos atuantes não só no município de São Luís, em sua Região Metropolitana, no CPM, mas especialmente em toda a região Nordeste, cujas precipitações se prolongam no período chuvoso de modo atípico. A média mínima da temperatura ocorre durante o mês de abril, concentrando elevação abrupta ao longo dos últimos meses do ano (agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro).

10.1.2.6 - Regime dos Ventos

Ademais, a nebulosidade, umidade relativa e temperatura influenciam diretamente no comportamento dos ventos. Na medida em que a nebulosidade permite maior irradiância, a temperatura se eleva, há um óbice na quantidade de umidade e o ar torna-se mais propício ao movimento, produzindo maiores velocidades médias de vento.

Na visualização da Figura 7, esse efeito se registra sobretudo nos meses em que se encerram as precipitações e nebulosidades com ocorrência de maiores temperaturas.

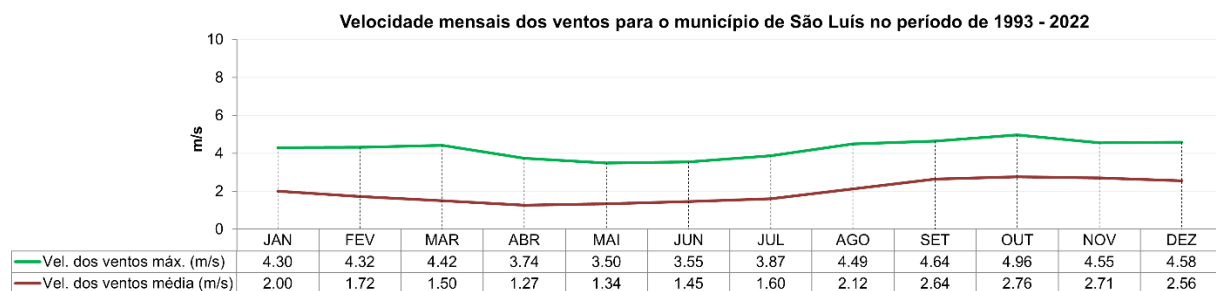


Figura 7 - Valores médios de velocidade máxima e média dos ventos no município de São Luís.
Fonte: INMET (2024).

Cumprir referir que, compondo os dados climáticos, a velocidade dos ventos é parte elementar para o entendimento das repercussões dos eventos e efeitos atmosféricos ao longo do ano. As movimentações do ar se associam as demais variáveis apresentadas ao relevar relação direta com os padrões climáticos distribuídos temporalmente nos meses.

Assim, os meses com maiores médias máximas dos ventos para a estação São Luís com aplicação na área do CPM são, respectivamente, março, setembro e outubro.

A Figura 8 mostra a rosa dos ventos com a direção e a distribuição de frequências de classes de ventos para a estação em São Luís para o período de 1994 a 2023, dada a disponibilidade de dados da base no INMET.

Gráfico Rosa dos Ventos

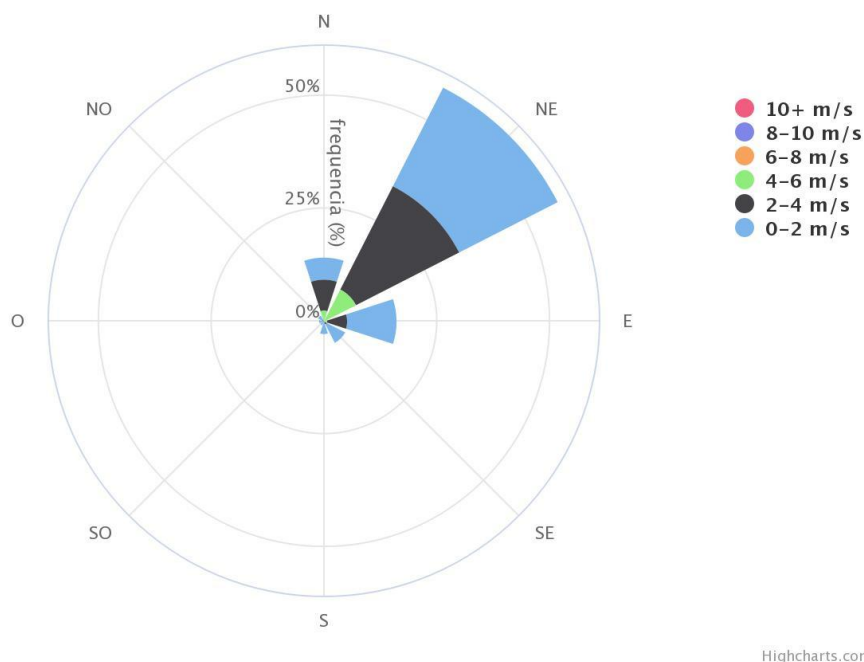


Figura 8- Rosa dos ventos da estação meteorológica de São Luís/MA.
Fonte: ProjetEEE, 2022.

10.1.2.7 - Balanço Hídrico

O balanço hídrico encerra a caracterização climática por ser um método climatológico prático e racional para quantificação e estudo em bases realistas do fator hídrico. Baseia-se em Thornthwaite & Matter (1955) no cotejo contábil dos valores mensais das chuvas com os correspondentes da evapotranspiração potencial, ou seja, da precipitação teórica necessária na área considerada.

Além de quantificar a chuva teoricamente necessária, aspecto indispensável na comparação com a chuva real para levantamento hídrico, a evapotranspiração potencial é também um indicador eficiente do fator térmico. O balanço hídrico pode ser empregado na definição das disponibilidades térmicas utilizadas nos trabalhos de planejamentos sistemáticos agrícolas (*e.g.* épocas favoráveis de semeadura, sistemas de cultivo), no zoneamento climático da aptidão agrícola e na caracterização dos períodos secos/úmidos.

Enquanto os valores da temperatura são expressos em graus, em simples índices termométricos, a evapotranspiração potencial é dada em milímetros de evapotranspiração equivalente a uma umidade física, quantitativa. Para tanto, a sua compreensão requer o entendimento de conceitos elementares a seguir.

O Excedente hídrico (EXC) é a água do solo acima da capacidade de água disponível; a Deficiência hídrica (DEF) corresponde a quantificação da seca enquanto a água que deixa de ser evapotranspirada pela falta de umidade no solo; a Retirada hídrica (RET), cuja água retirada do solo através da evapotranspiração, quando esta excede à precipitação pluvial e; Reposição hídrica (REP), em função da água reposta no solo até a capacidade máxima de retenção, quando a chuva excede à evapotranspiração potencial.

Assim, o compute das entradas e saídas de água de um sistema é o balanço hídrico, como analisam Sentelhas & Angelocci (2012). Logo, a chuva representa a principal entrada de água em um sistema, na vez em que a contribuição do orvalho só assume papel importante em regiões muito áridas, sendo assim desprezível.

Segundo os autores, ocorrem no solo as entradas de água pela ascensão radicular, mas somente em locais com lençol freático superficial e em períodos muito secos. Mesmo assim, a contribuição dessa variável é pequena, sendo também desprezível. Já os fluxos horizontais de água (escoamento superficial e subsuperficial) para áreas homogêneas se compensam, logo, anulando-se.

A evapotranspiração (ET) é a principal saída de água do sistema, especialmente nos períodos secos, ao passo que Drenagem Profunda (DP) se constitui em outra via de saída de água do solo

nos períodos excessivamente chuvosos.

Dessa forma, com base nos valores de precipitação, temperatura e capacidade de água disponível do solo (CAD), com valores obtidos mediante o levantamento realizado por Corrêa, Carvalho & Mendes (2023) para este último.

Foram calculados os valores desses conceitos para os anos extremos da série climática a partir da estação meteorológica São Luís com validade explicativa para o empreendimento, sendo 2012 como ano seco de pouca precipitação e 2009 o ano de chuvas acima da média. A Tabela 4 e a Tabela 5 trazem os valores das variáveis descritas para análise das condições climáticas do ano de 2012 e 2009.

Tabela 4 - Valores de excedente, deficiência, retirada e reposição hídrica no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Valores de Excedente, Deficiência, Retirada e Reposição Hídrica em mm no CPM - 2012				
Mês	EXC	DEF	RET	REP
JAN	0,00	-50,24	0,00	0,00
FEV	10,18	0,00	0,00	100,00
MAR	192,86	0,00	0,00	0,00
ABR	103,30	0,00	0,00	0,00
MAI	0,00	-18,84	-49,52	0,00
JUN	0,00	-58,16	-29,46	0,00
JUL	0,00	-70,62	-11,80	0,00
AGO	0,00	-133,98	-6,97	0,00
SET	0,00	-152,73	-1,77	0,00
OUT	0,00	-167,61	-0,39	0,00
NOV	0,00	-169,08	-0,07	0,00
DEZ	0,00	-184,07	-0,01	0,00

Tabela 5 - Valores de excedente, deficiência, retirada e reposição hídrica no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).

Valores de Excedente, Deficiência, Retirada e Reposição Hídrica em Mm no CPM - 2009				
MÊS	EXC	DEF	RET	REP
JAN	130,95	0,00	0,00	99,98
FEV	245,41	0,00	0,00	0,00
MAR	433,15	0,00	0,00	0,00
ABR	645,44	0,00	0,00	0,00
MAI	340,80	0,00	0,00	0,00
JUN	75,93	0,00	0,00	0,00
JUL	0,00	-17,75	-48,39	0,00
AGO	0,00	-99,81	-38,69	0,00
SET	0,00	-142,94	-10,12	0,00
OUT	0,00	-156,87	-2,23	0,00

Valores de Excedente, Deficiência, Retirada e Reposição Hídrica em Mm no CPM - 2009

MÊS	EXC	DEF	RET	REP
NOV	0,00	-160,69	-0,46	0,00
DEZ	0,00	-166,65	-0,09	0,00

A Tabela 6 e a Tabela 7 trazem valores explícitos nas tabelas anteriores para os anos 2012 e 2009, indicando a distribuição da precipitação ao longo do ano e ilustrando o comportamento da disponibilidade de água face a precipitação e evapotranspiração.

Na análise individual dos dados supramencionados nota-se que no ano de 2012 o efeito de haver baixas quantidades de chuvas não permitiu haver reposição e excedente hídrico nem na quadra chuvosa do ano, cujos demais meses foram seguidos de retirada e déficit, caracterizando um quadro de seca total característico do clima semiárido.

Contudo, no ano de 2009, há o oposto máximo desse cenário anterior com precipitação permitindo excedente hídrico até o mês de maio, configurando um ano que, embora seja comum no nordeste brasileiro, registra precipitações acima da média para área do CPM.

Na prática, a CAD do solo é o máximo de água que o solo pode reter levando em conta suas características físicas. Isso significa que cada tipo e textura do solo possuem CADs diferentes. Com base em Corrêa, Carvalho e Mendes (2023), a CAD dos solos na área desse estudo possui o valor de 100mm.

Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica

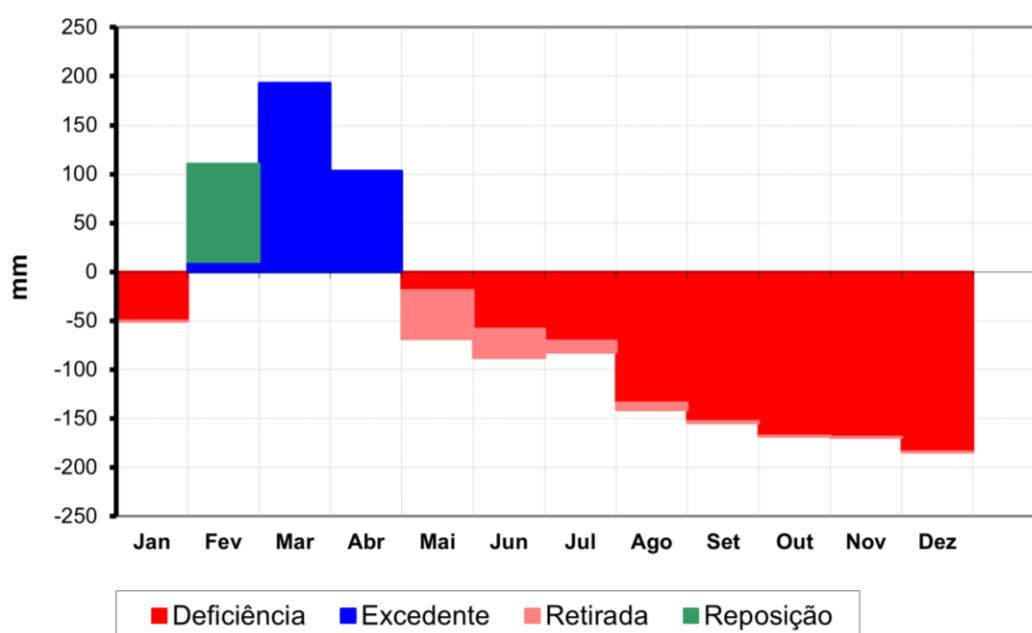


Figura 9 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica

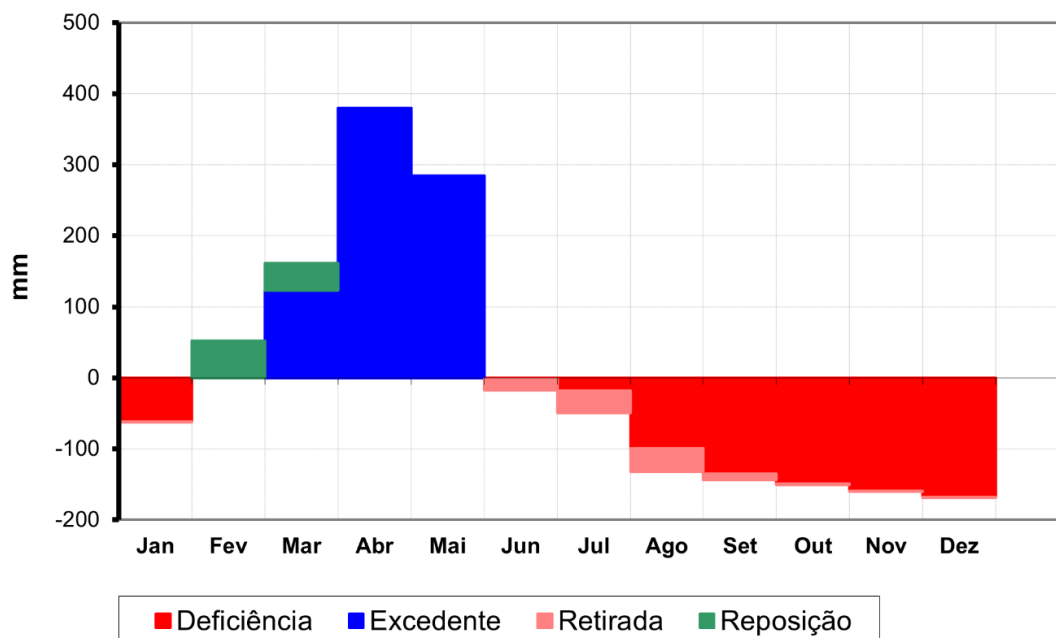


Figura 10- Valores de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no ano de 2012 no CPM em 2009. Fonte: INMET (2024).

Desse modo, Tabela 6 e Tabela 7 exibem a relação entre a CAD e o Armazenamento (ARM) de água no solo para 2012 e 2009.

A Figura 10 e a Figura 11 representam a distribuição ao longo do ano, possibilitando a análise temporal do aporte chuvoso perante a CAD.

Tabela 6 - Valores de capacidade de água disponível no solo (CAD) no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Capacidade de Água Disponível Mensal e Armazenamento em mm em São Luís - 2012		
MÊS	CAD	ARM
Jan	100,00	0,00
Fev	100,00	100,00
Mar	100,00	100,00
Abr	100,00	100,00
Mai	100,00	50,48
Jun	100,00	21,02
Jul	100,00	9,22
Ago	100,00	2,25
Set	100,00	0,48
Out	100,00	0,09
Nov	100,00	0,02
Dez	100,00	0,00

Tabela 7 - Valores de capacidade de água disponível no solo (CAD) para o CPM em 2012. Dados:

INMET (2024).

Capacidade de Água Disponível Mensal e Armazenamento em mm em São Luís - 2009

MÊS	CAD	ARM
Jan	100,00	100,00
Fev	100,00	100,00
Mar	100,00	100,00
Abr	100,00	100,00
Mai	100,00	100,00
Jun	100,00	100,00
Jul	100,00	51,61
Ago	100,00	12,92
Set	100,00	2,80
Out	100,00	0,57
Nov	100,00	0,11
Dez	100,00	0,02

Observa-se que não houve nenhum armazenamento hídrico subterrâneo no ano de 2012. No ano de 2009, ao atingir o limite da capacidade de água disponível, ocorre o excedente hídrico, uma vez que o solo é inapto a reter um volume maior de água que o permitido por suas condições físico-hídricas.

**Capacidade de Armazenamento (CAD),
Armazenamento (ARM) mensal**

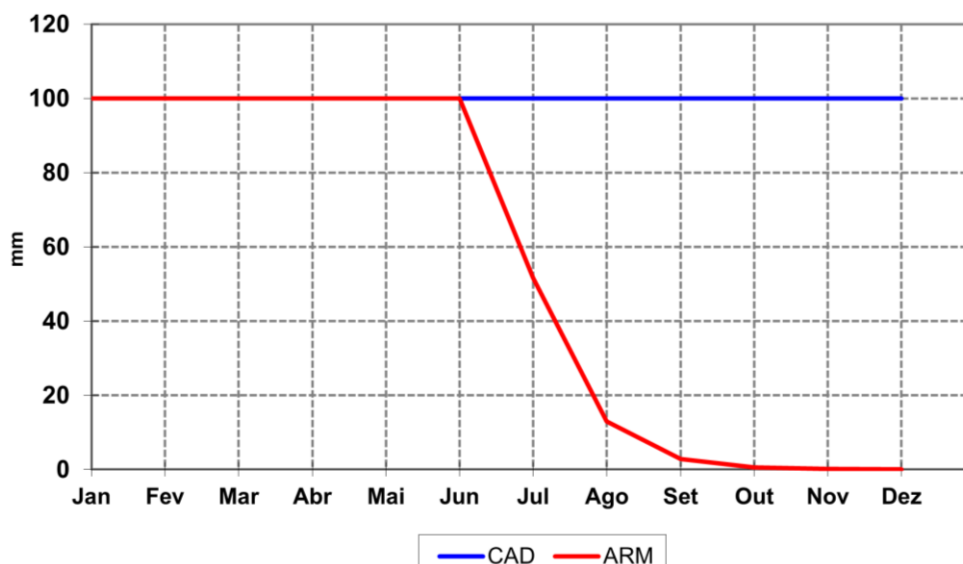


Figura 11 - CAD e armazenamento mensal no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).

Visando o balanço hídrico normal, a relação entre os valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real devem ser relacionados com a finalidade de encontrar a relação entre as variáveis e determinar o balanço hídrico.

A evapotranspiração é definida como sendo o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação de água do solo e da vegetação úmida e por transpiração de plantas. A diferença entre a evapotranspiração potencial e real ocorre pela quantidade em milímetros possível e a quantidade que efetivamente sofre o processo descrito. A Tabela 8 e a Tabela 9 apresentam os valores das variáveis para os anos modelo de 2012 e 2009.

Tabela 8 - Valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Valores de Precipitação, Evapotranspiração Potencial e Evapotranspiração Real em mm no CPM - 2012			
Mês	Precipitação	ETP	ETR
Jan	102,40	152,64	102,40
Fev	238,10	127,92	127,92
Mar	331,70	138,84	138,84
Abr	249,50	146,20	146,20
Mai	86,40	154,76	135,92
Jun	50,80	138,42	80,26
Jul	60,50	142,92	72,30
Ago	11,20	152,14	18,17
Set	0,20	154,70	1,97
Out	0,00	168,00	0,39
Nov	1,60	170,75	1,67
Dez	0,80	184,88	0,81

Tabela 9 - Valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a região do CPM em 2009. Dados: INMET (2024).

Valores de Precipitação, Evapotranspiração Potencial e Evapotranspiração Real em mm na região do CPM - 2009			
Mês	Precipitação	ETP	ETR
Jan	375,80	144,87	144,87
Fev	367,20	121,79	121,79
Mar	565,40	132,25	132,25
Abr	767,10	121,66	121,66
Mai	467,70	126,90	126,90
Jun	207,60	131,67	131,67
Jul	71,80	137,94	120,19
Ago	12,30	150,80	50,99
Set	0,00	153,06	10,12
Out	0,00	159,09	2,23
Nov	2,60	163,75	3,06
Dez	10,30	177,04	10,39

Por fim, o balanço hídrico em uma escala intermediária, representada por sub-bacias hidrográficas, resulta na vazão de água desse sistema. Para períodos que a chuva é menor do que a demanda atmosférica por vapor d'água, a vazão diminui, na medida em que nos períodos em que a chuva

supera a demanda, a vazão aumenta.

Essa correlação deve ser sempre considerada na elaboração de intervenções ao meio natural em áreas próximas ao sistema de drenagem, sobretudo no caso específico por se tratar de área com ocorrência predominante de solo hidromórfico e próximo a açude. Fatores como impermeabilização do solo, escoamento de águas pluviais, sistema de esgoto, pavimentação asfáltica ou por pedra tosca são alguns exemplos que requerem análise e entendimento da disponibilidade hídrica e distribuição anual das precipitações.

A Figura 12 e a Figura 13 expressam o balanço hídrico normal com aplicação no CPM para os anos 2012 e 2009.

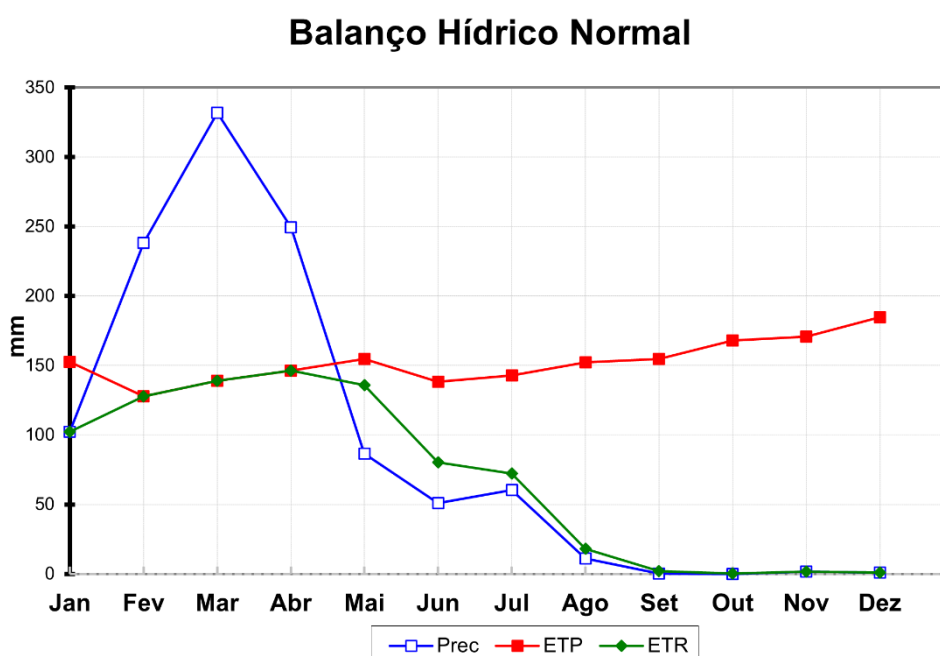


Figura 12 - Balanço hídrico no CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Balanço Hídrico Normal

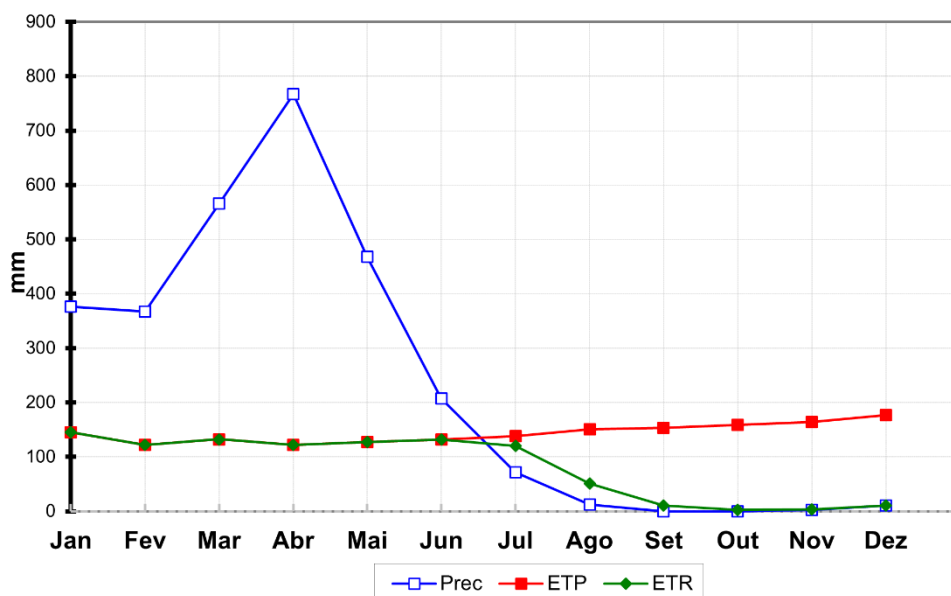


Figura 13 - Balanço hídrico no CPM em 2009. Dados: INMET (2024).

Ao considerar os fatores que compõem o sistema climático-atmosférico na configuração do clima tropical quente semiárido brando presente na área de estudo, observa-se que no cessar das chuvas no final do primeiro semestre e início do segundo, as taxas de evapotranspiração se elevam. Nesse ínterim, ainda que ocorra um bom aporte hídrico nos primeiros meses do ano, o segundo semestre prevalece com a retirada de água do sistema por meio da evapotranspiração, promovendo compensação entre excedente e deficiência hídrica.

Esse fator, somado aos múltiplos usos das águas superficiais enquanto recursos (*e.g.* uso doméstico, lavoura e consumo humano), condiciona os corpos hídricos para redução de seu espelho d'água no período de estiagem. Considerando o fluxo natural de distribuição das precipitações, as Tabela 10 e Tabela 11 fazem a correlação entre a deficiência e o excedente hídrico para os anos 2012 e 2009 na região de inserção do CPM.

Tabela 10 - Deficiência e excedente hídrico na região do CPM em 2012. Dados: INMET (2024).

Deficiência e Excedente Hídrico em mm no CPM - 2012		
Mês	DEF(-1)	EXC
Jan	-50,24	0,00
Fev	0,00	10,18
Mar	0,00	192,86
Abr	0,00	103,30
Mai	-18,84	0,00
Jun	-58,16	0,00
Jul	-70,62	0,00
Ago	-133,98	0,00

Deficiência e Excedente Hídrico em mm no CPM - 2012

Mês	DEF(-1)	EXC
Set	-152,73	0,00
Out	-167,61	0,00
Nov	-169,08	0,00
Dez	-184,07	0,00

Tabela 11 - Deficiência e excedente hídrico na área de inserção do CPM em 2009. Dados: INMET (2024).

Deficiência e Excedente Hídrico em Mm na área do CPM - 2009

Mês	DEF(-1)	EXC
Jan	0,00	130,95
Fev	0,00	245,41
Mar	0,00	433,15
Abr	0,00	645,44
Mai	0,00	340,80
Jun	0,00	75,93
Jul	-17,75	0,00
Ago	-99,81	0,00
Set	-142,94	0,00
Out	-156,87	0,00
Nov	-160,69	0,00
Dez	-166,65	0,00

Por fim, com base nas tabelas anteriores, Figura 14 e a Figura 15 apresentam o extrato do balanço hídrico para a área do empreendimento.

Extrato do Balanço Hídrico

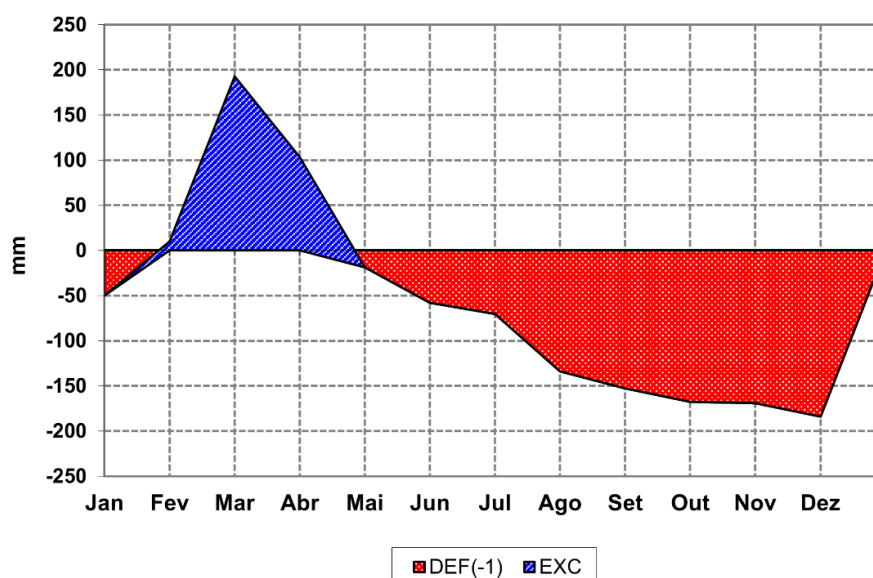


Figura 14 - Balanço hídrico no CPM em 2012.

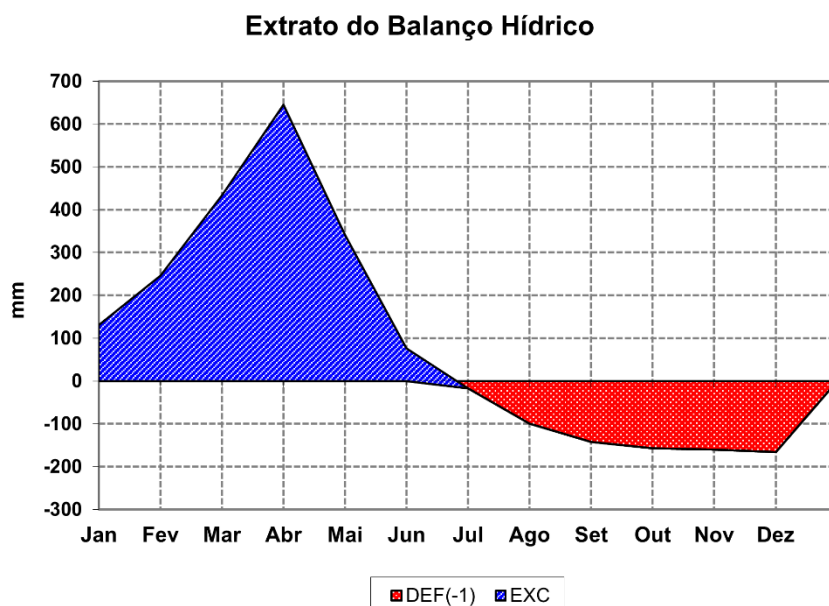


Figura 15- Balanço hídrico no CPM em 2009.

Em síntese, os valores encontrados a partir do balanço hídrico fornecem dados importantes para os planejamentos sistemáticos e implementação de atividades em exigem cuidado em áreas de inundações sazonais, contexto que se insere o CPM.

A leitura de condicionantes climáticas indica que as intervenções devem ser realizadas considerando o contexto anual de chuvas, em função da sazonalidade semestral em relação a distribuição e disponibilidade das precipitações no clima em que se inserem.

A irregularidade das chuvas, somada a alta taxa de evapotranspiração, fazem com que os corpos hídricos tenham um comportamento predominantemente seco. No entanto, a concentração das precipitações em poucos meses no primeiro semestre, em especial na quadra chuvosa, contribua para possíveis inundações ou alagamentos em setores marginais das drenagens.

10.1.3 - Geomorfologia

O diagnóstico das unidades geomorfológicas adotou ainda como área analítica as sub-bacias de Estiva e Ilha Boa Razão, onde o empreendimento está inserido nesse contexto.

As unidades geomorfológicas são caracterizadas a seguir com o objetivo de explicar o relevo e os processos atuais que promovem erosão e aggradação de sedimentos da sub-bacia, a fim de investigar as principais ocorrências de intemperismo e variação de altitudes, declividades e padrões de dissecação que ocorrem na área do empreendimento e em suas adjacências.

Na área do empreendimento, a caracterização morfométrica indica a dissecação da paisagem mediante o processo erosivo natural e do padrão de drenagem de cada área, considerando os

aspectos do relevo e da rede de drenagem (COSTA, 2015).

Com isso, declividade e hipsometria são elementos planialtimétricos fundamentais para o entendimento do relevo da área em estudo ao indicarem possíveis respostas litológicas aos processos intempéricos ao longo do tempo.

O Mapa do Apêndice 22 (MDE) e o Mapa do Apêndice 23 (Declividade) apresentam informações planialtimétricas sobre as variáveis morfométricas das sub-bacias de Estiva e Ilha Boa Razão.

No Mapa do Apêndice 24 essas variáveis são integradas para resultar no mapa de Geomorfologia, apresentando a compartimentação do relevo.

Essas informações espaciais exibem a planialtimetria e a clinografia do relevo para identificação e delimitação das unidades geomorfológicas. Representam a variação morfoestrutural do relevo na área de estudo, assim como são a fonte primária para o diagnóstico dos sistemas ambientais.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) (Apêndice 22) é um insumo de grande importância ao entendimento da dinâmica ambiental na área de estudo, principalmente no que diz respeito ao sistema de drenagem sobre e sob a influência da geologia e da geomorfologia, a disponibilidade de recursos hídricos e possíveis intervenções ao meio natural.

Sobre a morfologia do terreno nas sub-bacias hidrográficas, de maneira geral, a planialtimetria indica o forte entalhe das drenagens sobre os tabuleiros somado as cotas rebaixadas que promovem o acúmulo de água configurando a rede de drenagem que compõem o sistema hidrográfico que formam as sub-bacias na área de estudo.

Atrrelado ao entendimento da topografia através do Modelo Digital de Elevação, a declividade (Apêndice 23) é outro elemento que deve ser levado em conta para a compreensão da dinâmica ambiental da área de estudo.

De acordo com Casseti (1994), a declividade é todo e qualquer grau de inclinação que a superfície terrestre apresenta em relação a um eixo horizontal. A declividade dos terrenos pode variar de acordo com o tipo de solo, rocha ou de acordo com as intervenções antrópicas ocorridas, tais como cortes e aterros e seus valores podem ser apresentados em graus ou porcentagens.

Dados morfométricos são frequentemente utilizados para a caracterização de bacias hidrográficas, relevos de encosta, densidades de drenagem e para determinar áreas ambientalmente frágeis.

A distribuição das classes de declividade pode ser observada na Tabela 12.

Tabela 12 - Classes de declividade. Fonte: EMBRAPA, 1979.

Declividade (%)	Relevo
0- 3	Plano
3- 8	Suave-ondulado
8- 20	Ondulado

Declividade (%)	Relevo
20- 45	Forte-ondulado
45- 75	Montanhoso
>75	Forte-Montanhoso

Predominam nas sub-bacias de Estiva e Ilha Boa Razão as morfologias de relevo plano a suave-ondulado produzidas pela dissecação da drenagem, como característica intrínseca dos Tabuleiros Pré-litorâneos. A declividade proveniente da planície fluviomarinha ao norte rompe com o relevo plano do centro das sub-bacias, desempenhando uma influência local na configuração do terreno em geral.

Com base nesses dados, é possível caracterizar os diferentes ambientes nas sub-bacias em pauta e na Área Diretamente Afetada. A compartimentação do relevo foi feita com base em Bandeira (2013) no mapeamento para a Geodiversidade do Maranhão, apresentando no Mapa do Apêndice 24 com diferentes padrões de formas de relevo.

No geral, na área de estudo há ocorrência dos tabuleiros pré-litorâneos como superfície de agradação em sedimentos correlativos do Grupo Barreiras com caimento topográfico suave para a linha de costa e com fraco entalhe de drenagem, dissecação em interflúvios tabulares e com ecodinâmica estável.

A morfologia dos tabuleiros apresenta um aspecto rampeado, característico dos glaciais de acumulação. Os vales são constituídos por planícies fluviais ou fluviolacustres com sedimentos fluviais e lacustres, cujos clásticos predominantes são areias, cascalhos, siltes e argilas (SOUZA *et al.* 2009).

Quando dispostos em discordância sobre os terrenos fluviomarinhos, constituem faixas estreitas, geralmente formadas por sedimentos grosseiros, margeando os canais, enquanto, nas áreas de inundação, apresentam granulometria mais fina.

Na área do CPM registra-se a ocorrência de uma extensa área de inundação, resultante do relevo de áreas de inundação sazonal, embutidas e bordejadas por planossolos que compõem o sistema ambiental. Essas áreas foram verificadas em campo na área circunscrita no empreendimento e não aparecem no mapeamento, em função da escala de mapeamento adotada no dado secundário.

Essas superfícies são caracterizadas por ser uma superfície de erosão aplainada, em razão do padrão plano de dissecação do relevo desenvolvidos em rochas sedimentares com caimento topográfico na direção dos fundos de vales. São superfícies oriundas dos processos de pediplanação truncando litotipos variados do Grupo Barreiras em contato com os argissolos vermelhos amarelos dissecados e parcialmente dissecadas em interflúvios tabulares.

Nos baixos vales dos grandes rios intermitentes sazonais que demandam a linha de costa, foram

desenvolvidos os complexos fluviomarinhos, que têm características naturais peculiares. Planície fluviomarinha com manguezais como superfícies de acumulação de sedimentos predominantemente argilo-siltosos, submetidos a inundações diárias decorrentes da interação de processos marinhos e fluviais, revestidas por manguezais.

Nas áreas onde se estabelecem as planícies fluviomarinhas, os rios circunvizinhos nas sub-bacias da área de estudo apresentam alto gradiente, o que define a alta competência em escavar vales, propiciando um padrão de drenagem anastomótico, com vários canais meândricos e o surgimento de algumas ilhas resultantes da deposição dos materiais transportados.

Já sob influência dos terrenos sedimentares, os rios e riachos apresentam redução do gradiente fluvial, formando depósitos mais espessos, provenientes do retrabalhamento da Formação Barreiras e das dunas, sendo constituídos por areias finas, siltes e argilas. Nas planícies lacustres, são depositados, principalmente, sedimentos finos, associados a grande quantidade de matéria orgânica.

Os principais aspectos geomorfológicos da região podem ser visualizados nos registros fotográficos a seguir relacionados.



Foto 1 - Tabuleiros Pré-litorâneos na área de estudo.



Foto 2 - Planície fluviomarinha na área de estudo.



Foto 3 - Planície de maré nas imediações da área de estudo do empreendimento.



Foto 4 - Planície costeira nas imediações da área de estudo do empreendimento.

10.1.4 - Geologia

O diagnóstico dos domínios geológicos tem como recorte espacial analítico as sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão, cujo empreendimento se insere nesse contexto. As unidades litológicas são caracterizadas a seguir no intuito de identificar o contexto geológico da sub-bacia e local do empreendimento, a fim de investigar as principais ocorrências de litotipos que se repercutem nas diferentes formas de relevo, processos geomorfológicos e estruturação do relevo na área do empreendimento.

A área de estudo apresenta um cenário geológico caracterizado pela primazia das coberturas sedimentares Cenozóicas com ocorrência de rochas do grupo Barreiras e depósitos paludiais, conhecidas no meio popular como pântanos e mangues. Com a compilação dos trabalhos de Almeida (1967), Ab'Saber (1969, 1974), Souza (1981, 1988, 2000), Nascimento *et al.* (1981) e Bandeira (2013), pode-se afirmar que as rochas cenozóicas fazem parte do domínio da Bacia São Luís.

Após a orogênese brasiliana, fácies sedimentares foram depositadas durante os períodos de interglaciação climática da Terra, sem ocorrência de grandes eventos tectônicos na área. Após sucessivos eventos agradacionais, houve fases de aplainamento desses relevos que hoje marcam eventos climáticos e denotam flutuações eustáticas do nível do mar Bandeira (2013, p.26).

Nesse ínterim, o Grupo Barreiras foi originado em função da deposição de sedimentos de origem fluvial, estuarina e marinha, oriundos através dos períodos de glaciação e interglaciação do nível do mar, cuja diagênese ocorreu entre 23 e 11 Ma (Mioceno inferior, início do período Neógeno), conforme analisa Arai (2006).

Em seguida, com o rebaixamento do nível do mar nos eventos de glaciação e interglaciação, há alternância climática no sin Plioceno e tardi Pleistoceno, promovendo fortemente alterações químicas através de lixiviação, hidrólises, salinização no Grupo Barreiras, além de morfologias topográficas interfluviais de desse grupo no litoral maranhense, segundo Oliveira e Silva (2011), ilustrado na Figura 16 e sua fácies evidenciada na Foto 5.

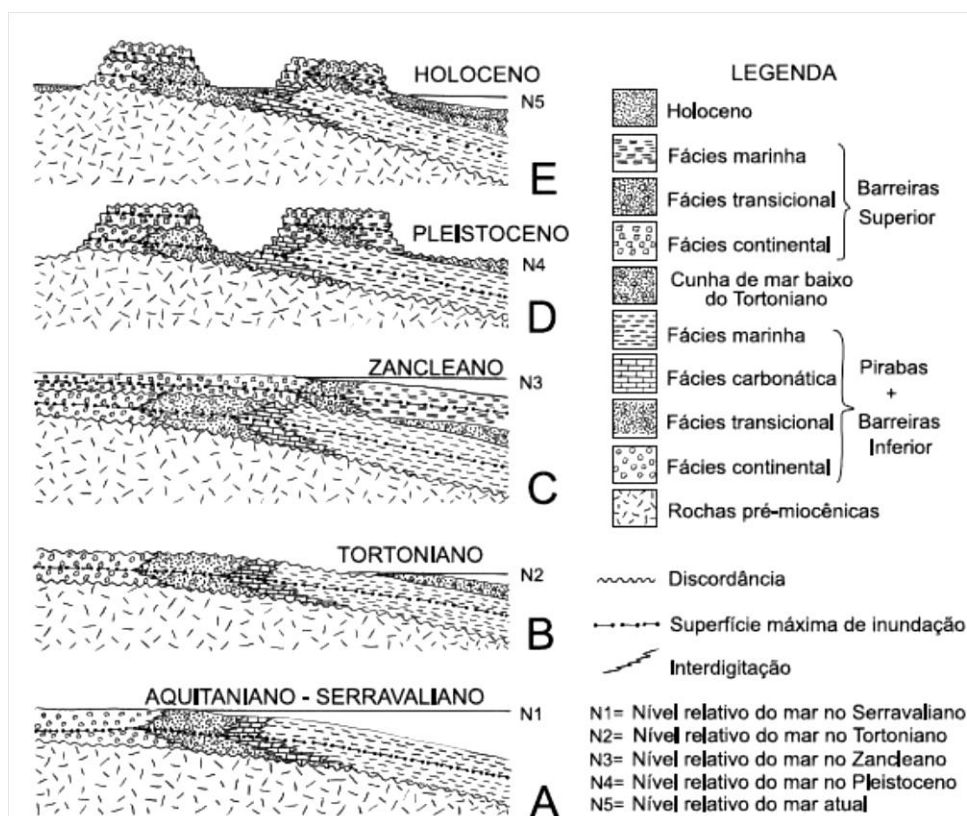


Figura 16 - Evolução tectonossedimentar evidenciando diferentes períodos climáticos e fácies do Grupo Barreiras no litoral maranhense. Fonte: Arai, 2006.

Em tardi Neógeno até o Quaternário (23Ma até os dias atuais), sedimentos Pós-Barreiras continuam sendo depositados na forma de areias inconsolidadas com pouca argila e seixos, oriundas de ambientes eólicos, mangues e fluviais, de acordo com Rossetti *et al.* (2001). Nesse contexto, há o início da formação de interflúvios tabulares, planícies fluviolacustres e depósitos paludiais e eólicos, demarcando a configuração dos domínios geológicos do litoral maranhense. Por último no período holocênico (últimos 10 mil anos), há a deposição de sedimentos dos depósitos de pântanos e mangues, sobretudo na costa ocidental maranhense, caracterizada por conter múltiplos estuários com diversas ilhas, baías e canais fluviais (Foto 6). São constituídos, fortemente, por solos hidromórficos, comumente associados a Gleissolos de sedimentos lamosos (argila e silte), de coloração cinza, não adensados, maciços e bioturbados, conforme analisam Rodrigues *et al.* (1994).

10.1.4.1 - Grupo Barreiras

O Grupo Barreiras representa uma cobertura sedimentar terrígena de origem continental e marinha (ARAI, 2006), com idade miocênica a pleistocênica inferior (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999; VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001).

Este grupo se estende ao longo do litoral brasileiro, desde a região amazônica até o estado do Rio de Janeiro (BEZERRA, 2001; SAADI *et al.*, 2005). Devido a diversidade de ambientes de sedimentação, constitui-se de uma ampla variação litológica e granulométrica, ocorrendo sedimentos silticoargilosos a arenosos.

Por estarem superficialmente expostas, as rochas do Grupo Barreiras apresentam muitos processos de laterização (Foto 7), isto é, processo de remoção de elementos alcalinos e alcalinos terrosos e consequente concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Mesmo com alto nível de laterização, ainda são observadas estruturas de acamamento sedimentar primárias, além de zonas de gradação granulométricas.



Foto 5 - Grupo Barreiras na Ilha Boa Razão.



Foto 6 - Depósito de Pântanos de Mangues na Ilha Boa Razão.

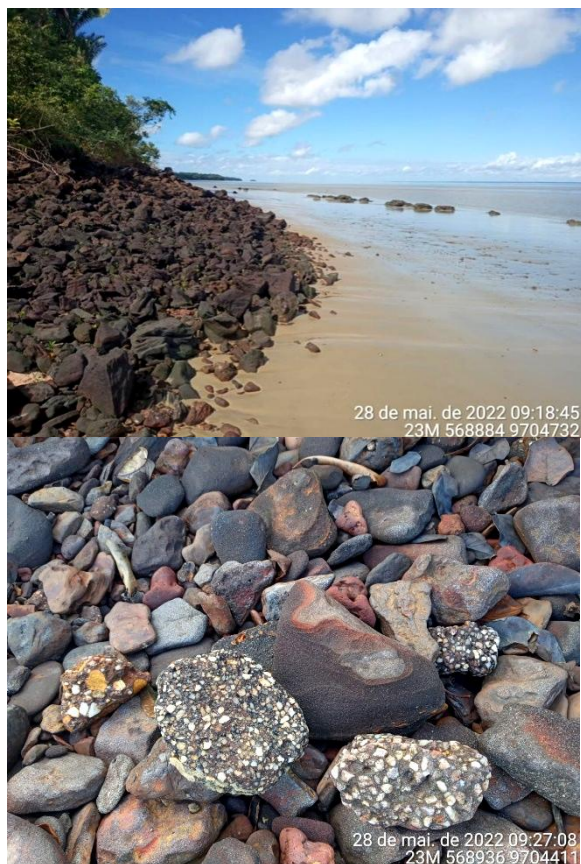


Foto 7 - Blocos de rochas do Grupo Barreiras lateritizados visualizados em campo.

10.1.4.2 - Depósitos de Mangue

Os depósitos de mangue se desenvolvem em planícies sujeitas às ações fluviomarinhas, em ambientes estuarinos que são formados a partir do afogamento ocasionado por transgressões marinhas, isto é, a elevação relativa do nível do mar.

Os depósitos de mangue do Golfão Maranhense se originaram no Holoceno, há cerca de 11,5 K. a. (RODRIGUES *et al.*, 1994). Essas áreas de inundação, são constituídas por substrato lamoso de elevada salinidade, apresentando baixíssima capacidade de suporte de carga, logo possuindo características geotécnicas caracterizadas como colapsíveis, conforme observado em campo na Foto 8.



Foto 8 - Depósitos de mangue visualizados em campo.

No Mapa do Apêndice 25 consta a distribuição das Unidades litológicas nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão, Maranhão.

10.1.5 - Geotecnia

Para ser possível realizar qualquer alteração no estado natural de um terreno, é necessário conhecer suas características e entender e prever seu comportamento. Dessa maneira, a interação entre os aspectos estudados neste diagnóstico, como a análise das formações geológicas e dos solos por exemplo, visa sua interpretação em termos de seu provável comportamento frente aos impactos ambientais causados pelo empreendimento.

A degradação dos solos é um problema recorrente que constitui um fenômeno de grande importância, em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos para diversas atividades econômicas e para o meio ambiente. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (2017), a erosão hídrica é a forma mais ativa do processo de degradação dos solos.

O objetivo da maior parte das pesquisas sobre erosão é medir a influência dos diferentes fatores

determinantes no processo, a fim de possibilitar a estimativa de perdas de solo e selecionar práticas que as reduzam ao máximo. A erodibilidade representa a suscetibilidade do solo ao processo erosivo e pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo e a erosividade das chuvas, sob chuva natural ou chuva simulada, e por meio de análise de regressão linear simples entre essas duas variáveis (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Um estudo da Embrapa identificou e mapeou as áreas suscetíveis à erosão hídrica em todo o território brasileiro, dessa forma, este mapa expressa a sensibilidade dos solos à erosão hídrica no ambiente, ou seja, considera-se a situação topográfica, ou relevo da paisagem, e as condições climáticas às quais estão submetidos, e pode-se identificar áreas que demandam ações para mitigar processos erosivos em escala regional.

Os níveis de suscetibilidade são representados em cinco (05) classes nominais de intensidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta, Muito Alta.

No Mapa do Apêndice 26 é apresentado esse modelo na Área de Estudo, o qual, de maneira geral a suscetibilidade à erosão hídrica é de Baixa a Moderada, com pequenos trechos de áreas especiais (mangue, praia) e trechos de alta a muito alta suscetibilidade próximo aos corpos hídricos com maior volume.

Em relação à suscetibilidade de movimentos de massa, verifica-se no Mapa do Apêndice 27 que na ADA do empreendimento a suscetibilidade é baixa, porém, foram visualizados em campo alguns processos erosivos com deslocamento de massa, conforme as Foto 9 e Foto 10.



Foto 9 - Vertente erosiva do tabuleiro pré-litorâneo com movimento de massa visualizado em campo.



Foto 10 - Vertente do tabuleiro pré-litorâneo na área de estudo exposta aos agentes intempéricos produtores de movimentos de massa.

10.1.5.1 - Levantamento e Caracterização das Cavidades Naturais Existentes na Área de Estudo

De acordo com Brasil (2018), não existem depósitos geológicos e formações geomorfológicas que

condicionem a formação de relevos cavernícolas no litoral maranhense. Portanto, não há ocorrência de cavernas na área de estudo.

10.1.5.2 - Áreas de Apoio Previstas (Jazidas/Empréstimos e Deposição de Material Excedente)

Com o intuito de identificar os interesses entre as atividades do empreendimento e a exploração dos recursos minerais, foi identificado as áreas com requerimento de exploração mineral cadastradas no órgão competente, Agência Nacional de Mineração (ANM) e verificação de suas localizações com relação à área de estudo do empreendimento em questão.

Conforme o Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE) da ANM observa-se que há uma área concedida para lavra de exploração mineral na ADA. Esta é de uso industrial e está na fase de requerimento de lavra garimpeira para extração de quartzo.

10.1.6 - Pedologia (Solos)

A análise dos tipos de solos é de fundamental importância nos estudos ambientais, pois desempenha um papel crucial na compreensão do meio físico natural na área do empreendimento. Os solos são responsáveis por uma variedade de funções vitais, como suporte para a vegetação, armazenamento de água, ciclo de nutrientes e habitat para organismos vivos.

A origem e evolução dos solos está relacionada a fatores que traduzem as características dos condicionantes climáticos, litológicos e de relevo ao longo do tempo. Guerra & Mendonça (2004) lecionam que a formação dos solos resulta da interação de muitos processos, tanto os geomorfológicos como os pedológicos. Ainda segundo esses autores, os processos de formação de solos resultam de uma variabilidade temporal e espacial bastante significativa.

A atividade biológica é um agente ativo que interfere definitivamente na formação dos solos. Sob tal aspecto, sob o viés geoquímico, o solo é a interface da litosfera com a biosfera (FONSECA, 1999). A relação estabelecida entre clima, geologia, topografia, relevo, atividade biológica e tempo confere aos solos características de elementos dinâmicos em constante evolução e vão se adaptando às diversas formas de variações de fluxos de massas e energias, gradientes termodinâmicos e demais condições exógenas (GUERRA & MENDONÇA, 2004).

A caracterização dos tipos de solos permite identificar sua capacidade de filtrar e reter poluentes, influenciar a qualidade da água subterrânea e afetar a drenagem de superfície. Nesse ínterim, busca-se compreender sua composição, textura, permeabilidade, capacidade de disponibilidade de água, fertilidade e potencial de erosão.

Essas informações são essenciais para uma gestão ambiental adequada, planejamento do uso da

terra, prevenção de desastres naturais e tomada de decisões sustentáveis. Portanto, a análise dos tipos de solos nos estudos ambientais tem como objetivo principal fornecer subsídios para implantação do empreendimento.

Os solos encontrados nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão apresentam significativas diferenciações quanto a tipologia, classes de solos e variação espacial (EMBRAPA, 2006).

Apresentam maior predominância espacial as seguintes classes de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos e Gleissolos sálicos (Mapa do Apêndice 28). Outras associações como Neossolos Flúvicos nos canais fluviais de drenagem e Planossolos nas áreas de inundação sazonal também são encontradas na área de estudo e não visualizadas no mapeamento, em função de ocorrerem em maior escala cartográfica que o mapeamento produzido.

Tomando como base os trabalhos de campo, informações e descrições contidas no trabalho técnico da EMBRAPA (2006) é possível realizar a caracterização e distribuição das principais classes de solos nas sub-bacias e no empreendimento.

Nesse contexto, enfatizam-se os tipos de solos encontrados na área do CPM, sendo Argissolo Vermelho-Amarelo distróficos e os Gleissolos sálicos. Esses se distribuem por toda a área do empreendimento com áreas de inundação sazonal embutidas nos interflúvios tabulares precariamente incorporadas à rede de drenagem local.

Na área dos tabuleiros pré-litorâneos, ocorrem solos, por vezes, associados aos Argissolos Vermelho-Amarelos (Foto 11). Seu desenvolvimento ocorreu a partir do retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras, produto da lixiviação ou de um recobrimento por sedimentos eólicos. São solos que variam de profundos a muito profundos, excessivamente drenados com baixos teores de argila e forte acidez. Sua coloração varia de avermelhada a branca, textura arenosa e baixa fertilidade natural. Nele se assentam espécies do complexo vegetacional litorâneo. Esses são de baixa fertilidade natural e elevada acidez. Segundo SUDENE (1972), possuem 90,1mm de capacidade de disponibilidade de água, cujo uso também é realizado para atividades agrícolas e dessedentação de animais. Se distribuem fortemente no complexo vegetal da mata de tabuleiros, no entanto, ocorrem em espécies da caatinga e do complexo vegetacional litorâneo.

Quando eutróficos se apresentam nas áreas de transição e nas depressões sertanejas, cuja origem está relacionada a diferentes tipos de materiais. São solos bem desenvolvidos e que de modo geral apresentam boas condições de fertilidade natural. Sua principal limitação está relacionada à disponibilidade hídrica, já que o relevo na área em estudo não é fator limitante. Originalmente apresentam-se ocupados por diferentes tipos vegetacionais com predominância de caatingas e espécies da mata de tabuleiro.

Não obstante, a categoria de solos presente na área do empreendimento é a do Gleissolo Tiomórfico Órtico (GJo). No ambiente de planície estuarina, o solo na zona intertidal, faixa de alcance de preamar, fica descoberto e constantemente saturado.

A partir da zona de estofa, faixa que se encontra além do alcance da maré, ou onde a maré atinge cotas menores, o solo é coberto por vegetação de mangue e pode apresentar saturação periódica. A composição do solo estuarino é predominantemente argilosa, cinza, podendo conter localmente contribuições arenosas e siltoarenosas em diferentes proporções.

Nas faixas de mangue ocorre também matéria orgânica que, em consequência da sua decomposição, resulta em características tiomórficas ao solo, enquanto na zona de inundação marinha o solo deve ser sálico e potencialmente sódico devido à ausência de vegetação. Estes solos se estruturam em camadas com alternância composicional e granulométrica fina formando espessos pacotes superiores a 20 m, além disso, não apresentam capacidade de suporte quando saturados.

Estruturas de contração surgem na superfície quando secos, em ambientes de baixa umidade, estas fissuras podem ser penetrativas. Estes solos constituem a base ambiental do ambiente de mangue, conforme visualizado em campo na Foto 12 e na Foto 13.



Foto 11 - Argissolo vermelho-amarelo distrófico na área de estudo.



Foto 12 - Gleissolo sálico na área de estudo.



Foto 13 - Gleissolo na AID do empreendimento.

Embora não ocorra de modo contínuo no mapeamento, os Planossolos encontram-se dispersos nos tabuleiros pré-litorâneos, sendo característicos de áreas planas submetidas às inundações periódicas nas sub-bacias de Estiva e Ilha Boa Razão e áreas próximas a Área Diretamente Afetada.

Apresentam um perfil bem desenvolvido, porém com sedimentos pedregosos nos horizontes superficiais. São formados principalmente por sedimentos fluviais e aluviais, resultantes do acúmulo de material transportado pelos rios ao longo do tempo (Foto 14).

Possuem uma textura predominante argilosa a muito argilosa, o que confere a esses solos boas características de retenção de água e nutrientes. Essa capacidade de armazenamento de água é especialmente importante em regiões de clima semiárido, como é o caso de Pentecoste, onde a disponibilidade de água é um fator limitante para a agricultura e outros usos. Conforme SUDENE (1972), os Planossolos possuem 76,6 mm de capacidade de disponibilidade de água, cujo uso é realizado para atividades agrícolas, como cultivo de grãos, hortaliças e frutas.

Os Neossolos Flúvicos têm sua gênese na sedimentação fluvial, estando associados aos rios de maior fluxo hídrico e ambientes lacustres. Distribuem-se paralelamente às calhas fluviais das sub-bacias hidrográficas e margens de planícies sob o domínio dos glaciais de deposição pré-litorâneos; variam de muito profundos a moderadamente profundos e têm textura variada. Apresentam-se de moderada a imperfeitamente drenados, com acidez moderada a levemente alcalinos.

A camada superficial geralmente apresenta coloração bruno-acinzentada-escura e bruno muito escura. São solos de alta fertilidade natural, que por vezes são inundados sazonalmente quando do período chuvoso. Primariamente, esses solos eram revestidos por uma vegetação do tipo mata ciliar e lacustre (Foto 15).



Foto 14 - Área de inundação sazonal bordejada por Planossolos na área de estudo.



Foto 15 - Camada superficial de Neossolo Flúvico na área de estudo.

10.1.7 - Recursos Hídricos

No contexto das águas e dos recursos hídricos ressalta-se a importância das bacias hidrográficas, pois a bacia hidrográfica constitui-se na superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum localizada num determinado ponto do curso do rio principal denominada de foz (GUERRA & CUNHA, 1995), funcionando exatamente como um sistema natural.

Enquanto espaço geográfico, a bacia hidrográfica integra a maior parte das relações de causa-efeito a serem consideradas na gestão dos recursos hídricos, principalmente as que dizem respeito à degradação ambiental oriunda das atividades humanas. A bacia hidrográfica devido ao seu caráter integrador e sistêmico é adotada como unidade de gerenciamento dos Recursos Hídricos. Neste sentido a Lei Federal Nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que regulamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos, afirma ser fundamental a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. O Maranhão é um estado detentor de grande potencial hídrico no país e, especialmente na região Nordeste, possuindo dez bacias e mais dois sistemas hidrográficos, sendo um deles o Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses.

O Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses é formado por 219 ilhas espalhadas por todo o litoral maranhense, possui uma área de 3.604,62 km², representando cerca de 1,09% da área do Estado, encontram-se neste sistema terras de 22 municípios, porém apenas 4 estão totalmente inseridos na área (São Luís, a capital do Estado, Paço do Lumiar, São José de Ribamar e Raposa). Estas regiões são formadas por um conjunto de ecossistemas que compõem uma biodiversidade singular, composta por manguezais, restingas, brejos (buritizais e juçarais) e babaquais, que se traduz em um espaço relevante para a conservação da vida silvestre, além de funcionar como um berçário para a vida marinha.

A área de implantação do empreendimento se encontra na Ilha Boa Razão, que é contígua à Ilha do Maranhão e pertence ao município de São Luís, localizada na porção Sudoeste. Esta Ilha faz parte da Região Hidrográfica São Luís, que possui uma área total de 955,97 km².

No Mapa do Apêndice 29 consta a distribuição geográfica das Unidades de Planejamento Hídrico nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão, Maranhão.

A partir de dados cartográficos do IBGE (2021) e do Modelo Digital de Elevação - SRTM é possível observar que na área de estudo não há muitas áreas de recargas ou nascentes, por se tratar de uma ilha estreita com poucos cursos d'água, porém, ainda se encontram alguns afloramentos de água nos canais fluviais, conforme a Foto 16.

No Mapa do Apêndice 30 constam as áreas de recarga da região a partir dos estudos realizados.



Foto 16 - Afloramento de água na área de estudo.

Em relação aos usos de água na AID, conforme consta no Mapa do Apêndice 31 que localiza os principais usos de águas nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Ilha Boa Razão e foi elaborado a partir de dados da ANA (2017), há um ponto de outorga na parte sul da Ilha Boa Razão.

Ademais, observou-se em campo alguns poços de água e lagoas sendo utilizadas para consumo da parte norte da Ilha Boa Razão, conforme consta na Foto 17 e na Foto 18. No Mapa do Apêndice 32 constam as outorgas para águas subterrâneas identificadas na Área de Estudo.



Foto 17 - Poço de água utilizado na área de estudo para atividades humanas.

Foto 18 - Poço de água utilizado na área de estudo para atividades humanas.

Além disso, a partir de dados cartográficos do IBGE (2021) e do Modelo Digital de Elevação - SRTM é possível observar que na AID do empreendimento não há muitas áreas de recargas ou nascentes, por se tratar de uma ilha estreita com poucos cursos d'água.

10.1.7.1 - Hidrologia Superficial

A hidrologia superficial desempenha um papel essencial no contexto do empreendimento, caracterizada pelo clima semiárido e escassez de recursos hídricos. A hidrologia superficial refere-se ao estudo dos processos relacionados ao ciclo da água na superfície terrestre, incluindo a captação, o escoamento e a distribuição das águas superficiais.

Compreender a gestão adequada dos recursos hídricos, a mitigação dos impactos da seca e o desenvolvimento de estratégias de uso sustentável da água são objetivos da hidrologia superficial. Nesse ínterim, enfatiza-se a análise dos padrões de escoamento, a identificação das áreas de recarga de aquíferos, a avaliação da qualidade da água e a implementação de técnicas de conservação e armazenamento de água são elementos-chave para o aproveitamento eficiente e sustentável dos recursos hídricos na área do empreendimento.

A hidrologia superficial desempenha um papel fundamental na compreensão dos processos hidrológicos nessa região, possibilitando a tomada de decisões informadas e a implementação de medidas adequadas para o gerenciamento dos recursos hídricos, contribuindo para a resiliência e o desenvolvimento sustentável da região.

Segundo Bandeira (2013), a área do empreendimento está inserida no Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses, sendo uma área de muita expressão hidrológica que representa o principal manancial de abastecimento para as populações da região.

Essa sub-bacia abrange uma extensa área que engloba diversos municípios, apresentando características geográficas e climáticas específicas. A hidrologia superficial desempenha um papel crucial nessa região, pois o ciclo da água é fundamental para o funcionamento dos ecossistemas locais e para a disponibilidade de recursos hídricos.

As sub-bacias de Estiva e Boa Razão são caracterizadas pelo clima Tropical Equatorial, com chuvas concentradas no início do ano, seguidos de longos períodos de estiagem. A hidrologia superficial nessa região é influenciada pela topografia, pela vegetação e pelo tipo de solo predominante. A topografia geralmente apresenta terrenos ondulados e planícies aluviais, que afetam o escoamento da água.

A vegetação desempenha um papel crucial na infiltração da água no solo, na evapotranspiração e

na regulação dos fluxos superficiais. Os tipos de solo presentes nas sub-bacias hidrográficas variam, desde solos mais arenosos nas áreas de planícies até solos argilosos nas áreas de tabuleiros areno-argilosos.

O conhecimento detalhado da hidrologia superficial nessa região é essencial para a gestão adequada dos recursos hídricos, a prevenção de enchentes e a promoção da conservação dos ecossistemas.

Nesse assunto, o Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses é constituído pelo conjunto de drenagens de múltiplas sub-bacias hidrográficas, sendo que o curso principal tem direção Sul-Norte (cf. Mapas do Apêndice 6 e do Apêndice 29).

Quanto à suscetibilidade à inundação, conforme o Mapa da Figura 17 elaborado a partir de dados cartográficos do IBGE (2021) e da CPRM (2021), verificou-se que a suscetibilidade à inundação na AID do empreendimento é de alta a média, principalmente devido as áreas de mangues.

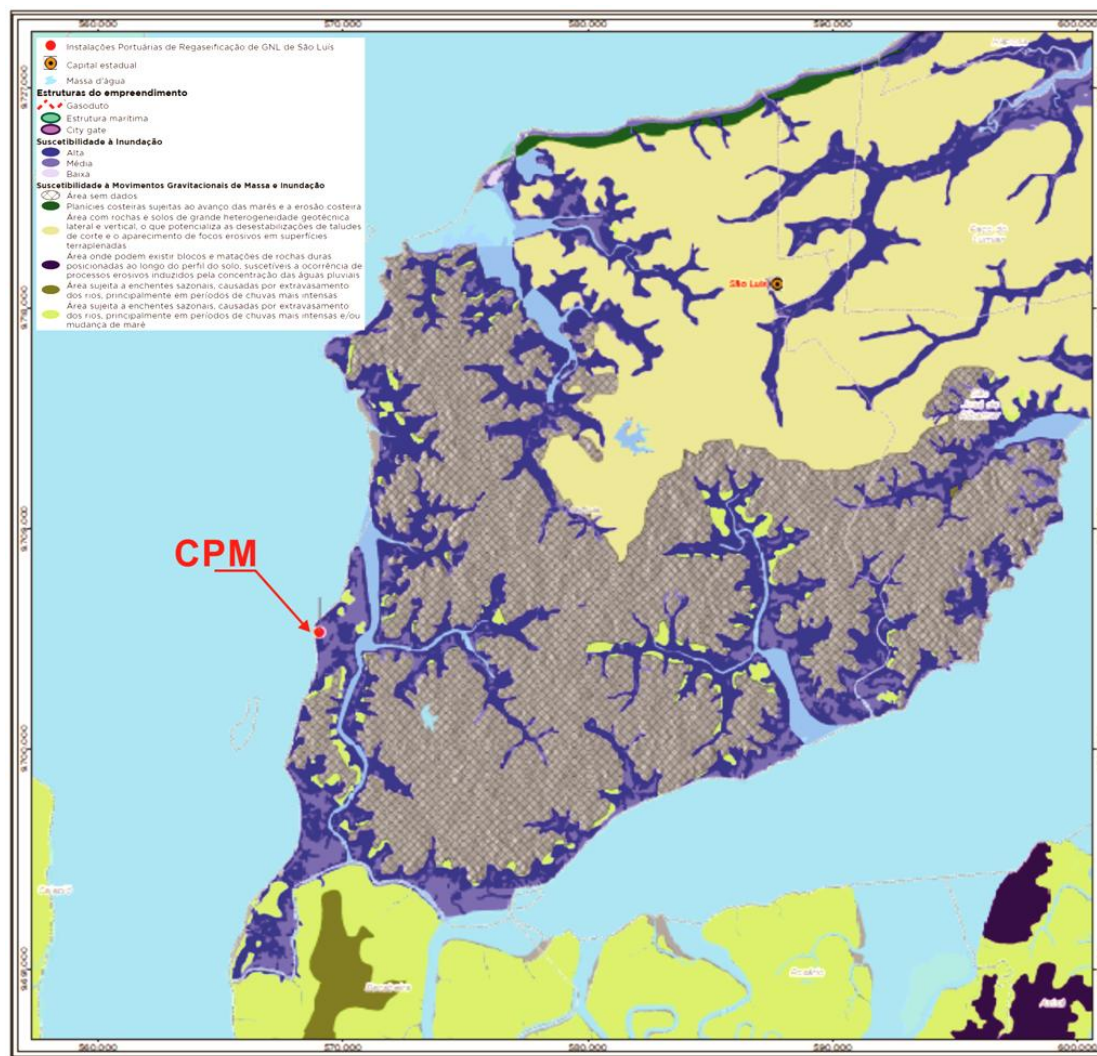


Figura 17 - Suscetibilidade à Inundação na região de interesse do empreendimento. Fonte: MRS Estudos Ambientais (2025).

10.1.7.2 - Qualidade das Águas

A caracterização das águas por meio de suas propriedades físico-químicas e biológicas possibilita a compreensão de diversos aspectos ambientais como clima, contexto geológico, posição geográfica e interferências antropogênicas.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 (alterada pelas Resoluções CONAMA nº 410/2009 e CONAMA nº 430/2011), é o instrumento legal que dispõe critérios para classificação dos recursos hídricos segundo seus usos preponderantes.

Com o objetivo de caracterizar qualitativamente as águas marinhas (salinas e salobras) que poderão ser afetadas pela instalação do empreendimento, foram realizadas análises de amostras coletadas em 03 pontos na AID do empreendimento.

Os procedimentos relativos a definição dos pontos de amostragem, coletas, análise, bem como a avaliação dos parâmetros observados, serão descritos a seguir.

10.1.7.2.1 - Metodologia

Para a escolha da rede amostral, levou-se em consideração o fluxo da maré e a localização das futuras instalações do empreendimento, de modo a analisar a possível interferência na qualidade da água na AID.

A Tabela 13 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de coleta realizados. No Mapa do Apêndice 35 pode-se visualizar a localização espacial dos locais de amostragem.

Tabela 13 - Localização dos pontos de coleta de água salobra e salina.

Data	Matriz	Ponto	Coordenadas (UTM) Zona 23 M	
			UTM E (X)	UTM N (Y)
03/04/2024	Água Salobra	01	570235	9702151
03/04/2024	Água Salina	02	569077	9709477
03/04/2024		03	568414	9705836

No Mapa do Apêndice 36 consta a distribuição geográfica dos pontos de coleta de amostras de águas salinas.

Para caracterizar a qualidade da água salobra na área de influência do empreendimento, foi tomada como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005, art. 21, tabela VII, classe 1, que indica a análise dos parâmetros:

- Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, pH, óleos e graxas visíveis, materiais flutuantes, cor da amostra, turbidez, resíduos sólidos objetáveis, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, arsênio, berílio, boro, cádmio, chumbo, cianeto

livre, cloro residual total, cobre dissolvido, cromo, ferro dissolvido, fluoreto, fósforo, manganês, mercúrio, níquel, nitrato como N, nitrito como N, nitrogênio amoniacal total, prata, selênio, sulfeto de hidrogênio, zinco, aldrin + dieldrin, benzeno, carbaril, clordanos, 2,4-D, DDT+DDD+DDE, demeton (O+S), dodecacloro pentaciclodecano, endrin, endosulfan, etilbenzeno, fenóis totais, azinfós metil, heptacloro + heptacloro epóxido, g-BHC, malation, metoxicloro, monoclorobenzeno, paration, pentaclorofenol, PCB's totais, surfactantes, 2,4,5-T, tolueno, toxafeno, 2,4,5-TP, tribulestanho, triclorobenzenos e *Escherichia coli*.

Outrossim, para caracterizar a qualidade da água salina, foi tomada como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005, art. 18, tabela IV, classe 1, que indica a análise dos seguintes parâmetros:

- Materiais flutuantes, óleos e graxas visíveis, odor, turbidez, corantes artificiais, resíduos sólidos objetáveis, Coliformes Termotolerantes (Coliformes Fecais), carbono orgânico total, oxigênio dissolvido, pH, alumínio dissolvido, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, chumbo, cianeto livre, cloro residual total, cobre dissolvido, cromo, ferro dissolvido, fluoreto, fósforo, manganês, mercúrio, níquel, nitrato como N, nitrito como N, nitrogênio amoniacal total, prata, selênio, sulfeto de hidrogênio, tálio, urânio, zinco, aldrin + dieldrin, benzeno, carbaril, clordanos, 2,4-D, DDT+DDD+DDE, demeton (O+S), dodecacloro pentaciclodecano, endosulfan, endrin, etilbenzeno, fenóis totais, azinfós metil, heptacloro + heptacloro epóxido, g-BHC, malation, metoxicloro, monoclorobenzeno, pentaclorofenol, PCB's totais, surfactantes, 2,4,5-T, tolueno, toxafeno, 2,4,5-TP, tribulestanho, triclorobenzenos, tricloroeteno e *Escherichia coli*.

De forma complementar, também foram analisadas os parâmetros:

- Nitrogênio Total, Condutividade, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Temperatura da Amostra, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos Fixos, Sólidos Suspensos Voláteis, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Dissolvidos Voláteis, Sólidos Suspensos Fixos e Sólidos Totais Voláteis.

A metodologia de coleta baseou-se no "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos" (ANA, 2011) conforme aprovado pela Resolução ANA nº 724/2011, como documento de referência técnica para disciplinar os procedimentos de coleta e preservação de amostras de águas destinadas ao monitoramento de qualidade dos recursos hídricos.

A amostragem foi realizada com auxílio da garrafa de Van Dorn de fluxo horizontal por profissional habilitado, paramentado com camisas de mangas compridas e luvas estéreis, utilizando recipientes adequados para cada parâmetro ou conjunto de parâmetros a ser analisado.

Destaca-se que em cada ponto de água salina foram realizadas três coletas em profundidades diferentes: superfície, meio e fundo. Para água salobra a coleta foi feita apenas na superfície.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em isopor, sendo mantidas sob refrigeração e enviadas imediatamente para o laboratório responsável pelas análises, cuja acreditação pode ser observada no Anexo 3.

Abaixo, seguem registros fotográficos dos trabalhos das coletas realizadas.



Foto 19 - Procedimento de coleta de água.



Foto 20 - Procedimento de coleta de água.



Foto 21 - Sonda multiparâmetro utilizada em campo durante as coletas.



Foto 22 - Amostras coletadas acondicionadas

10.1.7.2.2 - Resultados

Após a análise das amostras, foram gerados pelo laboratório acreditado os laudos para cada ponto e profundidade avaliados. Tais laudos podem ser observados no Anexo 4.

Visualiza-se na Tabela 14 e na Tabela 15 os resultados das análises de água salina realizadas em cada ponto, assim como a conformidade e não conformidade dos parâmetros com a Resolução

CONAMA nº 357/2005, art. 18, tabela IV, classe 1.

Na Tabela 16 apresentam-se os resultados das análises de água salobra, assim como a conformidade e não conformidade dos parâmetros com a Resolução CONAMA nº 357/2005, art. 21, tabela VII, classe 1.

Tabela 14 - Resultados da análise de água salina do Ponto 02. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 CLASSE 1	Ponto 02	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Materiais Flutuantes	-	5	Ausente	Conforme
Óleos e Graxas Visíveis	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Odor	-	Ausente P/A	Presente P/A	Não Conforme
Turbidez	NTU	0,02	79,7	Não Conforme
Corantes Artificiais	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	NPM/100mL	1.000	16.000	Não Conforme
Carbono Orgânico Total	mg/L	3	6,8	Não Conforme
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 6,0	4,35	Não Conforme
pH	-	6,5 a 8,5	8,35	Conforme
Alumínio Dissolvido	mg/L	1,5	0,355	Conforme
Arsênio total	mg/L	0,01	< 0,0010	Conforme
Bário	mg/L	1	< 0,010	Conforme
Berílio	µg/L	5,3	< 0,001	Conforme
Boro	mg/L	5	2,683	Conforme
Cádmio total	mg/L	0,005	< 0,001	Conforme
Chumbo total	mg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Cianeto livre	mg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Cloro residual total (combinado + livre)	mg/L	0,01	< 0,10	Conforme
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	0,15	Não Conforme
Cromo total	mg/L	0,05	< 0,010	Conforme
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,042	Conforme
Fluoreto	mg/L	1,4	< 2,0	Conforme
Fósforo	mg/L	0,062	< 0,400	Conforme
Manganês	mg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Mercúrio	mg/L	0,0002	< 0,0002	Conforme
Níquel	mg/L	0,025	< 0,010	Conforme
Nitrato como N	mg/L	0,4	2,077	Não Conforme
Nitrito como N	mg/L	0,07	< 0,030	Conforme
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	0,4	< 5,0	Conforme
Prata	mg/L	0,005	< 0,010	Conforme
Selênio	mg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Sulfeto de Hidrogênio [H ₂ S]	mg/L	0,002	< 0,002	Conforme
Tálio	mg/L	0,1	< 0,010	Conforme

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 CLASSE 1	Ponto 02	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Urânio	mg/L	0,5	< 0,010	Conforme
Zinco	mg/L	0,09	< 0,009	Conforme
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,0019	< 0,0030	Conforme
Benzeno	µg/L	700	< 1,00	Conforme
Carbaril	µg/L	0,32	< 0,010	Conforme
Clordanos (a-Clordano + g-Clordano)	µg/L	0,004	< 0,0050	Conforme
2,4-D	µg/L	30	< 0,050	Conforme
DDT+DDD+DDE	µg/L	0,001	< 0,0010	Conforme
Demeton (O+S)	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Dodecacloro Pentaciclodecano (Mirex)	µg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Endosulfan (I+II+Sulfato)	µg/L	0,01	< 0,0100	Conforme
Endrin	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Etilbenzeno	µg/L	25	< 1,00	Conforme
Fenóis Totais (Índice de Fenóis)	µg/L	60	< 0,002	Conforme
Azinfós Metil (Gution)	µg/L	0,01	< 0,005	Conforme
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,001	< 0,0050	Conforme
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Malation	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,0100	Conforme
Monoclorobenzeno	µg/L	25	< 2,00	Conforme
Pentaclorofenol	µg/L	7,9	< 0,050	Conforme
PCB's Totais	µg/L	0,03	< 0,001	Conforme
Surfactantes	mg/L	0,2	0,49	Não Conforme
2,4,5-T	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tolueno	µg/L	215	< 1,00	Conforme
2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tributilestano	µg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Triclorobenzenos (1,2,3 + 1,2,4)	µg/L	80	< 2,00	Conforme
Tricloroeteno	µg/L	30	< 1,00	Conforme
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	16.000	Não Conforme
Nitrogênio Total	mg/L	-	< 0,50	Conforme
Condutividade	µS/cm	-	34570	Conforme
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	-	95	Conforme
Temperatura da Amostra	°C	-	30	Conforme
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	-	27279	Conforme
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	-	1	Conforme
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	249	Conforme
Sólidos Totais	mg/L	-	27520	Conforme
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	-	19095	Conforme
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	-	177	Conforme

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 CLASSE 1	Ponto 02	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Sólidos Totais Fixos	mg/L	-	19167	Conforme
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	-	8184	Conforme
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	-	72	Conforme
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	-	8353	Conforme

Tabela 15 - Resultados da análise de água salina no Ponto 03. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 CLASSE 1	Ponto 03	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Materiais Flutuantes	-	5	Ausente	Conforme
Óleos e Graxas Visíveis	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Odor	-	Ausente P/A	Presente P/A	Não Conforme
Turbidez	NTU	0,02	34,9	Não Conforme
Corantes Artificiais	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	Ausentes	Ausente	Conforme
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	NPM/100mL	1.000	78	Conforme
Carbono Orgânico Total	mg/L	3	5,58	Não Conforme
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 6,0	3,74	Não Conforme
pH	-	6,5 a 8,5	8,36	Conforme
Alumínio Dissolvido	mg/L	1,5	2,204	Não Conforme
Arsênio total	mg/L	0,01	< 0,0010	Conforme
Bário	mg/L	1	< 0,010	Conforme
Berílio	µg/L	5,3	< 0,001	Conforme
Boro	mg/L	5	2,282	Conforme
Cádmio total	mg/L	0,005	< 0,001	Conforme
Chumbo total	mg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Cianeto livre	mg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Cloro residual total (combinado + livre)	mg/L	0,01	< 0,10	Conforme
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	0,141	Não Conforme
Cromo total	mg/L	0,05	< 0,010	Conforme
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	1,245	Não Conforme
Fluoreto	mg/L	1,4	< 2,0	Conforme
Fósforo	mg/L	0,062	0,656	Não Conforme
Manganês	mg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Mercúrio	mg/L	0,0002	< 0,0002	Conforme
Níquel	mg/L	0,025	< 0,010	Conforme
Nitrato como N	mg/L	0,4	2,381	Não Conforme
Nitrito como N	mg/L	0,07	< 0,030	Conforme
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	0,4	< 5,0	Conforme
Prata	mg/L	0,005	< 0,010	Conforme
Selênio	mg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Sulfeto de Hidrogênio [H2S]	mg/L	0,002	< 0,002	Conforme
Tálio	mg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Urânio	mg/L	0,5	< 0,010	Conforme
Zinco	mg/L	0,09	0,032	Conforme
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,0019	< 0,0030	Conforme
Benzeno	µg/L	700	< 1,00	Conforme
Carbaril	µg/L	0,32	< 0,010	Conforme
Clordanos (a-Clordano + g-	µg/L	0,004	< 0,0050	Conforme

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 CLASSE 1	Ponto 03	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Clordano)				
2,4-D	µg/L	30	< 0,050	Conforme
DDT+DDD+DDE	µg/L	0,001	< 0,0010	Conforme
Demeton (O+S)	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Dodecacloro Pentaciclodecano (Mirex)	µg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Endosulfan (I+II+Sulfato)	µg/L	0,01	< 0,0100	Conforme
Endrin	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Etilbenzeno	µg/L	25	< 1,00	Conforme
Fenóis Totais (Índice de Fenóis)	µg/L	60	< 0,002	Conforme
Azinfós Metil (Gution)	µg/L	0,01	< 0,005	Conforme
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,001	< 0,0050	Conforme
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Malation	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,0100	Conforme
Monoclorobenzeno	µg/L	25	< 2,00	Conforme
Pentaclorofenol	µg/L	7,9	< 0,050	Conforme
PCB's Totais	µg/L	0,03	< 0,001	Conforme
Surfactantes	mg/L	0,2	0,96	Não Conforme
2,4,5-T	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tolueno	µg/L	215	< 1,00	Conforme
Toxafeno	µg/L	0,0002	N.D	Conforme
2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tributilestanho	µg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Triclorobenzenos (1,2,3 + 1,2,4)	µg/L	80	< 2,00	Conforme
Tricloroeteno	µg/L	30	< 1,00	Conforme
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	78	Conforme

Tabela 16 - Resultados das análises de água salobra no Ponto 01. Legenda: FLQ = Fora do Limite de Quantificação.

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 Classe 1	Ponto 01	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
Carbono orgânico total	mg/L	3	8,350	Não Conforme
Oxigênio Dissolvido	mg/L	> 5	4,02	Não Conforme
pH	-	6,5 a 8,5	8,38	Conforme
Óleos e Graxas Visíveis	-	virtualmente ausentes	Ausente	Conforme
Materiais Flutuantes	-	virtualmente ausentes	Ausente	Conforme
Cor da Amostra	-	virtualmente ausentes	Incolor	Conforme
Odor	-	virtualmente ausentes	Presente P/A	Não Conforme
Turbidez	NTU	-	11,90	Conforme
Resíduos Sólidos Objetáveis	-	virtualmente ausentes	Ausente	Conforme
Coliformes Termotolerantes (Fecais)	NMP/100mL	1.000	120	Conforme
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,871	Não Conforme
Arsênio total	mg/L	0,01	< 0,0010	Conforme
Berílio	µg/L	5,3	< 0,001	Conforme
Boro	mg/L	0,5	1,280	Não Conforme
Cádmio total	mg/L	0,005	< 0,001	Conforme
Chumbo total	mg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Cianeto livre	mg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Cloro residual total (combinado + livre)	mg/L	0,01	< 0,10	Conforme
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	0,148	Não Conforme
Cromo total	mg/L	0,05	< 0,010	Conforme
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,253	Conforme
Fluoreto	mg/L	1,4	< 2,0	Conforme
Fósforo	mg/L	0,124	< 0,400	Conforme
Manganês	mg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Mercúrio	mg/L	0,0002	< 0,0002	Conforme
Níquel	mg/L	0,025	< 0,010	Conforme
Nitrato como N	mg/L	0,4	2,325	Não Conforme
Nitrito como N	mg/L	0,07	< 0,030	Conforme
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	0,4	< 5,0	Conforme
Prata	mg/L	0,005	< 0,010	Conforme
Selênio	mg/L	0,01	< 0,0010	Conforme
Sulfeto de Hidrogênio [H ₂ S]	mg/L	0,002	< 0,002	Conforme
Zinco	mg/L	0,09	0,103	Não Conforme
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,0019	< 0,0030	Conforme
Benzeno	µg/L	700	< 1,00	Conforme
Carbaril	µg/L	0,32	< 0,010	Conforme
Clordanos (α-Clordano + γ-Clordano)	µg/L	0,004	< 0,0050	Conforme
2,4-D	µg/L	10	< 0,050	Conforme

Parâmetros	Unidade	Limite - CONAMA 357 Classe 1	Ponto 01	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 357
DDT+DDD+DDE	µg/L	0,001	< 0,0010	Conforme
Demeton (O+S)	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Dodecacloro Pentaciclodecano (Mirex)	µg/L	0,001	< 0,001	Conforme
Endrin	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Endosulfan (I+II+Sulfato)	µg/L	0,01	< 0,0100	Conforme
Etilbenzeno	µg/L	25	< 1,00	Conforme
Fenóis Totais (Índice de Fenóis)	mg/L	0,003	< 0,002	Conforme
Azinfós Metil (Gution)	µg/L	0,01	< 0,005	Conforme
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,001	< 0,0050	Conforme
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,004	< 0,0030	Conforme
Malation	µg/L	0,1	< 0,010	Conforme
Metoxicloro	µg/L	0,03	< 0,0100	Conforme
Monoclorobenzeno	µg/L	25	< 2,00	Conforme
Paration	µg/L	0,04	< 0,010	Conforme
Pentaclorofenol	µg/L	7,9	< 0,050	Conforme
PCB's Totais	µg/L	0,03	< 0,001	Conforme
Surfactantes	LAS	0,2	0,77	Não Conforme
2,4,5-T	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tolueno	µg/L	215	< 1,00	Conforme
Toxafeno	µg/L	0,0002	N.D	Conforme
2,4,5-TP	µg/L	10	< 0,050	Conforme
Tributilestanho	µg/L	0,01	< 0,010	Conforme
Triclorobenzenos (1,2,3 + 1,2,4)	µg/L	80	< 2,00	Conforme
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	120	Conforme

Diante dos resultados observados nas tabelas acima, verificou-se que, para as amostras de água salina, os parâmetros Odor, Turbidez, Coliformes Termotolerantes (Fecais), Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, Cobre dissolvido, Nitrato como N, Surfactantes, *Escherichia coli* apresentaram não conformidade no Ponto 02. No Ponto 03 de água salina, os parâmetros Odor, Turbidez, Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, Alumínio Dissolvido, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Fósforo, Nitrato como N e Surfactantes estiveram fora da conformidade. Para as amostras de água salobra, no Ponto 01, os parâmetros Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, Odor, Alumínio Dissolvido, Boro, Cobre Dissolvido, Nitrato como N, Zinco e Surfactantes apresentaram não conformidade.

10.1.7.2.2.1 - Parâmetros Não Conformes

Segue abaixo a descrição dos parâmetros que apresentaram não conformidade e as possíveis

fontes e origens dessas alterações.

10.1.7.2.2.1.1 - Odor

Odor é a sensação resultante do reconhecimento de um composto químico volátil por um receptor olfativo. Uma substância é classificada como odorante se preencher três condições: ela tem que se ligar a um receptor olfativo; o receptor olfativo precisa transmitir o reconhecimento até o cérebro; e o cérebro precisa receber um sinal que pode ser interpretado (BUETTNER, 2017). Exemplos dessas substâncias são compostos sulfurados, como sulfetos e mercaptanas, compostos nitrogenados, como amônia e aminas, e compostos orgânicos voláteis (COVs), como ácido acético e valérico, formaldeído, acetona e ésteres (GOSTELOW; PARSONS; STUETZ, 2001).

Apesar da subjetividade da percepção de odor, vários sintomas físicos são relatados: enjoo, dores de cabeça, de garganta, coriza, congestão nasal, tosse, lacrimação e vermelhidão ocular e falta de ar.

Além desses, há também os psicológicos como estresse, alterações comportamentais, irritabilidade, depressão e angústia (BUETTNER, 2017; KADOHISA, 2013).

As fontes de emissão de odor são diversas, podendo ser de origem natural ou de origem antropogênica. As atividades industriais são responsáveis pela emissão de diversas dessas substâncias no ar. Aterros, centrais de compostagem, abatedouros, curtumes, indústrias petroquímicas, alimentícias e de celulose são alguns exemplos dessas fontes (SCHIFFMANN, WILLIAMS, 2005).

Considerando a localização dos pontos avaliados, a caracterização da presença de odor nas amostras pode estar ligada ao despejo de efluentes industriais e domésticos na região, bem como ao transporte de efluentes pela maré advindos de regiões adjacentes.

10.1.7.2.2.1.2 - Turbidez

Segundo Apha (2005), a turbidez da água é atribuída as partículas sólidas em suspensão, que diminuem a claridade e reduzem a transmissão de luz do meio.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, acentuado pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. Outra maneira de aumentar a turbidez é por meio dos esgotos sanitários e por variados efluentes industriais (GOMES; PALMA e SILVA, 2000). Na natureza a água pode dissolver substâncias assim como pode mostrar materiais que se encontram em suspensão. Estes materiais quando dissolvidos causam o surgimento da coloração, e a parte em suspensão resultará numa água que se apresenta mais

turva. Uma água que possui turbidez expressa a existência do efeito de partículas em suspensão, que será maior quanto maior for a quantidade de material em suspensão (ANTUNES; CASTRO & GUARDA, 2004).

Nas águas naturais, a presença da turbidez provoca a redução de intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, influenciando decisivamente nas características do ecossistema presente (PIVELI, KATO, 2006).

Considera-se que as águas da região possuem turbidez elevada naturalmente, devido ao grande fluxo de marés, descarga de rios na região e a presença em abundância de manguezais, gerando grande circulação de sedimentos através das águas.

10.1.7.2.2.1.3 - Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*

Os coliformes termotolerantes fazem parte do subgrupo das bactérias do grupo coliformes que fermentam a lactose a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante da *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2014).

Embora não sejam de um modo geral patogênicas, a presença de bactérias do grupo coliforme na água indica a possibilidade da existência de contaminação por matéria fecal e pode, portanto, conter microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como: febre tifoide, febre paratifoide, disenteria e cólera (CPRH, 2016).

O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente (SPERLING, 1998).

Para o empreendimento em questão, a movimentação de mares pode trazer de outras áreas efluentes de fossas sanitárias e sumidouros, bem como efluentes provenientes da movimentação dos navios que trafegam pela região.

Além disso, a alta temperatura local também contribui para a sobrevivência de Coliformes Termotolerantes, mantendo valores elevados nos resultados das análises realizadas.

10.1.7.2.2.1.4 - Carbono Orgânico Total

É possível encontrar três formas de expressão de carbono na natureza: carbono em sua forma elementar, tal qual carvão e grafite, carbono inorgânico (CI), que é definido como toda espécie de sais de carbonatos (CO_3^{-2} e bicarbonatos HCO_3^{-}), como dióxido de carbono (CO_2) dissolvido em água, e o carbono orgânico (CO), definido como todo átomo de carbono ligado covalentemente a uma molécula.

Em amostras aquosas, a quantidade de carbono elementar é desprezível, e somente a quantidade de carbonos orgânicos e inorgânicos é considerada. Somados constituem a totalidade de carbono presente em meio aquoso ou carbono total (CT). Geralmente a denominação CT refere-se à soma das frações orgânica e inorgânica, uma vez que a quantidade de carbono elementar em amostras é insignificante.

O carbono orgânico em água é formado por uma variedade de compostos que contemplam a parcelas degradáveis e não degradáveis da matéria orgânica, ou seja, é o composto que indica com melhor afinidade a quantidade de carbono em uma amostra (CETESB, 2013). Esse composto pode indicar desde desenvolvimento acentuado de comunidade algal em ecossistemas aquáticos bem como ser fator indicador de poluição de um determinado corpo hídrico (SPERLING, 2000).

Os pontos avaliados durante o diagnóstico situam-se próximos de manguezais, sendo áreas com abundância de matéria orgânica em decomposição, gerando valores naturalmente mais acentuados de carbono orgânico total.

10.1.7.2.2.1.5 - Oxigênio Dissolvido

O nível de oxigênio dissolvido em águas naturais é, com frequência, uma indicação direta de qualidade, uma vez que as plantas aquáticas produzem oxigênio enquanto microrganismos geralmente o consomem ao alimentarem-se de poluentes. A solubilidade de oxigênio aumenta a baixas temperaturas a tal ponto em que, no inverno, em regiões frias, concentrações de 20 ppm podem ser encontradas em águas naturais cujos pontos de saturação, no verão, não ultrapassam 5 ppm. O oxigênio dissolvido é essencial para a subsistência de peixes e outras vidas aquáticas e auxilia na decomposição natural da matéria orgânica.

As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro. O valor de referência para este parâmetro no presente monitoramento é de não inferior à 6 mg/L seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Devido à grande quantidade de matéria orgânica proveniente dos manguezais, e a alta temperatura natural da região, foram encontrados valores baixos para o oxigênio dissolvido, sendo este considerado um padrão de concentração normal para as áreas onde houve a amostragem.

10.1.7.2.2.1.6 - Alumínio Dissolvido

Conforme dados da CETESB (2017), alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre. Ocorre naturalmente no ambiente como silicatos, óxidos e hidróxidos, combinado com outros elementos, como sódio e flúor, e como complexos com matéria orgânica.

A solubilidade do alumínio na água é influenciada pelo potencial Hidrogeniônico, temperatura, e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica entre outros. A solubilidade do alumínio é alta em pH baixo (meio ácido), e este elemento deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose.

O aumento da concentração de alumínio está relacionado ao período de alta pluviosidade e consequente aumento na turbidez (CETESB, 2007; NASCIMENTO, 2004). Geralmente suas formas mais comuns são o íon trivalente na forma solúvel e o hidróxido e aluminatos nas formas insolúveis (FREITAS *et al.*, 2001).

Os valores mais elevados observados para este parâmetro podem ser justificados pelas atividades presentes na área de interesse para instalação do empreendimento.

10.1.7.2.2.1.7 - Boro

O Boro é um elemento de origem natural, podendo também ser lançado no meio ambiente a partir de fontes antrópicas, porém em menor proporção. As principais fontes naturais do Boro são as rochas sedimentares ricas em argila, assim como carvão, xisto e alguns tipos de solos, já as fontes antrópicas podem ser as metalúrgicas, indústrias de microeletrônica, de vidros e a agricultura. Grande parte do boro total do solo está associada à matéria orgânica, sendo liberada após mineralização, para solução do solo, e a partir daí uma parte pode novamente ser absorvida pelas raízes das plantas, outra perdida por lixiviação. (MICROQUÍMICA, 2014).

Em águas marinhas, a concentração do Boro pode variar entre 5 e 6 mg/L (KOSEOGLU, 2008), podendo alcançar concentrações de aproximadamente 9,6 mg/L (WOLSKA & BRYJAK, 2012). Esse elemento pode ser encontrado na água da chuva em áreas costeiras, devido a sua volatilidade, assim como por causa de atividades antrópicas. Foram encontrados valores acima do permitido apenas no Ponto 01.

10.1.7.2.2.1.8 - Cobre Dissolvido

O zinco e o cobre são tidos como micronutrientes essenciais e fundamentais para metabolismo de várias espécies, entretanto, em altas concentrações desencadeiam efeitos danosos à saúde do ser humano e a fauna e flora do solo (MACEDO *et al.*, 2010).

Na natureza o cobre é encontrado em abundância na forma de sulfetos, arsenitos, cloretos e

carbonato, estando naturalmente na atmosfera por dispersão pelo vento e erupções vulcânicas. O cobre elementar não se degrada no ambiente. As principais fontes antropogênicas do metal são: mineração, fundição, queima de carvão (como fonte de energia) e incineração de resíduos municipais (OKUMURA *et al.*, 2004).

O cobre quando encontrado em elevadas quantidades se torna poluente, causando desequilíbrio ambiental, porém em concentrações normais é importante no organismo dos seres vivos, pois atua nos mecanismos fisiológicos e bioquímicos evitando problemas como anemia, que pode levar a uma baixa mobilização do ferro no organismo (MATTIAS, 2006).

A maior parte do cobre do organismo está localizada no fígado, nos ossos e nos músculos, mas existem vestígios de cobre em todos os tecidos, sendo um componente de muitas enzimas, incluindo aquelas que são necessárias para produção de energia (JOHSON, 2018). Grandes quantidades, normalmente ingeridas por pessoas que pretendem cometer suicídio, podem danificar os rins, inibir a produção de urina e causar anemia devido à ruptura dos glóbulos vermelhos (anemia hemolítica), podendo até levar à morte (JOHSON, 2018).

Foram encontrados valores elevados de cobre em quase todos os pontos avaliados, alertando para a necessidade de manter um monitoramento constante de sua concentração nestes locais.

10.1.7.2.2.1.9 - Ferro Dissolvido

O ferro se destaca como um fitonutriente, essencial ao crescimento de organismos fotoautotróficos, os quais retiram do ambiente uma série de elementos sob a forma inorgânica, como nitrogênio, fósforo, enxofre, magnésio e ferro, para sintetizar compostos orgânicos.

Altas concentrações de ferro em águas superficiais são comuns no Brasil devido à estrutura geológica do país que contém magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Corante natural, a origem desse elemento pode estar relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a coloides ou húmus, o que dá a cor amarelada à água (CPRM, 1997; ANDRE *et al.*, 2005).

Teores elevados de deste elemento são também encontrados, com maior frequência, em águas superficiais com matéria orgânica, nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado com a matéria orgânica e, corriqueiramente, em estado coloidal (RICHTER & NETO, 1991).

A água do mar contém em média 0,01 ppm de ferro dissolvido ou em seu estado coloidal, enquanto as águas fluviais contêm uma concentração média de 0,67 ppm de ferro (SUGUIO, 1980).

O ferro é um nutriente essencial em doses baixas. No entanto, a exposição em longo prazo em

doses concentradas pode ser prejudicial. A presença excessiva deste elemento em águas para abastecimento humano pode resultar em implicações operacionais (depósitos, incrustações, aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de distribuição), estéticas (aparecimento de gosto, odor e coloração na água, como também manchas em roupas e aparelhos sanitários) e até danosas à saúde do homem (insuficiência cardíaca, diabetes, cirrose e tumores hepáticos) (CHO, 2005; CHATURVEDI & DAVE, 2012; YUCE & ALPTEKIN, 2013).

Foram encontrados valores elevados de ferro apenas no Ponto 03, sendo este ponto mais distante de atividades de movimentação de navios, refinamento de minerais e despejo de efluentes industriais. Desta forma, a elevada concentração registrada pode ser considerada como resultado do transporte da maré, ou alta concentração natural por natureza dos solos na região.

10.1.7.2.2.1.10 - Fósforo

O fósforo (P) é um nutriente importante para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e indispensável para a eutrofização. Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg.L⁻¹ a 0,05 mg.L⁻¹ (BRASIL, 2014).

A ocorrência de fósforo na água está relacionada a processos naturais, dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva ou antropogênicos, lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas (BRASIL, 2014).

A erosão de solos tem contribuído com as cargas de fósforo adicionadas aos sistemas aquáticos, em decorrência da prática de correção da fertilidade do solo, através da aplicação de adubos minerais e orgânicos, em especial, os dejetos animais. Neste sentido, a principal forma em que o fósforo chega aos corpos hídricos é através do escoamento superficial e lixiviação no perfil do solo (GATIBONI *et al.*, 2015).

Grandes quantidades de fosfatos também são utilizadas em fertilizantes. Cerca de 90% das rochas fosfáticas são usadas diretamente na fabricação de fertilizantes, e o restante é empregado na fabricação de fósforo e ácido fosfórico (TABELA PERIÓDICA, [s.d.]).

Foi encontrada uma concentração acentuada de fósforo apenas no Ponto 03, sendo esta provavelmente relacionada a movimentação de fertilizantes nas operações portuárias próximas e o transporte deste produto pela maré.

10.1.7.2.2.1.11 - Nitrato Como N

O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais. Frequentemente encontram-se em

baixas concentrações nas águas superficiais, porém pode alcançar altas concentrações em águas profundas.

Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

O nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês conhecida como síndrome do bebê azul. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por esta enfermidade (BRASIL, 2014). Sua origem antropogênica é de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes, já sua origem natural vem de compostos biológicos (SPERLING, 1998).

Foram encontrados valores elevados deste parâmetro em todos os pontos avaliados. Uma das prováveis causas desta grande concentração pode estar relacionada a movimentação de fertilizantes nas operações portuárias adjacentes, bem como o lançamento e transporte de efluentes industriais através das marés por todas as áreas onde foram realizadas as coletas.

10.1.7.2.1.12 - Zinco

O zinco é amplamente distribuído no organismo- nos ossos, dentes, cabelo, pele, fígado, músculos, glóbulos brancos e testículos e componente de mais de 100 enzimas, incluindo algumas implicadas na formação de ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA) (JOHSON, 2018).

A insuficiência de zinco no ser humano podem causar diversos problemas, entre eles estão: a redução da percepção gustativa, diminuição de apetite, retardamento do crescimento e depressão do sistema imune, o que auxilia a ocorrência de doenças. Se a dieta prover quantidade de zinco deficiente ao longo da gravidez corre risco de haver complicação do desenvolvimento do feto. Situações extremas de deficiência acarreta em retardamento na maturação sexual (ARAÚJO & AMARAL SOBRINHO, 2000).

Por outro lado, o consumo excessivo e prolongado de zinco, as pessoas podem apresentar náuseas, vômitos e diarreia pode reduzir a absorção de cobre, provocar anemia e afetar o sistema imunológico (JOHSON, 2018).

O zinco é um elemento químico natural e apresenta índices maiores em água de rios devido ao escoamento de resíduos naturais de queima da vegetação da erosão, e também da ação do

homem na utilização de defensivos agrícolas. Podendo ser designado poluição, quando esses metais no meio ambiente estiverem causando problemas à saúde humana e danos aos recursos naturais segundo (ROBINSON, 1986).

Foram encontradas concentrações elevadas de zinco no Ponto 01 e Ponto 02, sendo consideradas áreas de maior fluxo de embarcações e descarga de efluentes industriais, podendo estas justificarem a não conformidade do parâmetro.

10.1.7.2.2.1.13 - Surfactantes

O termo surfactante segundo Barros *et al.* (2007) vem da contração da expressão *Surface active agent*, que significa agente de atividade superficial. De acordo com Banat (2000) os compostos tensoativos ou surfactantes foram introduzidos na civilização pelos fenícios e, inicialmente eram produzidos a partir de gordura animal e óleo vegetal, sendo posteriormente sintetizados quimicamente. Os surfactantes são moléculas anfipáticas formadas por uma parte hidrofóbica e uma hidrofílica (NITSCHKE & PASTORE, 2002), que agem nas interfaces de líquidos e em superfícies sólidas modificando a tensão superficial e interfacial.

Além dessas características, esses compostos podem apresentar outras propriedades, tais como: detergência, umectabilidade, poder espumante e atividade antimicrobiana (BODOUR; MILLER-MAIER, 1998). A maior utilização dos surfactantes se concentra na indústria de produtos de limpeza (sabões e detergentes), na indústria de petróleo e na indústria de cosméticos e produtos de higiene (BUENO; SILVA; GARCIA-CRUZ, 2010; BARROS *et al.*, 2007).

Apesar dos primeiros surfactantes terem sido obtidos a partir de gorduras animais e óleos vegetais (fontes renováveis), atualmente a grande maioria é sintetizada a partir de derivados do petróleo (BUENO; SILVA; GARCIA-CRUZ, 2010).

O uso dos surfactantes sintéticos, em diversos processos industriais e domésticos, provoca danos ambientais associados à sua produção e ao seu descarte. A presença de surfactantes nos corpos hídricos reduz a tensão superficial da água diminuindo sua taxa de evaporação, aumenta a solubilidade de compostos orgânicos presentes nos corpos hídricos. A espuma formada sobre a superfície da água diminui a penetração dos raios solares, reduz a solubilidade do oxigênio provocando a morte de micro-organismos, peixes e plantas aquáticas.

A ocorrência de valores elevados de surfactantes foi verificada em todos os pontos avaliados, sendo relacionada à ação antrópica, como o despejo de fertilizantes ou esgoto doméstico e industrial em corpos hídricos que deságuam na região.

10.1.7.2.3 - Conclusão

Há inúmeros fatores que influenciam a qualidade das águas costeiras, conforme a Figura 18 exemplifica. Na área próxima ao empreendimento, é possível observar fontes de poluição relacionadas ao lançamento de efluentes industriais, resíduos e efluentes de operação portuária e movimentação de navios, como a movimentação de fertilizantes e produção de ligas metálicas. Essas fontes podem contribuir para a alteração da qualidade do solo e das águas na região, com o aumento de substâncias como alumínio, boro, ferro, cobre e fósforo.

Também se registra a ocorrência de valores elevados para Coliformes Termotolerantes e E. coli, que podem ser derivados de esgoto doméstico transportado pelas marés até os pontos monitorados.

Destaca-se a importância de manter os valores registrados nas campanhas de levantamento de dados para futuras comparações durante a instalação e operação do empreendimento em interesse.



Figura 18 - Fatores que influenciam a qualidade das águas costeiras.
Fonte: CETESB, 2014.

10.1.7.3 - Qualidade dos Sedimentos Marinhos

A análise da qualidade dos sedimentos marinhos para o empreendimento em questão justifica-se pelo risco inerente de qualquer obra civil em ocasionar contaminação nos sedimentos em sua área de influência, uma vez que os contaminantes, quando lançados no mar, acabam adsorvendo ao material em suspensão e, frequentemente, depositando neste compartimento (MOREIRA, 2009).

A legislação de referência para análise qualitativa de sedimentos marinhos é a Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece níveis de classificação de material a ser dragado de acordo com o tipo de água e a caracterização química para determinar as concentrações das substâncias poluentes (valores orientadores), além da escala granulométrica dos sedimentos.

Com o objetivo de caracterizar qualitativamente os sedimentos que poderão ser afetados pela instalação do empreendimento, foram realizadas análises de amostras coletadas em 02 pontos na AID do empreendimento. Os procedimentos relativos à definição dos pontos de amostragem, coletas, análise, bem como a avaliação dos parâmetros observados, serão descritos abaixo.

10.1.7.3.1 - Metodologia

Para a escolha da rede amostral, levou-se em consideração os locais diretamente influenciados pelas futuras atividades de construção do terminal, tais como a área pretendida para construção de pontes, berços e Píer, e área de manobra de embarcações.

A Tabela 17 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de coleta realizados e no Mapa do Apêndice 37 pode-se visualizar a localização espacial dos locais de amostragem dos sedimentos marinhos.

Tabela 17 - Localização dos pontos de coleta de sedimentos.

Data da Coleta	Matriz	Ponto	Coordenadas (UTM) Zona 23 M	
			UTM E (X)	UTM N (Y)
03/04/2024	Sedimentos	01	569077	9709477
03/04/2024	Marinhos	02	568414	9705836

Para caracterizar a qualidade dos sedimentos na área de influência do empreendimento, foi tomada como referência a Resolução CONAMA nº 454/2012, que indica a análise dos parâmetros:

- Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Zinco, Tributilestanho, a-BHC, b-BHC, d-BHC, g-BHC (Lindano), a-Clordano, g-Clordano, p,p'-DDD + o,p'-DDD, p,p'-DDE + o,p'-DDE, p,p'-DDT + o,p'-DDT, Dieldrin, Endrin, PCB's Totais, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Criseno, Dibenzo[a,h]antraceno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, 2-Metilnaftaleno, Naftaleno, Pireno, Soma de PAH's (CONAMA 454), % de Umidade, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Kjeldahl Total e Fósforo. Também foi realizada a caracterização granulométrica, a fim de verificar o efeito da granulometria sobre as concentrações das substâncias detectadas.

A metodologia de coleta baseou-se no "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos" (ANA, 2011), documento de

referência técnica para disciplinar os procedimentos de coleta e preservação de amostras de sedimentos destinadas ao monitoramento de qualidade dos mesmos.

De maneira geral, as amostragens foram obtidas com auxílio de petit-ponar ou draga van-veen. O amostrador foi lançado ao mar em cada ponto amostral, e coletou o sedimento do fundo marinho, sendo trazido para a embarcação, aberto sobre uma bandeja plástica e, com o auxílio de espátulas (plásticas ou metálicas, conforme o objeto da análise), foi amostrada a camada superior do sedimento (não contemplando os sedimentos que ficaram em contato com o amostrador e com a bandeja).

As amostras para avaliação de substâncias orgânicas (pesticidas, PCBs, HPAs e TBTs), contempladas na Resolução CONAMA nº 454/2012, foram realizadas com espátula metálica e acondicionadas em embalagens de alumínio identificadas (devidamente calcinadas, para eliminar qualquer tipo de substância orgânica que possa contaminar as mesmas).

As amostras destinadas a avaliação dos metais, semimetais, COT, NT e PT foram separadas com espátula plástica e armazenadas em sacos plásticos identificados, separadamente das amostras de granulometria, que também foram acondicionadas em sacos plásticos, e devidamente identificadas.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em isopor, sendo mantidas sob-refrigeração e enviadas imediatamente para o laboratório responsável pelas análises, cuja acreditação pode ser observada no Anexo 3.

A seguir, seguem registros do momento das coletas realizadas.

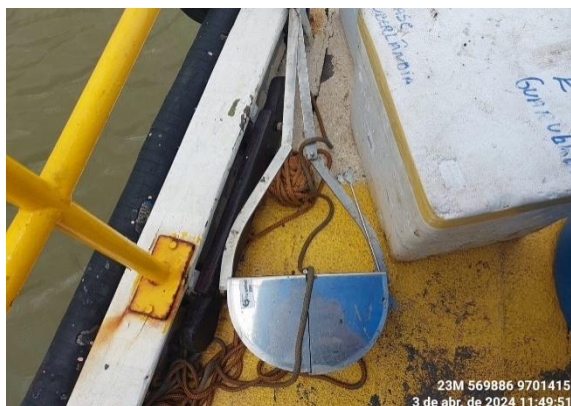


Foto 23 - Equipamento utilizado para coleta de sedimentos.



Foto 24 - Procedimento de coleta de sedimentos.



Foto 25 - Procedimento de triagem e acondicionamento de sedimentos.



Foto 26 - Amostras coletadas acondicionadas.

10.1.7.3.2 - Resultados

Após a análise das amostras, foram gerados pelo laboratório acreditado os laudos para cada ponto avaliado. Tais laudos podem ser observados no Anexo 5.

Com relação à granulometria, tem-se a Tabela 18 com os dados obtidos pela análise do sedimento coletado.

Tabela 18 - Dados granulométricos (g/kg) dos sedimentos amostrados.

Granulometria	Ponto 01	Ponto 02
% de Sólidos	79,00 %	78,96 %
Areia muito grossa (> 1,00 mm)	12,2	4,32
Areia grossa (> 0,50 mm)	1,89	16
Areia média (> 0,25 mm)	1,4	108,5
Areia fina (> 0,125 mm)	10,2	752
Areia muito fina (> 0,062 mm)	28,8	100,5
Silte	492,2	14
Argila	453,4	4,9
Fração de Areia Total	54	981,4

Como pode ser observado na Tabela 18, a região é caracterizada pela mistura de diferentes composições granulométricas, prevalecendo no Ponto 01 a granulometria silte (492,2 g/kg), e no Ponto 02 a granulometria areia fina (752 g/kg).

Analisando a mesma tabela, podemos notar que no Ponto 01, o percentual de silte é superior a outras granulometrias, apresentando uma concentração de 49,22 % com relação ao volume total de material coletado, seguido por 43,34 % de argila, e apenas 5,45 % de areia, o que caracteriza a textura do solo coletado como predominantemente argilo-siltoso.

No Ponto 02, o percentual de concentração de areia é superior a outras granulometrias, apresentando uma concentração de 98,11 % com relação ao volume total de material coletado,

seguido por 1,4 % de silte, e 0,49 % de argila, o que leva a caracterizar o substrato amostrado como predominantemente arenoso.

Relativo aos demais parâmetros analisados, visualiza-se na Tabela 19 os resultados para cada ponto, assim como a conformidade e não conformidade dos parâmetros com a Resolução CONAMA nº 454/2012.

Tabela 19 - Resultados das análises dos sedimentos nos pontos coletados.

Parâmetros	Un.	Limite - CONAMA 454	Ponto 01		Ponto 02	
			Resultados	Confor- Midade - CONAMA 454	Resultados	Conformidade - CONAMA 454
Arsênio (As)	mg/kg	70	< 0,06	Conforme	< 0,06	Conforme
Cádmio (Cd)	mg/kg	7,2	< 0,66	Conforme	< 0,75	Conforme
Chumbo (Pb)	mg/kg	218	19,76	Conforme	1,88	Conforme
Cobre (Cu)	mg/kg	270	8,04	Conforme	3,46	Conforme
Cromo (Cr)	mg/kg	370	15,68	Conforme	< 0,75	Conforme
Mercúrio (Hg)	mg/kg	1	< 0,06	Conforme	< 0,06	Conforme
Níquel (Ni)	mg/kg	51,6	< 0,66	Conforme	< 0,75	Conforme
Zinco (Zn)	mg/kg	410	20,22	Conforme	2,93	Conforme
Tributilestanho (TBT)	µg/kg	1.000	< 190	Conforme	< 190	Conforme
alfa-BHC	µg/kg	0,99	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
beta-BHC	µg/kg	0,99	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
delta-BHC	µg/kg	0,99	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
gama-BHC (Lindano)	µg/kg	0,99	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
alfa-Clordano	µg/kg	4,79	< 0,66	Conforme	< 0,61	Conforme
gama-Clordano	µg/kg	4,79	< 0,66	Conforme	< 0,61	Conforme
p,p'-DDD + o,p'-DDD	µg/kg	7,81	< 0,66	Conforme	< 0,61	Conforme
p,p'-DDE + o,p'-DDE	µg/kg	374	< 0,66	Conforme	< 0,61	Conforme
p,p'-DDT + o,p'-DDT	µg/kg	4,77	< 0,66	Conforme	< 0,61	Conforme
Dieldrin	µg/kg	4,3	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
Endrin	µg/kg	62,4	< 0,39	Conforme	< 0,36	Conforme
Soma de PCB's	µg/kg	180	< 0,13	Conforme	< 0,12	Conforme
Benzo(a)antraceno	µg/kg	690	22,9	Conforme	< 0,6	Conforme
Benzo(a)pireno	µg/kg	760	29,5	Conforme	< 0,6	Conforme
Criseno	µg/kg	850	15,9	Conforme	< 0,6	Conforme
Dibenzo[a,h]antraceno	µg/kg	140	5,9	Conforme	< 0,6	Conforme
Acenafteno	µg/kg	500	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme
Acenaftileno	µg/kg	640	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme
Antraceno	µg/kg	1100	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme
Fenantreno	µg/kg	1500	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme

Parâmetros	Un.	Limite - CONAMA 454	Ponto 01		Ponto 02	
			Resultados	Conformidade - CONAMA 454	Resultados	Conformidade - CONAMA 454
Fluoranteno	µg/kg	5100	24,2	Conforme	< 0,6	Conforme
Fluoreno	µg/kg	540	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme
2-Metilnaftaleno	µg/kg	670	< 13,1	Conforme	< 12,2	Conforme
Naftaleno	µg/kg	2100	< 0,7	Conforme	< 0,6	Conforme
Pireno	µg/kg	2600	21,7	Conforme	< 0,6	Conforme
Soma de PAH's CONAMA	µg/kg	-	220,2	Conforme	< 12,2	Conforme
Carbono Orgânico Total	%	10	0,97	Conforme	0,86	Conforme
NKT - Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4800	113,5	Conforme	< 63,2	Conforme
Fósforo (P)	mg/kg	2000	282,65	Conforme	199,93	Conforme

Diante dos resultados observados verificou-se que, para as amostras de sedimentos, todos os parâmetros verificados se apresentaram dentro da conformidade no Ponto 01 e no Ponto 02.

10.1.7.3.3 - Conclusão

Conforme observado, não foram verificados valores fora da conformidade para os pontos avaliados.

Quanto à granulometria dos sedimentos, sabe-se que quanto menor o tamanho do grão, maior o potencial de que compostos orgânicos e inorgânicos se associem ao sedimento. Dessa forma, a análise granulométrica apontou que no Ponto 01 o solo possui textura predominantemente argilo-siltosa, enquanto no Ponto 02 a textura observada foi predominante arenosa, o que caracterizaria este ponto como mais propício a absorção de produtos contaminantes.

Destaca-se que os resultados obtidos servirão de parâmetro para análises futuras, sendo considerados dados de *background* das áreas potencialmente afetadas pela instalação e futura operação do empreendimento.

10.1.7.4 - Hidrogeologia

Nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Boa Razão não há variação de ocorrência de tipos de aquíferos, cuja hidrogeologia se altera mesmo em ambientes de diferentes embasamentos geológicos nas localidades em questão. Sua unidade de aquífero desempenha um papel vital no abastecimento de água para as comunidades locais e para o desenvolvimento socioeconômico da

área.

A hidrologia subterrânea na área de estudo é influenciada por fatores geológicos, como a natureza das formações rochosas e os processos de recarga e descarga dos aquíferos. No Maranhão, existem múltiplos tipos de aquíferos: os sedimentares granulares são formados por camadas de sedimentos como areia, cascalho e argila, que possuem alta porosidade e permitem o armazenamento e o fluxo de água subterrânea. Esses aquíferos são encontrados em áreas aluviais, onde a deposição de materiais sedimentares ocorreu ao longo do tempo.

Já os aquíferos fissurais cristalinos localizados ao sul do Estado estão associados a formações rochosas cristalinas, como granito e gnaisses, que possuem fraturas e fissuras que permitem a circulação da água subterrânea. Esses aquíferos são encontrados em áreas de relevos cristalinos, caracterizados por rochas ígneas ou metamórficas.

Nesse íterim, busca-se realizar a caracterização dos aquíferos presentes nas sub-bacias de Estiva e Boa Razão, procedimento essencial para conhecimento de abastecimento de água potável e fonte de água para poços e sistemas de captação.

Essas unidades litológicas presentes, do ponto de vista hidrogeológico, formam sistemas hidráulicos denominados de sistema aquífero Barreiras. Esse sistema de aquífero constituído pelo Grupo Barreiras alcança espessura normalmente inferior a 55 metros. Devido às frequentes intercalações de níveis argilosos em seu domínio ocorrem em geral diferentes condutividades hidráulicas, estas em torno de $1,8 \times 10^{-6}$, refletindo mais as características de um aquítarde.

O rebaixamento do nível da água ocorre no intervalo entre 5 e 30 metros, apresentando vazões médias de $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$, podendo encontrar-se valores da ordem de $17,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Em geral comporta-se como um aquífero livre, podendo localmente apresentar-se como semiconfinado a variação litológica do Grupo Barreiras, além de alterar as condições de fluxo de água subterrânea

Considerando o contexto do empreendimento, buscou-se o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), com a finalidade de localizar poços perfurados ao redor do corpo hídrico com informações geohidráulicas da área em que se inserem.

O Mapa do Apêndice 33 traz a localização dos aquíferos nas sub-bacias hidrográficas de Estiva e Boa Razão.

Foi selecionado 1 poço amostral na área mais próxima ao CPM, em função da quantidade de poços com validade explicativa para o empreendimento ser limitada.

Na Figura 19 é apresentado um perfil construtivo da amostra utilizada, caracterizando a coluna estratigráfica na área da perfuração, além das informações qualitativas obtidas através do relatório fornecido pelo SIAGAS.

Mediante as informações, é possível obter as informações de localização, hidrogeológicas em cada área, usos dos poços, fluxos, vazões, bombeamento e profundidade dos níveis de água subterrânea.

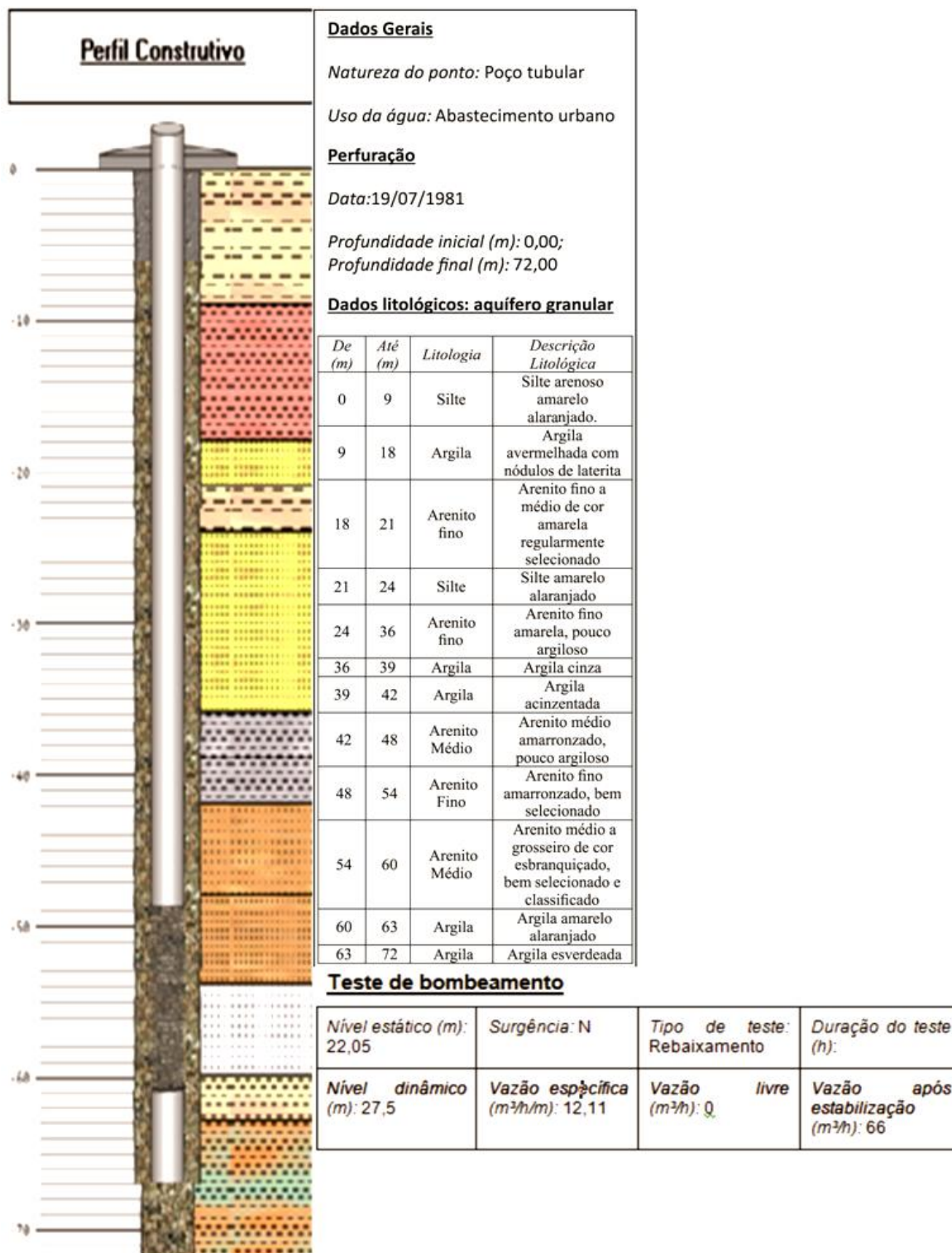


Figura 19 - Perfil construtivo do poço 2200035383 - Santa Bárbara no município de São Luís.
Fonte: CPRM (1981).

10.1.8 - Qualidade do Ar

O atual padrão de consumo, combinado com as práticas de desenvolvimento, resulta no aumento das emissões de poluentes no ar. Esse aumento na concentração de substâncias contaminantes no ar e sua deposição no solo prejudica diversas formas de vida e desestabiliza os ecossistemas.

No Brasil, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR), instituído pela Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989, foi criado para controlar a poluição atmosférica no país. O objetivo principal do programa é permitir o desenvolvimento econômico e social do país de maneira ambientalmente segura, limitando os níveis de emissão de poluentes pelas fontes de poluição atmosférica, com o intuito de melhorar a qualidade do ar, cumprir os padrões estabelecidos e não comprometer a qualidade do ar em áreas não degradadas.

A estratégia principal do PRONAR é estabelecer limites nacionais para emissões, de acordo com o tipo de fontes e poluentes prioritários, utilizando padrões de qualidade do ar como medida complementar de controle.

10.1.8.1 - Principais Poluentes Atmosféricos

Entre os poluentes atmosféricos, destacam-se os gases e os materiais particulados, que têm origem em fontes antrópicas, como veículos automotores, atividades industriais e a incineração de resíduos sólidos (GOMES, 2009).

A Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018, estabelece diretrizes para a avaliação da qualidade do ar. Essa resolução define os poluentes que devem ser monitorados no Brasil, incluindo monóxido de carbono (CO), dióxidos de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), fumaça e materiais particulados.

O Quadro 4 apresenta uma descrição dos principais poluentes, suas respectivas fontes e os efeitos gerais sobre o meio ambiente.

Quadro 4 - Principais poluentes relacionados a qualidade do ar, suas respectivas fontes e efeitos sobre o meio ambiente. Fonte: Instituto Estadual do Ambiente (INEA), 2022.

Poluente	Fonte	Efeitos Gerais Sobre o Meio Ambiente
Monóxido de carbono	Combustão incompleta de combustíveis fósseis (veículos automotores, principalmente) e outros materiais que contenham carbono na composição.	O monóxido de carbono influencia a química da atmosfera, podendo participar de reações fotoquímicas levando à formação de ozônio.
Dióxidos de nitrogênio	Combustões em veículos automotores, indústrias, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás e incineradores.	Pode levar à formação de chuva ácida e, consequentemente, causar danos à vegetação e à agricultura. Também contribui para a formação do ozônio na troposfera, o aquecimento global, a formação de compostos quimiotóxicos e a alteração da visibilidade.

Poluente	Fonte	Efeitos Gerais Sobre o Meio Ambiente
Dióxidos de enxofre	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel.	O SO ₂ presente na atmosfera pode levar a formação de chuva ácida e é precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis (MP10). Os sulfatos incorporados aos aerossóis são associados à acidificação de corpos d'água, redução da visibilidade, corrosão de edificações, monumentos, estruturas metálicas e condutores elétricos.
Ozônio	Formado na troposfera, a partir da reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na presença de luz solar.	É agressivo às plantas, agindo como inibidor da fotossíntese e produzindo lesões nas folhas.
Materiais particulados	Pilhas de estocagem de material granulado, processos de pelletização e siderurgia, cimenteiras e atividades da construção civil, ressuspensão de partículas depositadas ou constituintes de vias pavimentadas e não pavimentadas, veículos (escapamentos e frenagem) e fontes naturais como o mar, que emite partículas de sais, além das queimadas	Alteração da visibilidade; alteração no balanço de nutrientes de lagos, rios e do solo; danificação da vegetação; e alteração na diversidade do ecossistema. Além disso, pode causar danos estéticos (manchas e danificações de rochas e outros materiais).

10.1.8.2 - Padrões de Qualidade do Ar Regional

O padrão de qualidade do ar define um limite máximo para a concentração de certos poluentes na atmosfera, visando proteger o bem-estar das pessoas e do ecossistema. A nível federal, a Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018, estabelece os padrões de qualidade do ar dentro do PRONAR e identifica os poluentes atmosféricos que devem ser monitorados obrigatoriamente: material particulado (MP10 e MP2,5), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), monóxido de carbono (CO) e partículas totais em suspensão (PTS).

Essa resolução também estabelece o uso do Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que define a estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) e determina que é responsabilidade de cada estado monitorar a qualidade do ar em seu território.

No Maranhão, foi criada a Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar do DISAL (Distrito Industrial de São Luís) - RAMQAr DISAL pela SEMA/MA e SEINC/MA (Secretaria de Indústria e Comércio).

Atualmente, existem quatro estações de monitoramento de qualidade do ar estrategicamente localizadas no DISAL, que monitoram todos os poluentes obrigatórios conforme a Resolução nº 491 do CONAMA. O índice utilizado é o mesmo desenvolvido pela CETESB em 2019, que é um valor adimensional calculado para cada poluente medido, resultando em uma nota para a qualidade do ar e uma cor correspondente, conforme a Tabela 20 a seguir.

Tabela 20 - Índice de Qualidade do Ar- IQAr. Fonte: CETESB (2019).

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 1h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - Boa	0 - 40	0- 50	0 - 25	0- 100	0- 9	0 - 200	0 - 20
N2 - Moderada	41 - 80	>50- 100	>25- 50	>100- 130	>9- 11	>200- 240	>20- 40
N3 - Ruim	81 - 120	>100- 150	>50- 75	>130- 160	>11- 13	>240- 320	>40- 365
N4- Muito Ruim	121 - 200	>150- 250	>75- 125	>160- 200	>13- 15	>320- 1130	>365- 800
N5 - Péssima	201 - 400	>250 - 600	>125 - 300	>200 - 800	>15 - 50	>1130 - 3750	>800 - 2620

Na Figura 20 é possível verificar a localização das estações pelos ícones coloridos, cujas cores representam o IQAr mais elevado calculado para os poluentes monitorados e cada estação.

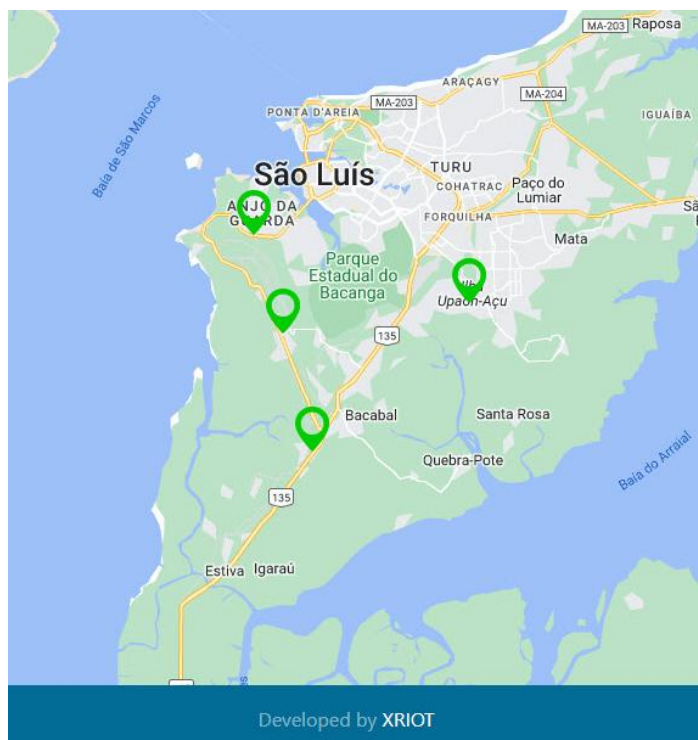


Figura 20 - Estações de Monitoramento de Qualidade do Ar posicionadas no DISAL. Fonte: RAMQAr DISAL, 2024.

Vale ressaltar que o índice apresentado pela plataforma trata de uma informação de

monitoramento da qualidade do ar em tempo real e de curto prazo, e leva em consideração somente a média de concentração dos poluentes da última hora completa, portanto é um índice que reflete somente informações de uma média horária.

A estação mais próxima do empreendimento é a Estação 7- Vila Maranhão, que no dia 08 de maio de 2024 apresentou Boa qualidade do ar (Figura 21).

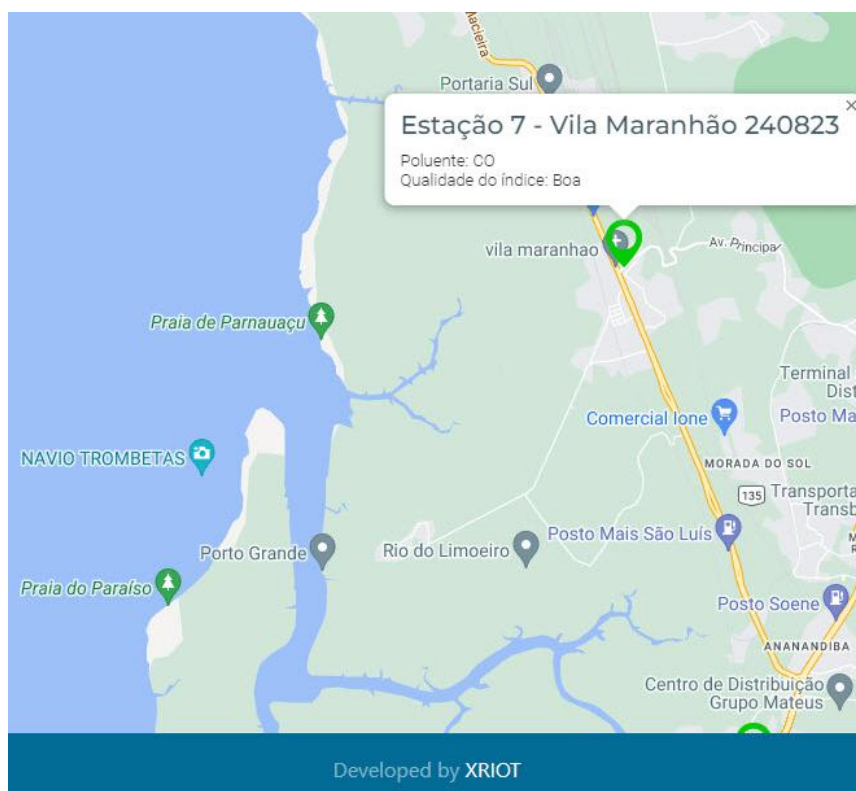


Figura 21- Estação mais próxima do empreendimento. Fonte: RAMQAr DISAL, 2024.

10.1.8.2.1 - Fontes de Emissão de Poluentes Atmosféricos

Na área próxima ao empreendimento, há várias fontes de emissão de poluentes, incluindo termelétricas, portos e a BR-135, uma rodovia com intenso tráfego de veículos que levanta partículas e materiais transportados nos portos.

No Mapa do Apêndice 34 estão relacionadas as possíveis fontes poluidoras na região.

A seguir, são apresentadas informações sobre as principais fontes de emissão de poluentes identificadas.

10.1.8.2.1.1 - Veículos

De acordo com o Detran-MA (DETRAN, 2022), a frota de veículos no estado do Maranhão em 2022 era de 1.687.248, sendo 400.760 desses veículos pertencentes à frota de São Luís, a capital onde o empreendimento está localizado. A combustão de combustíveis fósseis libera poluentes como

óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP10), partículas finas (MP2,5), compostos orgânicos voláteis (COV) e hidrocarbonetos totais (HCT). O uso de etanol não resulta em emissões de SO_x, mas aumenta as emissões de aldeídos e monóxido de carbono.

10.1.8.2.1.2 - Indústria

Em 2021, a indústria do Maranhão exportou US\$ 2,180 bilhões, colocando o estado na décima terceira posição entre as exportações industriais do Brasil. O setor mais relevante para essas exportações é a Metalurgia, que representou 54,65% do total exportado no ano. O setor que mais cresceu em participação na indústria estadual foram os Serviços Industriais de Utilidade Pública (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2021).

Na cidade de São Luís, destacam-se várias empresas importantes, incluindo o Porto Marítimo de Ponta da Madeira, um dos principais portos de exportação de minério de ferro e manganês do país; o Porto do Itaqui, que tem grande movimentação de derivados de petróleo; o Terminal de Uso Privado Alumar, um dos maiores complexos industriais de produção de alumina e alumínio do mundo; e a Usina Termelétrica Itaqui.

10.1.8.3 - Metodologia

Os critérios adotados seguiram o preconizado pela Resolução CONAMA Nº 491/2018, à qual estabelece em seu escopo os padrões nacionais da qualidade do ar. O padrão intermediário adotado neste estudo foi o PI-1.

Como direcionamento das atividades de monitoramento foram adotadas as diretrizes estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente no Guia Técnico para Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (MMA, 2019).

Foi utilizada estação de monitoramento da qualidade do ar modelo ECMQAr-3 (Foto 27), com capacidade para monitoramento simultâneo dos parâmetros: Partículas totais em suspensão (PTS), Partículas inaláveis menores que 10 micrômetros (PM-10), Partículas inaláveis menores que 2,5 micrômetros (PM-2,5) e o Gases: NO₂; SO₂; CO e O₃.

A transmissão simultânea de dados foi realizada via IOT e a captação dos dados meteorológicos locais foi feita usando sistema integrado SIMFOMet-20, o qual realizou medições de Velocidade dos Ventos, Direção dos Ventos, Temperatura e pressão atmosférica.

A seguir, apresenta-se evidência fotográfica da estação de monitoramento da qualidade do ar utilizada no presente estudo.



Foto 27 - Estação de Monitoramento de Qualidade do Ar modelo ECMQAr-3 utilizada no presente estudo. Fonte: Engplan (2024).

10.1.8.3.1 - Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar

Os pontos propostos foram distribuídos onde será a instalação do empreendimento, com a seleção de 3 pontos de amostragem em locais dentro da AID (Tabela 21 e Mapa do Apêndice 38).

O ponto 2- PQA foi cancelado devido a impossibilidade de instalação do equipamento no local, contudo a ausência desse ponto não interfere no objetivo deste diagnóstico.

Tabela 21 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar e suas coordenadas geográficas.

Ponto	Descrição	Coordenadas	
1- PQA	Residência na Ilha Boa Razão- casa propriedade da Potiguar	569534 m E	9705561 m S
2 - PQA	Cancelado	-	-
3 - PQA	Residência na estrada do Embaubal	569548 m E	9702354 m S

Os pontos foram distribuídos na Ilha Boa Razão e na comunidade do Embaubal, ambos situados no Arquipélago de Tauá-Mirim (Foto 28 e Foto 29).



Foto 28 - Local de monitoramento do ponto 1 - PQA. Fonte: Engplan (2024)



Foto 29 - Local de monitoramento no ponto 3 - PQA. Fonte: Engplan (2024)

10.1.8.4 - Resultados

10.1.8.4.1 - Das Condições Meteorológicas Locais

UMIDADE DO AR (%)

Conforme o INMET (2024), com base nos dados da estação meteorológica Nº 82280, a umidade média local no período de monitoramento dos pontos foi de 87,23%, o que indica um período chuvoso (Figura 22).

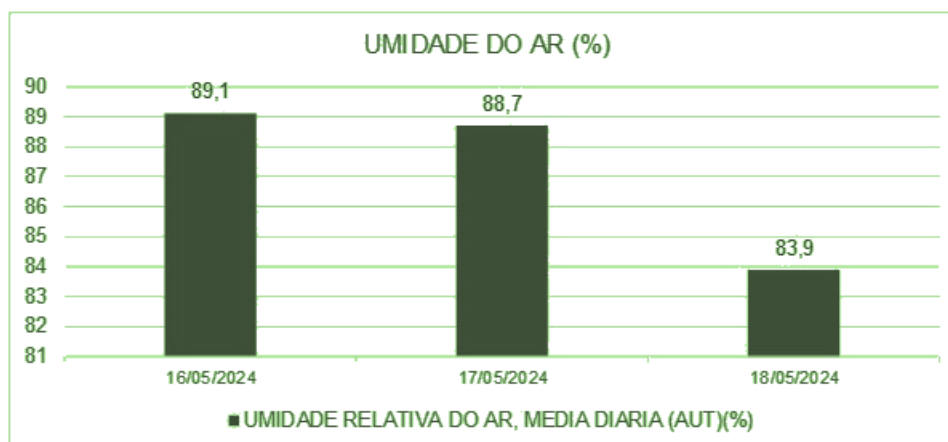


Figura 22 - Umidade do ar (%) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).

PRESSÃO ATMOSFÉRICA (hPa)

Conforme dados do INMET (2024), a Pressão Atmosférica mínima registrada no período da campanha de monitoramento foi de 1004,8hPa e a máxima registrada foi de 1006,5hPa (Figura 23).

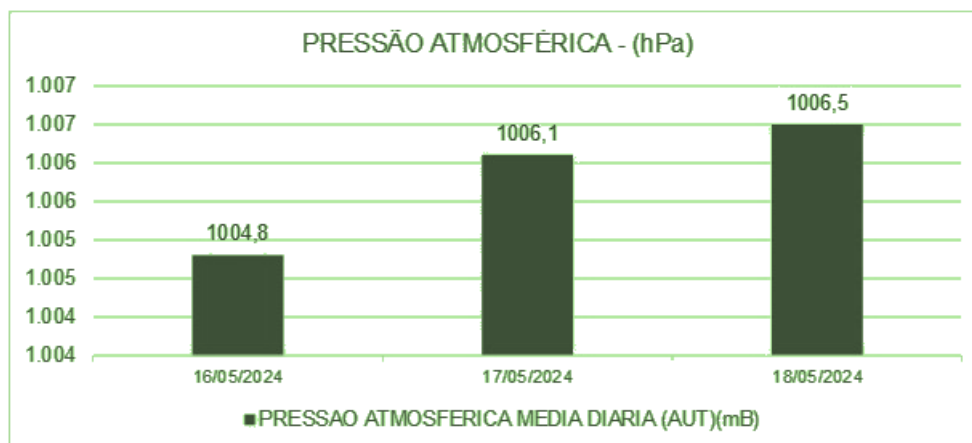


Figura 23 - Pressão Atmosférica (hPa) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).

VELOCIDADE (M/S) E DIREÇÃO DOS VENTOS (GRAUS)

Para o período em questão, com base nos dados obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia- INMET as velocidades máximas registradas de ventos locais foram de 1,3m/s e as mínimas registradas foram de 1,1m/s (Figura 24).

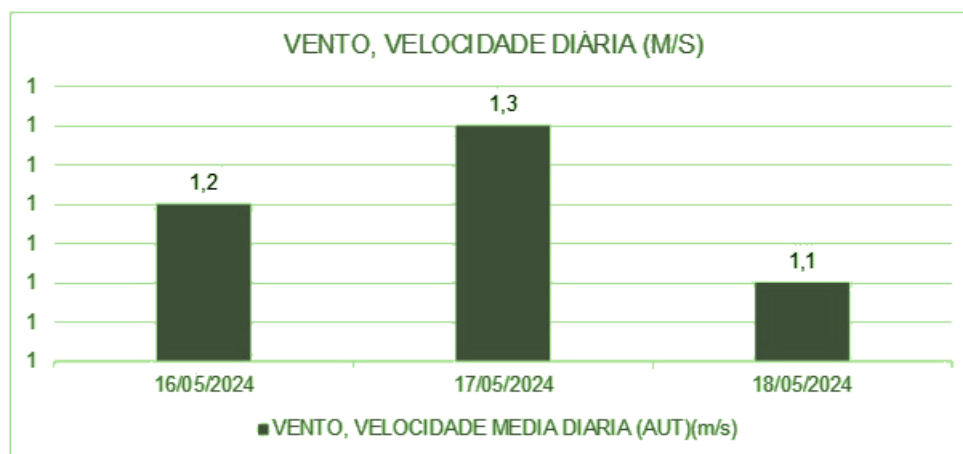


Figura 24 - Velocidade (m/s) em São Luís- MA no período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).

Quanto à direção dos ventos, observa-se, conforme rosa dos ventos apresentada na Figura 25:

- Direções predominantes: O vento vem principalmente do Leste (35%) para o Oeste, do Nordeste para o Sudoeste (13%) e do Sudeste para o Noroeste (15%) e com menor

frequência do Sul para o Norte (9,5%).

- Velocidades do vento: As velocidades medianas, indicadas pela cor correspondente à faixa de 2,10- 3,60 m/s são frequentes. Dividem, praticamente em metade do tempo com as velocidades do vento nas faixas mais baixas, como 0,50 - 2,10 m/s, o que corresponde boa parte do tempo, indicando calmaria.

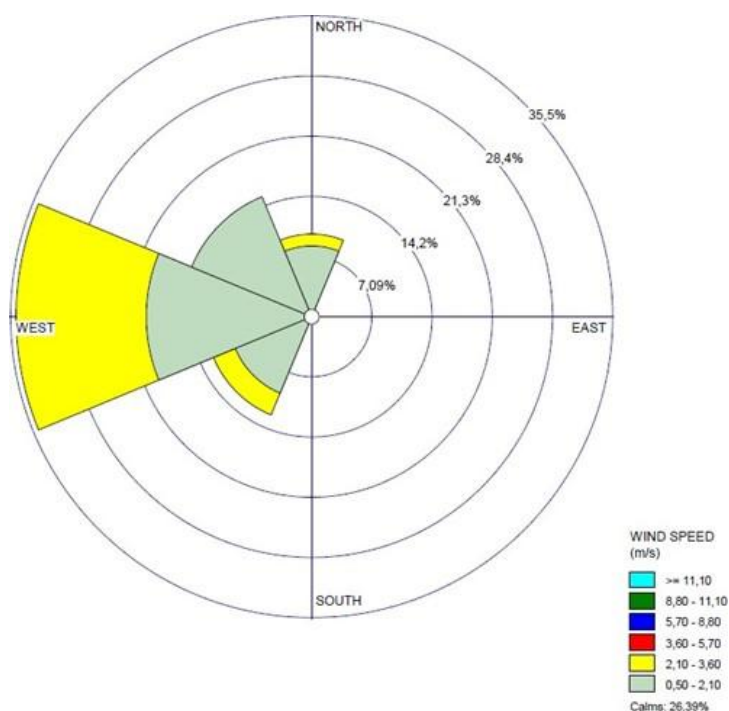


Figura 25 - Rosa dos ventos para período compreendido entre os dias 16/05/2024 e 18/05/2024.
Fonte: INMET (2024)- Adaptado em WRPlot por ENGPLAN/2024).

TEMPERATURAS MÁXIMA E MÍNIMA (°C)

Conforme o INMET, com base nos dados da estação meteorológica Nº 82280, a temperatura mínima registrada no período de monitoramento foi de 22º C e a máxima registrada foi de 29º C, conforme Gráfico 05 apresentado a seguir (Figura 26).

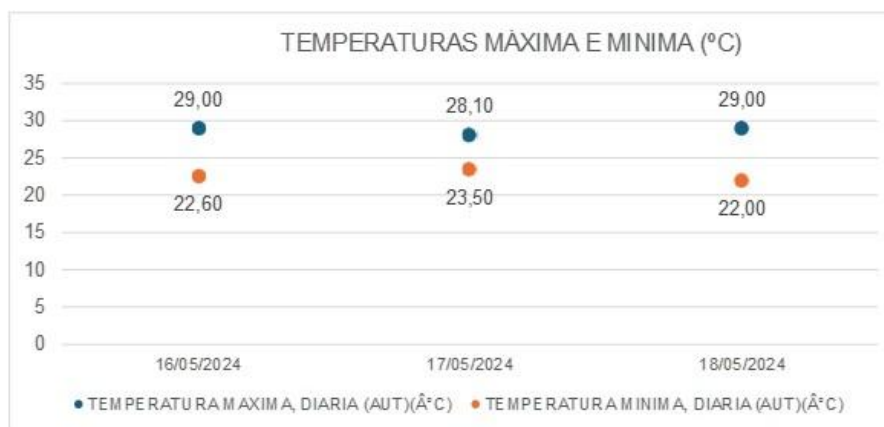


Figura 26 - Temperaturas máxima e mínima para período compreendido entre os dias 14 e 22 de maio

de 2024. Fonte: INMET (2024).

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (MM) E NEBULOSIDADE (DÉCIMOS)

Conforme INMET (2024), com base nos dados da estação meteorológica Nº 82280, o acumulado de chuva para o período foi de 25 mm, o que caracteriza uma fase final da estação chuvosa da região que teve em destaque 1 dia chuvoso (16/05 de 2024) (Figura 27).

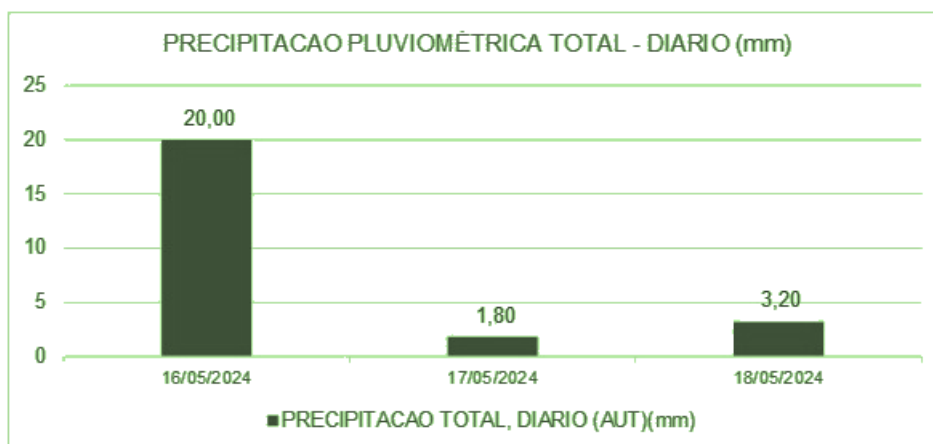


Figura 27 - Precipitação pluviométrica para período compreendido entre os dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).

Por se tratar de um período chuvoso já de transição, com chuvas ocasionais, a nebulosidade local máxima registrada foi de 8,75 décimos, sendo a mínima de 8,15 décimos, mantendo uma média aproximada durante os 3 dias (Figura 28).

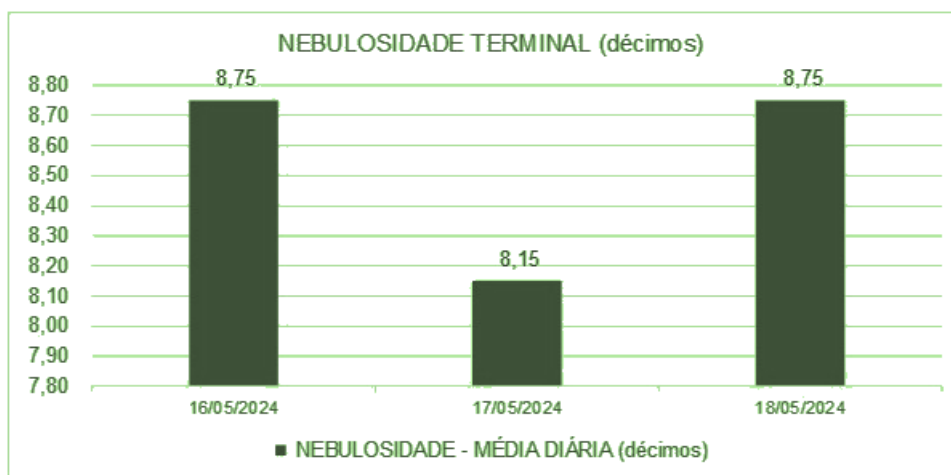


Figura 28 - Nebulosidade (décimos) para período compreendido nos dias 16 e 18 de maio de 2024. Fonte: INMET (2024).

10.1.8.4.2 - Monitoramento da Qualidade do Ar

Nas seções a seguir, serão apresentados os resultados das coletas tendo-se por base os tipos de particulados abordados na realização do monitoramento.

ANÁLISE DAS MOLÉCULAS DE OZÔNIO (O₃)

As moléculas de ozônio (O₃) são formadas por três átomos de oxigênio e desempenham papéis importantes tanto na estratosfera quanto na troposfera. Na estratosfera, elas constituem a camada de ozônio, que absorve radiação ultravioleta (UV) prejudicial, protegendo os seres vivos. Na troposfera, o ozônio atua como um poluente secundário, sendo formado por reações entre óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs) na presença de luz solar. Este ozônio troposférico é prejudicial à saúde humana, podendo causar problemas respiratórios e cardiovasculares, além de afetar plantas e reduzir a produtividade agrícola.

A Figura 29 mostra a concentração de ozônio (O₃) medida ao longo de 8 horas em diferentes pontos, comparando esses valores com o padrão de qualidade do ar definido pela Resolução CONAMA 491/2018, que estabelece um limite de 140 µg/m³. De acordo com os dados exibidos, nenhum dos pontos de medição ultrapassou este limite, indicando que a qualidade do ar, em termos de concentração de ozônio, está dentro dos padrões regulamentares.

A análise dos dados de campo revela que o Ponto 1- PQA registrou a maior concentração de ozônio, com 18,87 µg/m³. Destaca-se que este ponto específico é localizado em frente a uma praia e possui influência marítima.



Figura 29 - Ozônio (O₃) 8 horas (máxima obtida em cada ponto). Fonte: Engplan (2024).

Tabela 22 - Ozônio (O₃) - 8 horas (máxima média móvel). Fonte: Engplan (2024).

O ₃ (µg/m ³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	18,87	140
	2-PQA	0	140
	3-PQA	13,28	140

Não foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme a Tabela 22 apresentada acima.

ANÁLISE DAS MOLÉCULAS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor e inodoro, mas extremamente tóxico, que é produzido pela combustão incompleta de combustíveis fósseis, como gasolina, carvão e madeira. Na atmosfera, o CO pode ser liberado por fontes como veículos automotores, processos industriais e queimadas.

Quando inalado, o monóxido de carbono se liga à hemoglobina no sangue, dificultando o transporte de oxigênio, o que pode resultar em sintomas de intoxicação, como dores de cabeça, tontura, náusea e, em casos graves, levar à morte. Devido à sua toxicidade, a exposição ao monóxido de carbono é uma preocupação importante para a saúde pública e a segurança ambiental.

Os resultados do monitoramento do parâmetro nos pontos abordados foram apresentados nas tabelas e figuras a seguir (Figura 30).



Figura 30 - Monóxido de Carbono (CO) 8 horas (máxima média móvel obtida nos pontos abordados). Fonte: Engplan (2024).

Tabela 23 - Monóxido de Carbono (CO) 8 horas (máxima média móvel obtida nos pontos abordados). Fonte: Engplan (2024).

CO (ppm)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	0,13	9
	2-PQA	0	9
	3-PQA	0,14	9

Não foram constatadas ultrapassagens aos limites para Monóxido de Carbono, preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 30 e Tabela 23 apresentados acima.

ANÁLISE DAS MOLÉCULAS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂)

O dióxido de nitrogênio (NO₂) é um gás altamente reativo e tóxico, que faz parte do grupo dos

óxidos de nitrogênio (NO_x). Ele possui uma cor marrom-avermelhada e tem um odor forte e característico. O NO₂ é um poluente atmosférico relevante, com impactos significativos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente.

De acordo com os dados exibidos no gráfico, nenhum dos pontos de medição ultrapassou este limite, o que indica que a qualidade do ar, em termos de concentração de NO₂, está dentro dos padrões regulamentares.

A análise dos dados de campo revela que o Ponto 1-PQA registrou a maior concentração de NO₂, com 40,34 µg/m³. Este valor, embora seja o mais alto entre os pontos medidos, está significativamente abaixo do limite de 250 µg/m³, mostrando que mesmo a área com maior concentração de NO₂ não apresenta um risco significativo de poluição por este gás.

Não foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 31 e Tabela 24 apresentados abaixo.

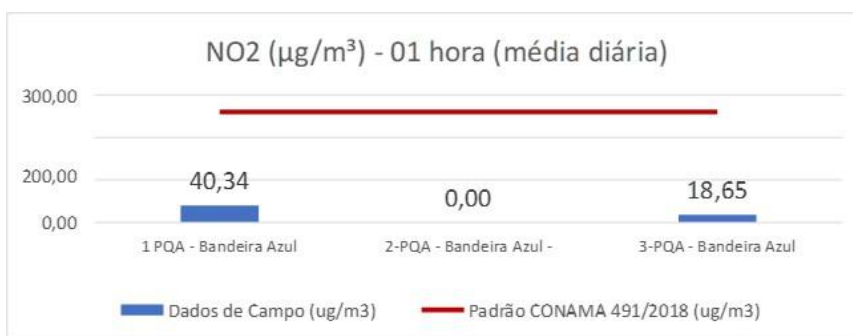


Figura 31 - Dióxido de Nitrogênio (NO₂)- 1 hora (média diária), Fonte: Engplan (2024).

Tabela 24 - Dióxido de Nitrogênio (NO₂)- 1 hora (média diária), Fonte: Engplan (2024).

NO ₂ (µg/m ³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	40,34	260
	2-PQA	0	260
	3-PQA	18,65	260

ANÁLISES DAS PARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)

O dióxido de enxofre (SO₂) é um gás incolor com um odor forte e distintivo, e é um poluente atmosférico importante. Formado por enxofre e oxigênio, o SO₂ é conhecido por causar efeitos negativos tanto na saúde humana quanto no meio ambiente.

A análise dos dados de campo revela que o Ponto 1-PQA azul registrou a maior concentração de SO₂, com 38,32 µg/m³. Este valor, embora seja o mais alto entre os pontos medidos, está significativamente abaixo do limite de 125 µg/m³, mostrando que mesmo a área com maior

concentração de SO₂ não apresenta um risco significativo de poluição por este gás. Não foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 32 e Tabela 25 apresentados abaixo.

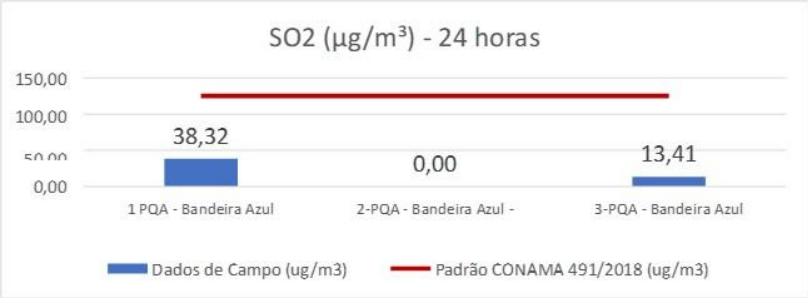


Figura 32 - Dióxido de Enxofre (SO₂)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

Tabela 25 - Dióxido de Enxofre (SO₂)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

SO2 (µg/m³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	38,32	125
	2-PQA	0	125
	3-PQA	13,41	125

ANÁLISE DE MATERIAL PARTICULADO FINO (PM 2,5)

A análise de material particulado fino, especificamente PM 2,5, envolve a medição das partículas de poluição com diâmetro igual ou menor que 2,5 micrômetros. Essas partículas são suficientemente pequenas para entrar nos pulmões e até na corrente sanguínea. Elas podem incluir poluentes como poeira, fuligem e compostos químicos originados de veículos, indústrias e queima de combustíveis.

A exposição ao PM 2,5 está ligada a graves problemas de saúde, como doenças respiratórias e cardiovasculares, além de um aumento na taxa de mortalidade. A análise e o monitoramento de PM 2,5 são cruciais para avaliar a qualidade do ar, identificar as fontes de poluição e implementar políticas de saúde pública e ambientais para proteger a saúde humana e o meio ambiente.

No monitoramento de PM 2,5 foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 33 e Tabela 26 apresentados a seguir:



Figura 33 - PM_{2,5} (µg/m³)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

Tabela 26 - PM_{2,5} (µg/m³)- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

PM 2,5 (µg/m³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	66,06	60
	2-PQA	0	60
	3-PQA	81,43	60

Observou-se que em todos os pontos houve ultrapassagem aos limites, sendo então um ponto de atenção ressaltado no monitoramento. Primeiramente, é preciso destacar que o PM 2,5 (µg/m³) é um material particulado fino (microscópico) que está presente em alguns aerossóis.

Destaca-se que uma das características centrais dos pontos abordados; é sua proximidade com a faixa litoral, estando eles localizados próximos a Praia do Paraíso (1-PQA) e Praia do Jacamim (Ponto 3-PQA). Esse fato indica uma possível ocasionalidade de uma influência natural do oceano que contribui na formação de “sprays marinhos” (DUARTE, 2016).

Entretanto, acredita-se que a principal motivação é advinda da proximidade com a zona industrial que exerce as atividades industriais, como: queima de combustíveis fósseis, principal causador do aumento desse tipo de material particulado.

ANÁLISE DE MATERIAL DE PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM 10)

A análise de partículas inaláveis, ou PM 10, envolve a medição de partículas de poluição com diâmetro igual ou menor que 10 micrômetros. Essas partículas são pequenas o suficiente para serem inaladas e atingir as vias respiratórias superiores e os pulmões. Podem incluir poeira, pólen, fuligem e outros poluentes originados de fontes como tráfego de veículos, construção e atividades industriais.

A exposição ao PM 10 está relacionada a problemas de saúde, como doenças respiratórias, agravamento de condições já existentes e aumento do risco de doenças cardiovasculares. Monitorar PM 10 é essencial para avaliar a qualidade do ar, identificar as fontes de poluição e criar

estratégias para proteger a saúde pública e reduzir impactos ambientais. Não foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 34 e Tabela 27 apresentados a seguir.

Contudo, a análise dos dados de campo revela que o Ponto 3-PQA, obteve o valor mais alto. Destaca-se novamente, uma possível influência de partículas menores de sais marinhos, advindos dessa zona litorânea.

Outrossim, como todos os pontos possuem proximidade com centros industriais, com destaque aos pontos: 3- PQA. É possível que haja uma influência das atividades industriais realizadas, tais como: queima de combustíveis fósseis e Pó e resíduos gerados em processos de fabricação, incluindo metais como zinco e cobre.

Portanto, essas influências afetaram em diferentes níveis para cada um dos pontos supracitados.



Figura 34 - PM 10- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

Tabela 27 - PM 10- 24 horas, Fonte: Engplan (2024).

PM10 (µg/m³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	72,58	120
	2-PQA	0	120
	3-PQA	88,83	120

ANÁLISE DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)

A análise de partículas totais em suspensão (PTS) avalia a quantidade de partículas presentes no ar, sem levar em conta seu tamanho, que permanecem suspensas na atmosfera. Essas partículas podem incluir uma variedade de poluentes, como poeira, sujeira, fumaça e gotículas líquidas provenientes de diferentes fontes, como tráfego, construção e processos industriais. Altos níveis de PTS podem afetar a saúde humana, provocando problemas respiratórios e cardiovasculares, e também podem impactar o meio ambiente, contaminando solos e corpos d'água. A monitorização e análise de PTS são fundamentais para avaliar a qualidade do ar, implementar regulamentações ambientais e proteger a saúde pública.

Não foram constatadas ultrapassagens aos limites preconizados pelo Anexo I da Resolução CONAMA Nº 491/2018, conforme Figura 35 e Tabela 28 apresentados a seguir.

A presença de Partículas totais em suspensão com diâmetro aerodinâmico menor que 50 µm nos pontos abordados possuem influências decorrente das atividades industriais, aerossóis marinhos (partículas de sal marinho, como cloreto de sódio, sulfato de magnésio e outros sais) e presença de partículas de metais pesados.

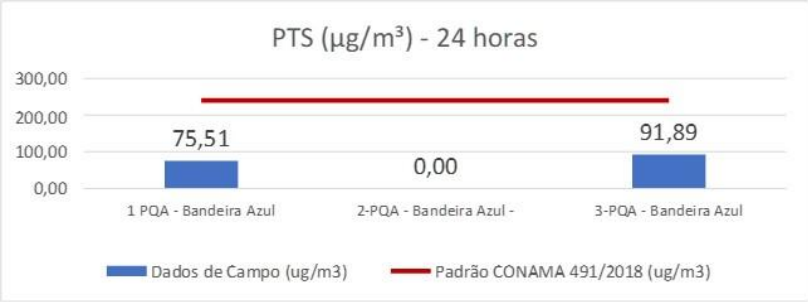


Figura 35 - PTS- 24 Horas, Fonte: Engplan (2024).

Tabela 28 - 24 Horas, Fonte: Engplan (2024).

PTS (µg/m³)	Ponto	Dados de Campo (ug/m3)	Padrão CONAMA 491/2018 (ug/m3)
	1-PQA	75,51	240
	2-PQA	0	240
	3-PQA	91,89	240

As principais atividades que contribuem para o aumento da concentração de poluentes na atmosfera são a movimentação veicular e as indústrias, que podem ter características de emissões específicas. Para a avaliação de parâmetros da qualidade do ar na AID do empreendimento, foi realizada amostragem de Partículas Totais em Suspensão.

As amostragens foram realizadas por meio de uma estação de qualidade do ar automática portátil (ECMQAr-3), em 03 pontos, entre os dias 14 e 22 de maio, conforme exhibe a Tabela 29 a seguir. Contudo o ponto 2- PQA foi cancelado devido a impossibilidade de instalação do equipamento no local, contudo a ausência desse ponto não interfere no objetivo deste diagnóstico.

Tabela 29 - Resultados das amostragens de PTS realizadas na AID.

Ponto	Local	Data	Concentração PTS (µG/M³)	Padrão Diário Final (µG/M³)
1- PQA	Residência na Ilha Boa Razão - Casa propriedade da Potiguar	19 de maio de 2024	75,51	240
2- PQA	Residência no Bairro Coqueiro	14 e 15 de maio de 2024	0	
3 - PQA	Residência na Ilhinha - Jacamim	22 de maio de 2024	91,89	

Conforme a Resolução CONAMA n 491/2018, o período de referência para análise das Partículas Totais em Suspensão- PTS é de 24 horas, com padrão final de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os resultados obtidos por meio da caracterização desse poluente na atmosfera local, além de identificar o nível de suas concentrações nos pontos amostrados, estabelecem valores de base para o futuro acompanhamento dos potenciais impactos causados pela implantação do projeto.

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAR)

O Índice de Qualidade do Ar (IQAr) é uma ferramenta que avalia e comunica a qualidade do ar de maneira clara para o público, integrando medições de vários poluentes atmosféricos, como ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_2) e material particulado (PM 10 e PM 2,5).

O IQAr usa uma escala que varia desde valores que indicam uma boa qualidade do ar até níveis que representam riscos para a saúde, permitindo que as pessoas ajustem suas atividades e adotem precauções conforme a condição do ar. Através de categorias de cores e números, o IQAr torna mais fácil entender os níveis de poluição e aumenta a conscientização sobre os efeitos da poluição do ar na saúde e no meio ambiente.

Calculou-se o IQAr para cada ponto amostrado, tendo-se por base a metodologia preconizada pelo Anexo IV da Resolução CONAMA Nº 491/2018. O IQAr para cada ponto monitorado foi calculado para a média semanal de cada parâmetro analisado, exceto PTS (por não ser citado na Resolução CONAMA Nº 491/2018), sendo apresentado na Figura 36 e na Figura 37 das páginas subsequentes.

Ponto 1 PQA Bandeira Azul- Consolidado

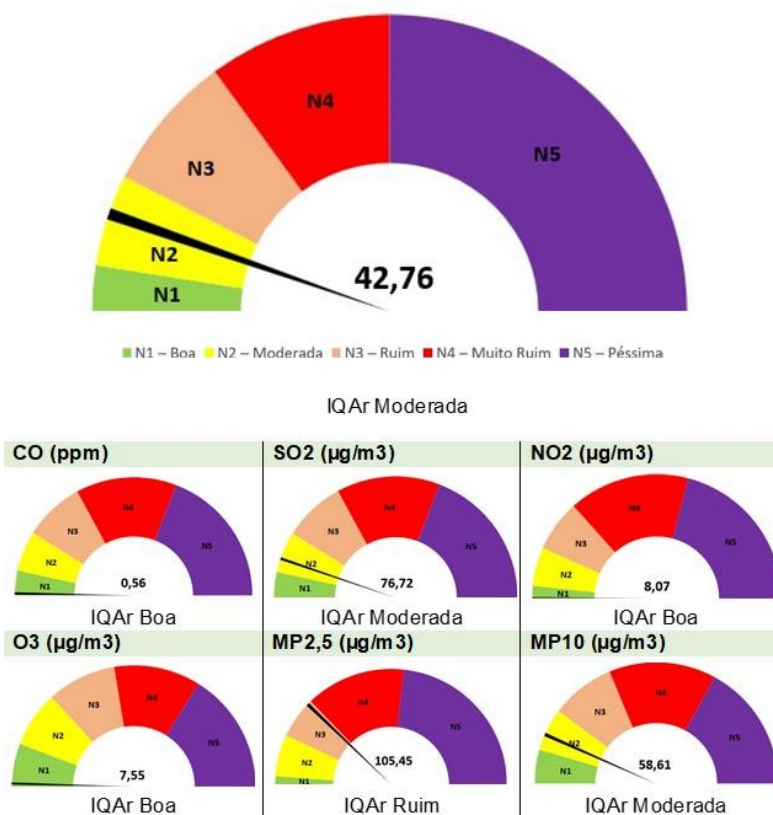


Figura 36 - Índice da Qualidade do Ar (IQA) Ponto 1-PQA: parâmetros monitorados na área de influência da instalação do empreendimento. Fonte: Engplan (2024).

3-PQA - Bandeira Azul - Consolidado

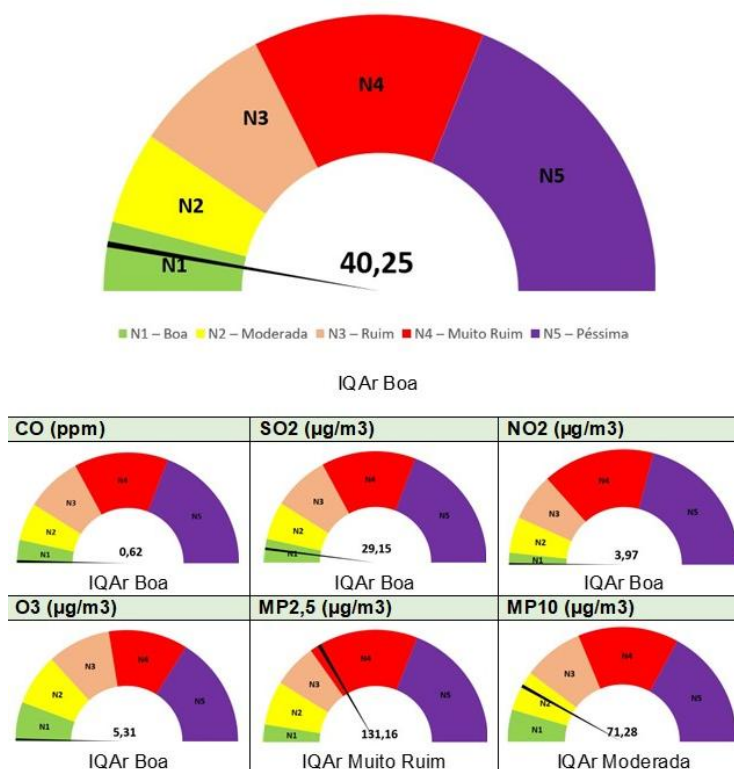


Figura 37 - Índice da Qualidade do Ar (IQAr) Ponto 3-PQA: parâmetros monitorados na área de influência da instalação do empreendimento. Fonte: Engplan (2024).

10.1.8.5 - Considerações Finais

Com base nos dados obtidos observou-se que a presença de moléculas de O₃- Ozônio, CO - monóxido de carbono, CO₂ - dióxido de carbono, NO₂ - dióxido de nitrogênio e SO₂ - dióxido de enxofre, estiveram em níveis seguros em todos os pontos, não expondo riscos à saúde humana.

Cabe ressaltar, que a presença do período chuvoso ao longo do monitoramento também influencia os parâmetros monitorados, sendo assim, em períodos de seca, possivelmente ocasionaria níveis ainda mais baixos do que os constatados.

Além disso, é natural que haja sua presença nos resultados, tendo em vista a presença de indústrias no local.

Contudo, o principal ponto de atenção verificado durante o monitoramento foram os altos valores de materiais particulados (PM10, PM2,5), especialmente o PM2,5 (µg/m³), que foi o único parâmetro a ultrapassar os limites estabelecidos no Anexo I para o Padrão Intermediário - PI-1 da Resolução CONAMA Nº 491/2018.

As possíveis causas apresentadas neste relatório se baseiam em influências antrópicas, tais como a proximidade de atividades industriais, cuja distância varia para cada ponto monitorado, mas

permanece como um fator presente em todos. Como também, a proximidade com a zona costeira, que pode indicar uma possível influência marítima, nos pontos localizados na praia do Jacamim e na praia do Paraíso.

De acordo com os resultados apresentados no monitoramento da qualidade do ar, realizado no período compreendido entre 16 de maio a 18 de maio de 2024, na área de influência do empreendimento, para os parâmetros de Partículas Totais em Suspensão- PTS, Partículas Inaláveis- PI, Partículas Inaláveis Finas- PM_{2,5}, Dióxido de Nitrogênio - NO₂ e Dióxido de Enxofre - SO₂, Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O₃) as amostragens realizadas atendem em parte os padrões estabelecidos pelo Anexo I, Padrão Intermediário PI-1 da Resolução CONAMA Nº 491/18 em 100% das medições; a única ressalva está nos resultados do parâmetro de Partículas Inaláveis Finas- PM_{2,5}.

O IQAr indicou qualidade do ar local BOA em todos os pontos nos parâmetros Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio - NO₂ e Ozônio (O₃); qualidade do ar do local BOA (1) MODERADO (1) para Dióxido de Enxofre - SO₂; qualidade do ar local MODERADO para todos os pontos no parâmetro MP10 e qualidade do ar RUIM no parâmetro MP_{2,5}.

Observou-se influência do índice de precipitação pluviométrica juntamente com a proximidade de indústrias e da região costeira na região nos parâmetros MP10 e MP_{2,5}.

10.1.9 - Ruídos e Vibrações

Em sequência estão descritos os principais aspectos identificados nos estudos diagnósticos no que diz respeito a ruídos e vibrações.

10.1.9.1 - Ruídos

O som é um fenômeno físico que é percebido pelo aparelho auditivo humano quando ocorre propagação de vibrações mecânicas em um meio elástico (ar), dentro da faixa de frequência de 16 Hz a 20 KHz. O som que causa ou pode causar perturbações ao sossego público ou produza efeitos adversos à saúde humana ou ao meio ambiente é denominado ruído.

Muitos processos contribuem para o aumento dos níveis de ruído, tais como: crescimento populacional, sobretudo nas áreas onde ocorre o aumento da urbanização, com a consolidação do processo de ocupação urbana; atividades associadas à vida urbana; e o aumento do fluxo de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo (BESSA *et al.*, 2017).

De acordo com Elus (2021), o crescimento populacional cada vez mais acelerado e a consequente ampliação dos centros urbanos e suas áreas industrializadas resulta, muitas vezes, em impactos deletérios à população e ao meio ambiente. Além do que, a geração de ruídos pode ocasionar

danos auditivos acarretando dor, intolerância a sons intensos e perda evolutiva da audição, além de causar o afugentamento da fauna, ocasionando desequilíbrios ecológicos irreversíveis e irremediáveis (ELUS, 2021).

A pressão sonora tem formas de transmissão fortemente influenciadas pelos meios por onde se propagam. Assim, qualquer estimativa para tentar identificar a influência junto às comunidades que vivem próximas ao empreendimento deve levar em conta uma série de fenômenos físicos.

Os principais fatores que intervêm neste fenômeno de propagação e que contribuem significativamente para a atenuação do som, são os seguintes:

- Redução, devido à dispersão da energia no espaço;
- Atenuação do ruído no ar;
- Reflexão e difração em obstáculos sólidos (valas, muros, barreiras vegetais etc.);
- Reflexão causada por variações de vento, umidade e temperatura;
- Reflexão e absorção pelo solo.

No Brasil, os critérios para medição e avaliação do ruído em ambientes são fixados pelas Normas Brasileiras, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR 10.151/2003 foi atualizada em 2019 (NBR 10.151/2019) e passou a ser a norma "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- Procedimento", da ABNT. Todo esse aparato legislativo e normativo será utilizado para realização dos procedimentos, geração de dados e análise dos dados, proveniente do campo.

As atividades de implantação do CPM podem alterar o ruído característico da região, podendo causar desconforto acústico à população quando da ocorrência em área habitada. Para a execução das obras, será necessário o uso de alguns equipamentos passíveis de emissão de ruídos, como tratores, caminhões, retroescavadeiras ou caminhonetes, os quais geram ruídos na faixa de 70 a 120 dB em média.

Para a análise do impacto causado por estas fontes de emissão de ruído, deve-se considerar que a AID se encontra predominantemente em área rural e área urbana com baixa densidade de edificações.

Considera-se que a cada duplicação da distância o ruído minimiza em 6 dB (A) em campo livre, aliado a isto, as obras em cada local de implantação das estruturas duram poucos dias, não apresentando interferência expressiva no conforto acústico para a população.

10.1.9.1.1 - Metodologia

A caracterização do ruído ambiental para a implantação do empreendimento foi executada a partir das medições in loco, conforme preconiza a metodologia descrita na NBR 10.151/2019 "Acústica -

Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- Procedimento”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Para avaliação do nível de pressão sonora (RLAeq) foi utilizado um sonômetro ajustado na curva de ponderação "A", na faixa de 30 a 130 dB, com a constante de tempo rápida (Fast = RMS da pressão sonora em 5 segundos), com período de 5 minutos, ficando o medidor afastado aproximadamente 1,20 m do chão e pelo menos 2,00 m de quaisquer outras superfícies refletoras (por exemplo: muros, paredes etc.).

As avaliações ocorreram no dia 15/03/2024 no período diurno, e no dia 23/03/2024 no período noturno, sendo cada ponto de medição fotografado e georreferenciado.

Foram escolhidos 10 pontos localizados nas proximidades de habitações na AID do empreendimento, conforme coordenadas da Tabela 30 e a sua respectiva distribuição geográfica do Mapa do Apêndice 39.

Tabela 30 - Coordenadas dos pontos de medição de ruído ambiental.

Ponto	SIRGAS 2000 UTM ZONA 23M	
	UTM E (X)	UTM N (Y)
Ponto 01	569535	9705562
Ponto 02	569246	9705325
Ponto 03	569121	9705252
Ponto 04	569090	9705209
Ponto 05	568951	9705075
Ponto 06	568908	9705028
Ponto 07	568935	9704956
Ponto 08	568890	9704738
Ponto 09	568988	9704168
Ponto 10	569746	9702420

As medições foram realizadas utilizando o filtro de frequência no modo (A). Foram avaliados os seguintes parâmetros acústicos: Nível equivalente de pressão sonora (Leq), L90, L10, Lmin e Lmax, definidos a seguir.

- Nível equivalente de pressão sonora - RLAeq

Nível contínuo equivalente ao som produzido durante um dado período. O nível de pressão sonora equivalente, RLAeq, em dB, é calculado de acordo com NBR 10.151/2019 pela fórmula abaixo:

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right)$$

Onde, T é a duração do período de referência (tempo total de medida); P(t) é a pressão sonora instantânea; P0 é pressão sonora de referência (2,0 x 10⁻⁵ N/m²). O RLAeq é medido no modo de

ponderação A.

Ainda são calculadas as estatísticas básicas, tais como L90; L10; Lmin e Lmax, descritas a seguir:

- L90 - nível de pressão sonora excedido em 90% do tempo de medida efetiva;
- L10 - nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo de medida efetiva;
- Lmín - menor nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo;
- Lmáx - maior nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo.

10.1.9.1.1.1 - Equipamentos Utilizados

As medições dos níveis de ruído foram realizadas com o equipamento eletrônico denominado sonômetro, conforme descrição abaixo. Cabe ressaltar que este aparelho atende os requisitos das normas: IEC 60651:1979; IEC 60804:2000; IEC 61672-1:2013; ANSI S1.4-1983; ANSI S1.43-1997; IEC 61260-1:2014; ANSI S1.11-2004.

- Tipo: Sonômetro;
- Marca: Criffer;
- Modelo: Octava Plus;
- Faixa de medição: 22- 136 dB;
- Resposta de frequência:
 - 1.1/1 de oitava em tempo real: 8 Hz~16 kHz;
 - 2.1/3 de oitava em tempo real (opcional): 6,3 Hz~20kHz.
- Ponderação de frequência: A, B, C e Z;
- Temperatura de atuação: 0° a 40°C;
- Resposta: Lenta (slow) e rápida (fast);
- Erro de precisão: Linearidade 0,8 dB/ Ponderação em frequência em 1 kHz: 0,7 dB / Resposta a burst em 1s: 0,5 dB / Pico em C a 8 kHz: 2 dB.

Para extração dos dados foi utilizado o software "CrifferSuite" fornecido pelo fabricante, assim como o software Microsoft Excel para realização dos cálculos e geração dos gráficos.

10.1.9.1.1.2 - Procedimento de Calibração

O equipamento utilizado possui calibração de fábrica com certificado emitido pela empresa credenciada para tal atividade. As medições foram acompanhadas ainda pelo calibrador da marca Criffer CR2 Plus, em conformidade com a IEC60942 classe 1, e a NBR 10.151/2019. O sonômetro foi calibrado antes e depois das medições. O certificado de calibração do equipamento pode ser observado no Anexo 6.

10.1.9.1.1.3 - Critério Legal

Os limites para a constatação de poluição sonora são definidos pelos limites dos níveis de pressão sonora (dB) - RL_{Aeq}, de acordo com a atividade em questão. Para comparar se os valores identificados na área em estudo encontram-se dentro dos valores permitidos tomou-se como base os seguintes limites admissíveis de ruído dispostos na norma NBR 10.151/2019 apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

10.1.9.1.2 - Resultados e Discussões

A seguir são apresentados os dados de cada ponto mensurado e análise integrada dos níveis de ruído ambiental na área de influência do empreendimento, assim como as características ambientais no momento das medições. De forma separada são apresentados os gráficos com o registro do RL_{Aeq} de cada ponto ao longo do período de medição.

10.1.9.1.2.1 - Caracterização dos Pontos de Medição

Foram preenchidas com as informações descritas acima e apresentando o gráfico com a variação dos valores de dB ao longo do tempo de medição, conforme a Tabela 32, para as avaliações durante o período diurno, e conforme a Tabela 29, para as avaliações durante o período noturno. Os dados das medições foram preenchidos *in loco*, separadamente, com as seguintes informações:

- Número do ponto de medição;
- Data;
- Hora inicial e hora final da medição;
- Estimativa *in situ* da radiação solar e cobertura das nuvens;
- Estimativa *in situ* da intensidade dos ventos e da umidade relativa do ar;
- Observações de ruído de fundo;
- Descrição da área.

Tabela 32 - Características dos pontos de medição de ruídos diurnos.

Ponto	Data	Hora da Medição		Intensidade dos Ventos	Nebulosidade	Observações de Ruído ao Fundo	Descrição da Área
		Inicial	Final				
01	15/03/2024	09:46	09:51	Forte	Moderada	Pessoas, aves, maré	Frente de residência
02	15/03/2024	09:59	10:04	Fraco	Alta	Pessoas, aves, maré	Frente de residência
03	15/03/2024	10:08	10:13	Moderado	Moderada	Pessoas, cães, maré	Frente de residência
04	15/03/2024	10:16	10:21	Moderado	Moderada	Pessoas, aves, maré	Frente de residência
05	15/03/2024	10:28	10:33	Moderado	Moderada	Pessoas, aves, maré	Frente de residência
06	15/03/2024	10:36	10:41	Fraco	Sem Nebulosidade	Pessoas, aves, maré	Cabana de pescador
07	15/03/2024	10:47	10:52	Fraco	Moderada	Pessoas, aves	Construção abandonada
08	15/03/2024	11:20	11:25	Fraco	Sem Nebulosidade	Pessoas, maré	Cabana de pescador
09	15/03/2024	11:43	11:48	Fraco	Sem Nebulosidade	Pessoas, maré	Área inabitada
10	15/03/2024	14:40	14:45	Fraco	Alta	Pessoas, aves, cães	Construção abandonada

Tabela 33 - Características dos pontos de medição de ruídos noturnos.

Ponto	Data	Hora da Medição		Intensidade dos Ventos	Nebulosidade	Observações de Ruído ao Fundo	Descrição da Área
		Inicial	Final				
01	26/03/2024	20:29	20:34	Moderado	Alta	Pessoas, cães, maré	Frente de residência
02	26/03/2024	20:15	20:20	Moderado	Alta	Pessoas, cães, maré	Frente de residência
03	26/03/2024	20:06	20:11	Moderado	Moderada	Pessoas, aves, sapos, insetos, maré	Frente de residência
04	26/03/2024	19:58	20:03	Moderado	Moderada	Pessoas, aves, sapos, insetos, maré	Frente de residência
05	26/03/2024	19:48	19:53	Moderado	Moderada	Pessoas, aves, sapos, insetos, maré	Frente de residência
06	26/03/2024	19:34	19:39	Moderado	Moderada	Pessoas, sapos, insetos, maré	Cabana de pescador
07	26/03/2024	19:25	19:30	Fraco	Moderada	Pessoas, aves, macacos, insetos, sapos, maré	Construção abandonada
08	26/03/2024	19:11	19:16	Fraco	Sem Nebulosidade	Pessoas, sapos, insetos, maré	Cabana de pescador
09	26/03/2024	19:00	19:05	Fraco	Sem Nebulosidade	Pessoas, insetos, maré	Área inabitada

10.1.9.1.2.2 - Ruído Diurno

A medição do nível de pressão sonora ocorreu entre o horário das 09:46 e 14:45 nos pontos identificados na Tabela 30 acima e com as características identificadas e descritas na Tabela 32.

A seguir são apresentados os gráficos das medições realizadas em cada ponto e os registros fotográficos das medições.



Figura 38 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 01.



Figura 39 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 02.



Figura 40 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 03.



Figura 41 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 04.

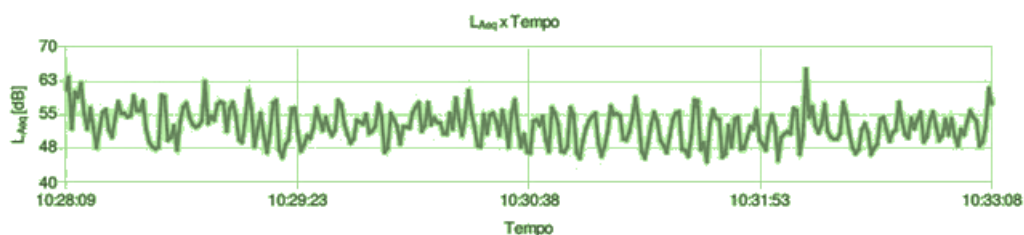


Figura 42 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 05.



Figura 43 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 06.



Figura 44 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 07.

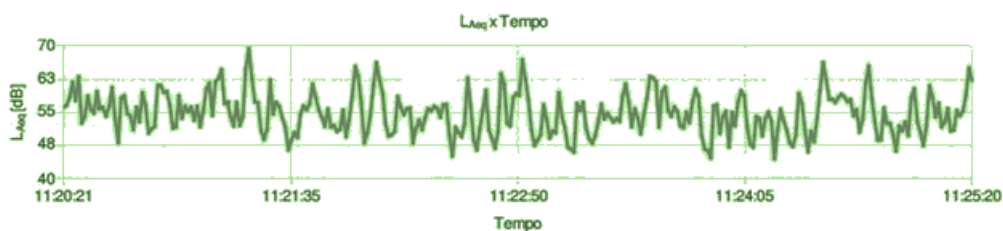


Figura 45 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 08.

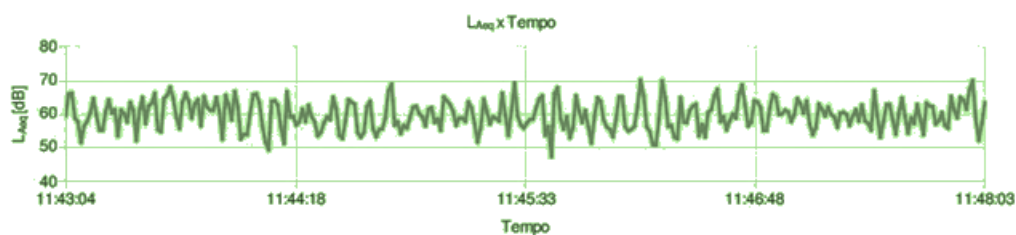


Figura 46 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 09.



Figura 47 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 10.



Foto 30 - Medição de ruído no Ponto 01.



Foto 31 - Medição de ruído no Ponto 02.



Foto 32 - Medição de ruído no Ponto 03.



Foto 33 - Medição de ruído no Ponto 04.



Foto 34 - Medição de ruído no Ponto 05.



Foto 35 - Medição de ruído no Ponto 06.



Foto 36 - Medição de ruído no Ponto 07.



Foto 37 - Medição de ruído no Ponto 08.



Foto 38 - Medição de ruído no Ponto 09.



Foto 39 - Medição de ruído no Ponto 10.

10.1.9.1.2.3 - Ruído Noturno

A medição do nível de pressão sonora noturna ocorreu entre o horário das 19:00 e 20:34 nos pontos identificados na Tabela 30 acima e com as características identificadas e descritas na Tabela 35.

A seguir são apresentados os gráficos das medições realizadas em cada ponto e as fotos das medições.



Figura 48 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 01.



Figura 49 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 02.



Figura 50 - Gráfico 1 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 03.



Figura 51 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 04.

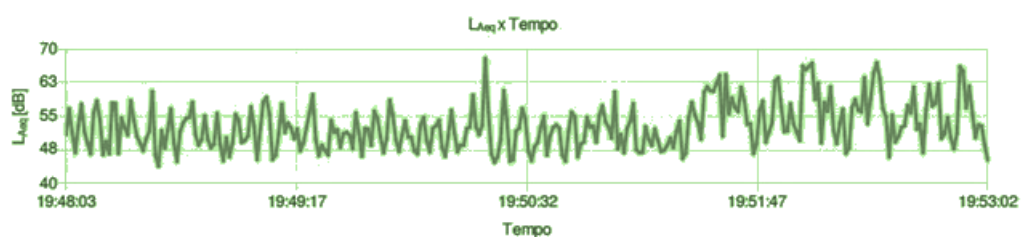


Figura 52 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 05.



Figura 53 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 06.



Figura 54 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 07.



Figura 55 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 08.



Figura 56 - Gráfico de medição do nível de pressão sonora do ponto 09.



Foto 40 - Medição de ruído no Ponto 01.



Foto 41 - Medição de ruído no Ponto 02.



Foto 42 - Medição de ruído no Ponto 03.



Foto 43 - Medição de ruído no Ponto 04.



Foto 44 - Medição de ruído no Ponto 05.



Foto 45 - Medição de ruído no Ponto 06.



Foto 46 - Medição de ruído no Ponto 07.



Foto 47 - Medição de ruído no Ponto 08.



Foto 48 - Medição de ruído no Ponto 09.

Destaca-se que não foi possível realizar a medição de ruído noturno no Ponto 10, devido à falta de segurança no local neste turno. A realização do procedimento comprometeria a integridade física da equipe, bem como dos equipamentos utilizados.

10.1.9.1.2.4 - Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram comparados com o limite de 40 dB para o período diurno, e o limite de 35 dB para o período noturno, conforme descrito no item "Critério legal" e estabelecidos pela NBR 10.151/2019 para "Áreas de sítios e fazendas", por se tratar de área rural, assim, foram classificados em conforme e não conforme (Tabela 34 e Tabela 35).

Tabela 34 - Resultados das amostragens de ruído ambiental no período diurno comparado com os limites da NBR 10.151/2019.

Ponto	Parâmetros Obtidos			Nca Indicado Para o Local da Medição Conforme o Período - NBR 10.151		Diferença Entre o Leq e o Nca Indicado Para o Local da Medição	Conformidade
	LEQ	LMAX	LMIN	PERÍODO	NCA		
1	55,59	73,37	43,91	Diurno	40	15,59	Não conforme
2	50,57	71,35	40,15	Diurno	40	10,57	Não conforme
3	56,01	78,28	41,09	Diurno	40	16,01	Não conforme
4	53,42	71,96	39,16	Diurno	40	13,42	Não conforme
5	54,14	73,31	43,03	Diurno	40	14,14	Não conforme
6	59,19	74,1	49,37	Diurno	40	19,19	Não conforme
7	50,39	68,75	35,8	Diurno	40	10,39	Não conforme
8	57,43	76,65	41,46	Diurno	40	17,43	Não conforme
9	61,78	74,62	44,25	Diurno	40	21,78	Não conforme
10	51,5	71,59	38,54	Diurno	40	11,5	Não conforme

Dos 10 pontos amostrados durante o período diurno, todos apresentaram não conformidade com o valor de NCA estabelecido para áreas de sítios e fazendas, conforme NBR 10.151/2019.

Tabela 35 - Resultados das amostragens de ruído ambiental no período noturno comparado com os limites da NBR 10.151/2019.

Ponto	Parâmetros Obtidos			Nca Indicado Para o Local da Medição Conforme o Período - NBR 10.151		Diferença Entre o Leq e o Nca Indicado Para o Local da Medição	Conformidade
	LEQ	LMAX	LMIN	Período	NCA		
1	52,93	71,19	45,66	Noturno	35	17,93	Não conforme
2	78,24	98,07	44,05	Noturno	35	43,24	Não conforme
3	56,57	78,75	43,29	Noturno	35	21,57	Não conforme
4	65,78	82,49	44,7	Noturno	35	30,78	Não conforme
5	56,38	72,33	43,01	Noturno	35	21,38	Não conforme
6	51,31	71,57	38,37	Noturno	35	16,31	Não conforme
7	59,48	72,47	47,35	Noturno	35	24,48	Não conforme
8	57,15	79,09	43,58	Noturno	35	22,15	Não conforme
9	73,51	101,45	38,41	Noturno	35	38,51	Não conforme

Para o período noturno, todos os 09 pontos amostrados apresentaram não conformidade com o valor de NCA estabelecido para áreas de sítios e fazendas, conforme NBR 10.151/2019.

Os valores elevados podem ser explicados pela proximidade dos pontos monitorados com o mar e outras áreas onde os ruídos emitidos pelo mar são propagados com maior facilidade, devido ao tipo de relevo e vegetação no local.

10.1.9.1.3 - Conclusão

Levando em consideração os resultados encontrados nas medições conclui-se que, o nível de ruído de fundo sonoro na AID do empreendimento, encontra-se acima do limite preconizado pela NBR 10151, que considera em ambientes externos com tipos de áreas de sítios e fazendas o nível de pressão sonora para conforto o valor máximo de 40 dB para o período diurno, e 35 dB para o período noturno.

Os locais de medição são próximos ou na frente da praia, onde há a arrebentação das ondas, que emite som de nível sonoro considerável, o qual pode justificar as não conformidades encontradas no estudo.

Desta forma, deve ser considerado o disposto na norma supracitada, a qual determina que se o nível de ruído ambiente (aferido sem a atividade em estudo) for superior ao valor limite, o NCA assume o valor do ruído ambiente. Ou seja, para comparações futuras, deverá ser considerado como NCA o valor de Leq de cada ponto para medições diurnas e noturnas.

10.1.9.2 - Vibrações

Assim como o ruído, a vibração é um fenômeno físico que causa perturbação do meio pela ação de ondas mecânicas que deslocam a matéria em movimentos oscilatórios. Estes movimentos podem ser examinados por sua amplitude, velocidade e aceleração num arranjo espacial ortogonal tridimensional.

A ação dinâmica aplicada ao solo ocasiona a propagação de dois tipos básicos de ondas: as ondas de corpo e as ondas de superfície. As ondas de corpo são constituídas pelas ondas de compressão (ondas P) e pelas ondas de cisalhamento (ondas S), enquanto a onda de superfície é a onda de Rayleigh (ondas R) (CLOUGH & PENZIEN, 2003) (Figura 57).

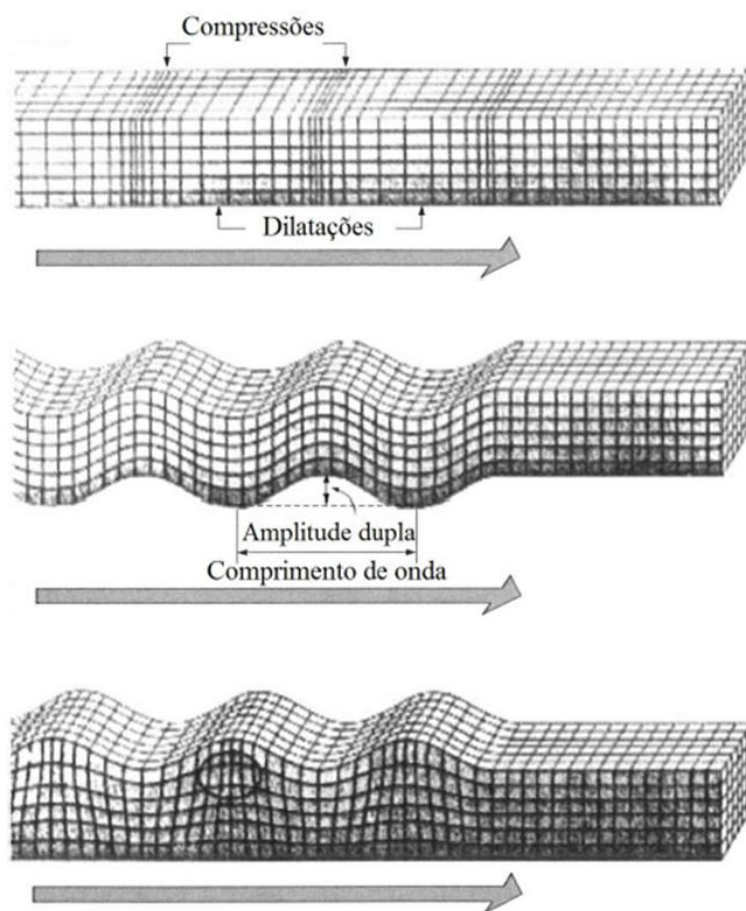


Figura 57 - Acima, forma de propagação da onda P; ao centro, onda S; e a figura inferior representa a propagação da onda de Rayleigh. Fonte: Clough; Penzien, 2003.

As vibrações de interesse para este estudo são definidas como ondas que se propagam na superfície. Estas vibrações são geradas por transferência de energia mecânica e cinética de uma fonte. No âmbito deste trabalho, o tráfego de veículos é a fonte preponderante de ondas de vibração.

O objetivo do estudo de vibração no contexto deste projeto é a verificação dos potenciais danos ao meio, especialmente ao terreno e às obras de infraestrutura.

No entanto, é importante ressaltar que não é apenas o nível de vibração que pode interferir na estabilidade de terrenos e de construções, mas também a morfologia, a geologia e os solos, bem como as estruturas, materiais e qualidade das construções.

A normativa brasileira mais utilizada conforme verificado no levantamento de dados secundários é a Decisão de Diretoria- DD nº 215 da CETESB, de 07 de novembro de 2007, emitida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental- CETESB, que dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causado por vibrações geradas em atividades poluidoras.

10.1.9.2.1 - Metodologia

Para medição de vibrações foram escolhidos 09 pontos, buscando-se analisar os pontos mais representativos para os receptores na AE (ex.: áreas residenciais, hospitais, escolas, agroindústrias, fazendas, sítios). A Tabela 36 apresenta os pontos e as coordenadas geográficas da área, e encontram-se espacializados no Mapa do Apêndice 40.

Tabela 36 - Localização dos pontos de medição de vibração.

Ponto	SIRGAS 2000 UTM Zona 23M	
	UTM E (X)	UTM N (Y)
Ponto 01	569535	9705562
Ponto 02	569246	9705325
Ponto 03	569121	9705252
Ponto 04	569090	9705209
Ponto 05	568951	9705075
Ponto 06	568908	9705028
Ponto 07	568935	9704956
Ponto 08	568890	9704738
Ponto 09	569746	9702420

10.1.9.2.1.1 - Equipamento Utilizado

As medições dos níveis de vibração foram realizadas com o equipamento medidor de vibração eletrônico MV-710 INSTRUTHERM. Este aparelho possui as seguintes especificações técnicas:

- Tipo de sensor: Acelerômetro piezoelétrico de cerâmica;
- Escala de medição de aceleração: 0,1 a 199,9 m/s² pico;
- Escala de medição de velocidade: 0,1 a 199,9 mm/s rms;
- Escala de medição de deslocamento: 0,001 a 1,999 mm pico a pico;
- Precisão: ±5% ±2 dígitos;
- Frequência de medição em aceleração: 10Hz a 1kHz (LO) / 1kHz a 15kHz (HI);
- Frequência de medição em velocidade: 10Hz a 1kHz (LO);
- Frequência de medição em deslocamento: 10Hz a 1kHz (LO).

10.1.9.2.1.2 - Procedimento de Calibração

Para aferição da precisão dos dados medidos foi feita calibração conduzida em comparação com acelerômetro padrão e medidor de vibração, sendo realizados 03 ciclos de medição para cada ponto calibrado.

10.1.9.2.1.3 - Critério Legal

Não foram encontradas leis no âmbito nacional/estadual/municipal que versem sobre o tema vibração, bem como sobre a regulamentação dos respectivos limites. Sendo assim, para a análise e comparação dos resultados obtidos em campo levou-se em consideração a norma estadual emitida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

Os limites de velocidade de vibração de partículas (pico), considerando os tipos de áreas e período do dia estão apresentados na Tabela 37 - . Para comparar se os valores identificados na área em estudo encontram-se dentro dos valores permitidos tomou-se como base os limites admissíveis constantes na DD nº 215/2007.

Tabela 37 - Limites de velocidade de vibração de partícula (pico) em função dos tipos. Fonte: DD nº 215/2007/E (CETESB, 20071).

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de hospitais, casa de saúde, creches e escolas	0,3	0,3
Área predominantemente residencial	0,3	0,3
Área mista, com vocação comercial e administrativa	0,4	0,3
Área predominantemente industrial	0,5	0,5

Para a classificação do tipo de área levou-se em consideração o plano diretor e o zoneamento do município interceptado pelo empreendimento, observando também a real ocupação do solo e os tipos de áreas nos pontos de monitoramento.

10.1.9.2.2 - Resultados e Discussões

A seguir são apresentados os dados de cada ponto mensurado e análise integrada dos níveis de vibração na área de influência do empreendimento, assim como as características ambientais no momento das medições. As medições de vibrações foram realizadas no período diurno e noturno, acompanhando o monitoramento de ruídos. Na Tabela 38 é apresentado os resultados de medição de vibração dos 09 pontos amostrados na AID do empreendimento, e nas Foto 49 a Foto 56 o registro do momento de medição em cada ponto amostral.

Tabela 38 - Resultados da medição do pico de velocidade de vibração, em mm/s.

Ponto Amostral	Pico de Velocidade de Vibração (Mm/S)		Conformidade
	Diurno	Noturno	
01	0,2	0,2	Conforme
02	0,2	0,2	Conforme
03	0,2	0,2	Conforme
04	0,2	0,2	Conforme
05	0,2	0,2	Conforme
06	0,2	0,2	Conforme

¹Ver em: www.cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/DDCETESB215_2007_E-.pdf. (Acesso em: 06/03/2020).

Ponto Amostral	Pico de Velocidade de Vibração (Mm/S)		Conformidade
	Diurno	Noturno	
07	0,2	0,2	Conforme
08	0,2	0,2	Conforme
09	0,2	-	Conforme



Foto 49 - Medição de vibração no ponto 01 - diurna.



Foto 50 - Medição de vibração no ponto 01 - noturna.



Foto 51 - Medição de vibração no ponto 02 - diurna.



Foto 52 - Medição de vibração no ponto 02 - noturna.



Foto 53 - Medição de vibração no ponto 03 - diurna.



Foto 54 - Medição de vibração no ponto 03 - noturna.



Foto 55 - Medição de vibração no ponto 04 - diurna.



Foto 56 - Medição de vibração no ponto 04 - noturna.



Foto 57 - Medição de vibração no ponto 05 - diurna.



Foto 58 - Medição de vibração no ponto 05 - noturna.



Foto 59 - Medição de vibração no ponto 06 - diurna.



Foto 60 - Medição de vibração no ponto 06 - noturna.



Foto 61 - Medição de vibração no ponto 07 - diurna.



Foto 62 - Medição de vibração no ponto 07 - noturna.



Foto 63 - Medição de vibração no ponto 08 - diurna.



Foto 64 - Medição de vibração no ponto 08 - noturna.



Foto 65 - Medição de vibração no ponto 09 - diurna.

Destaca-se que não foi possível realizar a medição de ruído noturno no Ponto 09, devido à falta de segurança no local neste turno. A realização do procedimento comprometeria a integridade física da equipe, bem como dos equipamentos utilizados.

10.1.9.2.3 - Conclusão

Levando em consideração os resultados encontrados nas medições conclui-se que, o nível vibração

na AID do empreendimento apresenta baixos níveis de vibração, com pico de velocidade de vibração de 0,2 mm/s em todos os pontos amostrais. Esses resultados se justificam devido a região ser predominantemente rural, com poucas habitações e sem tráfego de veículos.

10.1.10 - Oceanografia Física

10.1.10.1 - Área de Estudo

A área de estudo está localizada no litoral central do Estado do Maranhão, na principal reentrância do litoral maranhense e o grande coletor das águas e sedimentos dos rios Pindaré, Mearim, Itapecuru conhecida como Golfão Maranhense (Figura 58).

O Golfão Maranhense é composto por duas baías principais, a Baía de São Marcos e a Baía de São José, separadas pela Ilha de São Luís. Esta região faz parte de uma vasta zona estuarina, com orientação principal NE-SW, amplamente aberta sobre a plataforma continental e ocupa uma área que corresponde a 17,3% das terras do Maranhão, sendo a maior bacia fluvial inteiramente maranhense. (MARANHÃO, 2000 *apud* CUNHA & SILVA, 2002).

É marcada por reentrâncias no noroeste do Maranhão, que constitui o maior sistema contínuo de manguezais do mundo, a Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA) (SOUZA FILHO, 2005). Os manguezais do Estado do Maranhão são considerados os mais estruturalmente complexos do Brasil. Este aspecto é atribuído em parte às diversas características da linha de costa, às grandes quantidades de água doce, provenientes de extensos rios, às altas taxas de precipitação, bem como às altas amplitudes de maré, cuja propagação estende-se a mais de 200 km. O elevado alcance da onda de maré deve-se em grande parte ao fato de essa ser uma região de macromaré (REBELO-MOCHEL, 1997 *apud* TEIXEIRA & SOUZA FILHO, 2009).

Ainda, a Baía de São Marcos possui largura que varia entre 50 km (porção Norte), 15 km (região central), 25 km (altura da Ilha dos Caranguejos) e 4 km (foz do rio Mearim). Essa constrição lateral da área da Baía, leva à amplificação da onda de maré em direção ao seu interior, podendo apresentar amplitudes de até 7,2 m, e gerando fortes correntes de maré, com velocidades de até 2,5 m/s (5 nós). As ondas na Baía de São Marcos têm características exclusivamente originadas pela ação do vento, e com alturas não superiores a 0,2 m ocorrendo em 95% do tempo (MORAIS, 1977 *apud* EL-ROBRINNI *et al.*, 2006).



Para caracterizar as condições meteorológicas e oceanográficas da área de estudo, foram obtidos dados de fontes de acesso público e modelos de reanálise. Os resultados das análises são sumarizados a seguir.

10.1.10.2.1 - Meteorologia

Para caracterizar as condições meteorológicas da área de estudo foram obtidos dados da estação A203 do INMET em São Luís, localizada nas coordenadas 2°31'36" S e 044°12'49" W. Os dados foram obtidos em frequência horária para o período entre 28/01/2003 a 28/06/2022. A rosa direcional e diagrama polar de frequência de ocorrência são apresentados na Figura 59 e o gráfico com a distribuição de probabilidade acumulada de velocidade dos ventos é apresentada na Figura 60 e a tabela de distribuição de velocidades e direções na Figura 61. Observa-se a predominância de ventos do quadrante NE, com velocidades entre 2 e 5 m/s, seguidos por ventos do quadrante SW com velocidades entre 1 e 3 m/s. A velocidade mediana dos ventos é de 2 m/s e a velocidade máxima registrada na estação foi de 6,4 m/s.

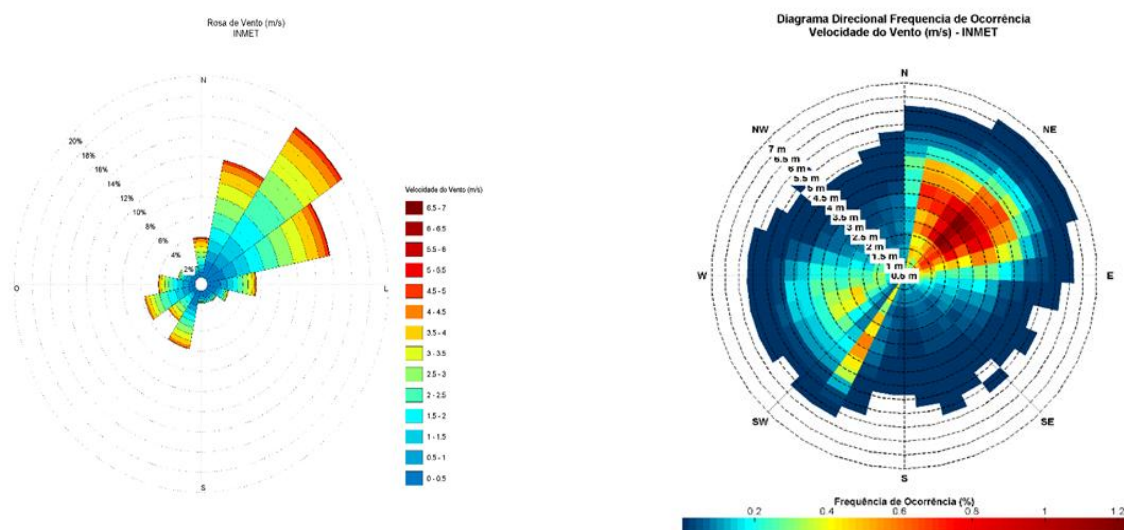


Figura 59 - Rosa e diagrama polar de frequência de ocorrência dos dados de vento da estação A203 do INMET. Fonte: INMET, 2022.

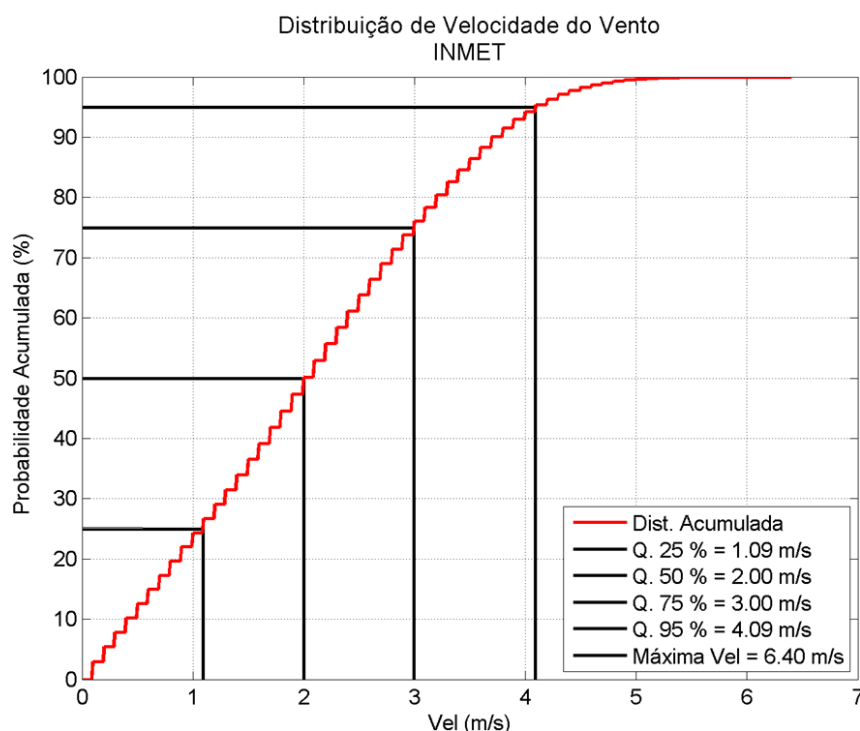


Figura 60 - Distribuição de probabilidade acumulada de velocidade dos ventos. Fonte: INMET, 2022.

Tabela 39 - Tabela de distribuição de velocidades (m/s) e direções de vento para os dados do INMET. Fonte: INMET, 2022.

Vel \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Num. Casos	Frequência	Vel Min	Vel Med	Vel Max
0 - 0.5	582	1731	2087	2463	1598	919	562	508	497	1010	407	828	986	902	671	483	16234	9.54	0.1	0.29	0.5
0.5 - 1	567	1711	2439	2361	1227	559	361	316	324	868	529	1140	1142	801	466	334	15145	8.90	0.6	0.79	1
1 - 1.5	617	1964	3593	2529	1008	433	277	209	238	879	724	1490	933	404	271	250	15819	9.29	1.1	1.30	1.5
1.5 - 2	665	2360	4791	2696	923	405	207	147	155	990	925	1595	836	350	233	223	17501	10.28	1.6	1.79	2
2 - 2.5	789	2538	4772	2870	1014	353	163	92	161	1126	1013	1358	824	276	144	212	17705	10.40	2.1	2.28	2.5
2.5 - 3	834	2603	3920	2834	927	248	94	54	96	1124	895	987	687	192	104	119	15718	9.23	2.6	2.78	3
3 - 3.5	878	2446	3284	2564	700	139	46	17	41	1093	716	782	583	85	49	48	13471	7.91	3.1	3.27	3.5
3.5 - 4	771	1958	2413	2058	424	44	19	4	10	766	501	611	355	18	9	28	9989	5.87	3.6	3.76	4
4 - 4.5	430	1076	1488	1195	204	16	5	3	3	336	148	211	104	8	1	6	5234	3.08	4.1	4.24	4.5
4.5 - 5	171	337	587	443	54	1	3	1		64	17	26	28	1	1	1	1735	1.02	4.6	4.72	5
5 - 5.5	33	60	160	105	12					8	3	3	2				386	0.23	5.1	5.21	5.5
5.5 - 6	3	1	22	23	3												52	0.03	5.6	5.70	6
6 - 6.5			5	2													7	0.00	6.1	6.19	6.4
Num. Casos	6340	18785	29561	22143	8094	3117	1737	1351	1525	8264	5878	9031	6480	3037	1949	1704					
Frequência	3.72	11.04	17.37	13.01	4.76	1.83	1.02	0.79	0.90	4.86	3.45	5.31	3.81	1.78	1.15	1.00					
Vel Min	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1					
Vel Med	2.42	2.32	2.28	2.22	1.77	1.33	1.17	1.01	1.17	2.17	2.19	1.95	1.78	1.18	1.09	1.30					
Vel Max	5.7	5.6	6.3	6.4	5.7	4.6	5	4.8	4.3	5.4	5.2	5.2	5.3	5	4.7	4.7					

Para avaliar a variação sazonal dos ventos na região, foram compilados e analisados separadamente os dados dos períodos de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), outono (Março, Abril e Maio), inverno (Junho, Julho e Agosto) e primavera (Setembro, Outubro e Novembro), que são representados em formato de rosas na Figura 61. Observa-se que os ventos se tornam mais intensos do quadrante NE durante a primavera e o verão. Já durante o outono e o inverno, o vento perde intensidade e amplia-se o leque direcional.

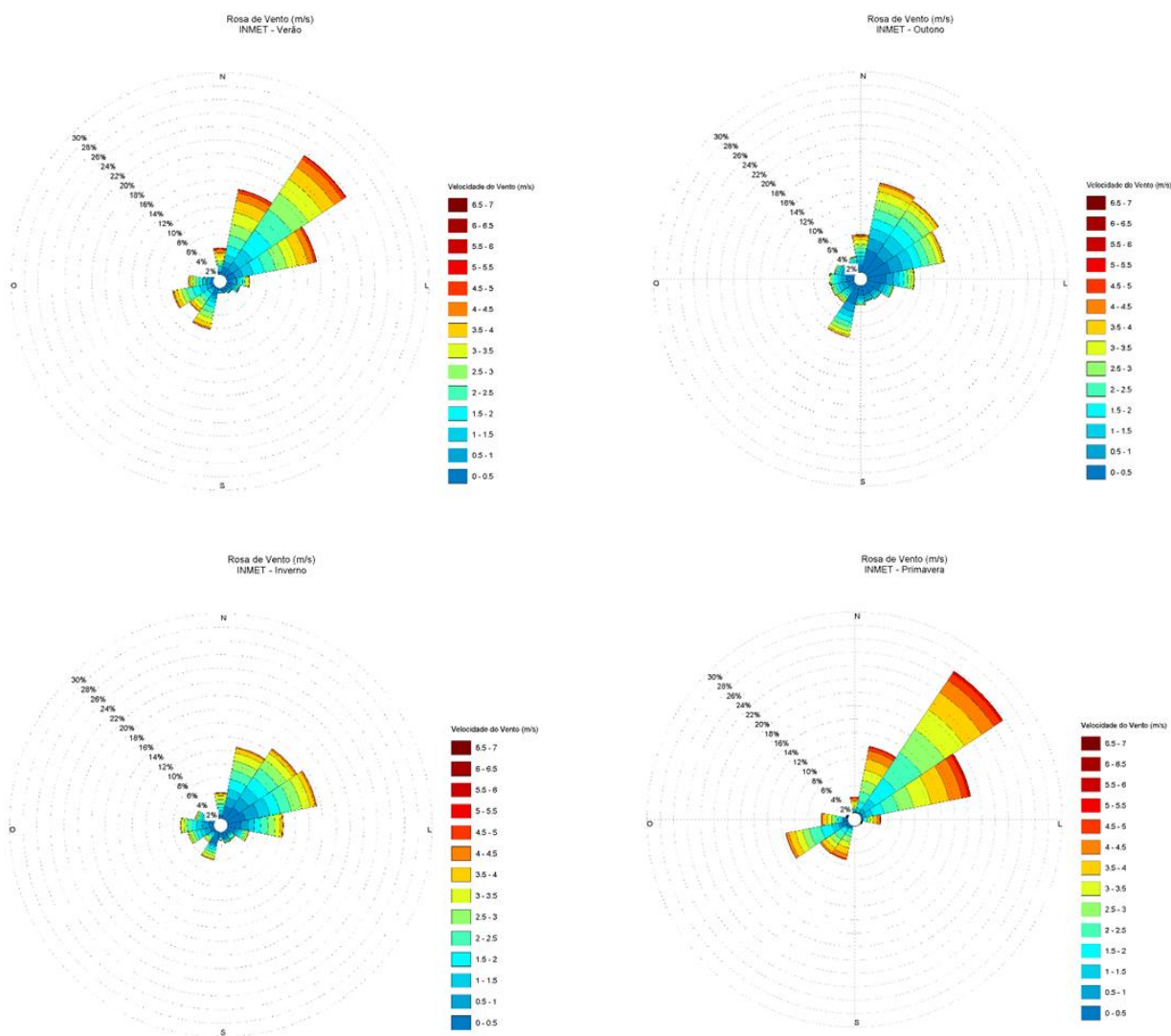


Figura 61 - Rosas de ventos de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito). Fonte: INMET, 2022.

10.1.10.2.2 - Ondas

Para caracterizar as condições de ondas ao largo do litoral maranhense foram obtidos dados do modelo *WaveWatch* III da NOAA nas coordenadas 23 M 722519.61 E e 9834102.86 S (Figura 62), em uma profundidade de aproximadamente 1.700 m. Os dados foram obtidos em frequência de 3 horas para o período entre 01/02/2005 e 01/11/2017.

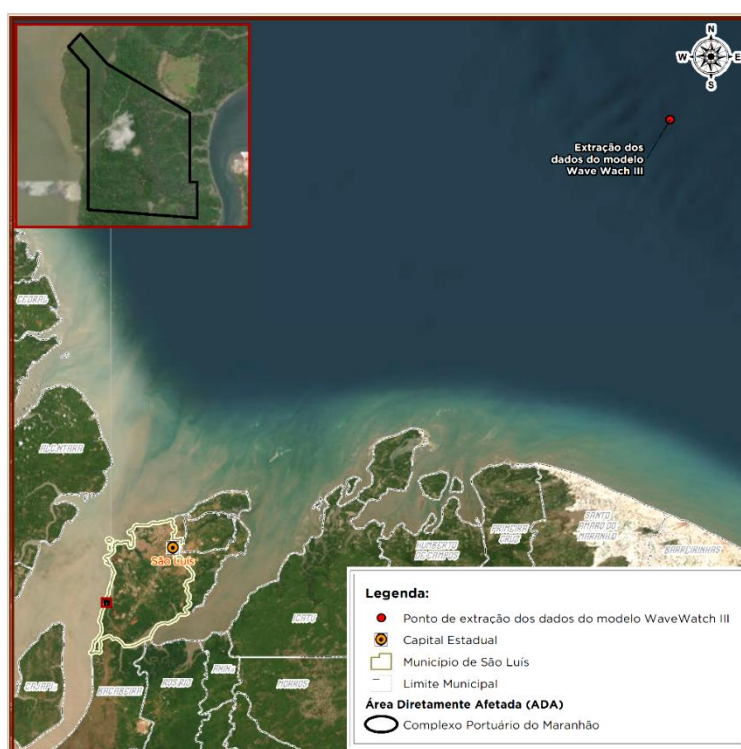


Figura 62 - Localização do ponto de extração dos dados do modelo WaveWatchIII para aplicação no Terminal Portuário e no TGNL do CPM.

A rosa direcional e diagrama polar de frequência de ocorrência de altura significativa (H_s) e período de pico (T_p) são apresentados na Figura 63 e o gráfico com as distribuições de

probabilidade acumulada apresentadas na Figura 64. As tabelas de distribuição conjunta de Hs e Direção, Tp e Direção e Hs e Tp são apresentadas da Tabela 40 até a Tabela 42. Observa-se a predominância de ondas do quadrante E, com alturas de 2 a 3 m e períodos de 6 a 8 s, seguidas por ondas do quadrante N, ligeiramente menores, mas podendo apresentar períodos maiores, de 12 a 16 s, associados a tempestades no Oceano Atlântico Norte. A altura significativa mediana é de 1,82 m, podendo atingir até 3,39 m. Já o período de pico mediano é de 7,85 s, podendo atingir até 19,83 s.

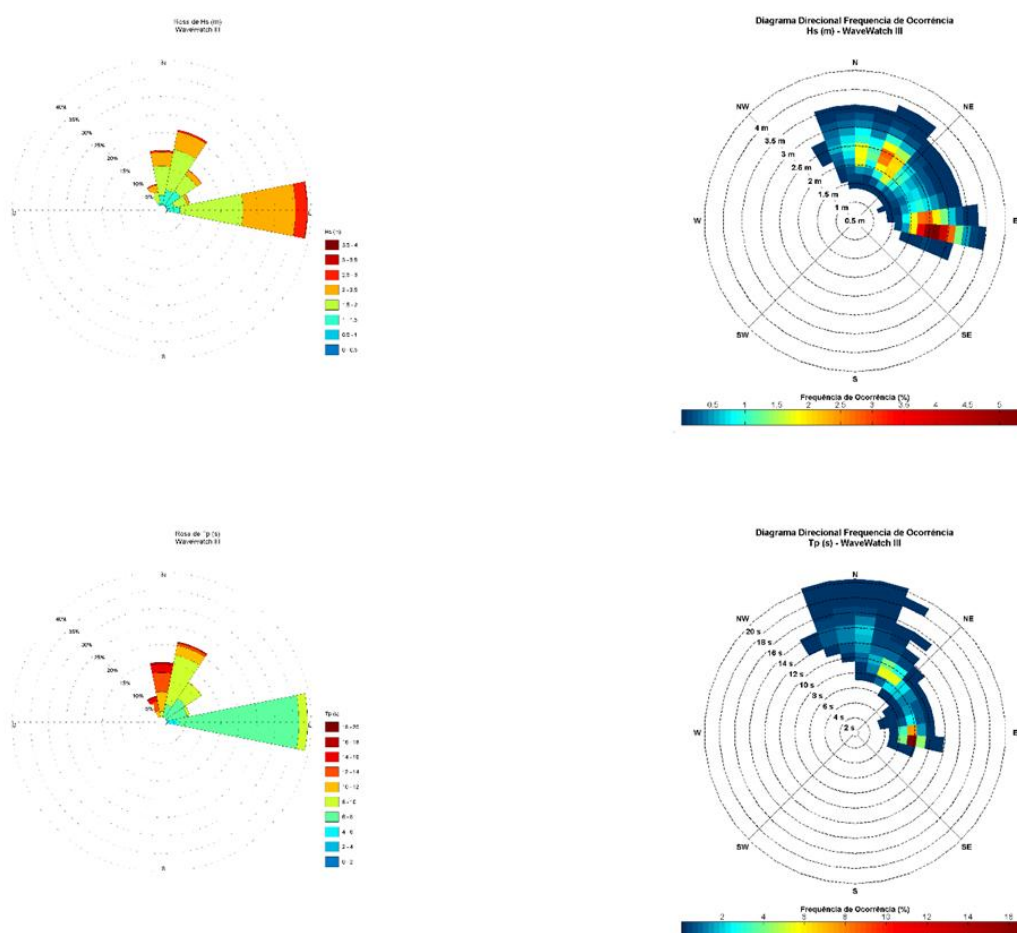


Figura 63 - Rosas (coluna da esquerda) e diagrama polar de frequência de ocorrência (coluna da direita) de Hs (linha superior) e Tp (linha inferior) dos dados do modelo WaveWatchIII.

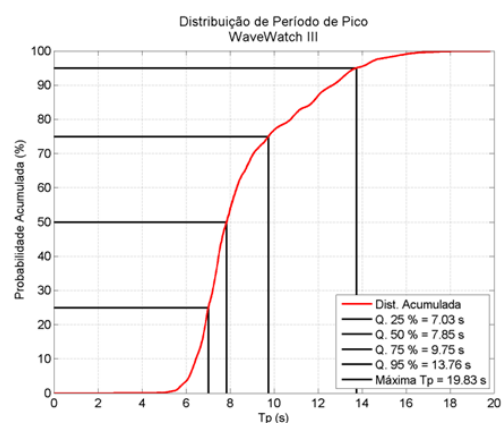
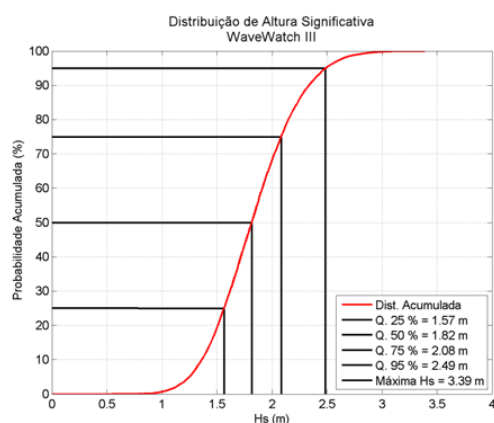


Figura 64 - Distribuição de probabilidade acumulada de altura significativa e período de pico das ondas.

Tabela 40 - Tabela de distribuição de alturas e direções de ondas para os dados do WW3.

Hs \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Num. Casos	Frequência	Hs Min	Hs Med	Hs Max
0 - 0.5																					
0.5 - 1	44	26	99	47	12										11	239	0.64	0.55	0.88	1	
1 - 1.5	1026	1638	1800	792	1451	4									270	6981	18.75	1.01	1.28	1.5	
1.5 - 2	3011	4229	1972	1304	6540	20									1	1111	18188	48.84	1.51	1.64	2
2 - 2.5	1386	1813	523	289	5328	16										730	10085	27.08	2.01	2.03	2.5
2.5 - 3	180	192	44	17	1129											103	1665	4.47	2.51	2.49	3
3 - 3.5	9	6	1		65												81	0.22	3.01	3.12	3.39
Num. Casos	5656	7904	4439	2449	14525	40									1	2225					
Frequência	15.19	21.23	11.92	6.58	39.00	0.11									0.00	5.97					
Hs Min	0.77	0.79	0.77	0.55	0.82	1.38									1.77	0.94					
Hs Med	1.80	1.78	1.60	1.63	1.97	1.93									0.00	0.00					
Hs Max	3.35	3.06	3.03	2.77	3.39	2.43									1.77	2.89					

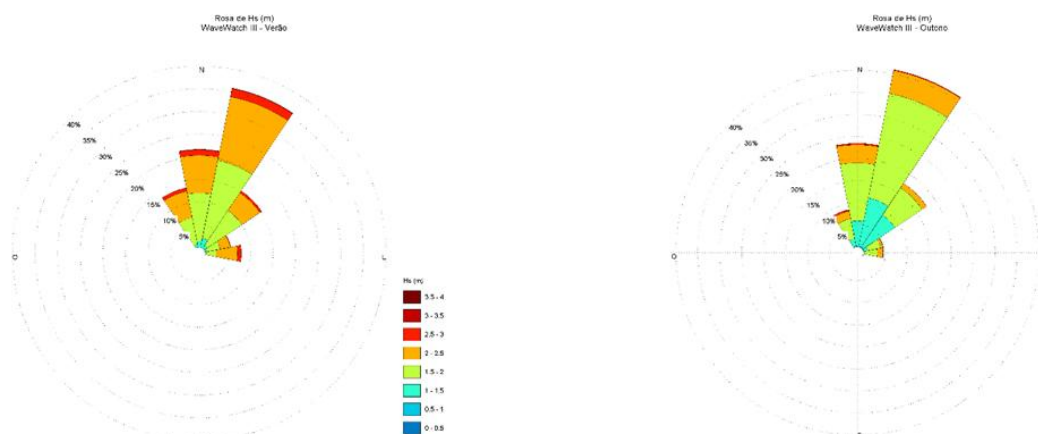
Tabela 41 - Tabela de distribuição de períodos e direções de ondas para os dados do WW3.

Tp \ Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Num. Casos	Frequência	Tp Min	Tp Med	Tp Max
0 - 2																					
2 - 4				7	1												8	0.02	2.74	3.57	3.98
4 - 6			7	65	1121	16											1209	3.25	4.17	5.64	6
6 - 8	19	1400	2463	2102	12541	24											18549	49.81	6.01	7.10	8
8 - 10	588	5129	1908	275	859											31	8790	23.60	8.01	8.71	10
10 - 12	2014	998	61		3											674	3750	10.07	10.01	8.98	12
12 - 14	1967	244													1	995	3207	8.61	12.01	8.84	14
14 - 16	840	106														415	1361	3.65	14.01	10.20	16
16 - 18	198	25														100	323	0.87	16.01	11.52	17.99
18 - 20	30	2														10	42	0.11	18.01	14.23	19.83
Num. Casos	5656	7904	4439	2449	14525	40									1	2225					
Frequência	15.19	21.23	11.92	6.58	39.00	0.11									0.00	5.97					
Tp Min	6.72	6.33	5.61	2.74	3.98	4.97									12.72	8.97					
Tp Med	12.26	9.07	7.95	7.19	6.96	6.16									0.00	0.00					
Tp Max	19.83	18.77	11.74	9.9	10.2	7.01									12.72	19.47					

Tabela 42 - Tabela de distribuição de alturas e períodos de ondas para os dados do WW3.

Hs \ Tp	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 - 20	Num. Casos	Frequência	Tp Min	Tp Med	Tp Max
0 - 0.5															
0.5 - 1		8	12	120	60	30	6	3			239	0.64	2.74	7.29	15.6
1 - 1.5			569	3610	1592	651	392	141	23	3	6981	18.75	4.3	7.39	18.93
1.5 - 2			623	8446	4705	2008	1661	561	159	25	18188	48.84	4.97	7.62	19.47
2 - 2.5			5	5365	2144	876	1042	525	114	14	10085	27.08	5.77	7.75	19.83
2.5 - 3				964	268	178	106	124	25		1665	4.47	6.4	7.96	17.92
3 - 3.5				44	21	7		7	2		81	0.22	7.45	8.96	16.46
Num. Casos		8	1209	18549	8790	3750	3207	1361	323	42					
Frequência		0.02	3.25	49.81	23.60	10.07	8.61	3.65	0.87	0.11					
Hs Min		0.55	0.85	0.77	0.77	0.93	0.79	0.98	1.11	1.01					
Hs Med		0.74	1.50	1.77	1.69	1.48	1.27	1.35	1.35	1.47					
Hs Max		0.98	2.13	3.39	3.27	3.06	2.9	3.35	3.18	2.36					

Avaliando-se o comportamento sazonal das ondas, apresentado na forma de rosas na Figura 65 e na Figura 66 para Hs e Tp, respectivamente, observa-se um comportamento cíclico. Durante o verão ocorrem ondas predominantemente do quadrante N, com alturas entre 2 e 2,5 m e períodos superiores a 10 s. Tais eventos são provavelmente associados à *swells* gerados por tempestades no Oceano Atlântico Norte - que atravessa o inverno durante esse período e tem mais incidência de eventos extremos. No outono, observa-se uma nítida redução das alturas significativas, ainda que o padrão dos períodos e direções seja análogo ao observado no verão - provavelmente indicando a redução na frequência e intensidade das tempestades no Oceano Atlântico Norte. Durante o inverno, constata-se que as ondulações do quadrante N deixam de incidir - provavelmente devido a períodos de maior calmaria no Atlântico Norte, predominando as ondulações de E associadas aos ventos alísios e geradas localmente, com alturas inferiores a 2 m e períodos inferiores a 8 s. Na primavera, contudo, verifica-se uma intensificação das alturas de ondas de E, provavelmente associadas à intensificação dos ventos observada nesse período (conforme descrito no capítulo de Meteorologia). Observa-se também uma sutil retomada da incidência de ondas do quadrante N com grandes períodos, provavelmente associado à retomada da ocorrência de tempestades no Atlântico Norte.



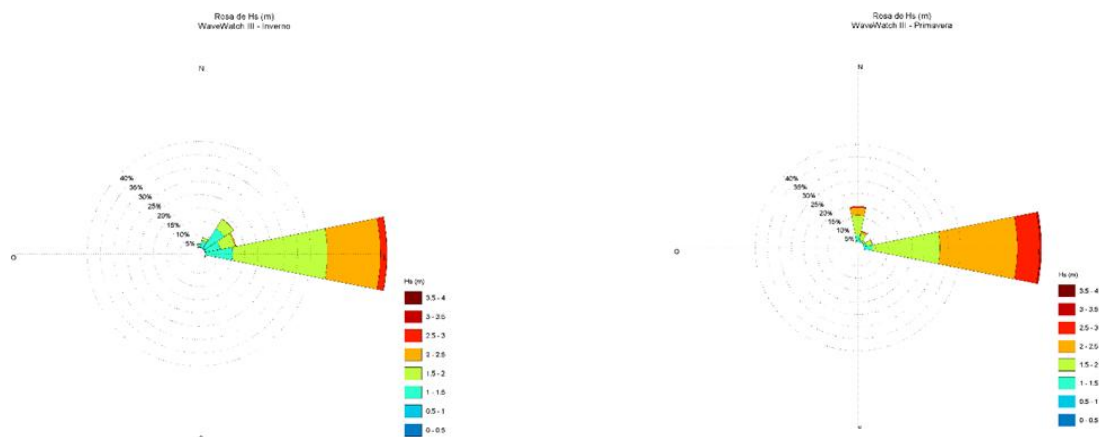


Figura 65 - Rosas de altura significativa de ondas de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito).

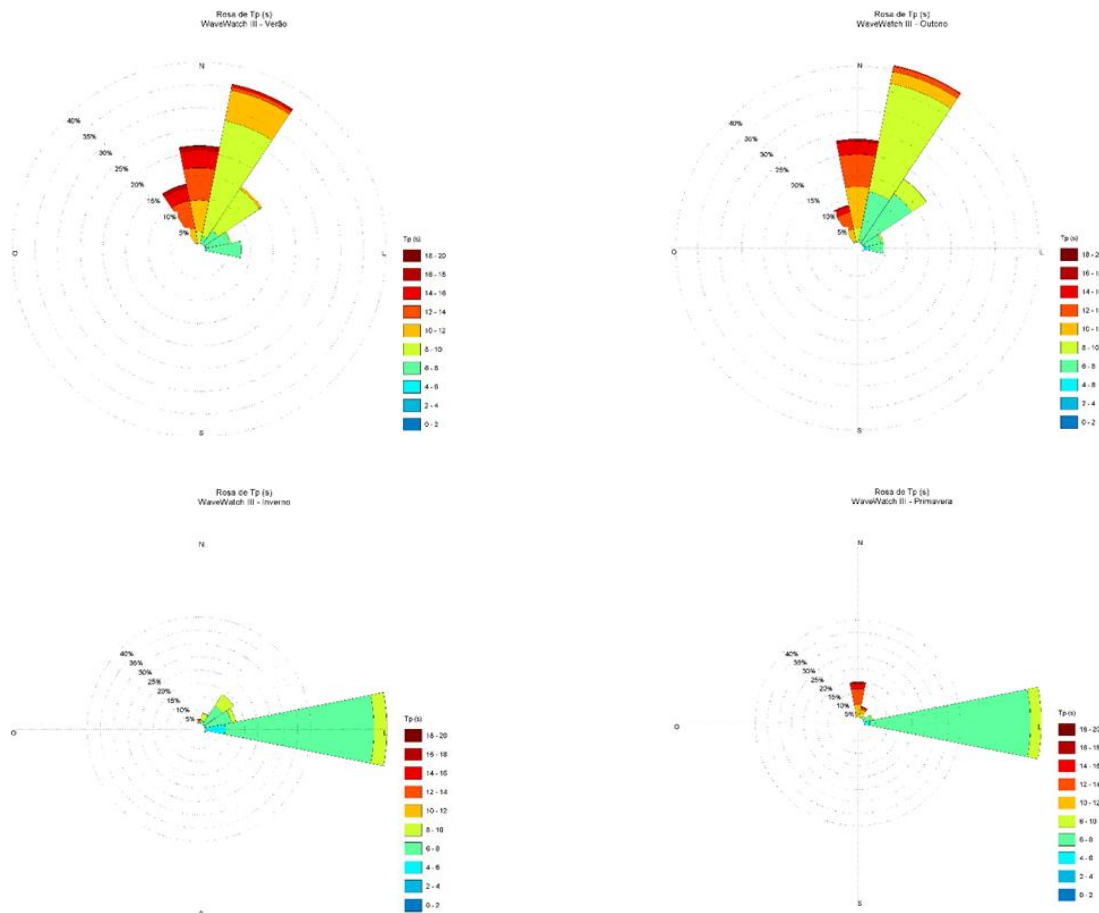


Figura 66 - Rosas de período de pico de ondas de verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito).

10.1.10.2.3 - Marés

Na Baía de São Marcos, o principal agente transformador são as marés, caracterizadas como

semidiurnas (com duas preamares e duas baixa-mares por dia), com amplitude chegando a 7,2 metros, o que caracteriza um regime de macromarés. Os dados de marés provenientes do Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras (FEMAR, 2000) para a estação do Porto do Itaqui - MA indicam níveis de preamar média de sizígia de 6,25 m e baixa-mar de sizígia de 0,61 m.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras

Nome da Estação:		PORTO DE ITAQUÍ – MA			
Localização:		Na extremidade sul do Porto			
Organ. Responsável:		INPH / CODOMAR / DHN			
Latitude:		02° 34,6' S	Longitude: 44 ° 22,2' W		
Período Analisado:		01/01/85 a 31/03/85	N° de Componentes: 35		
Análise Harmônica: Método Almirante Santos Franco					
Classificação: Maré Semidiurna.					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		VII H 17 min	Nível Médio (Zo): 343 cm acima do NR.		
Médias das Preamares de Sizigia (MHWS):		625 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN): 502 cm acima do NR.		
Média das Baixa-mares de Sizigia (MLWS):		61 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN): 184 cm acima do NR.		
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	9,6	291
Ssa	-	-	N ₂	44,5	199
Mm	-	-	NU ₂	8,5	199
Mf	-	-	M ₂	220,5	201
MTM	-	-	L ₂	28,1	141
Msf	-	-	T ₂	3,6	248
Q ₁	-	-	S ₂	61,5	250
O ₁	9,8	213	K ₂	16,7	254
M ₁	-	-	MO ₃	-	-
P ₁	3,1	235	M ₃	1,4	260
K ₁	9,3	237	MK ₁	-	-
J ₁	-	-	MN ₄	2,3	214
OO ₁	-	-	M ₄	7,3	220
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	5,9	198	MS ₄	3,3	264
Referências de Nível: RN-1: fixada na calçada do edifício da Administração do Porto.					
Obs: Outros Períodos: 18/04/60 a 02/05/60; 23/08/72 a 23/09/72; 27/05/80 a 27/06/80; 21/06/85 a 26/08/85; 15/08/86 a 29/09/86; 19/11/89 a 07/12/89; 06/06/84 a 04/10/84.					
O INPH tem observações de 1972 a 1988					
Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 30110

- 78 -

Figura 67 - Dados de maré do Porto de Itaqui provenientes da FEMAR. Fonte: Fundação de Estudos do Mar.

10.1.10.3 - Dados Utilizados

Para desenvolvimento do estudo de modelagem numérica, foram obtidos dados de entrada para determinação das forçantes ambientais e características do leito marinho, a partir de fontes de acesso público e bases de dados da *CoastalPort*, conforme elencado abaixo.

10.1.10.3.1 - Batimetria

Para determinação das profundidades ao longo da plataforma continental adjacente e no estuário da Baía de São Marcos, foram obtidos dados de cartas náuticas emitidas pela Marinha do Brasil. As

cartas consideradas neste estudo são elencadas na tabela abaixo:

Tabela 43 - Cartas náuticas adotadas no estudo.

Nº da Carta	Nome da Carta	Escala
410	Proximidades da Baía de São Marcos	1:135.000
411	Baía de São Marcos	1:50.000
412	Baía de São Marcos e Proximidades do Terminal da Ponta da Madeira e Itaqui	1:50.000
413	Terminal da Ponta da Madeira e Porto do Itaqui	1:15.000

Além dos dados das cartas náuticas, foram considerados dados batimétricos disponibilizados pela contratante para a área de interesse do ano de 2020, além de informações disponíveis no banco de dados da CoastalPort dos anos de 2007 e 2009, apresentados na Figura 68.

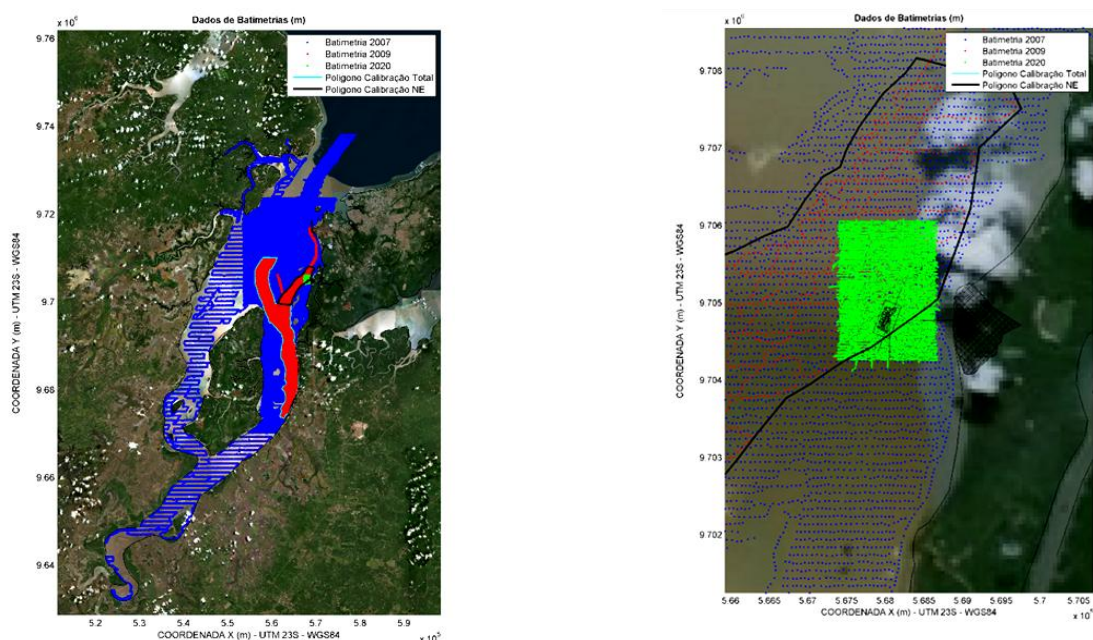


Figura 68 - Representação espacial dos dados batimétricos considerados no estudo.

Adicionalmente, para medição da profundidade da coluna d'água na área em que será realizada a instalação do TGNL, foi realizada batimetria no local, conforme a Figura 69. Observa-se que nos locais em que serão instaladas as fundações para o Terminal, a profundidade varia de 1 a 26 m.

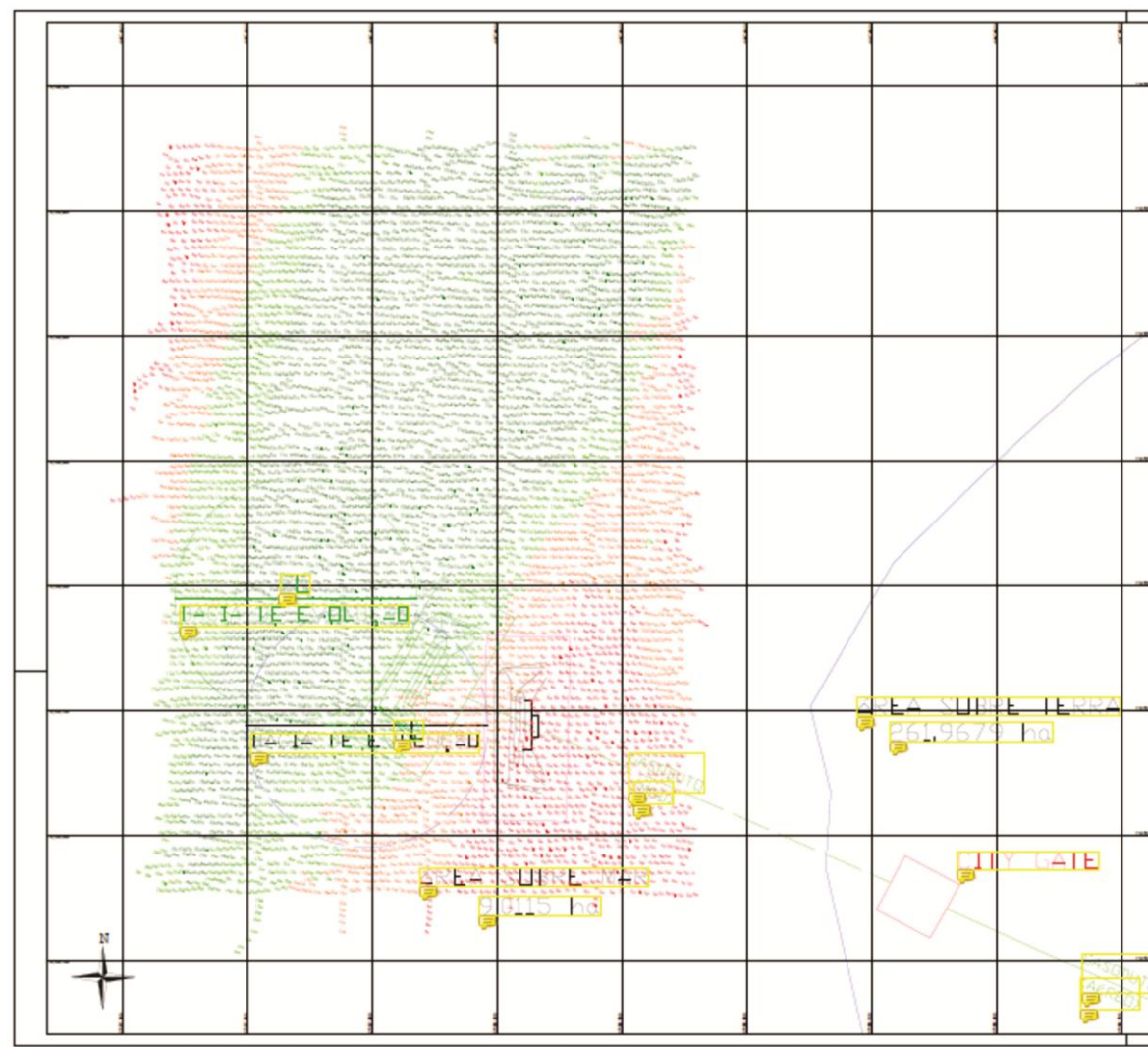


Figura 69 - Batimetria da área de implantação do TGNL. Fonte: Microars (2020).

10.1.10.3.2 - Dados de Maré

Os dados de marés para forçante do modelo hidrodinâmico foram obtidos do modelo de marés global TPXO 7.2, através da ferramenta TMD, para as coordenadas 2,25°S, 044,10° W. Foram obtidas informações de 8 constituintes harmônicas primárias (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1 e Q1), 3 constituintes não-lineares (M4, MS4 e MN4) e 2 constituintes de longo período (Mf e Mm) para um ponto na entrada da Baía de São Marcos. Os valores de amplitude e fase das constantes harmônicas aplicadas na fronteira oceânica do modelo são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 44 - Constantes harmônicas utilizadas como forçante, provenientes do modelo TPXO.

Componente Harmônico	Amplitude (M)	Fase (Graus)
M2	1,977	246,30
S2	0,57	273,68
N2	0,378	229,14
K2	0,155	273,68
K1	0,082	271,01
O1	0,084	241,84
P1	0,027	275,99
Q1	0,022	221,32
M4	0,062	337,57
MS4	0,048	56,52
MN4	0,019	79,00
Mf	0,0172	0,28
Mm	0,128	354,97

10.1.10.3.3 - Dados Hidrodinâmicos

Para calibrar e validar o modelo foram considerados dados de medições em campo de correntes e marés disponíveis na base de dados da *CoastalPort*. Como os dados são protegidos por sigilo contratual, sua localização e análises não podem ser apresentados, sendo apenas representados graficamente de forma comparativa aos dados simulados.

10.1.10.4 - Modelagem Numérica

A avaliação das condições hidrodinâmicas e da geração/propagação de ondas foi realizada através de modelagens numéricas com o modelo Delft3D, utilizando o módulo de simulações hidrodinâmicas (Delft3D-FLOW). O Delft3D-FLOW resolve sistemas de equações para representar fluxos hidrodinâmicos e de fenômenos de transporte resultantes de forçantes mareais e/ou meteorológicas, incluindo efeitos de densidade oriundos de variações espaciais e temporais de

temperatura e salinidade. O modelo é capaz de prever fluxos em mares rasos, áreas costeiras, estuários, lagunas, rios e lagos, tendo como escopo a resolução de processos cujas escalas espaço-temporal horizontais sejam significativamente maiores do que as escalas verticais (Deltares, 2011).

As equações resolvidas pelo Delft3D-FLOW são as equações de movimento, continuidade e transporte de constituintes conservativos. Essas equações são resolvidas em grades ortogonais curvilíneas, que tem as condições de fluxo forçadas pela maré em fronteiras abertas, cisalhamento do vento sobre a superfície livre, gradientes de pressão oriundos de gradientes da superfície livre (barotrópico) ou gradientes de densidade (baroclínico). Termos de fontes e sumidouros são inclusos nas equações para representar descargas ou captações de água. O modelo representa o processo de inundação e secagem de células na interface terra-água para permitir uma representação acurada das seções transversais de escoamento e efeitos de marés em regiões costeiras.

10.1.10.4.1 - Grades Numéricas e Batimetria

Para realizar as simulações hidrodinâmicas e de ondas foram desenvolvidas duas grades numéricas curvilíneas, uma (regional) cobrindo a região oceânica adjacente à Baía de São Marcos (apenas para ondas), e outra (local) detalhada no interior da Baía e com maior resolução nas adjacências do terminal. A grade regional possui 182 x 202 elementos de cálculo e resolução constante de 1.000 m, enquanto a grade local possui 426 x 377 elementos, com resolução variável de 830 a 15 m (Figura 70). Ambas as grades foram empregadas para as simulações de onda, enquanto para a hidrodinâmica, transporte de sedimentos e mudanças morfológicas foi considerada apenas a grade local.

Os dados de batimetria obtidos através das cartas náuticas e outras fontes foram interpolados nas grades numéricas, sendo o resultado desta interpolação apresentado na Figura 72. Para ambas as grades foram consideradas ainda as áreas de mangue como potencialmente alagáveis, sendo atribuídas a estas cotas que pudessem ser alagadas durante a preamar e com rugosidade mais elevada, visando reproduzir o efeito da vegetação.

Para aquelas estruturas hidráulicas que não podem ser contempladas na batimetria do modelo, devido à resolução da grade, foram empregadas estruturas numéricas do tipo *thin dams* para estruturas impermeáveis e do tipo *porous-plates* para estruturas permeáveis, como as estacas dos Píeres, por exemplo.



Figura 70 - Grades numéricas regional (azul) e local (vermelho) utilizadas no estudo.

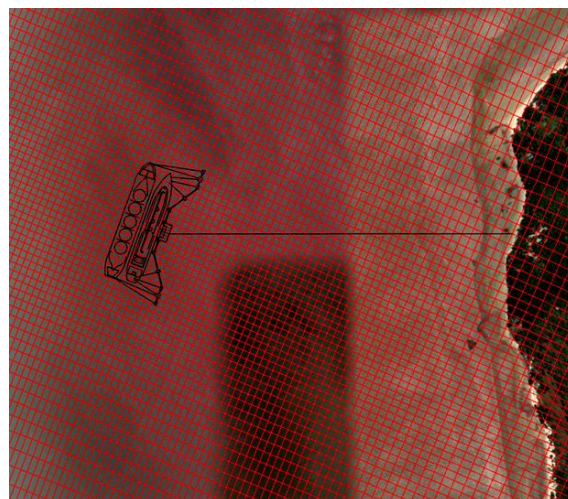
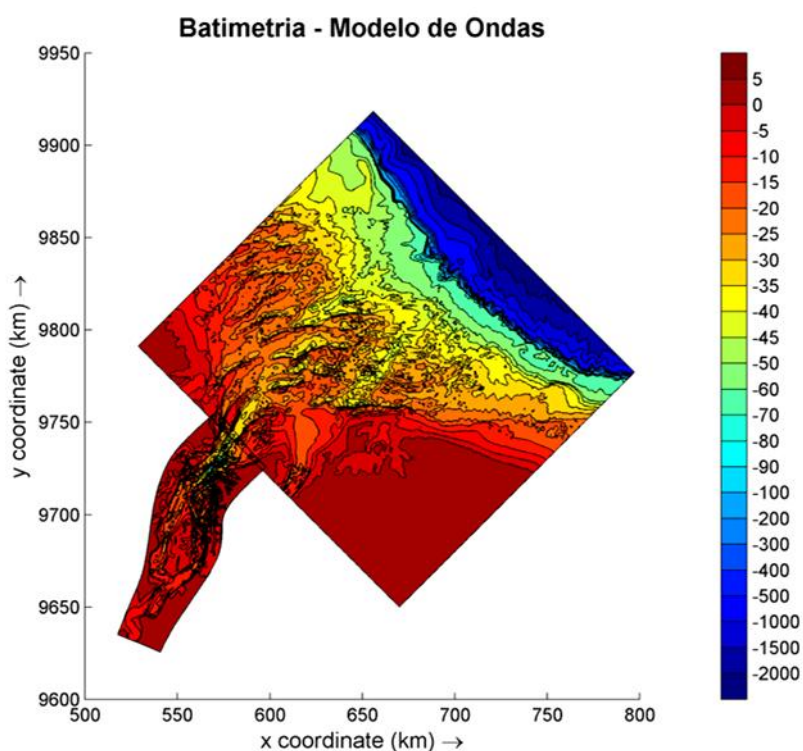


Figura 71 - Detalhamento da resolução da grade local na região do terminal, da ordem de 15m.



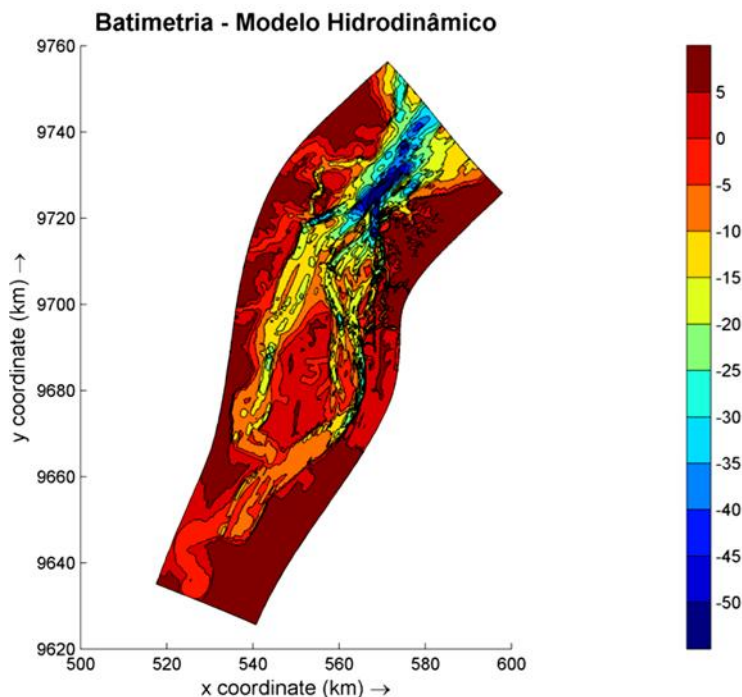


Figura 72 - Resultado da interpolação da batimetria nas grades regional (superior) e local (inferior).

10.1.10.4.2 - Calibração do Modelo

Para verificar se o modelo hidrodinâmico seria capaz de reproduzir adequadamente o padrão de propagação da onda de maré pelo estuário e a geração de correntes resultante desta, foi realizada a calibração dos coeficientes hidrodinâmicos do modelo, incluindo rugosidade do fundo e das áreas de mangue/alagáveis e viscosidade turbulenta. O modelo foi simulado para um período de um mês (para o qual se possuía dados dos sensores), forçado com os dados de maré do TPXO, sendo realizada a comparação com os dados medidos nos monitoramentos próximos de uma boia e de um berço de atracação.

Exemplos de resultados da melhor rodada de calibração são apresentados na Figura 73 e na Figura 74.

Nos gráficos são plotados os dados medidos (linhas pretas) sobre os dados simulados (linhas vermelhas), com a comparação dos dados de maré, intensidade das componentes U e V e velocidade resultante da corrente, além de gráficos de diagrama direcional de frequência de ocorrência de velocidades e direções e gráficos Quantil-Quantil, que permitem comparar as distribuições de probabilidade acumulada dos dados medidos e simulados. O modelo reproduziu de forma satisfatória o comportamento das marés e das correntes, tanto em termos de intensidade e direção, com ligeira superestimação das velocidades. Com isso o modelo foi considerado calibrado,

seguindo para a fase de validação.

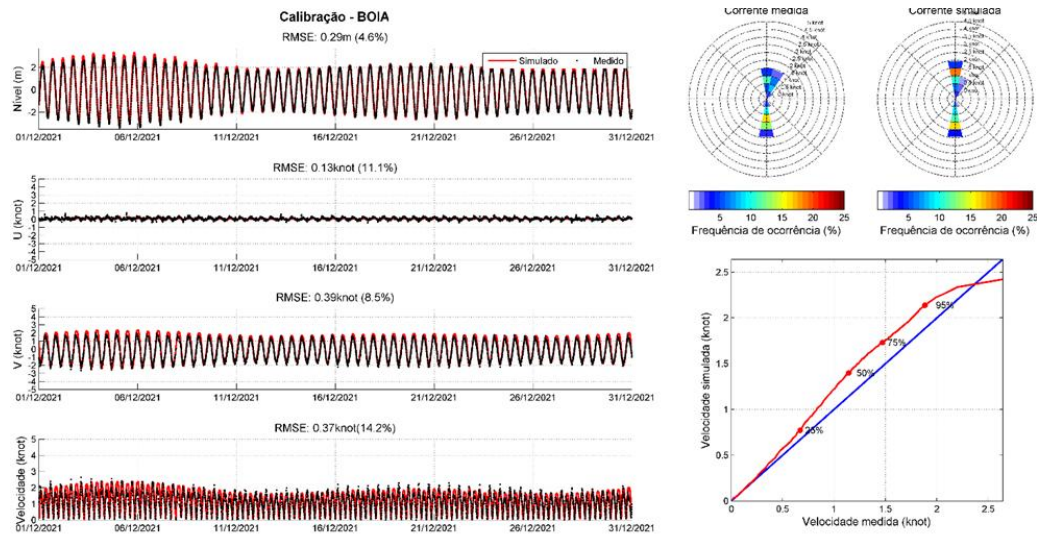


Figura 73 - Resultado da calibração do modelo hidrodinâmico com dado medido em uma boia do canal de navegação.

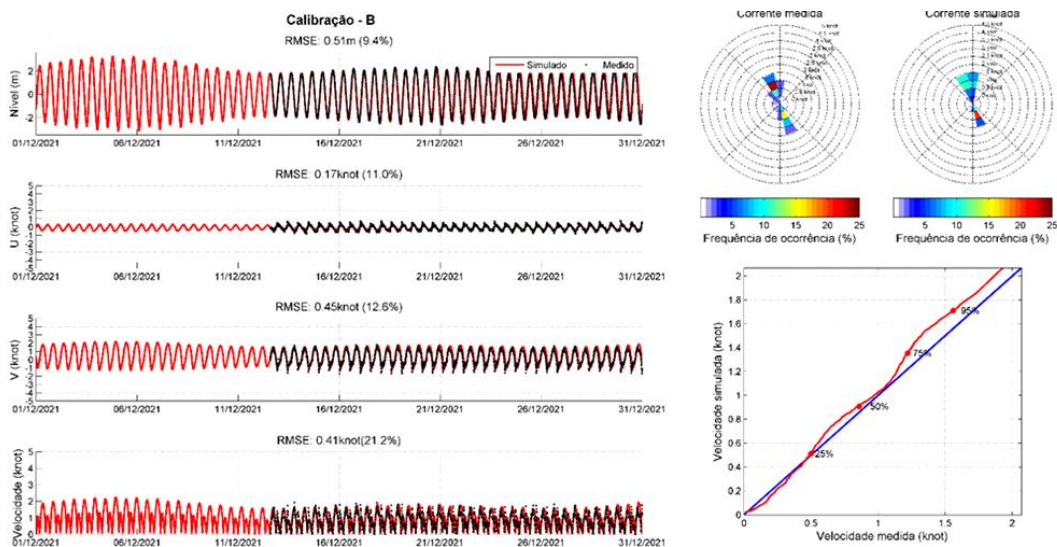


Figura 74 - Resultado da calibração do modelo hidrodinâmico nas cercanias de um berço de atracação.

10.1.10.4.3 - Validação do Modelo

Após a calibração, procedeu-se com a validação do modelo, com o intuito de verificar se os ajustes de coeficientes executados para calibrar o modelo permitem reproduzir adequadamente os resultados para outros períodos e pontos de medição. Dessa forma o modelo com as configurações calibradas foi executado para um período de 2 meses do ano de 2009, sendo

efetuada a comparação com os dados medidos de maré em duas estações no interior da Baía de São Marcos, disponíveis no banco de dados da *CoastalPort*. Os resultados de validação são apresentados na Figura 75. Observa-se que o modelo segue sendo capaz de reproduzir adequadamente os padrões de propagação da onda de maré em todos os pontos. Dessa forma, considera-se o modelo validado e pronto para execução das simulações de produção para caracterização das condições de ondas, hidrodinâmicas, transporte de sedimentos e mudanças morfológicas, além da avaliação de impactos da implantação do terminal.

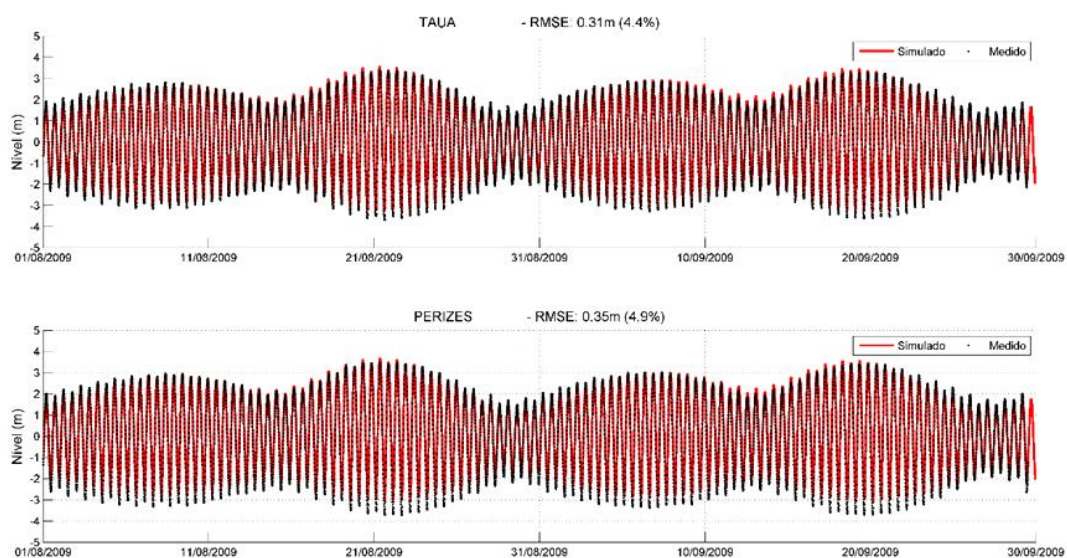


Figura 75 - Validação do modelo para a propagação da onda de maré para o interior da Baía de São Marcos.

10.1.10.5 - Caracterização de Ondas e Hidrodinâmica no Terminal

Partindo do modelo numérico hidrodinâmico calibrado e validado, procedeu-se com as simulações de produção para avaliar as condições de ondas e hidrodinâmica na região do terminal a ser implantado. Os métodos empregados e resultados obtidos são apresentados a seguir.

10.1.10.5.1 - Ondas

Para as simulações de ondas, a simulação de longas séries temporais, em método conhecido como *brute-force*, torna-se muito custosa computacionalmente. Para contornar esse desafio, foi desenvolvido o método denominado Hipercubo, que permite, com menor custo computacional, gerar dados que são capazes de reproduzir nos pontos de interesse em águas rasas todo o período de dados da série temporal de ondas em águas profundas (12 anos). O Hipercubo é uma técnica amplamente testada e validada, desenvolvida pelo Instituto de Hidráulica Ambiental da

Universidade de Cantábria, Espanha (IH-Cantábria). O hipercubo funciona basicamente como uma técnica de interpolação linear em 3 dimensões que, aplicada aos parâmetros de onda e coeficientes de propagação com características direcionais, possibilita reconstruir a série temporal em águas rasas com o mesmo comprimento da série temporal original de águas profundas. A técnica está descrita em Bonanata *et al.* (2010). Na Figura 76 é ilustrado o funcionamento da técnica de interpolação do hipercubo. Com os resultados da propagação de um determinado número de estados de mar com diferentes combinações de Hs, Tp e Dir, desde águas profundas até um ponto de interesse nas proximidades da costa, é possível realizar a interpolação linear tridimensional dos resultados para se determinar os valores de Hsi, Tpi e Diri nesse ponto para cada estado de mar da série original em águas profundas.

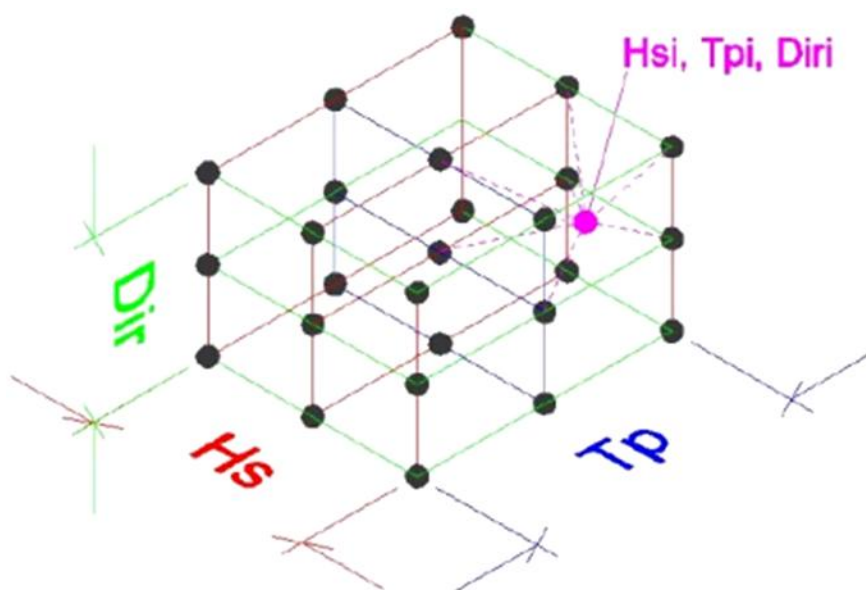


Figura 76 - Esquema do método do hipercubo, que permite obter os parâmetros de onda no ponto de estudo para um dado estado de mar (Hsi, Tpi e Diri), a partir da interpolação dos resultados da propagação de casos com diferentes combinações de Hs, Tp e Dir. Fonte: Bonanata *et al.* (2010).

Os estados de mar propagados para realizar o hipercubo foram definidos a partir da série temporal de dados de onda em águas profundas. Esses dados foram processados em ambiente Matlab® e, ao final, foram selecionados 319 casos de ondas para propagação (combinações de Hs Tp e Dir) em águas profundas, discretizadas em classes com resolução de 0,5 m de Hs, 2 s de Tp e 22,5° de direção, estando apresentadas na Figura 77, na Figura 78 e na Figura 79. O modelo de ondas SWAN foi forçado com dados de altura significativa de onda (Hs), período de pico (Tp), direção de pico referentes aos casos selecionados (obtidos com o hipercubo).

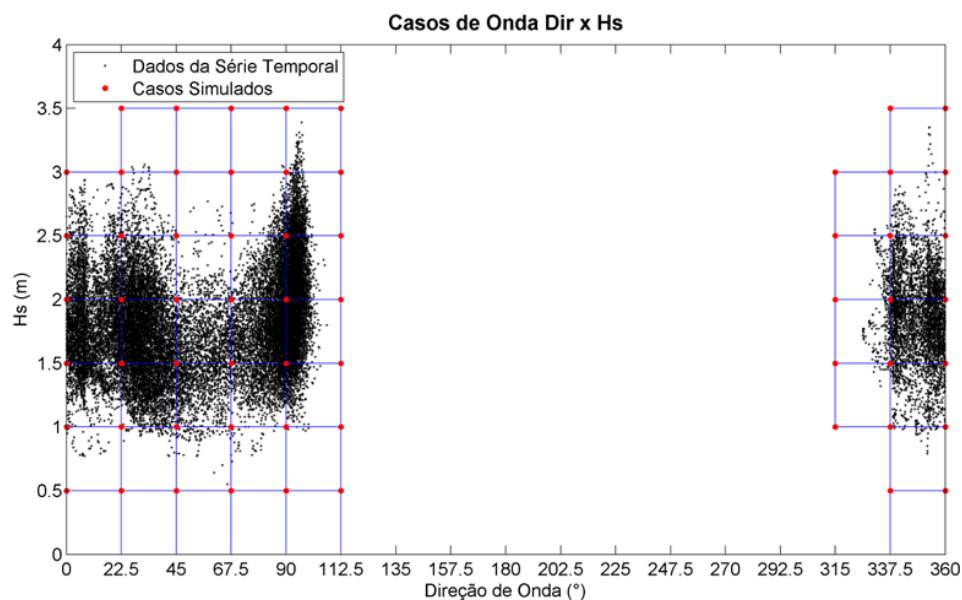


Figura 77 - Casos de ondas (Dir x Hs) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).

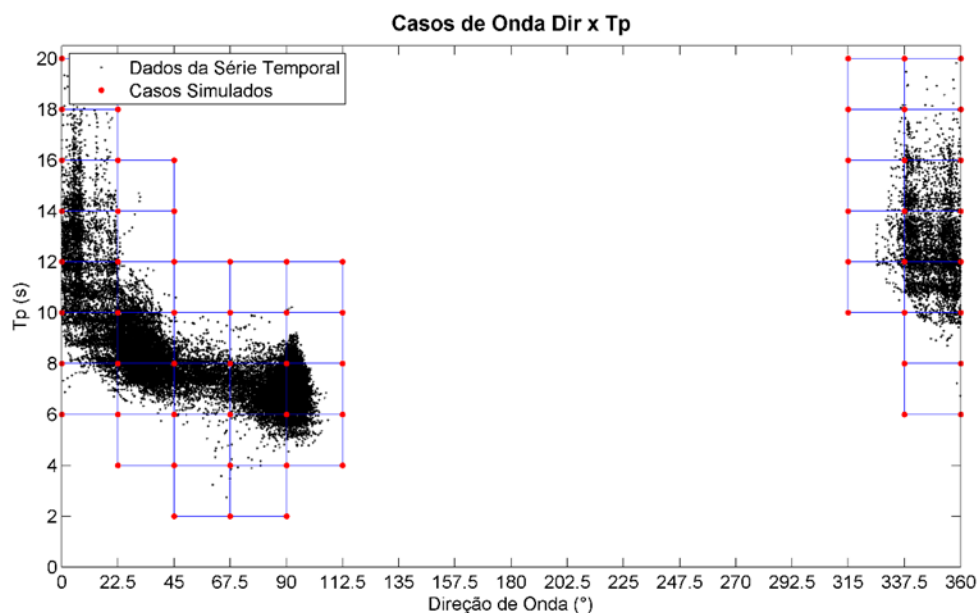


Figura 78 - Casos de ondas (Dir x Tp) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).

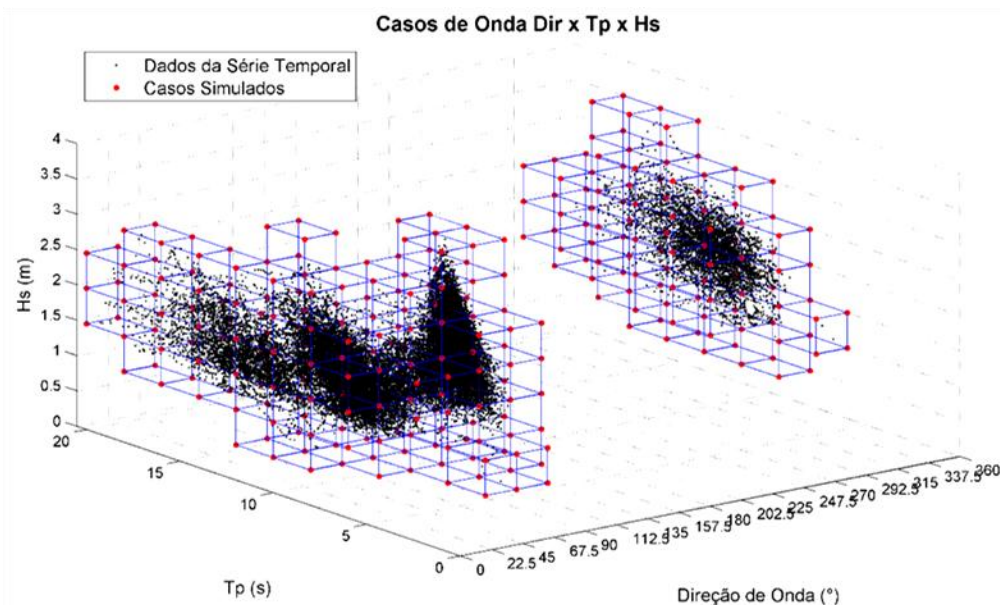


Figura 79 - Casos de ondas (Dir x Tp x Hs) selecionados para as propagações de ondas (pontos vermelhos).

Além do Hipercubo, foram realizadas simulações com o método denominado de Hiperplano, que aplica o mesmo conceito contemplando combinações de diferentes velocidades e direções de ventos para avaliação do efeito da geração de ondas localmente. Para isso foram consideradas todas as direções com intervalos de 10° e velocidades de ventos de 0 a 8 m/s, a cada 2 m/s, totalizando 360 casos de simulação.

Com a simulação destes casos foi possível reconstruir as séries temporais de ondas oceânicas e de ondas geradas pelo vento local no ponto de implantação do terminal, subsidiando a avaliação da relevância destas forçantes para a operação e para os processos físicos locais.

Os resultados são apresentados na forma distribuições de probabilidade acumulada na Figura 80 e de rosas e diagramas polares de frequência de ocorrência na Figura 81 e na Figura 82. É possível observar a intensa atenuação das ondas oceânicas ao se propagar pela plataforma continental em direção ao interior da Baía de São Marcos. As alturas significativas de ondas associadas às ondulações oceânicas são inferiores a 5 cm, podendo ser caracterizada como inexpressiva para os processos hidrodinâmicos locais e para a operação do terminal, conforme já indicado por MORAIS (1977 *apud* EL-ROBRINNI *et al.*, 2006).

Já para as ondas geradas pelo vento local, observa-se um ligeiro incremento, podendo atingir até 0,41 m de direção W, com períodos de até 10 s. No entanto, em 95% do tempo as ondas são inferiores a 0,22 m e podem incidir de todas as direções entre NW e NE, com períodos predominantemente abaixo de 5 s, novamente ratificando as indicações de MORAIS (1977 *apud*

EL-ROBRINNI *et al.*, 2006). Com isso, é possível constatar que, ainda que sejam mais relevantes que as ondulações oceânicas, as ondas geradas pelo vento local também são pouco significativas para a hidrodinâmica da região de implantação do terminal, considerando-se a ocorrência de variações de marés de mais de 6 m, com geração de fortes correntes. Com isso, pode-se considerar o efeito de ondas desprezível para a hidrodinâmica, para o transporte de sedimentos e para a operação do terminal.

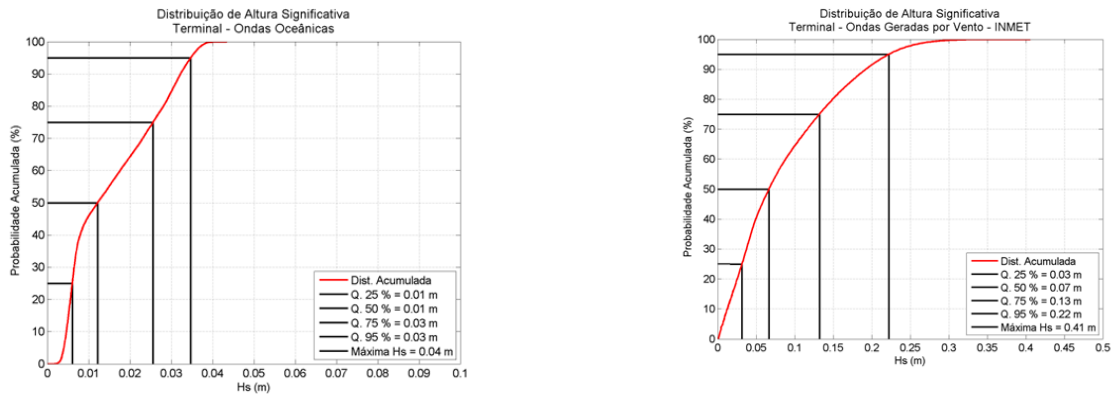


Figura 80 - Distribuição de probabilidade acumulada de altura significativa e período de pico das ondas oceânicas (esquerda) e ondas geradas pelo vento local (direita).

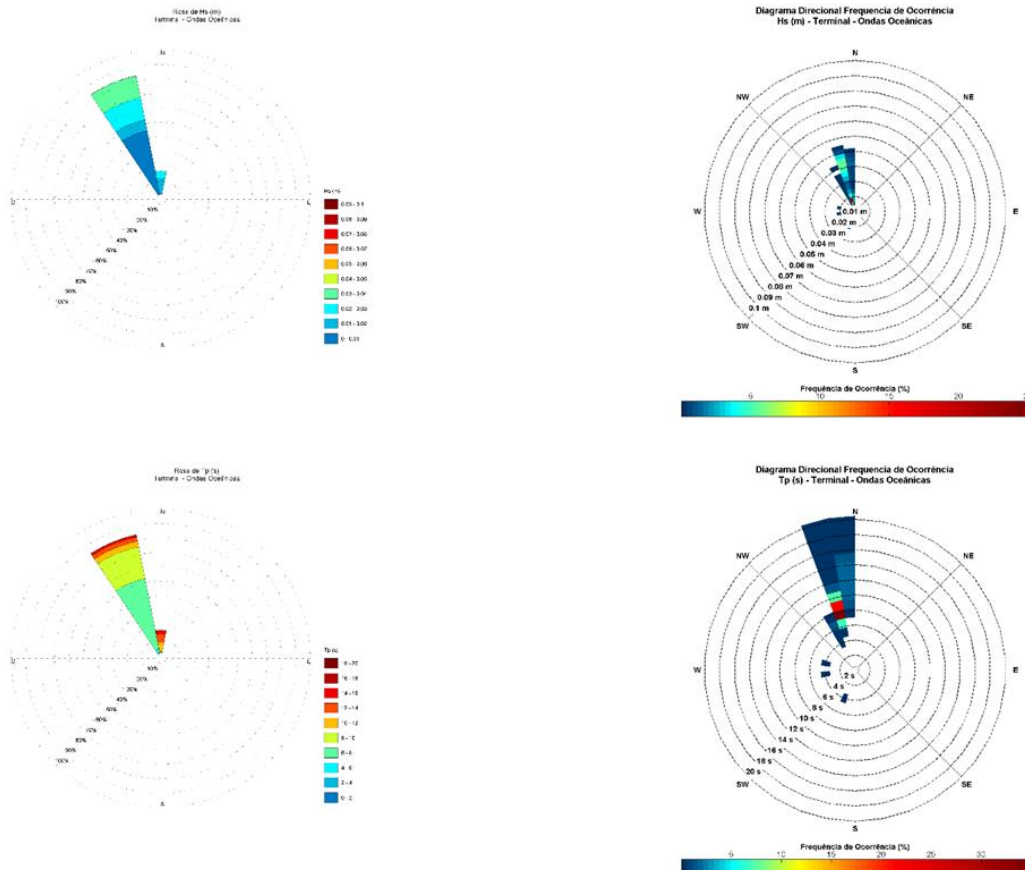
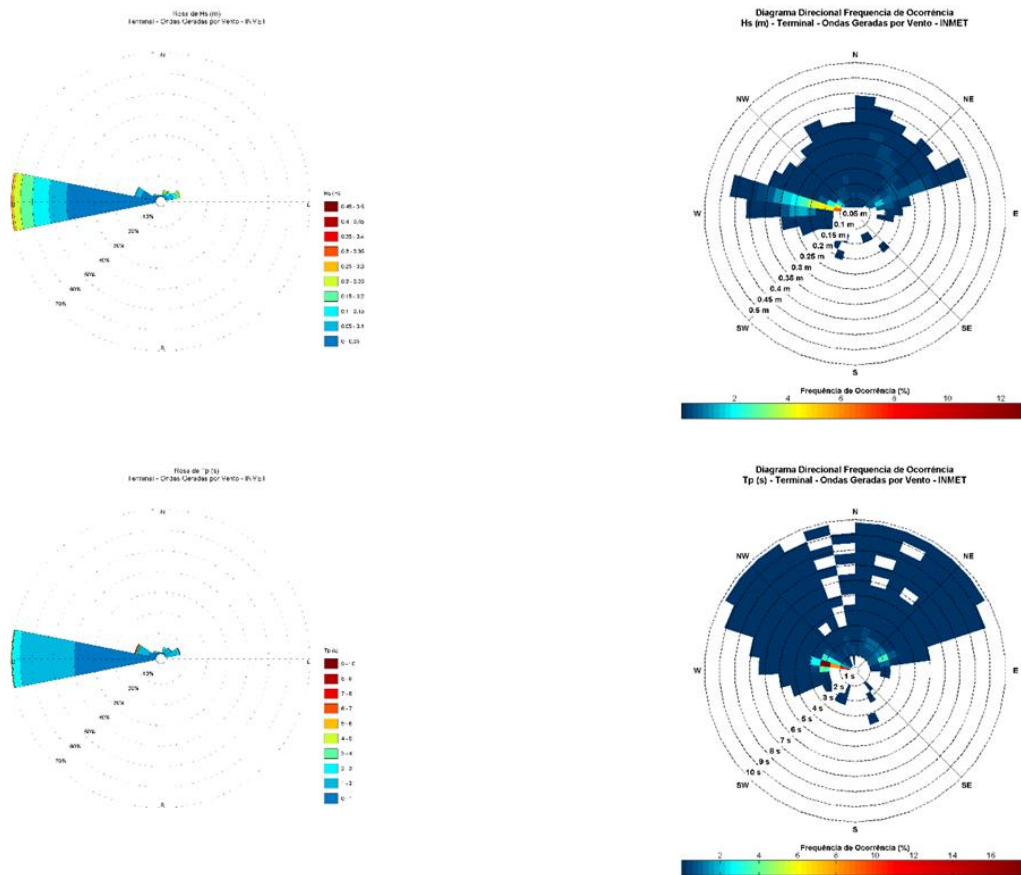


Figura 81 - Rosas (coluna da esquerda) e diagrama polar de frequência de ocorrência (coluna da direita) de Hs (linha superior) e Tp (linha inferior) dos dados do Hipercono (ondas oceânicas).



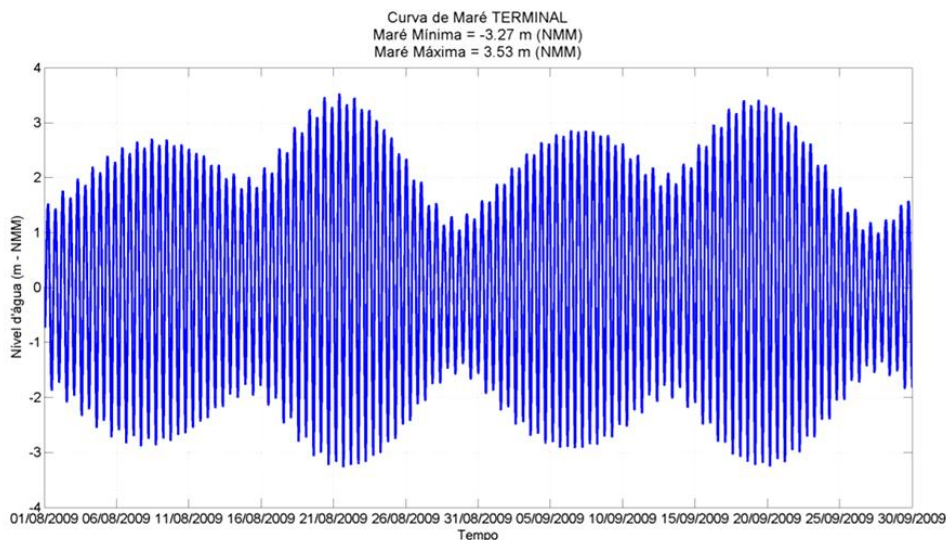


Figura 83 - Variação de maré durante o período equinocial, com maiores amplitudes.

Os resultados de velocidades de correntes são apresentados na forma de rosa e diagrama direcional de frequência de ocorrência na Figura 84, além de histogramas e distribuição de probabilidade acumulada na Figura 85. Observa-se a ocorrência de um padrão bidirecional bem definido das correntes, ratificando que a hidrodinâmica é controlada pelas marés. As correntes de enchente são ligeiramente mais intensas que as de vazante, atingindo até 3,64 nós. As enchentes são também ligeiramente mais longas do que as vazantes. Durante 95% do tempo as correntes são inferiores a 3 nós e a velocidade mediana é de 1,65 nós.

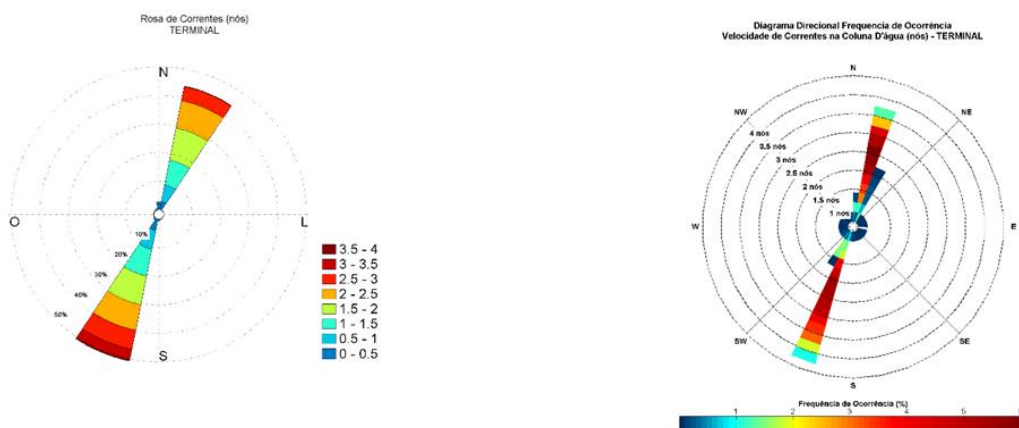


Figura 84 - Rosa e diagrama direcional de frequência de ocorrência de correntes no terminal.

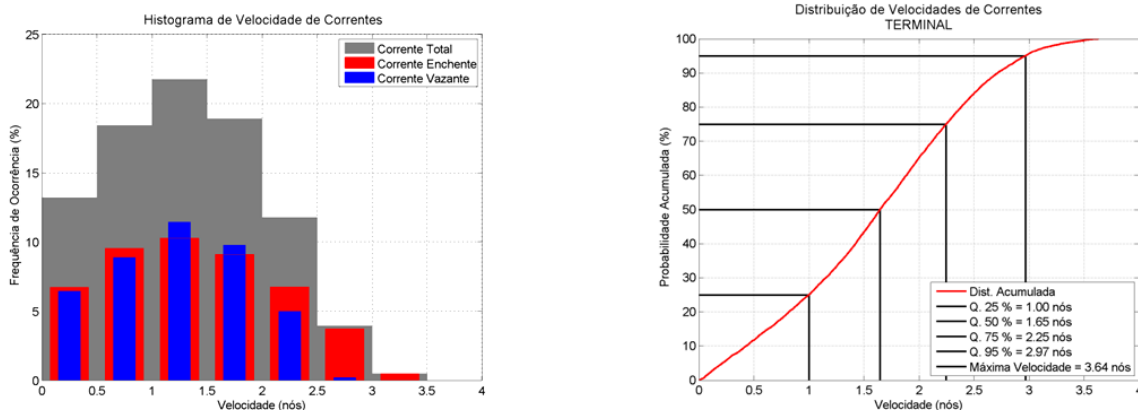


Figura 85 - Histograma e distribuição de probabilidade acumulada de velocidades de correntes no terminal.

10.1.10.6 - Modelagem Morfodinâmica

Para avaliar o comportamento do transporte de sedimentos e mudanças morfológicas na área do empreendimento, foi empregado o módulo morfológico Delft3D-MOR, elaborado para simular o comportamento morfodinâmico de rios, estuários e áreas costeiras, na escala de dias a anos, resolvendo o complexo processo de interação entre as ondas, correntes, transporte de sedimentos e batimetria. A conexão entre os módulos envolvidos no processo (Ondas - Hidrodinâmica - Transporte de Sedimentos - Fundo/Batimetria) ocorre via acoplamento morfodinâmico (Figura 86).

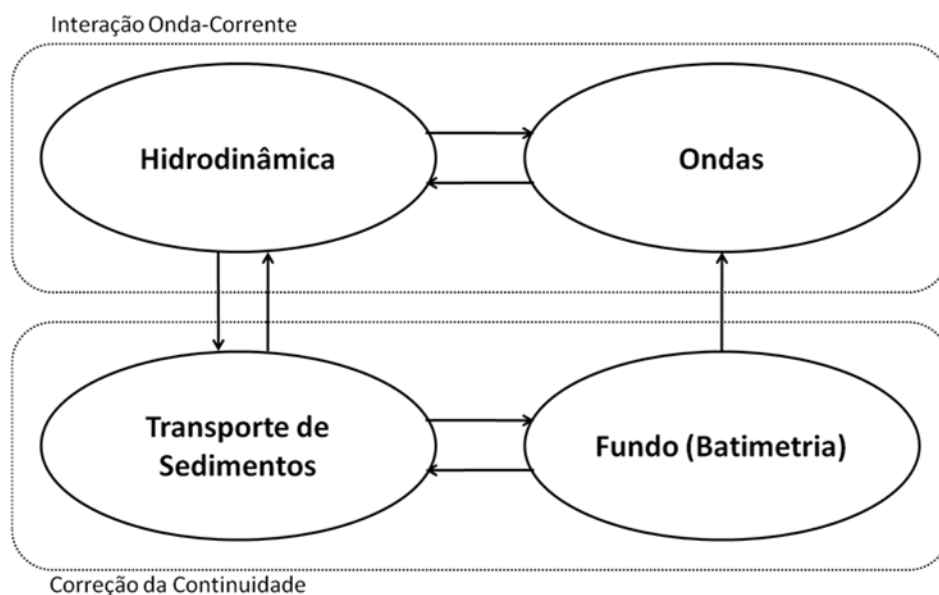


Figura 86 - Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo de modelagem.

10.1.10.6.1 - Sedimentologia

Os dados de granulometria usados neste estudo foram obtidos de amostras superficiais de sedimento disponível na base de dados da CoastalPort. Os dados são protegidos por sigilo contratual e, por isso, não podem ter sua localização apresentada. Mas com base neles foram definidas e mapeadas regiões com dois tamanhos de grão, areia fina ($D_{50} = 0,15 \text{ mm}$) e areia muito grossa ($D_{50} = 2 \text{ mm}$).

10.1.10.6.2 - Técnica De Aceleração Morfológica

O uso de modelos morfológicos baseados em processos (*process-based numerical morphological models*) aplicados em modo diagnóstico ou prognóstico do tipo *brute-force* (forçamento com série temporal bruta) para simulação da evolução morfológica requer algumas explicações. O modelo é rodado para um período de simulação designado, iniciado a partir de uma determinada condição inicial. Durante a simulação, séries temporais das condições forçantes devem ser especificadas. Para simulações em modo diagnóstico estas forçantes normalmente consistem em uma série de dados medidos/previstos de nível d'água, intensidade e direção dos ventos, pressão atmosférica, descarga fluvial e/ou ondas oceânicas. Para simulações prognósticas, isto é, para avaliação dos potenciais impactos do empreendimento sobre os processos costeiros locais, a natureza estocástica dos ventos, ondas, marés e outros processos atuantes requer algumas considerações especiais, frequentemente resultando no uso de uma série temporal derivada da média anual ou climas sazonais, e testes de sensibilidade dos desvios ao redor dessa média.

Simulações do tipo *brute-force* (com a série temporal dos dados medidos utilizados como forçantes) são usadas para investigar com detalhe o desenvolvimento histórico-temporal das variações morfológicas e investigar o impacto relativo dos processos associados. No entanto, esse tipo de modelagem é extremamente dispendioso computacionalmente e depende da resolução, diversidade de processos simulados e da capacidade do hardware do computador disponível, frequentemente executado em uma velocidade 10 vezes mais rápida que o tempo real (*e.g.* 100 dias de simulação requereriam 10 dias de computação). Isto significa que, quando estamos interessados em resolver processos de mudanças morfológicas da ordem de meses ou anos, técnicas de aceleração morfológica do modelo são necessárias para reduzir o tempo de processamento.

A abordagem utilizada no presente estudo utiliza um parâmetro de aceleração morfológica (*morfac* - *morphological acceleration fator*), que resulta num tempo computacional até 10 vezes inferior quando comparado ao método *brute-force*. O *morfac* é atrativo porque é numericamente eficiente,

robusto e simples de utilizar. A abordagem do *morfac* trabalha multiplicando o fluxo de erosão/sedimentação dos sedimentos em suspensão e os gradientes das componentes vetoriais de transporte por fundo (*bed load transport*) por um fator espacialmente constante (*morfac*). Esse procedimento efetivamente multiplica todas as mudanças de elevação do fundo que ocorrem durante um passo de tempo do modelo hidrodinâmico pelo fator *morfac* e, pode-se dizer, efetivamente, que o passo de tempo morfológico torna-se *morfac* vezes maior que o passo de tempo do modelo hidrodinâmico. Essa abordagem é adequada para simulações morfológicas de longo-prazo (anos ou décadas), pois as mudanças morfológicas ocorrem em escalas temporais distintas das variações na hidrodinâmica (LESSER *et al.*, 2004; LESSER, 2009; BENEDET & LIST, 2008).

10.1.10.6.3 - Maré Reduzida

O objetivo da redução dos dados de maré utilizados como forçante no modelo morfológico é substituir o padrão complexo da maré real da região por uma maré simplificada, ou maré morfológica. Idealmente, a maré simplificada, também denominada maré reduzida, deve produzir o mesmo transporte residual de sedimentos e padrão de mudanças morfológicas que a maré real, em todos os pontos da região de interesse (LESSER, 2009). O método de redução utilizado no presente estudo considera uma onda com ciclo semidiurno, com período equivalente à componente principal lunar M2 (12,42107 horas) e amplitude variando entre a média das preamares (MHW) e a média das baixa-mares (MLW). Na Figura 87 é apresentada a série temporal da maré simplificada.

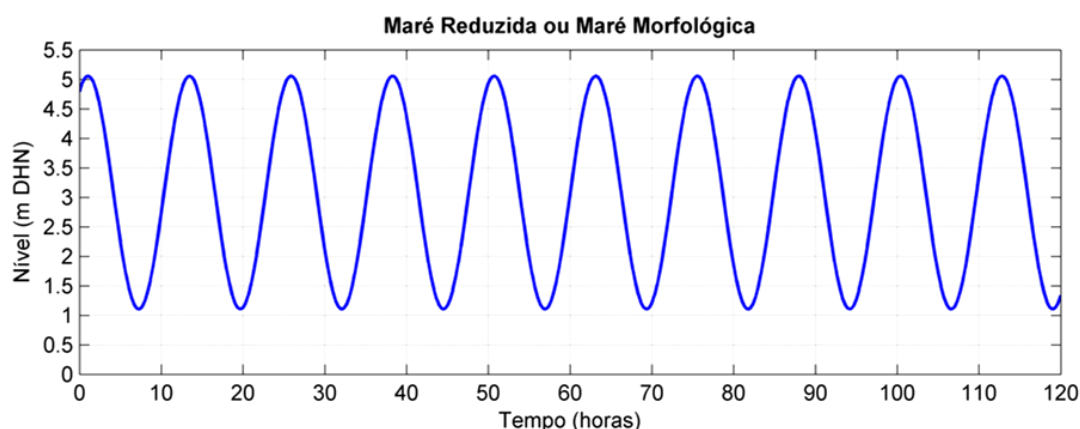


Figura 87 - Série temporal das marés reduzidas utilizadas nas simulações morfodinâmicas.

10.1.10.6.4 - Calibração Morfológica

A calibração do modelo morfológico foi baseada na avaliação dos padrões espaciais de erosão e sedimentação e variação do volume das batimetrias medidas em 2007 e 2009, sendo comparadas as variações volumétricas dos dados medidos e dos resultados do modelo. A comparação foi realizada no polígono que representa a sobreposição dos dados de batimetria de 2007 e 2009. Adicionalmente, este polígono foi dividido em setores, sendo considerado o tramo NE também, mais próximo da área do terminal são apresentados na Figura 88. O modelo foi simulado partindo da batimetria de 2007 até 2009, com aplicação de *morfac*, permitindo comparar os resultados finais de mudanças morfológicas.

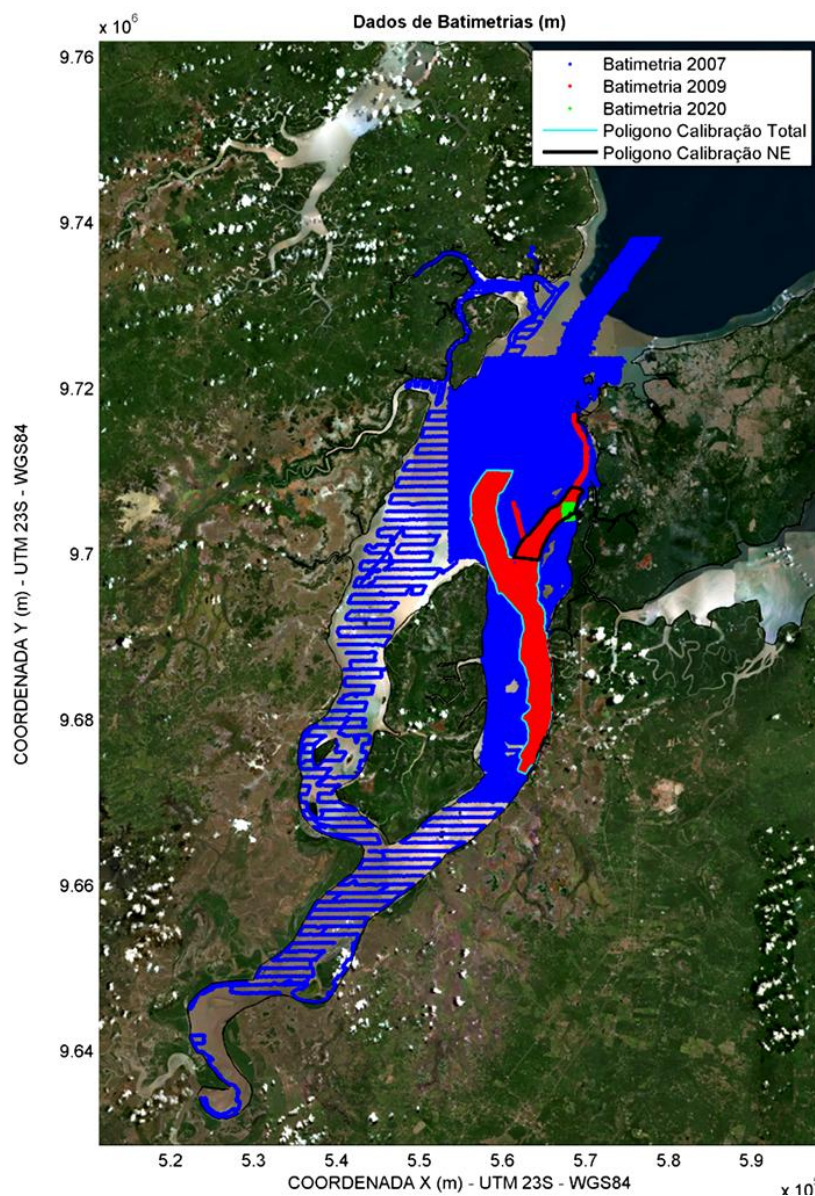


Figura 88 - Localização dos polígonos utilizados na calibração morfológica.

O ajuste entre dados medidos e dados modelados foi realizado variando as entradas e parâmetros

do modelo listadas abaixo. Os parâmetros escolhidos como os que apresentaram melhor ajuste estão apresentados na Tabela 45.

- Viscosidade turbulenta horizontal e difusividade turbulenta horizontal: Estes dois parâmetros governam o espalhamento difusivo horizontal de momentum e sedimentos, respectivamente. Valores maiores de ambos os parâmetros aumentam o grau do espalhamento difuso. No caso da difusividade turbulenta, o aumento do espalhamento de sedimentos resulta em contornos batimétricos mais suaves.
- Espessura da camada de sedimentos de fundo: no modelo Delft3D é possível definir áreas erodíveis variáveis espacialmente. Essa característica do modelo é útil em áreas com cobertura rochosa, que são áreas não erodíveis, e até mesmo quando o ambiente apresenta granulometria variável, onde é verificada maior erosão nas regiões com granulometria menor e menor erosão nas regiões com granulometria maior.
- SUS e BED: estes dois parâmetros governam o transporte de sedimentos relacionado a correntes, sendo um (SUS) o governante do transporte de sedimentos em suspensão e o outro (BED) do transporte de sedimentos de fundo. Dos vários parâmetros usados na calibração do modelo morfológico, ambos são os que apresentam maior influência no transporte de sedimentos e nas taxas de erosão e sedimentação.

Tabela 45 - Parâmetros do modelo que foram variados na calibração do modelo morfológico.

Parâmetros do Modelo Modificados na Calibração	Valor Padrão	Valor Adotado
Viscosidade turbulenta horizontal (m ² /s)	1	10
Difusividade turbulenta horizontal (m ² /s)	10	10
Espessura da camada de sedimentos de fundo (m)	Constante = 5	Área mapeada com sedimento grosseiro = 1
		Restante do domínio = 20
SUS	1	0,45
BED	1	0,45

Como citado anteriormente, a escolha da melhor rodada de calibração foi baseada tanto na avaliação qualitativa dos padrões espaciais de erosão e sedimentação quanto na avaliação quantitativa dos volumes de erosão e sedimentação do modelo em relação aos medidos. Após a calibração, esses parâmetros foram utilizados para as rodadas de produção, as quais utilizaram como condição inicial a condição de batimetria mais atual. Foram testadas diferentes combinações de parâmetros, sendo adotada a calibração na qual os volumes mais se aproximavam dos volumes medidos.

Na Figura 89 são apresentados os mapas com os padrões de erosão e sedimentação medidos e os resultados da melhor rodada de calibração. Na Tabela 46 são apresentados os volumes de

sedimentação calculados para os polígonos. Observa-se que, para a melhor rodada de calibração, os volumes de sedimentação e erosão modelados são ligeiramente subestimados para o polígono total, mas são pouco superestimados em relação aos volumes medidos para o polígono NE. Em comparação ao modelo padrão, verifica-se um significativo incremento na acurácia de representação dos volumes de erosão e sedimentação. Levando-se em consideração as limitações inerentes ao processo de modelagem numérica e as simplificações adotadas pelas formulações, pode-se concluir que o modelo computa, de forma satisfatória, o volume de sedimentação na região da Baía de São Marcos.

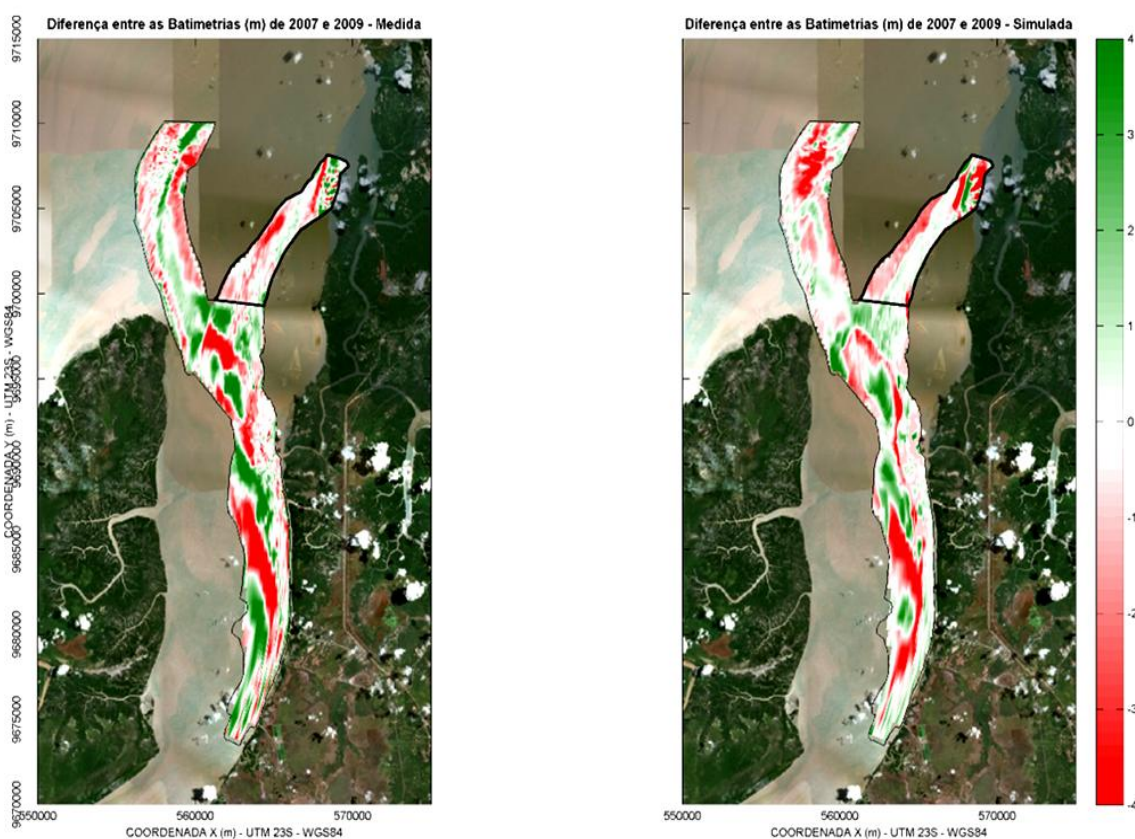


Figura 89 - Padrões de erosão (vermelho) e sedimentação (verde) medidos (esquerda) e modelados (direita) na melhor rodada de calibração do modelo.

Tabela 46 - Volumes de sedimentação medidos, do modelo rodado com os parâmetros *default* e do modelo adotado como melhor calibração.

Polígono	Total		Nordeste	
	Sedimentação	Erosão	Sedimentação	Erosão
Cenário				
Medido	119.319.281,01	-128.587.107,32	8.935.703,42	-17.235.475,75
Modelo Padrão	134.146.836,14	-209.722.077,87	25.609.033,87	-49.746.337,05

Polígono	Total		Nordeste	
Modelo Calibrado	78.768.452,54	-121.631.314,38	9.209.401,92	-23.482.854,89
Δ Modelo Padrão	➡ 12,43%	⬆ 63,10%	⬆ 186,59%	⬆ 118,63%
Δ Modelo Calibrado	➡ -33,99%	➡ -5,41%	➡ 3,06%	➡ 36,25%

10.1.10.6.5 - Transporte de Sedimentos

Com o modelo calibrado, procedeu-se a avaliação do padrão de transporte de sedimentos na área de implantação do terminal. O mapa de transporte de sedimentos anual (em $\text{m}^3/\text{m}/\text{ano}$) é apresentado na Figura 90.

Observa-se que na região de implantação do terminal o transporte de sedimentos resultante é em direção ao interior da Baía de São Marcos, ainda que na porção mais a Oeste do terminal o transporte se inverta no sentido para fora da Baía. Como o transporte de sedimentos é regido pelas correntes de marés, não se aplica neste caso o conceito de sazonalidade, uma vez que a principal forçante hidrodinâmica não varia conforme as estações do ano.

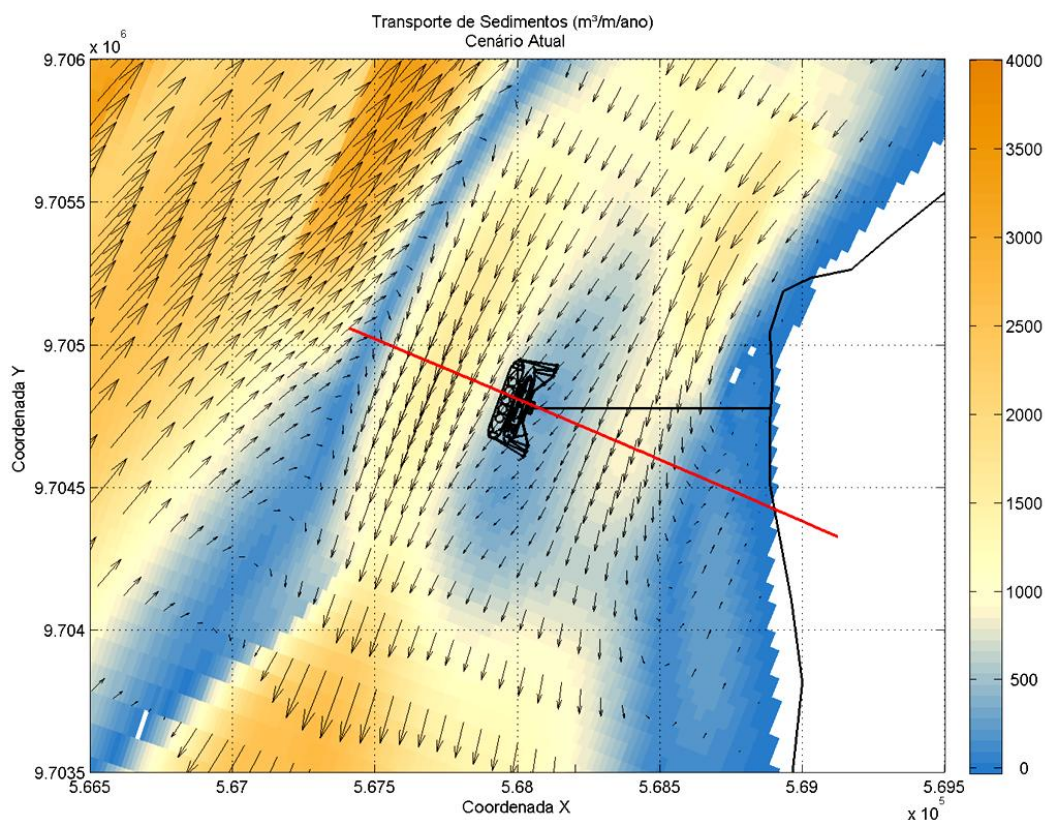
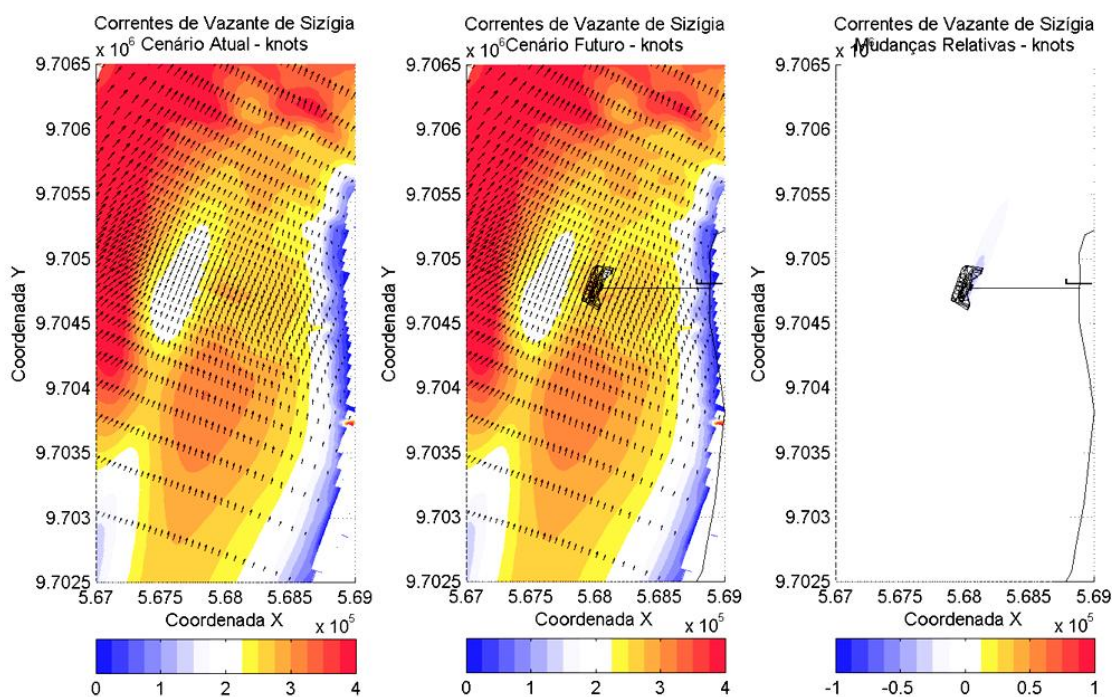


Figura 90 - Mapa de transporte de sedimentos (em $\text{m}^3/\text{m}/\text{ano}$) para a simulação do cenário atual. A linha vermelha contempla a seção transversal para a qual foi realizada a avaliação do impacto da implantação do terminal.

10.1.10.7 - Análise de Impacto

Após a calibração dos modelos hidrodinâmico e morfodinâmico, estes foram utilizados para avaliar os potenciais efeitos decorrentes da implantação do terminal. Para contemplar a introdução do terminal no modelo, foram inseridas estruturas do tipo *porous plates*, reproduzindo o efeito permeável das estacas dos *dolphins* de amarração e da plataforma, assim como do Píer de acesso à área *Onshore* do terminal. Dessa forma é possível comparar os resultados do modelo simulado com as condições atuais (sem o terminal) com o modelo com as estruturas do terminal, quantificando as diferenças.

O modelo hidrodinâmico foi simulado para as condições mais críticas de maré enchente e vazante, permitindo identificar as diferenças no fluxo introduzidas pela construção do terminal. Os resultados são apresentados na forma de mapas na Figura 91 e na forma de série temporal em um ponto na área de atracação do terminal na Figura 92. Observa-se que a redução de velocidades ocorre na vizinhança das estruturas, podendo se propagar por até 500 m ao Norte do terminal na maré vazante e por até 2 km ao Sul do terminal na maré enchente. As variações de velocidades são da ordem de até 0,25 nós. Na região do Píer de acesso ao terminal terrestre, como as velocidades de correntes são baixas, as diferenças de magnitude são pouco representativas em relação às estruturas do berço de atracação dos navios.



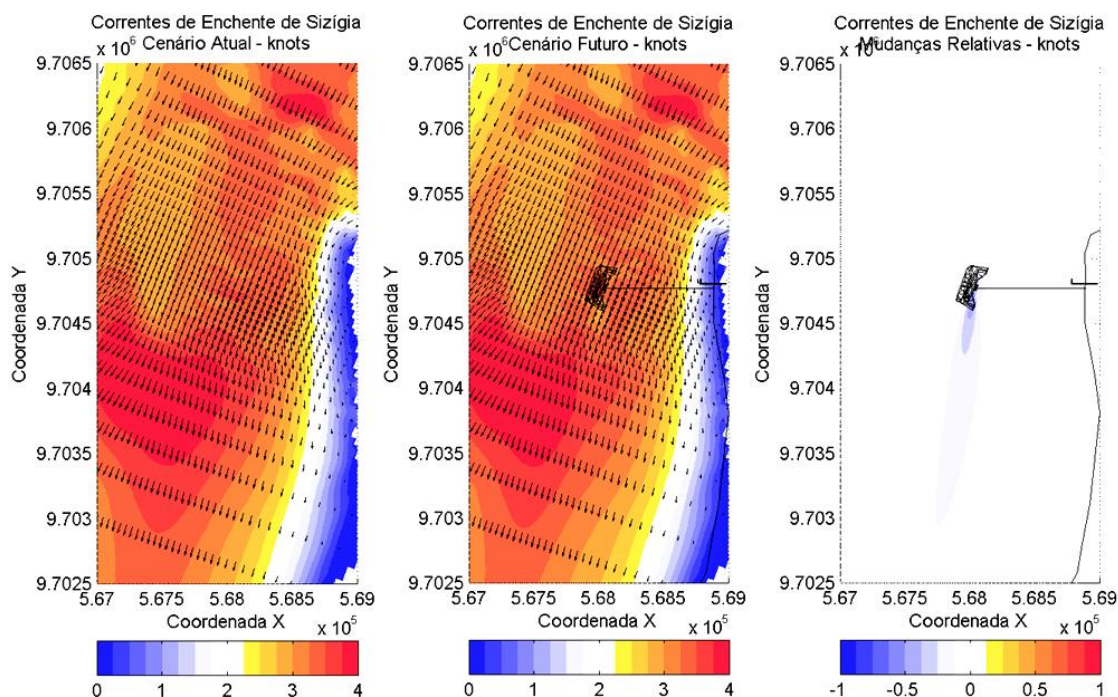


Figura 91 - Resultados das simulações hidrodinâmicas sem e com o terminal, além da comparação entre os cenários, para picos de maré vazante (superior) e enchente (inferior).

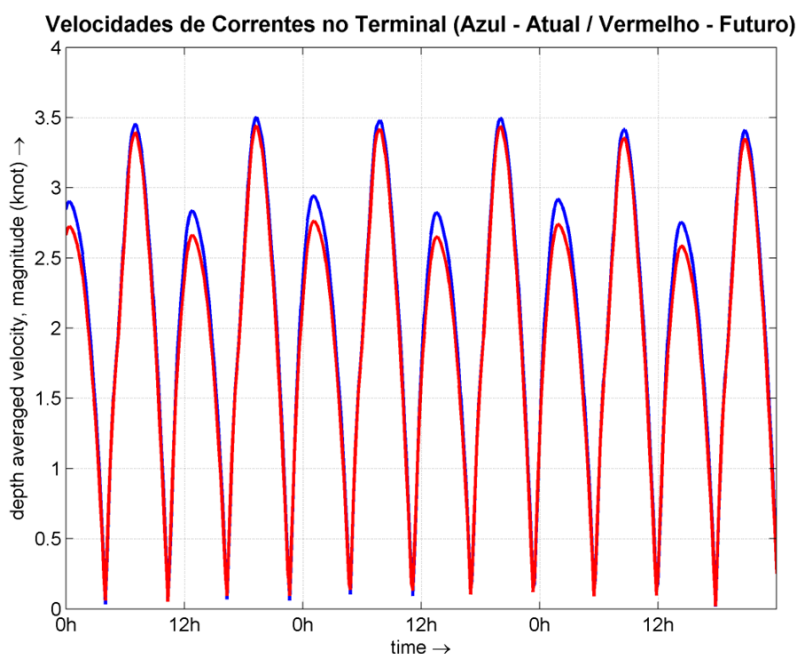


Figura 92 - Variação da velocidade de correntes no terminal nos cenários atual (azul) e futuro (vermelho).

Para avaliar os impactos no transporte de sedimentos e mudanças morfológicas, o modelo morfodinâmico foi simulado por um período representativo de 2 anos. Os resultados de transporte

de sedimentos são apresentados na Figura 93 de forma comparativa para a seção transversal indicada na Figura 90, contemplando o transporte transversal à costa, longitudinal à costa e total. Observa-se que uma pequena intensificação do transporte transversal em direção oeste após a extremidade do terminal e uma redução na magnitude do transporte longitudinal em direção ao sul. Tal comportamento resulta em uma ligeira tendência de redução da magnitude do transporte no cenário futuro, em função da construção das estruturas do terminal, mas que o efeito não atinge as proximidades da linha de costa.

Os resultados absolutos de mudanças morfológicas das simulações dos cenários atual e futuro são apresentados na Figura 94, com indicação das batimetrias inicial e final, além dos padrões de erosão e sedimentação. Na Figura 95 são apresentadas as alterações relativas entre os cenários atual e futuro, permitindo identificar os efeitos associados à construção do terminal. Observa-se que a redução nas velocidades de correntes junto à estrutura favorece a sedimentação neste trecho, fazendo com que haja um acúmulo de material atrás da estrutura. Tal acúmulo, no entanto, não avança para a área do berço de atracação. Em relação ao cenário atual, o efeito na batimetria, tornando-se mais rasa no cenário futuro, se estende cerca de 600 m ao Norte do terminal e 1.200 m ao Sul deste. Na extremidade do Píer de acesso à área *Onshore* do terminal, verifica-se uma tendência de redução das profundidades em relação ao cenário atual, denotando tendência erosiva em um trecho de aproximadamente 600 m de extensão.

Do ponto de vista de assoreamento das vias navegáveis, foram analisados os volumes de sedimentação registrados nos 2 anos de simulação. O assoreamento registrado dentro da poligonal do canal navegável acima da cota de projeto de 15,4 m DHN foi de 182.375 m³, sendo o volume concentrado na porção Oeste da Bacia de Evolução, como pode ser visualizado na Figura 94. Na área do berço de atracação as profundidades se mantiveram acima das profundidades de projeto para o berço (13,5 m DHN) durante toda a simulação.

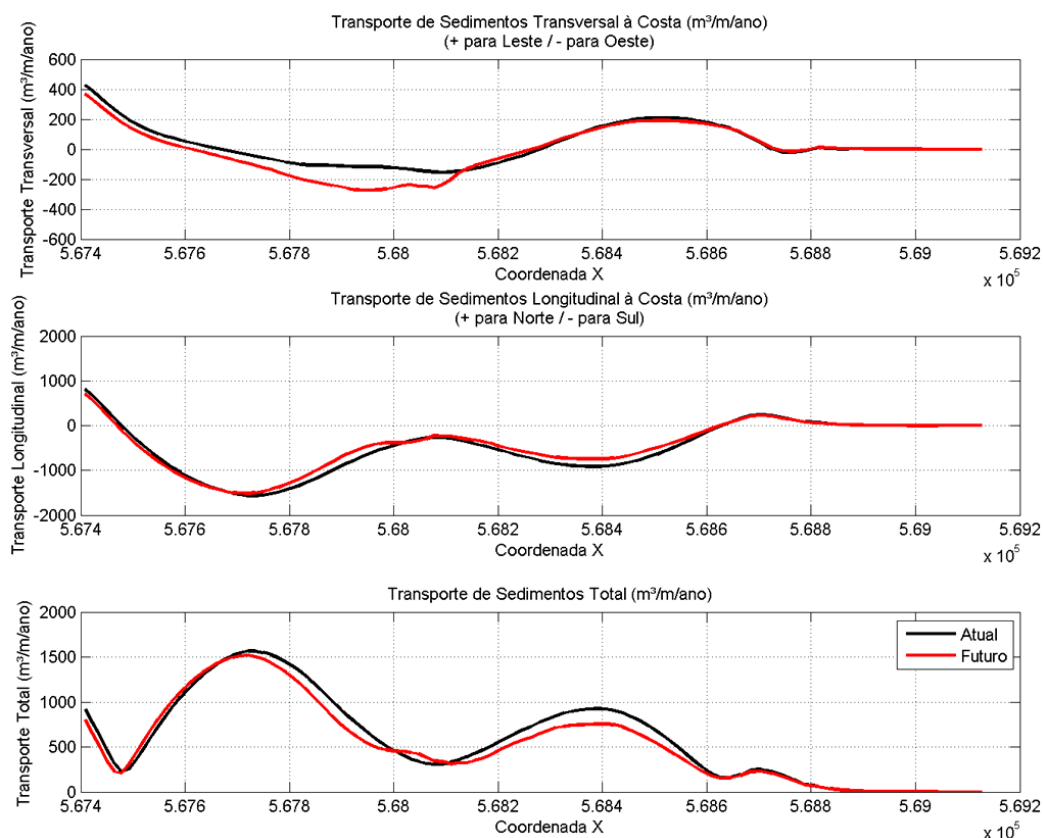
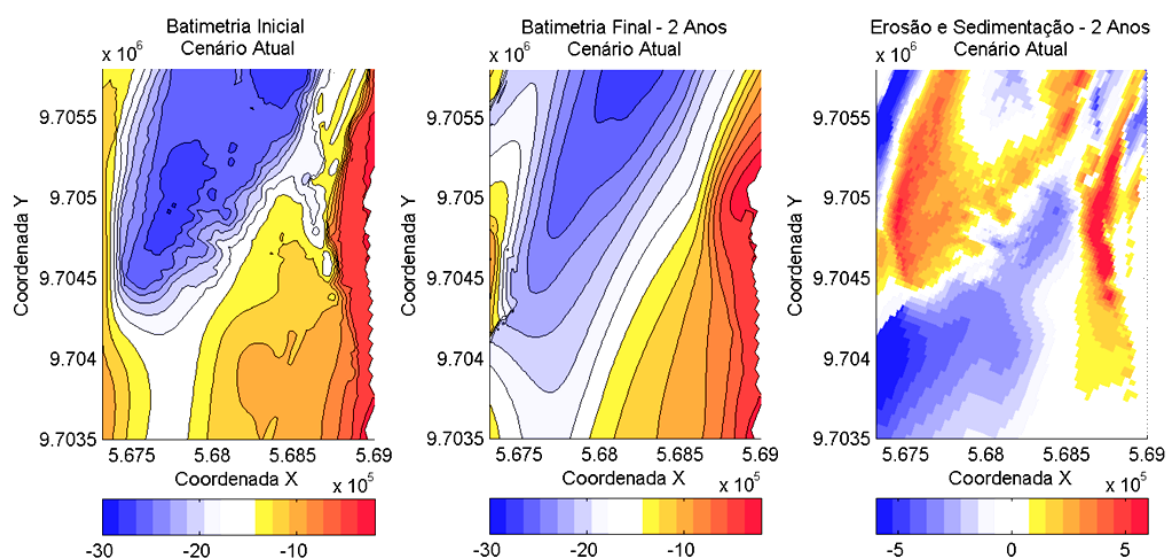


Figura 93 - Curvas de transporte de sedimentos transversal (acima), longitudinal (centro) e total (abaixo) para a seção transversal apresentada na Figura 76, para os cenários atual (preto) e futuro (vermelho).



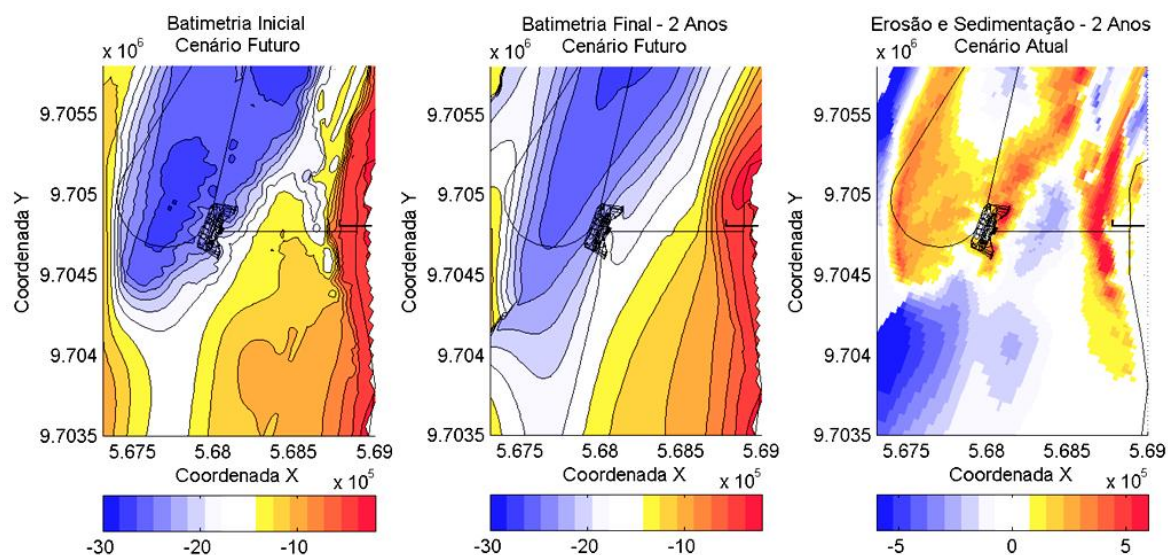


Figura 94 - Resultados das simulações morfodinâmicas do cenário atual (painel superior) e futuro (painel inferior), exibindo a batimetria inicial (esquerda), batimetria final após 2 anos (centro) e os padrões de erosão e sedimentação (direita).

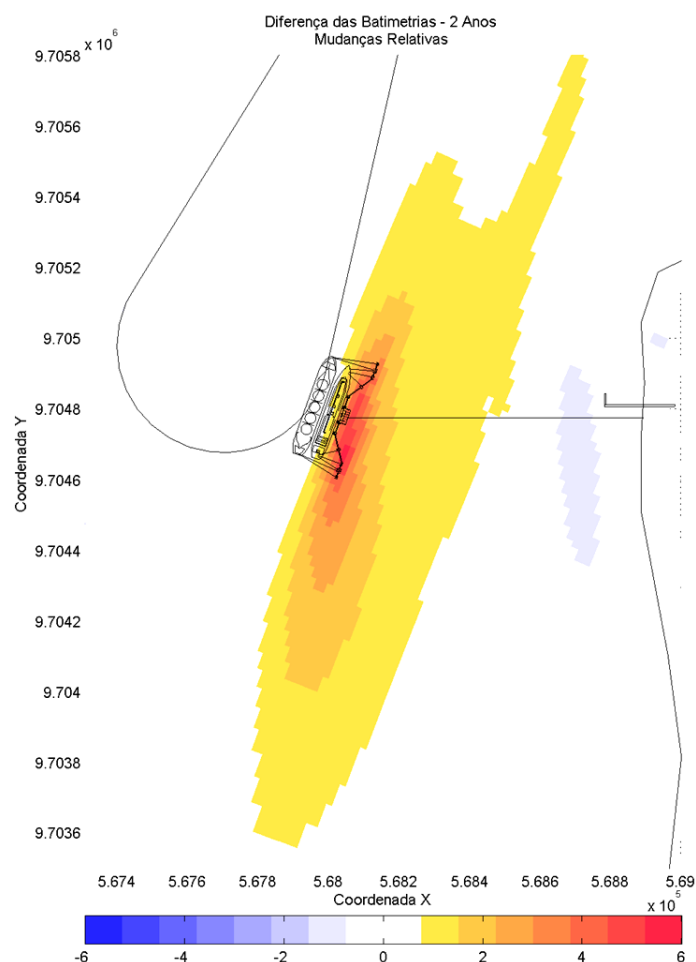


Figura 95 - Análise comparativa dos resultados do cenário atual e futuro, permitindo identificar as diferenças geradas pela construção do terminal.

Para analisar possíveis impactos na linha de costa ou na zona intermareal, foram realizadas análises de mudanças volumétricas na zona situada entre as isóbatas de -5 e + 5 m em relação ao nível médio do mar. Os dados de variações morfológicas computadas pelo modelo nos cenários atual e futuro foram integrados ao longo das linhas de grade transversais à costa, permitindo computar as variações volumétricas de forma análoga ao que se registra com perfis praias. Com isso foi possível determinar as variações volumétricas absolutas em cada modelo e, calculando a diferença entre elas, determinar as variações volumétricas relativas, que permitem indicar as alterações associadas à construção da obra. Tais resultados são apresentados na Figura 96. Observa-se que no setor ao norte do terminal, onde a linha de costa assume orientação NE-SW, há uma tendência de perda absoluta de volumétrica de até cerca de 500 m³/m/ano em ambos os modelos. Com a construção do terminal, tal processo é ligeiramente contido, aumentando a tendência de acreção em uma proporção de aproximadamente 10% da taxa absoluta (+/- 50 m³/m/ano). Já o trecho adjacente ao porto e ponte de acesso ao terminal (entre as coordenadas Y 9.704.500 e 9.705.000), os modelos computam uma tendência de acreção da ordem de 150 m³/m/ano. Com a construção das estruturas, especialmente do Píer de acesso ao terminal, observa-se uma redução nessa tendência, aumentando a ação erosiva em até 30 m³/m/ano (cerca de 20% da taxa absoluta). Ao sul da coordenada Y 9.704.500, as variações volumétricas se tornam idênticas entre os modelos, denotando que não haveria mais impacto na região intermareal a partir deste ponto.

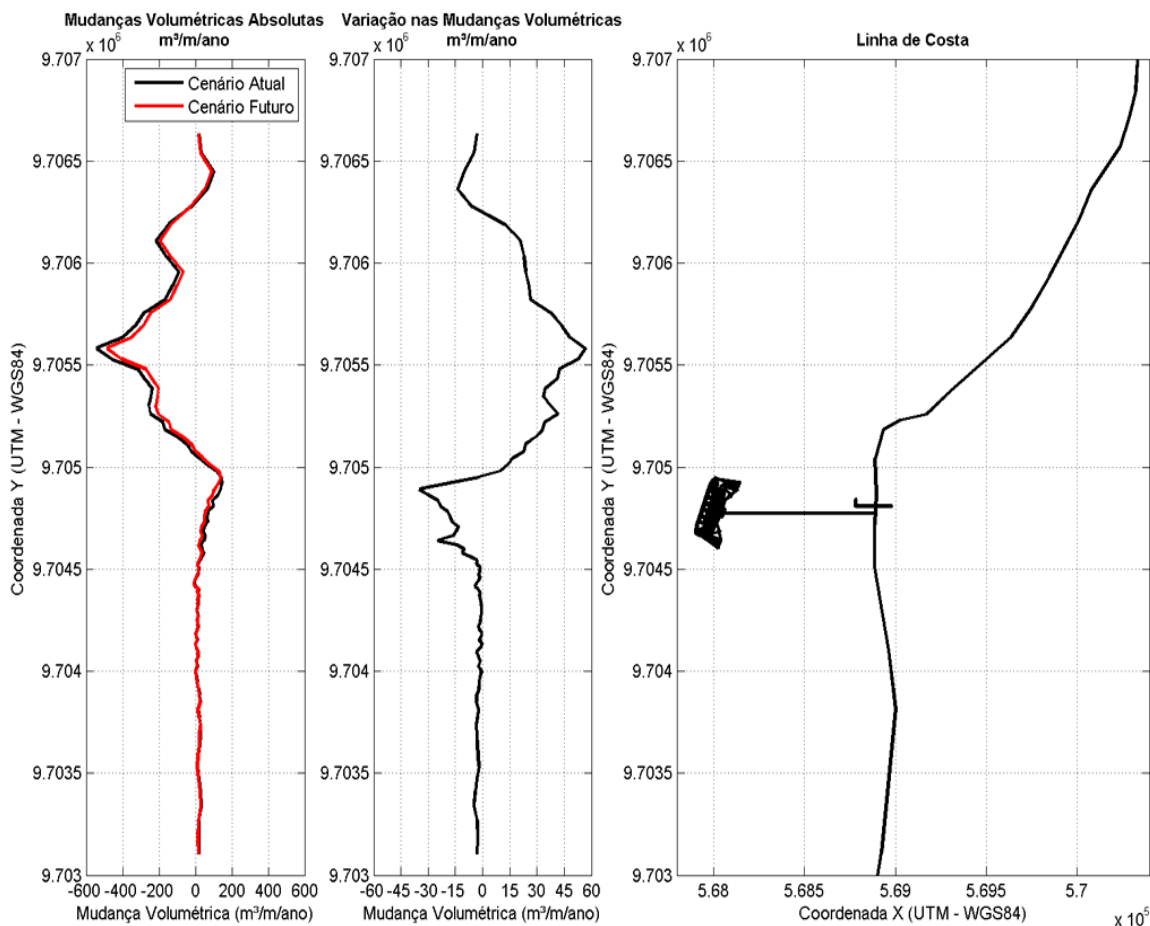


Figura 96 - Variações volumétricas absolutas e relativas computadas pelo modelo morfodinâmico.

10.1.10.8 - Considerações Finais Acerca da Oceanografia Física

Foi elaborado um modelo hidrodinâmico da Baía de São Marcos, para avaliação das condições hidrodinâmicas e de ondas na região de implantação do TGNL, bem como para avaliar os efeitos oriundos de sua construção na hidrodinâmica e morfodinâmica da região. O modelo foi extensivamente calibrado e validado, representando de forma satisfatória o comportamento das correntes e níveis de maré medidos em monitoramentos meteoceanográficos em pontos ao longo da área de interesse. Além disso o modelo morfodinâmico foi calibrado com base em dados de batimetrias sucessivas, permitindo ajustar os coeficientes para que reproduzisse adequadamente os padrões e volumes de erosão e sedimentação, especialmente na região adjacente ao terminal. Com o modelo calibrado e validado foram geradas simulações hidrodinâmicas e de ondas para a caracterização das condições na região de implantação do terminal. Verificou-se que as ondas oceânicas são inexpressivas, com alturas inferiores a 5 cm. Já as ondas geradas por vento local podem atingir 40 cm, mas na maior parte do tempo são inferiores a 20 cm, ratificando os relatos

de MORAIS (1977 *apud* EL-ROBRINNI *et al.*, 2006). As correntes no terminal possuem padrão bidirecional bem marcado, dominadas pela maré, com velocidades de até 3,6 nós. As correntes de enchente são ligeiramente mais intensas do que as de vazante. Com relação à maré. Identificou-se que a amplitude máxima registrada em períodos equinociais é de 6,8 m na área de implantação do terminal.

A construção do terminal foi reproduzida no modelo através da inserção de estruturas hidráulicas permeáveis do tipo *porous plates* no modelo, nos *dolphins* de amarração, atracação e na plataforma do terminal.

O modelo foi simulado para condições com e sem o terminal, permitindo analisar comparativamente os resultados e determinar os impactos associados à sua construção. Os efeitos na hidrodinâmica atingem até 500 m ao Norte do terminal na maré vazante e até 2 km ao Sul do terminal na maré enchente.

As variações de velocidades são da ordem de até 0,25 nós. Já nas simulações morfodinâmicas, verificou-se que a redução nas velocidades de correntes junto à estrutura favorece a sedimentação neste trecho, fazendo com que haja um acúmulo de material atrás da estrutura.

Tal acúmulo não avança para a área do berço de atracação. Em relação ao cenário atual o efeito na batimetria, tornando-se mais rasa no cenário futuro, se estende cerca de 600 m ao Norte do terminal e 1.200 m ao Sul deste.

Com relação a variações na linha de costa ou zona intermareal, observou-se que no setor ao norte do terminal há uma tendência natural de perda absoluta volumétrica (erosão) de até cerca de 500 m³/m/ano na condição atual, que é atenuada em aproximadamente 10% da taxa absoluta com a construção do terminal. Ou seja, a construção do projeto aumenta a tendência de sedimentação deste trecho, reduzindo o processo erosivo natural apontado nos estudos para a região.

Já no trecho adjacente ao projeto, a condição natural é de acresção (aumento absoluto de volume) da ordem de 150 m³/m/ano no cenário natural, que com a implantação do projeto (terminal e ponte de acesso), tem tendência de acréscimo reduzida em cerca de 20% da taxa absoluta, apresentando tendência na diminuição da acresção.

Portanto, com a implantação do projeto haverá uma mudança, embora de pequena magnitude, na dinâmica intermareal natural, na qual haverá diminuição da tendência erosiva ao norte e da tendência de acresção na adjacência do projeto.

Do ponto de vista de assoreamento das vias navegáveis, foram analisados os volumes de sedimentação dentro da poligonal do canal navegável acima da cota de projeto de 15,4 m DHN, totalizando 182.375 m³, sendo o volume concentrado na porção Oeste da Bacia de Evolução. Na

área do berço de atracação as profundidades se mantiveram acima das profundidades de projeto para o berço (13,5 m DHN) durante toda a simulação.

10.1.11 - Considerações Finais Acerca do Meio Físico da Área de Estudo

No que concerne ao diagnóstico do meio físico natural, as áreas de influência do empreendimento não apresentam restrições para a implantação do empreendimento e suas áreas de apoio.

O empreendimento se insere na zona climática Tropical Zona Equatorial, que se caracteriza pelas estações do ano de outono e primavera marcadas pela presença e ausência de chuva, respectivamente. O outono é chuvoso e a primavera é seco com pouca chuva, tendo temperaturas elevadas com baixa amplitude térmica. A precipitação total mensal na área de estudo não é uniforme, chegando a 3,52 mm no mês de setembro (final do inverno/início da primavera) e de 450,26 mm em março (final do verão/início do equinócio outonal).

Sobre a qualidade do ar, os dados coletados pelos amostradores para os parâmetros de Partículas Totais em Suspensão- PTS, Partículas Inaláveis- PI, Partículas Inaláveis Finas- PM_{2,5}, Dióxido de Nitrogênio - NO₂ e Dióxido de Enxofre - SO₂, Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O₃) as amostragens realizadas atendem em parte os padrões estabelecidos pelo Anexo I, Padrão Intermediário PI-1 da Resolução CONAMA nº 491/18 em 100% das medições; a única ressalva está nos resultados do parâmetro de Partículas Inaláveis Finas- PM_{2,5}. O IQAr indicou qualidade do ar local BOA em todos os pontos nos parâmetros Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio - NO₂ e Ozônio (O₃); qualidade do ar do local BOA (1) MODERADO (1) para Dióxido de Enxofre - SO₂; qualidade do ar local MODERADO para todos os pontos no parâmetro MP10 e qualidade do ar RUIM no parâmetro MP_{2,5}.

Relativo as medições de ruído ambiental, conclui-se que, o nível de ruído de fundo sonoro na AID do empreendimento, encontra-se acima do limite preconizado pela NBR 10151, que considera em ambientes externos com tipos de áreas de sítios e fazendas o nível de pressão sonora para conforto o valor máximo de 40 dB para o período diurno, e 35 dB para o período noturno.

No que se refere as vibrações, levando em consideração os resultados encontrados nas medições, conclui-se que o nível vibração na AID do empreendimento apresenta baixos níveis de vibração com pico de velocidade de vibração de 0,2 mm/s em todos os pontos amostrais. Esses resultados se justificam devido a região ser predominantemente rural, com poucas habitações e sem tráfego de veículos.

Relativo ao Domínio Geológico, na área de estudo do empreendimento ocorrem as rochas e sedimentos do Fanerozóico que englobam o domínio tectônico da Bacia Sedimentar São Luís, além

das Coberturas Superficiais Cenozoicas. A geomorfologia da área de estudo localiza-se em sistemas ambientais de Tabuleiros Pré-litorâneos areno-argilosos e Planícies fluviomarinhas com manguezais, compondo parte do domínio do Golfão Maranhense.

O material rochoso na região é exclusivamente sedimentar, referente ao Grupo Barreiras. As rochas deste grupo são caracterizadas por sua variabilidade textural de granulação arenosa com contribuição argilosa. O solo presente na área do empreendimento em estudo é classificado como Gleissolo Tiomórfico Órtico (GJo).

Por meio das sondagens observou-se na área de estudo perfis de solo de areia siltosa, de argila orgânica, silte arenoso e ocorrências rochosas que impediram os avanços de algumas sondagens. Os níveis de água do lençol freático se apresentaram entre 0,45 a 4,55 m de profundidade.

A suscetibilidade à erosão hídrica é classificada de Baixa a Moderada, com pequenos trechos de áreas especiais (mangue, praia) e trechos de alta a muito alta suscetibilidade próximo aos corpos hídricos com maior volume. Em relação à suscetibilidade de movimentos de massa, verifica-se na ADA do empreendimento a baixa suscetibilidade, porém, foram visualizados em campo alguns processos erosivos com deslocamento de massa.

Através do Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM) observou-se que há uma área concedida para lavra de exploração mineral na área de estudo.

A partir de dados cartográficos do IBGE (2021) e do Modelo Digital de Elevação- SRTM, é possível observar que na AID do empreendimento não há muitas áreas de recargas ou nascentes, por se tratar de uma ilha estreita com poucos cursos d'água, porém, ainda se encontram alguns afloramentos de água.

A partir da avaliação de dados cartográficos do IBGE (2021) e do CPRM (2021), foi possível concluir que a suscetibilidade à inundação na AID do empreendimento é caracterizada de alta a média, principalmente devido as áreas de mangues.

Em relação aos usos de água na AID, a partir de dados da ANA (2017), não foi observada nenhuma outorga ou utilização de usos d'água na região norte da Ilha Boa Razão, onde o empreendimento se localiza, porém, observou-se em campo alguns poços de água e lagoas sendo utilizadas para consumo da população local.

A superfície do empreendimento está representada pelos sedimentos inconsolidados da planície fluviomarinha com manguezal que normalmente ocorrem localizadas em áreas de supramaré, em cotas topográficas mais elevadas do que as planícies fluviomarinhas de intramaré e, conseqüentemente, são inundadas com menor frequência, apenas durante o período chuvoso.

Relativo à qualidade da água, após a análise das amostras, verificou-se que os parâmetros Odor, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, Alumínio Dissolvido, Cobre Dissolvido, Ferro Dissolvido, Fósforo (apenas no Ponto 3), Manganês, Nitrato como N, Zinco (apenas nos Pontos 1 e 2) e Surfactantes apresentaram valores elevados perante a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Sobre as análises de água salobra, os parâmetros Odor, Carbono Orgânico Total, Oxigênio Dissolvido, Alumínio Dissolvido, Boro, Cobre Dissolvido, Nitrato como N, Zinco e Surfactantes apresentaram valores elevados perante a Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Em relação aos sedimentos, todos os parâmetros apresentaram conformidade segundo a Resolução CONAMA nº 454/2012.