



 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## SUMÁRIO

8.	Diagnóstico Ambiental .....	346
8.1	Meio Físico .....	346
8.1.1	Climatologia e Meteorologia .....	346
8.1.1.1	Metodologia aplicada .....	346
8.1.1.2	Dinâmica atmosférica e clima regional .....	349
8.1.1.3	Pluviosidade.....	353
8.1.1.4	Umidade relativa do ar .....	360
8.1.1.5	Temperatura do ar .....	365
8.1.1.6	Ventos.....	368
8.1.1.7	Insolação e nebulosidade.....	370
8.1.2	Qualidade do Ar.....	372
8.1.2.1	Legislação aplicável .....	374
8.1.2.2	Metodologia aplicável.....	375
8.1.2.3	Dados utilizados.....	376
8.1.2.4	Resultados da qualidade do ar.....	381
8.1.2.4.1	Parâmetros gasosos - SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> e Fumaça .....	381
8.1.2.4.2	Partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PI).....	390
8.1.2.5	Classificação da qualidade do ar na área de estudo .....	398
8.1.3	Ruídos e Vibrações .....	400
8.1.3.1	Legislação e normas brasileiras e municipais .....	400
8.1.3.1.1	Lei Municipal Ordinária nº 2.312, de 02/12/2002;.....	401
8.1.3.1.2	Lei Complementar nº 68, de 27/08/2007;.....	402
8.1.3.1.3	Lei Complementar nº 95, 18/12/2008.....	402
8.1.3.1.4	Lei Complementar nº 62, de 27/08/2007;.....	402
8.1.3.2	Metodologia aplicada .....	402
8.1.3.3	Levantamento de dados secundários de níveis sonoros .....	404
8.1.3.4	Levantamento de dados primários de níveis sonoros.....	414
8.1.3.4.1	Equipamentos utilizados.....	416
8.1.3.4.2	Método de determinação da pressão sonora .....	417

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	
RL-B00-H01-1001	0	

8.1.3.4.3	Pontos de monitoramento e resultados.....	418
8.1.3.5	Levantamento de dados primários de vibrações .....	424
8.1.4	Geologia .....	430
8.1.4.1	Metodologia aplicada .....	430
8.1.4.2	Geologia regional .....	431
8.1.4.3	Escudo Cristalino .....	431
8.1.4.3.1	Complexo Serra Negra (APIsn) .....	431
8.1.4.3.2	Complexo Metamórfico Indiferenciado (APIrm).....	432
8.1.4.3.3	Complexo Cachoeira (APIc) .....	432
8.1.4.3.4	Complexo Gnáissico-Migmatítico (APImg).....	432
8.1.4.3.5	Complexo Granítico-Gnáissico (APIg) .....	433
8.1.4.3.6	Suíte Álcali-Granitos (P€ ).....	433
8.1.4.3.7	Formação Guaratubinha (€g).....	433
8.1.4.3.8	Intrusivas Mesozoicas (JKb).....	434
8.1.4.4	Cobertura Sedimentar Cenozoica .....	434
8.1.4.4.1	Formação Alexandra (Mioceno Inferior).....	435
8.1.4.4.2	Leques e Cones Aluviais (Plio-quadernário) .....	435
8.1.4.4.3	Tálus (Quaternário).....	436
8.1.4.4.4	Colúvios (Quaternário).....	437
8.1.4.4.5	Sedimentos Fluviais (Quaternário).....	437
8.1.4.4.6	Planícies Costeiras com Cordões Litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno) .....	438
8.1.4.4.7	Planícies Paleoestuarinas (Pleistoceno Superior e Holoceno)....	438
8.1.4.4.8	Dunas (Holoceno).....	439
8.1.4.4.9	Planícies de Maré Atuais .....	440
8.1.4.4.10	Fundos Rasos Atuais.....	440
8.1.4.4.11	Deltas de Maré Atuais.....	441
8.1.4.4.12	Depressões Intercordões Atuais .....	441
8.1.4.4.13	Praias Atuais.....	441
8.1.4.5	Geologia local .....	442
8.1.4.5.1	Levantamentos de campo.....	444
8.1.4.5.2	Geologia dos poços de monitoramento.....	448
8.1.4.6	Direitos minerários .....	455
8.1.5	Geomorfologia .....	463

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	
RL-B00-H01-1001	-	
	0	

8.1.5.1	Metodologia aplicada .....	463
8.1.5.2	Macrozoneamento geomorfológico da área de drenagem da Baía de Paranaguá .....	464
8.1.5.3	Análise de hipsometria .....	467
8.1.5.4	Análise de declividade .....	467
8.1.5.5	Geomorfologia de fundo do Estuário de Paranaguá .....	468
8.1.5.6	Análise geomorfológica da área diretamente afetada.....	470
8.1.5.7	Possíveis implicações para ampliação do empreendimento.....	473
8.1.6	Pedologia .....	474
8.1.6.1	Metodologia aplicada .....	474
8.1.6.2	Caracterização pedológica das áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico.....	476
8.1.6.2.1	Gleissolos Tiomórficos (GJ).....	481
8.1.6.2.2	Antropossolos Sômicos .....	484
8.1.6.2.3	Caracterização química dos solos .....	488
8.1.6.2.4	Considerações finais (Geopedologia) .....	491
8.1.7	Risco Geotécnico .....	491
8.1.7.1	Introdução.....	491
8.1.7.1.1	Escala e atributos .....	492
8.1.7.1.2	Materiais e métodos .....	493
8.1.7.2	Suscetibilidade a inundações .....	493
8.1.7.2.1	Tipos e condicionantes .....	493
8.1.7.2.1	Atributos e mapas base .....	494
8.1.7.2.1	Resultado .....	495
8.1.7.3	Suscetibilidade a movimentos de massa.....	496
8.1.7.3.1	Tipos e condicionantes .....	496
8.1.7.3.1	Atributos e mapas base .....	497
8.1.7.3.1	Resultado .....	498
8.1.7.1	Suscetibilidade a processos erosivos.....	499
8.1.7.1.1	Tipos.....	499
8.1.7.1.1	Fatores condicionantes.....	500
8.1.7.1.1	Atributos e mapas base .....	501
8.1.7.1.1	Resultado .....	502
8.1.7.1	Erosão em manguezais.....	503

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	
RL-B00-H01-1001	- 0	

8.1.7.1.1	Manguezal Oceania .....	503
8.1.7.1.1	Manguezal Rocio .....	507
8.1.7.1.1	Discussões e recomendações .....	508
8.1.8	Recursos Hídricos .....	508
8.1.8.1	Metodologia aplicada .....	508
8.1.8.2	Hidrologia.....	510
8.1.8.2.1	Considerações sobre a AEII do empreendimento na Bacia Litorânea Paranaense .....	511
8.1.8.2.2	Uso da água na AEII.....	512
8.1.8.2.3	Considerações sobre a AEID do empreendimento. ....	520
8.1.8.2.4	Uso da água na AEID .....	521
8.1.8.3	Qualidade das águas superficiais.....	526
8.1.8.3.1	Resumo dos dados secundários de qualidade da água.....	529
8.1.8.3.2	Coleta de dados primários de qualidade da água .....	542
8.1.8.3.3	Resultados de dados primários de qualidade da água.....	549
8.1.8.3.4	Fontes Poluidoras.....	562
8.1.8.4	Hidrogeologia.....	563
8.1.8.4.1	Aquífero fraturado.....	566
8.1.8.4.2	Aquífero poroso .....	568
8.1.8.4.3	Caracterização hidroquímica do aquífero poroso.....	570
8.1.8.4.4	Caracterização hidrogeológica da área diretamente afetada .....	571
8.1.8.4.5	Caracterização do aquífero poroso.....	572
8.1.8.5	Qualidade das águas subterrâneas.....	578
8.1.9	Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira .....	583
8.1.9.1	Ondas .....	583
8.1.9.2	Correntes .....	585
8.1.9.3	Turbidez.....	587
8.1.10	Caracterização dos Sedimentos .....	591
8.1.10.1	Características dos sedimentos de fundo recentes (Dados primários)	592
8.1.10.1.1	Malha amostral para os sedimentos .....	592
8.1.10.1.2	Método para análise granulométrica .....	596
8.1.10.1.3	Granulometria dos sedimentos recentes.....	597
8.1.10.1.4	Conclusões.....	602

 <b>PLANAVE S.A.</b> Estudos e Projetos de Engenharia	 <b>appa</b> <small>ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA</small>	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
		Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	
		RL-B00-H01-1001	-	
			0	

8.1.10.2	Características dos sedimentos das testemunhagens rasas (Dados primário)	605
8.1.10.2.1	Conclusões	606
8.1.10.3	Características dos sedimentos das testemunhagens profundas (Dados primário)	606
8.1.10.3.1	Conclusões	609
8.1.10.4	Qualidade dos sedimentos	609
8.1.10.4.1	Níveis de Pesticidas Organoclorados e Bifenilas Policloradas (PCBs)	610
8.1.10.4.2	Níveis de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)	612
8.1.10.4.3	Caracterização dos sedimentos (dados primários)	612
8.1.11	Modelagens de Diagnóstico da Hidrodinâmica, do Transporte de Sedimentos, e de Ondas	632
8.1.11.1	Características oceanográficas gerais do Complexo Estuarino Paranaguá	633
8.1.11.2	O modelo SisBaHiA®	634
8.1.11.2.1	Modelo de circulação hidrodinâmica	635
8.1.11.2.2	Modelo de transporte de sedimentos e evolução morfológica do fundo	639
8.1.11.2.1	Modelo de geração de ondas	649
8.1.11.3	Implementação dos modelos	656
8.1.11.3.1	Definição dos cenários de modelagem	656
8.1.11.3.2	Dados utilizados	656
8.1.11.4	Resultados do modelo de hidrodinâmica	673
8.1.11.4.1	Resultados para o cenário verão	674
8.1.11.4.1	Resultados para o cenário inverno	685
8.1.11.5	Resultados do modelo de transporte de sedimentos	696
8.1.11.6	Resultados do modelo de geração de ondas	701
8.1.11.6.1	Resultados para o cenário verão	703
8.1.11.6.1	Resultados para o cenário inverno	708
8.1.11.1	Considerações finais	712

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 8.1 - Dinâmica das Massas de Ar Atuantes no Brasil.....	351
Figura 8.2 - Distribuição das Unidades e Tipologias Climáticas do Estado do Paraná.....	353
Figura 8.3 - Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual no Estado do Paraná (1980 a 2010). .....	355
Figura 8.4 - Distribuição Espacial da Precipitação Média Sazonal no Estado do Paraná (1980 a 2010). .....	356
Figura 8.5 - Distribuição Espacial da Umidade Relativa do Ar Média Anual no Estado do Paraná (1980 a 2010). .....	362
Figura 8.6 - Distribuição Espacial da Umidade Relativa do Ar Média Sazonal no Estado do Paraná (1980 a 2010). .....	363
Figura 8.7 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar (poluentes gasosos e particulados) considerados no diagnóstico. ....	380
Figura 8.8 - Localização das estações amostrais do Programa de Gerenciamento de Ruídos da APPA. ....	407
Figura 8.9 – Levantamento dos pontos sensíveis ao impacto relacionado ao ruído na área de estudo, e pontos de monitoramento de ruído deste estudo.....	415
Figura 8.10 – Sonômetro (a), Calibrador (b) e GPS de navegação (c). ....	416
Figura 8.11 – Calibração do medidor de nível de pressão sonora. ....	417
Figura 8.12 – Pontos de monitoramento sonoro no entorno do empreendimento, onde foi realizado o levantamento de dados primários para este EIA. ....	420
Figura 8.13 – Sismógrafo com geofone e microfone. ....	424
Figura 8.14 - Geologia da região das estruturas projetadas e Áreas Diretamente Afetadas (Modificado de Carta Geológica de Curitiba – MINEROPAR, 2005). ....	443
Figura 8.15 - Imagem do Google Earth com indicação dos trajetos percorridos, pontos descritos (P00) e locais dos Poços de Monitoramento (PM-00). ....	445
Figura 8.16 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-01. ....	449
Figura 8.17 - Solo arenoso no local de execução do Poço PM-01.....	449
Figura 8.18 - Local da execução do Poço PM-01 - barra arenosa adjacente ao manguezal... ..	449
Figura 8.19 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-02. ....	450
Figura 8.20 - Manguezal onde foi executado o Poço PM-02.....	450
Figura 8.21 - Local de instalação do Poço PM-02 – solo superficial argiloso em manguezal.. ..	450
Figura 8.22 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-03. ....	451
Figura 8.23 - Manguezal onde foi executado o Poço PM-03.....	451

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	- REV. PLANAVE 0	

Figura 8.24 - Local de instalação do Poço PM-03 – solo superficial argiloso em manguezal..	451
Figura 8.25 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-04. ....	452
Figura 8.26 - Local onde foi executado o PM-04, à margem do canal estuarino, separado deste por porções de mangue. ....	452
Figura 8.27 - Local de instalação do PM-04 – solo arenoso cinza claro ao lado do Poço. ....	452
Figura 8.28 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-05. ....	453
Figura 8.29 - Local onde foi executado o PM-05. ....	453
Figura 8.30 - Local de instalação do PM-05 – zona relativamente elevada adjacente ao estuário. ....	453
Figura 8.31 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-06. ....	454
Figura 8.32 - Local onde foi executado o PM-06 - zona adjacente ao canal do estuário. ....	454
Figura 8.33 - Local de instalação do PM-06 – solo arenoso cinza ao lado do Poço. ....	454
Figura 8.34 – Processos Minerários encontrados na AEII do empreendimento. ....	456
Figura 8.35 – Processos Minerários encontrados na AEID do empreendimento. ....	457
Figura 8.36 – Batimetria Atual da AEID. ....	470
Figura 8.37 – Unidades geomorfológicas presentes na porção continental da ADA do empreendimento. ....	472
Figura 8.38 – Batimetria da Área Diretamente Afetada. ....	473
Figura 8.39 - Localização dos Pontos de Coleta de Amostras. ....	478
Figura 8.40 - Caracterização Pedológica do entorno da Área Diretamente Afetada no setor dos píeres projetados do Rocio. ....	479
Figura 8.41 - Caracterização Pedológica do entorno da Área Diretamente Afetada no setor da área projetada para embarque de passageiros. ....	480
Figura 8.42 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 02). ....	482
Figura 8.43 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 05). ....	483
Figura 8.44 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 06). ....	484
Figura 8.45 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 01). ....	486
Figura 8.46 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 03). ....	487
Figura 8.47 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 04). ....	488
Figura 8.48 - Critérios adotadas para análise de suscetibilidade a inundações. ....	494
Figura 8.49 - Critérios adotados para análise de suscetibilidade a inundações. ....	497
Figura 8.50- Critérios adotados para análise de suscetibilidade a erosão. ....	501
Figura 8.51 – Barranco erosivo no Manguezal Oceania, à margem do canal estuarino, dentro do limite da Área Diretamente Afetada do terminal de passageiros. ....	504
Figura 8.52 – Vista da praia adjacente ao Manguezal Oceania ao longo do tempo, dentro dos limites da ADA do complexo náutico. A) Fonte: Registro Diagnóstico Ambiental (2011); B) Fonte: 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA (2015); C) Atualmente – levantamento em junho de 2016. ....	505

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Figura 8.53 – Área afetada por erosão à margem do Manguezal Oceania ao longo do tempo, dentro da ADA do complexo náutico. A) Fonte: Registro Diagnóstico Ambiental (2011); B) Fonte: 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA (2015); C) Atualmente– levantamento junho/2016. ....	506
Figura 8.54 - Vista da margem do Manguezal Rocio a partir do trapiche que existe no local.	507
Figura 8.55 – Praia adjacente ao Manguezal Rocio com grande quantidade de lixo. Não há evidências de erosão. ....	507
Figura 8.56 – Baía Litorânea Paranaense.....	512
Figura 8.57 - Localização das estações amostrais de qualidade da água selecionadas para avaliação dos dados secundários da APPA (pontos pretéritos). ....	530
Figura 8.58 – Localização dos pontos amostrais da coleta de dados primários da qualidade da água. Fonte: Elaboração própria.....	544
Figura 8.59 – Embarcação utilizada na coleta de água da 1ª campanha.....	545
Figura 8.60– Embarcação utilizada na coleta de água da 2ª campanha.....	545
Figura 8.61 – Coleta de amostras de água com o emprego de garrafa a mostradora do tipo <i>van Dorn</i> , na estação amostral #PSF03, durante a 1ª campanha. ....	546
Figura 8.62 – Coleta de amostras de água com o emprego de garrafa a mostradora do tipo <i>van Dorn</i> , na estação amostral #PSF01, durante a 2ª campanha ....	546
Figura 8.63 – Sonda utilizada na mensuração in situ dos parâmetros físico-químicos, na 1ª e 2ª campanhas. ....	547
Figura 8.64 – Acondicionamento das amostras de água.....	549
Figura 8.65 – Domínios Hidrogeológicos do Paraná. ....	565
Figura 8.66 – Representação do Processo de Intrusão Salina. ....	571
Figura 8.67 – Sequência de atividades desenvolvidas durante a instalação dos poços de monitoramento. Em (1) instalando coluna de revestimento do PM-01, pode-se perceber vegetação de mangue. Em (2) PM-01 já instalado. Em (3) perfuração com trado. Em (4) PM-05 sendo instalado. ....	573
Figura 8.68 – Imagem do Google Earth com a localização dos Poços de monitoramento (PM) instalados. ....	574
Figura 8.69 – Coleta de amostra sendo realizada no PM-01 (1) e frascaria utilizada no acondicionamento das amostras de água coletadas nos poços de monitoramento (2).....	576
Figura 8.70 – Fluxo preferencial das água subterrânea conforme o nível verificado nos poços de monitoramento. ....	577
Figura 8.71 – Visualização da camada de argila com matéria orgânica que foi identificada na perfuração para instalação do poço de monitoramento PM-02. ....	583
Figura 8.72 – Mapeamento e espessura das camadas de lamas fluídas identificadas no canal de acesso aos terminais portuários de Antonina ....	589
Figura 8.73 – Variação da concentração de material particulado em suspensão para os períodos de maré de Sizígia e Quadratura em períodos de verão e inverno.....	590
Figura 8.74 – Variações durante a condição de Sizígia de verão (27/03/98/ de (A) a concentração de material particulado em suspensão (MPS) e (B) a velocidade longitudinal (UI) em cada estação (S1 e S5).....	591

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Figura 8.75 - Mapa de localização das amostras de sedimentos de fundo recentes, coletadas na ADA da expansão do cais do Porto de Paranaguá. ....	595
Figura 8.76 - Mapa da distribuição dos valores de diâmetro médio dos grãos na ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais. ....	600
Figura 8.77 - Mapa da distribuição dos valores de grau de selecionamento dos grãos na ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais. ....	601
Figura 8.78 - Mapa da distribuição dos valores de matéria orgânica contida nos sedimentos da ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais. ....	603
Figura 8.79 - Mapa da distribuição dos valores de carbonatos contidos nos sedimentos da ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais. ....	604
Figura 8.80 - Mapa de localização das testemunhagens profundas e rasas executadas na ADA da expansão do cais do Porto de Paranaguá. ....	608
Figura 8.81 - Diagrama de Shields tradicional (Rosman, 2016). ....	640
Figura 8.82- Diagrama de Shields modificado, no qual a tensão crítica $\tau_c = (u_* / \tau_o)$ , pode ser obtida diretamente das características do sedimento e da água. ....	641
Figura 8.83 - Tensão crítica para mobilidade, $\tau_c$ , calculada pelo diagrama de Shields modificado. No caso considerou-se água salgada com $\tau_o = 1025 \text{ kg/m}^3$ , $\nu = 1.19\text{E}-6 \text{ m}^2/\text{s}$ e sedimentos com massa específica $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ . Unidades $\tau_c = -\ln(d [\text{mm}]) / \ln(2)$ . ....	641
Figura 8.84 - Exemplo de valores de tensão crítica de mobilidade $\tau_{oc}$ para sedimentos com massa específica $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ , água com $\rho_o = 998,1 \text{ kg/m}^3$ e viscosidade cinemática $\nu = 1,05\text{E}-06 \text{ m}^2/\text{s}$ . A tabela menor sugere valores típicos de $\tau_{oc}$ e mostra valores de $\tau_c$ cobrindo toda a granulometria da tabela maior, o que não é comum em casos reais. ....	643
Figura 8.85 - Diagrama de Hjülstrom (Miedema, 2010). ....	644
Figura 8.86 - Esquema de uma onda de altura $H$ em águas de profundidade intermediária, mostrando trajetórias orbitais das partículas com amplitude $Abm$ junto ao fundo. As velocidades orbitais $ubm$ são indicadas pelos vetores e indica-se a espessura da camada limite oscilatória no fundo (Rosman, 2016). ....	654
Figura 8.87 - Batimetria da Baía de Paranaguá utilizada nas simulações realizadas nesse estudo. ....	658
Figura 8.88 - Detalhe da batimetria na região de maior interesse desse estudo. ....	659
Figura 8.89 - Localização da estação meteorológica Paranaguá (Simepar). ....	662
Figura 8.90 - Velocidades do vento – Verão. ....	663
Figura 8.91 - Velocidades do vento – Inverno. ....	663
Figura 8.92 - Direções do vento – Verão. ....	664
Figura 8.93 - Direções do vento – Inverno. ....	664
Figura 8.94 - Distribuição da Granulometria do Sedimento de Fundo na Baía de Paranaguá. ....	666
Figura 8.95 - Levantamento dos sedimentos de fundo realizado para este estudo. ....	667
Figura 8.96 - Campanha de coleta de dados no verão de 1997 (dias 13, 15 e 16/02/1998). Fonte: Mantovanelli(1999). ....	668
Figura 8.97 - Campanha de coleta de dados no verão de 1998 (dias 12 e 13/02/1998). Fonte: Mantovanelli(1999). ....	669

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Figura 8.98 - Comparação entre os valores de elevação (posição da superfície livre) obtidos pelo modelo (vermelho) e os valores medidos (azul) no Canal da Cotinga. ....	671
Figura 8.99 - Grade numérica do modelo para toda a área de estudo. Em vermelho: área de interesse desse estudo. ....	672
Figura 8.100 - Detalhe da grade numérica do modelo – região de interesse do estudo. ....	673
Figura 8.101 - Localização do ponto para o qual serão apresentadas as séries temporais. ....	674
Figura 8.102 - Série temporal de elevação – Verão. ....	675
Figura 8.103 - Série temporal de velocidade de corrente – Verão. ....	675
Figura 8.104 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s – Verão. ....	676
Figura 8.105 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s – Verão. ....	677
Figura 8.106 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	678
Figura 8.107 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	679
Figura 8.108 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	680
Figura 8.109 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	681
Figura 8.110 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	682
Figura 8.111 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	683
Figura 8.112 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	684
Figura 8.113 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	685
Figura 8.114 - Série temporal de elevação – Inverno. ....	686
Figura 8.115 - Série temporal de velocidade de corrente – Inverno. ....	687
Figura 8.116 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s no Complexo Estuarino Paranaguá –Inverno. ....	687
Figura 8.117 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s no Complexo Estuarino Paranaguá –Inverno. ....	688
Figura 8.118 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – sizígia – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	689
Figura 8.119 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – sizígia – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	690
Figura 8.120 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – sizígia –Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	691

 <b>PLANAVE S.A.</b> Estudos e Projetos de Engenharia	 <b>APPA</b> <small>ADMINISTRAÇÃO DE PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA</small>	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
		Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	
		RL-B00-H01-1001	-	
			0	

Figura 8.121 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – sizígia – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	692
Figura 8.122 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	693
Figura 8.123 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	694
Figura 8.124 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	695
Figura 8.125 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse. ....	696
Figura 8.126 - Tensão no fundo (N/m <sup>2</sup> ) da baía no ponto de interesse no cenário Verão. ....	698
Figura 8.127 - Vazão sólida total (ton/d/m) no ponto de interesse no cenário Verão; os valores estão amplificados 100 vezes. ....	698
Figura 8.128 - Tensão no fundo (N/m <sup>2</sup> ) da baía no ponto de interesse no cenário Inverno. ....	699
Figura 8.129 - Vazão sólida total (ton/d/m) no ponto de interesse no cenário Inverno; os valores estão amplificados 100 vezes. ....	699
Figura 8.130 - Variação da profundidade $\Delta H$ (m) no ponto de interesse no cenário Verão; os valores estão amplificados 100 vezes. ....	700
Figura 8.131 - Variação da profundidade $\Delta H$ (m) no ponto de interesse no cenário Inverno; os valores estão amplificados 100 vezes. ....	700
Figura 8.132 - Isolinhas de variação de profundidade - $\Delta H$ (m) – Verão. ....	701
Figura 8.133 - Isolinhas de variação de profundidade - $\Delta H$ (m) – Inverno. ....	701
Figura 8.134 - Série temporal do campo de pressão. ....	703
Figura 8.135 - Série temporal do período de onda – Verão. ....	705
Figura 8.136 - Série temporal da altura significativa – Verão. ....	705
Figura 8.137 - Série temporal da pista gerada pelo vento – Verão. ....	706
Figura 8.138 - Espaços disponíveis para a geração de pistas de ondas em situações de vento de nordeste e vento sul. ....	706
Figura 8.139 - Distribuição espacial da pista gerada pelas ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão. ....	707
Figura 8.140 - Distribuição espacial da altura significativa das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão. ....	707
Figura 8.141 - Distribuição espacial do período das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão. ....	708
Figura 8.142 - Série temporal do período de onda – Inverno. ....	709
Figura 8.143 - Série temporal da altura significativa – Inverno. ....	710
Figura 8.144 - Série temporal da pista gerada pelo vento – Inverno. ....	710
Figura 8.145 - Distribuição espacial da pista gerada pelas ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno. ....	711

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Figura 8.146 - Distribuição espacial da altura significativa das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno. .... 711

Figura 8.147 - Distribuição espacial do período das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno. .... 712

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 8.1.1 - Distribuição da Precipitação Média Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).....	358
Gráfico 8.1.2 - Quantificação Média Sazonal de Dias com Precipitação para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).....	358
Gráfico 8.1.3 - Quantificação Média Mensal de Dias com Precipitação para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).....	359
Gráfico 8.1.4 - Variação Interanual da Pluviosidade para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010). ....	360
Gráfico 8.1.5 - Distribuição da Umidade Relativa do Ar Média Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010). ....	364
Gráfico 8.1.6 - Distribuição das Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).....	366
Gráfico 8.1.7 - Direção e Velocidade Média dos Ventos Predominante em Paranaguá (1980 a 2010). ....	369
Gráfico 8.1.8 - Distribuição das Velocidades Médias e Máximas Mensais dos Ventos e Quantificação das Calmarias em Paranaguá (1980 a 2010). ....	370
Gráfico 8.1.9 - Distribuição da Insolação Média Anual e Sazonal em Paranaguá (1980 a 2010). ....	371
Gráfico 8.1.10 - Distribuição dos Índices de Nebulosidade Média Anual, Sazonal e Mensal em Paranaguá (1980 a 2010). ....	372
Gráfico 8.1.11 – Concentrações de parâmetros gasosos monitorados na área do TCP (cais leste do Porto de Paranaguá), e comparação com os padrões da Resolução CONAMA 03/90. ....	382
Gráfico 8.1.12 - Concentrações de SO <sub>2</sub> do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	384
Gráfico 8.1.13 - Concentrações de NO <sub>2</sub> do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	386
Gráfico 8.1.14 - Concentrações de CO do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	387
Gráfico 8.1.15 - Concentrações de Fumaça do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	389
Gráfico 8.1.16 - Concentrações de Ozônio do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	389
Gráfico 8.1.17 - Concentrações de PTS monitorados na área do TCP (cais leste do Porto de Paranaguá), e comparação com os padrões da Resolução CONAMA 03/90. ....	391
Gráfico 8.1.18 - Concentração de PTS na Bunge (centro do Porto de Paranaguá).....	392
Gráfico 8.1.19 - Concentrações de PTS do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	395
Gráfico 8.1.20 - Concentrações de PI do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	397
Gráfico 8.1.21 - Resultados do monitoramento de ruído no período diurno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA. ....	410

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Gráfico 8.1.22 - Resultados do monitoramento de ruído no período noturno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA. ....	412
Gráfico 8.1.23 - Níveis Sonoros ( $LA_{eq, T}$ ) referentes às medições realizadas no período diurno. ....	421
Gráfico 8.1.24 - Níveis Sonoros ( $LA_{eq, T}$ ) referentes às medições realizadas no período noturno. ....	421
Gráfico 8.1.25 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 02. ....	482
Gráfico 8.1.26 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 05. ....	483
Gráfico 8.1.27 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 06. ....	484
Gráfico 8.1.28 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 01. ....	486
Gráfico 8.1.29 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 03. ....	487
Gráfico 8.1.30 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 04. ....	488
Gráfico 8.1.31 – Histórico do abastecimento de água em Paranaguá. ....	514
Gráfico 8.1.32 – Histórico de indicadores básicos de esgoto. ....	515
Gráfico 8.1.33– Ausência de dados na estação ETA Matinhos. ....	526
Gráfico 8.1.34 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Salinidade. ....	531
Gráfico 8.1.35 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Condutividade. ....	532
Gráfico 8.1.36 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro pH. ....	533
Gráfico 8.1.37 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD). ....	534
Gráfico 8.1.38 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Boro Total. ....	535
Gráfico 8.1.39 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Fósforo Total. ....	536
Gráfico 8.1.40 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Ferro Dissolvido. ....	537
Gráfico 8.1.41 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Turbidez. ....	538
Gráfico 8.1.42 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Carbono Orgânico Total. ....	539
Gráfico 8.1.43 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Demanda Química de Oxigênio. ....	539
Gráfico 8.1.44 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Chumbo. ....	540
Gráfico 8.1.45– Resumo dos dados secundários para o parâmetro Sólidos Suspensos Totais. ....	541
Gráfico 8.1.46 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais. ....	541
Gráfico 8.1.47 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Surfactantes Aniônicos. ....	542
Gráfico 8.1.48 – Resultados das campanhas de amostragem na ADA para o parâmetro salinidade. ....	550
Gráfico 8.1.49 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro condutividade elétrica. ....	552
Gráfico 8.1.50 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro pH. ....	553

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Gráfico 8.1.51 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro OD – Oxigênio Dissolvido.....	554
Gráfico 8.1.52 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Boro Total.....	555
Gráfico 8.1.53 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Coliformes Termotolerantes.....	556
Gráfico 8.1.54– Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Fósforo Total.....	557
Gráfico 8.1.55 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Ferro Solúvel.....	558
Gráfico 8.1.56– Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Nitritos.....	559
Gráfico 8.1.57 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).....	560
Gráfico 8.1.58 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio).....	560
Gráfico 8.1.59 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Turbidez.....	561
Gráfico 8.1.60 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Sólidos Dissolvidos.....	561
Gráfico 8.1.61 - Distribuição do teor de carbono orgânico Total (COT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	615
Gráfico 8.1.62 - Distribuição da concentração de nitrogênio total (NT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	616
Gráfico 8.1.63 - Distribuição da concentração de fósforo total (PT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	617
Gráfico 8.1.64 - Distribuição da concentração de elementos metálicos e arsênio, nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	621
Gráfico 8.1.65 - Distribuição da concentração de DDDs totais nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	625
Gráfico 8.1.66 - Distribuição da concentração de Dieldrin nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	625
Gráfico 8.1.67 - Distribuição da concentração de DDTs nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.....	626

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Gráfico 8.1.68 - Distribuição da concentração de HPAs totais nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12. .... 628

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 8.1.1 - Relação das Estações Meteorológicas Consideradas para a Análise Climática do Estado do Paraná, para o Período entre 1980 e 2010. ....	347
Tabela 8.1.2 – Relação das Estações Seleccionadas para a Caracterização Pluviométrica de Entorno do Empreendimento, para o Período entre 1980 e 2010. ....	348
Tabela 8.1.3 - Padrões de qualidade do ar segundo Resolução CONAMA 03/90 e Resolução SEMA PR 016/14. ....	374
Tabela 8.1.4 – Classificação de acordo com o Índice de Qualidade do Ar (IQA) segundo o IAP. ....	376
Tabela 8.1.5 – Resumo dos dados secundários de qualidade do ar empregados no diagnóstico. ....	378
Tabela 8.1.6 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar utilizado no diagnóstico. ....	379
Tabela 8.1.7 – Concentrações de SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> e CO medidos no TCP (cais leste).....	381
Tabela 8.1.8 – Concentrações de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	384
Tabela 8.1.9 – Concentrações de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	386
Tabela 8.1.10 – Concentrações de CO (µg/m <sup>3</sup> ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	387
Tabela 8.1.11 – Concentrações de Fumaça e O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	388
Tabela 8.1.12 – Concentração de PTS no TCP (cais leste do Porto de Paranaguá).....	390
Tabela 8.1.13 – Concentração de PTS na Bunge (centro do Porto de Paranaguá). ....	392
Tabela 8.1.14 – Concentrações de PTS (µg/m <sup>3</sup> ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA. ....	394
Tabela 8.1.15 – Concentrações de PI do monitoramento da qualidade do ar da APPA.....	397
Tabela 8.1.16 – Classificação da qualidade do ar segundo o IQA, para os pontos internos do Porto Organizado e Pátio de Caminhões.....	398
Tabela 8.1.17 – Classificação da qualidade do ar segundo o IQA, para os pontos externos ao Porto Organizado, na comunidade do entorno. ....	399
Tabela 8.1.18 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) segundo NBR 10.151:2000. ....	401
Tabela 8.1.19 – Resumo dos dados secundários de monitoramento sonoro avaliados no diagnóstico preliminar da Área de Influência. ....	404

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Tabela 8.1.20 - Localização das estações amostrais do Programa de Gerenciamento de Ruídos atual da APPA (dados secundários) .....	405
Tabela 8.1.21 – Resultados do monitoramento de ruído no período diurno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA .....	409
Tabela 8.1.22 – Resultados do monitoramento de ruído no período noturno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA .....	411
Tabela 8.1.23 – Descrição dos pontos de monitoramento sonoro .....	419
Tabela 8.1.24 – Comparação dos níveis sonoros do período diurno com os limites máximos estabelecidos pela NBR 10.151/2000 .....	423
Tabela 8.1.25 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P02 .....	426
Tabela 8.1.26 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P03 .....	427
Tabela 8.1.27 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P07 .....	428
Tabela 8.1.28 – Resumo dos resultados do monitoramento de vibração realizado no dia 13/06/2016 na área de estudo .....	429
Tabela 8.1.29 - Resumo dos pontos descritos em campo .....	446
Tabela 8.1.30 - Localização dos Poços de Monitoramento .....	448
Tabela 8.1.31 - Relação de substância alvo dos processos minerários que ocorrem nas Áreas AEID e AEII, vigentes em 28/06/2016 .....	458
Tabela 8.1.32 - Lista de processos minerários que ocorrem na AEII, vigentes em 28/06/2016 .....	458
Tabela 8.1.33 – Unidades geomorfológicas nas áreas de influência do meio físico .....	464
Tabela 8.1.34 - Classes de declividade existentes da área de drenagem da baía de Paranaguá .....	468
Tabela 8.1.35 – Tipos de Solos Existentes nas Áreas de Estudo para Determinação da Áreas de Influência do Empreendimento .....	476
Tabela 8.1.36 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 02 .....	482
Tabela 8.1.37 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 05 .....	483
Tabela 8.1.38 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 06 .....	484
Tabela 8.1.39 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 01 .....	485
Tabela 8.1.40 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 03 .....	486
Tabela 8.1.41 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 04 .....	487
Tabela 8.1.42 – Tipos de Solos Existentes nas Áreas de Estudo para Determinação das Áreas de Influência do Empreendimento .....	490
Tabela 8.1.43 – Resumo da Suscetibilidade a Inundações da porção emersa da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta .....	496

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	- REV. PLANAVE 0	

Tabela 8.1.44 – Resumo da Suscetibilidade a Movimentos de Massa da porção emersa da Área de Estudo para determinação na Área de Influência Direta.....	499
Tabela 8.1.45 – Resumo da Suscetibilidade a Erosão da porção emersa da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta.....	502
Tabela 8.1.46 – Caracterização dos efluentes produzidos na Bacia Litorânea Paranaense ...	516
Tabela 8.1.47 – Características do sistema de saneamento - agropecuária e mineração. ....	516
Tabela 8.1.48 - Características do sistema de saneamento - setor industrial. ....	517
Tabela 8.1.49 – Áreas das sub-bacias e percentual dentro da AEID (porção continental).....	521
Tabela 8.1.50 – Outorgas e Usos insignificantes em cada sub-bacia da AEID. ....	522
Tabela 8.1.51 – Volume de água captado por tipo de manancial.....	523
Tabela 8.1.52 – Volumes de água por tipo de uso em cada sub-bacia da AEID. ....	523
Tabela 8.1.53 – Resumo dos volumes de água por tipo de uso.....	524
Tabela 8.1.54 – Informações gerais dos lançamentos de efluentes na AEID. ....	524
Tabela 8.1.55 – Informações das outorgas de lançamento de efluentes na AEID.....	524
Tabela 8.1.56 – Estações que já existiram ou existe na AEID. ....	525
Tabela 8.1.57 - Dados secundários de qualidade da água do CEP (Complexo Estuarino de Paranaguá) obtidos pela APPA e utilizados neste diagnóstico. ....	527
Tabela 8.1.58 - Parâmetros de qualidade da água analisados nas campanhas de monitoramento da APPA. ....	528
Tabela 8.1.59 - Localização das estações amostrais de qualidade da água selecionadas para avaliação dos dados secundários da APPA (pontos pretéritos). ....	529
Tabela 8.1.60 – Localização geográfica dos pontos amostrais de qualidade da água, referentes a coleta de dados primários deste diagnóstico ambiental. ....	543
Tabela 8.1.61 - Parâmetros das campanhas em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, Águas Salobras Classe 1.....	551
Tabela 8.1.62 – Identificação das Potenciais Fontes Poluidoras na AEID.....	562
Tabela 8.1.63 – Áreas de abrangência das unidades aquíferas em relação às áreas de estudo para determinação das áreas de influência. ....	566
Tabela 8.1.64 – Relação dos Poços Piezômetros Instalados na ADA do empreendimento....	575
Tabela 8.1.65 - Níveis d'água medidos.....	576
Tabela 8.1.66 - Caracterização Química da Água Freática em Relação aos Poços Analisados. ....	579
Tabela 8.1.67 - Características principais das ondas no litoral do Paraná entre agosto e dezembro de 1983. ....	584
Tabela 8.1.68 - Principais informações das correntes de marés ao longo do eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá. ....	587
Tabela 8.1.69 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos de fundo da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51).....	597

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Tabela 8.1.70 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos coletados nos testemunhos rasos da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51). .....	605
Tabela 8.1.71 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos coletados nos testemunhos profundos da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51). .....	609
Tabela 8.1.72- Teores de carbono orgânico total (COT) e concentrações de nitrogênio total, (NT) e fósforo total (PT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12. ....	614
Tabela 8.1.73 - Resultados da avaliação da qualidade analítica através da análise de material de referência certificado. ....	618
Tabela 8.1.74 - Concentrações de elementos traços Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Mercúrio (Hg) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12. ....	620
Tabela 8.1.75 - Concentração de pesticidas organoclorados e PCBs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12. O valor LDM indica o limite de detecção do método enquanto LQM indica o limite de quantificação do método. Valores sublinhados indica que estiveram acima do LDM, mas abaixo do LQM (não considerados na representação gráfica). ....	627
Tabela 8.1.76 - Concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01_S a P05_F), em comparação com os valores para águas salina-salobras (Nível 1 e 2) da Resolução CONAMA 454/12. O valor LDM indica o limite de detecção do método enquanto LQM indica o limite de quantificação do método. Valores sublinhados indica que estiveram acima do LDM, mas abaixo do LQM .....	629
Tabela 8.1.77 - Fórmulas de transporte sólido, com faixa granulométrica recomendável e tipo de transporte (Rosman, 2016). ....	645
Tabela 8.1.78 - Vazões utilizadas para a modelagem hidrodinâmica da Baía de Paranaguá. ....	660
Tabela 8.1.79 - Classificação granulométrica dos sedimentos conforme a Escala Granulométrica de Wentworth (1922). ....	665
Tabela 8.1.80 – Concentrações de material em suspensão utilizados nas simulações.....	669
Tabela 8.1.81 - Constantes harmônicas utilizadas nas modelagens.....	671
Tabela 8.1.82 - Rugosidades equivalentes de fundo para cada tipo de sedimento. ....	673

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  346
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## 8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 8.1 Meio Físico

Neste documento é apresentado o diagnóstico do meio físico. O foco desse trabalho foi levantar todos os dados secundários disponíveis, principalmente no escopo dos licenciamentos ambientais da própria APPA, mas também de terminais privados. A partir disso, o diagnóstico foi construído de forma a compatibilizar a suficiência temporal e espacial dos dados secundários complementados pelo levantamento de dados primários.

As metodologias empregadas em cada área temática são descritas nos respectivos capítulos, abordando em detalhes os métodos utilizados e os dados contemplados na análise.

#### 8.1.1 Climatologia e Meteorologia

O clima pode ser compreendido como resultante da inter-relação de distintos fatores meteorológicos de maneira a estabelecer padrões climáticos para diferentes regiões. Estes padrões podem ser definidos como estáticos ou dinâmicos, determinando assim as tipologias climáticas regionais.

Os padrões estáticos referem-se a variáveis determinadas em função da localização de determinada região em relação à latitude, à distribuição das superfícies continentais e de águas, bem como das amplitudes altimétricas do relevo. Os padrões dinâmicos estão relacionados às correntes marítimas, à continentalidade e aos fenômenos atmosféricos tais como as frentes e massas de ar.

Para o território brasileiro, considerando suas dimensões, apresenta diferentes regimes climáticos, os quais são caracterizados por suas especificidades atreladas à direta influência da configuração geográfica, compreendendo, portanto, diferentes padrões estáticos e dinâmicos.

##### 8.1.1.1 Metodologia aplicada

A caracterização climatológica para a região em que se encontra o empreendimento foi desenvolvida a partir de dados existentes para o estado paranaense e para a área de

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  347
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

drenagem da Baía de Paranaguá, onde está inserida a área de estudo para determinação da área de influência indireta (AEII). Para tanto, esta caracterização é centrada na descrição regional do regime pluviométrico, umidade relativa do ar e temperatura do ar para o estado do Paraná, assim como na descrição local da precipitação, umidade relativa e temperatura do ar, insolação e nebulosidade, e ventos para o município de Paranaguá.

Para a caracterização regional da pluviosidade, da umidade relativa do ar e da temperatura do ar foram considerados dados provenientes de 28 estações meteorológicas (IAPAR e INMET) referentes a médias anuais e sazonais para o período entre 1980 e 2010. A relação das estações selecionadas é apresentada pela Tabela 8.1.1.

Para a caracterização de entorno do município de Paranaguá, com o intuito de identificar o regime pluviométrico na AEII, utilizou-se de dados de 20 estações pluviométricas e meteorológicas, conforme relação apresentada pela Tabela 8.1.2, considerando também a média histórica entre 1980 e 2010.

Para a elaboração dos mapas com a representação da distribuição da pluviosidade e umidade relativa do ar (médias anuais e sazonais), utilizou-se de ferramentas em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) a partir do método de interpolação *Spline* tencionado<sup>1</sup>. Este método trata-se de uma ferramenta embutida na extensão *Spatial Analyst* do software *ArcGIS 10*.

**Tabela 8.1.1 - Relação das Estações Meteorológicas Consideradas para a Análise Climática do Estado do Paraná, para o Período entre 1980 e 2010.**

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Operador
Guaraqueçaba	2548039	-25,27	-48,53	40,0	IAPAR
Morretes	2548038	-25,50	-48,82	59,0	IAPAR
Cambará	2350017	-23,00	-50,03	450,0	IAPAR
Joaquim Távora	2349030	-23,50	-49,95	512,0	IAPAR
Fernandes Pinheiro	2550025	-25,45	-50,58	893,0	IAPAR
Telêmaco Borba	2450011	-24,33	-50,62	768,0	IAPAR
Bandeirantes	2350018	-23,10	-50,35	440,0	IAPAR
Bela Vista do Paraíso	2251027	-22,95	-51,20	600,0	IAPAR
Ibiporã	2351011	-23,27	-51,02	484,0	IAPAR

<sup>1</sup> Detalhes acerca do funcionamento deste método são encontrados em estudos desenvolvidos por Mitsova e Mitsova (1993), Mitsova e Hofierka (1993), Mitsova e Mitsova (1999).

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Operador
Londrina	02351003	-23,37	-51,17	585,0	IAPAR
Guarapuava	2551010	-25,35	-51,50	1058,0	IAPAR
Palmas	2651043	-26,48	-51,98	1100,0	IAPAR
Clevelândia	2652003	-26,42	-52,35	930,0	IAPAR
Pato Branco	2652035	-26,12	-52,68	700,0	IAPAR
Francisco Beltrão	2653012	-26,08	-53,07	650,0	IAPAR
Planalto	2553015	-25,70	-53,78	400,0	IAPAR
Paranavaí	2352017	-23,08	-52,43	480,0	IAPAR
Palotina	2453003	-24,30	-53,92	310,0	IAPAR
Umuarama	2353008	-23,73	-53,28	480,0	IAPAR
Nova Cantú	2452050	-24,67	-52,57	540,0	IAPAR
Paranaguá	83844	-25,53	-48,51	4,5	INMET
Maringá	83767	-23,40	-51,91	542,0	INMET
Londrina	83766	-23,31	-51,13	566,0	INMET
Ivaí	83811	-25,00	-50,86	808,0	INMET
Irati	83836	-25,46	-50,63	837,0	INMET
Curitiba	83842	-25,43	-49,26	923,5	INMET
Castro	83813	-24,78	-50,00	1008,8	INMET
Campo Mourão	83783	-24,05	-52,36	616,4	INMET

**Tabela 8.1.2 – Relação das Estações Selecionadas para a Caracterização Pluviométrica de Entorno do Empreendimento, para o Período entre 1980 e 2010.**

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Operador
Paranaguá	83844	-25,5333	-48,5166	4,5	INMET
Morretes	2548000	-25,4667	-48,8331	8,0	ANA
Véu de Noiva	2548002	-25,4331	-48,9500	680,0	ANA
Colônia Cachoeira	2548003	-25,2331	-48,7500	80,0	ANA
Guaraqueçaba (Costão)	2548023	-25,3000	-48,2700	10,0	IPAGUAS
Limoeiro	2548025	-25,3167	-48,7000	8,0	ANEEL
Morro Grande	2548035	-25,9500	-48,7000	15,0	IPAGUAS
Marumbi	2548027	-25,5058	-48,8742	60,0	IPAGUAS
Posto Fiscal Km 309	2548036	-25,0833	-48,6000	702,0	IPAGUAS
Morretes	2548038	-25,5000	-48,8170	59,0	IAPAR
Guaraqueçaba	2548039	-25,2600	-48,5300	40,0	IAPAR
Bananal	2548043	-25,1800	-48,4000	16,0	IPAGUAS
Passo do Vau	2548044	-25,2000	-48,4700	73,0	ANA
Fazenda Bom Jesus	2548046	-25,3331	-48,6000	216,0	IPAGUAS
São João da Graciosa	2548047	-25,3831	-48,8667	159,0	IPAGUAS
Colônia Santa Cruz	2548049	-25,6167	-48,6000	79,0	IPAGUAS
Cubatão	2548051	-25,8167	-48,7500	12,0	IPAGUAS
Ilha do Rio Claro	2548052	-25,8128	-48,9236	237,0	IPAGUAS
Antonina	2548068	-25,4331	-48,7667	74,0	IPAGUAS
Antonina	2548070	-25,2400	-48,7500	60,0	IAPAR

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  349
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A referida interpolação utiliza-se de uma expressão polinomial para ajustar uma superfície analítica que inclua todos os pontos amostrais, de maneira que essa interpolação dos valores de cada célula do GRID gere uma superfície, na qual a pluviosidade ou a umidade em todos os pontos sejam obtidas.

Para a confecção dos mapas de temperaturas do ar anuais e sazonais, utilizou-se da correlação entre os dados das estações meteorológicas e de dados altimétricos provenientes do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), assim como a localização das estações em relação à latitude e ao oceano, a partir do método de regressão múltipla e álgebra entre mapas, conforme descrito por PAULA, 2005.

### 8.1.1.2 Dinâmica atmosférica e clima regional

As condições gerais dos tipos de tempo meteorológico que atuam em determinada região estão relacionadas às condições em escala global, em decorrência da circulação atmosférica geral. Nesse sentido, para possibilitar a compreensão da dinâmica atmosférica de um local de interesse, faz-se necessário considerar o contexto da região em que se insere o objeto de estudo, ou seja, é preciso analisar os fatores meteorológicos sob uma ótica global, considerando o entorno.

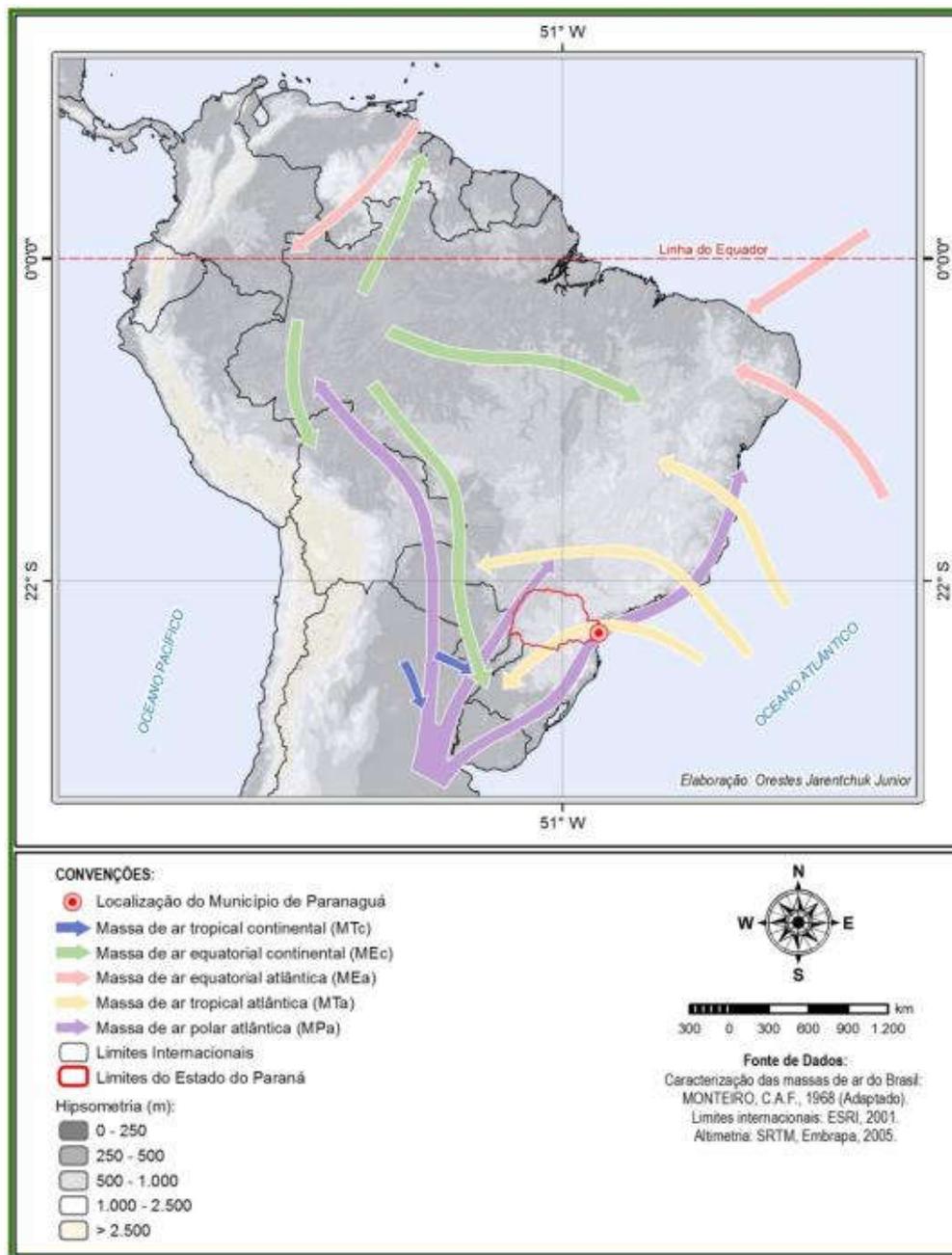
De modo geral, a dinâmica atmosférica pode ser compreendida a partir da movimentação dos sistemas atmosféricos (as massas de ar e as frentes a elas associadas), originados em células anticiclônicas e de deslocamento em direção às células ciclônicas. A influência da participação desses sistemas para a determinação dos diferentes tipos climáticos é resultante dos movimentos do ar em relação à superfície da Terra (horizontais e verticais), assim como os movimentos do próprio planeta (AYOADE, 1983).

Segundo Mendonça (2007), as massas de ar atuantes sobre o clima de determinada região se movimentam em função das diferenças de pressão entre o ponto de origem e de destino influenciando as características térmicas, higrométricas e barométricas de acordo com as propriedades que as definem (temperatura e umidade).

Para o Estado do Paraná são três os principais sistemas atmosféricos que atuam em sua região, conforme Monteiro (1968) e ilustrado pela Figura 8.1, a saber:

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  350
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- i) Massa Tropical Atlântica (MTa), caracterizada por ser quente e úmida, atuando constantemente durante o ano e regendo a incidência de chuvas orográficas, principalmente em áreas montanhosas como na região da Serra do Mar;
- ii) Massa Polar Atlântica (MPa), de características fria e úmida, também atuante constantemente durante o ano;
- iii) Massa Equatorial Continental (MEc), quente e com formação em baixas latitudes próximas ao Equador e atuante durante o período de verão.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.1 - Dinâmica das Massas de Ar Atuantes no Brasil.**

Estes sistemas atmosféricos são responsáveis pela regência da dinâmica climática, de maneira que o encontro do ar frio proveniente do polo Sul (MPa) e o ar quente tropical (MTa) refletem na formação de sistemas frontológicos (Frente Fria e Frente Quente) com predominâncias de acordo com a sazonalidade e responsáveis pela instabilização atmosférica durante o ano.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  352
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A dinâmica atmosférica do litoral paranaense está atrelada em grande parte do ano ao Anticiclone do Atlântico Sul, tendo a MTa e a MPa como os sistemas mais atuantes na região.

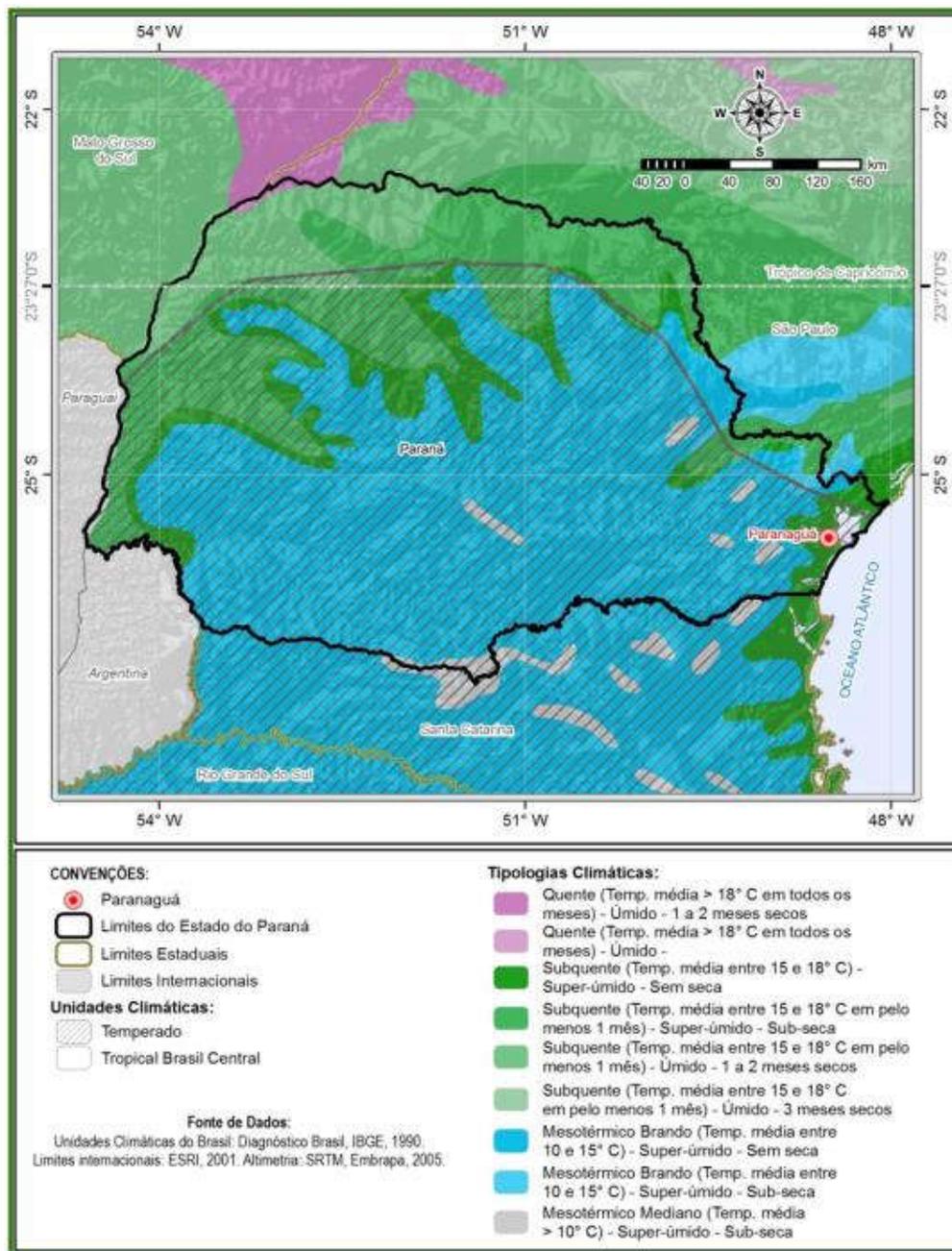
De acordo com o IBGE (2002), o Estado do Paraná se encontra sobre setor com predomínio de duas unidades climáticas (Figura 8.2), Clima Tropical Brasil Central e principalmente o Clima Temperado em consequência de se localizar em latitudes abaixo da linha do Trópico de Capricórnio e justamente por sofrer grande influência da Massa Polar Atlântica (MPa).

Predomina no Estado do Paraná, sob Clima Temperado, a tipologia climática mesotérmica branda, caracterizada como sendo super-úmida e, portanto, sem período de estiagem definido, para o qual a temperatura média varia entre 10 e 15°C.

Na porção Norte do Estado predominam as tipologias sob domínio do Clima Tropical Brasil Central, caracterizadas como subquentes com temperaturas médias variando entre 15 e 18°C em pelo menos um mês, úmido e super-úmido com a possibilidade de períodos de estiagem durante até dois meses ao ano à medida que as latitudes reduzem.

Especificamente, o município de Paranaguá se encontra sobre o domínio climático temperado subquente e super-úmido, o qual é caracterizado por não apresentar período de estiagem definido, porém com temperaturas médias variando entre 15 e 18°C.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  353
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.2 - Distribuição das Unidades e Tipologias Climáticas do Estado do Paraná.**

### 8.1.1.3 Pluviosidade

A média pluviométrica anual do Estado é de 1.722,61 mm e na área de entorno do município de Paranaguá podem ser observados valores totais anuais entre 1.971 mm e 2.446 mm,

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  354
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

identificados respectivamente através das estações de Morretes e Guaraqueçaba, enquanto que a estação Paranaguá registra um acumulado médio anual de 2.212 mm.

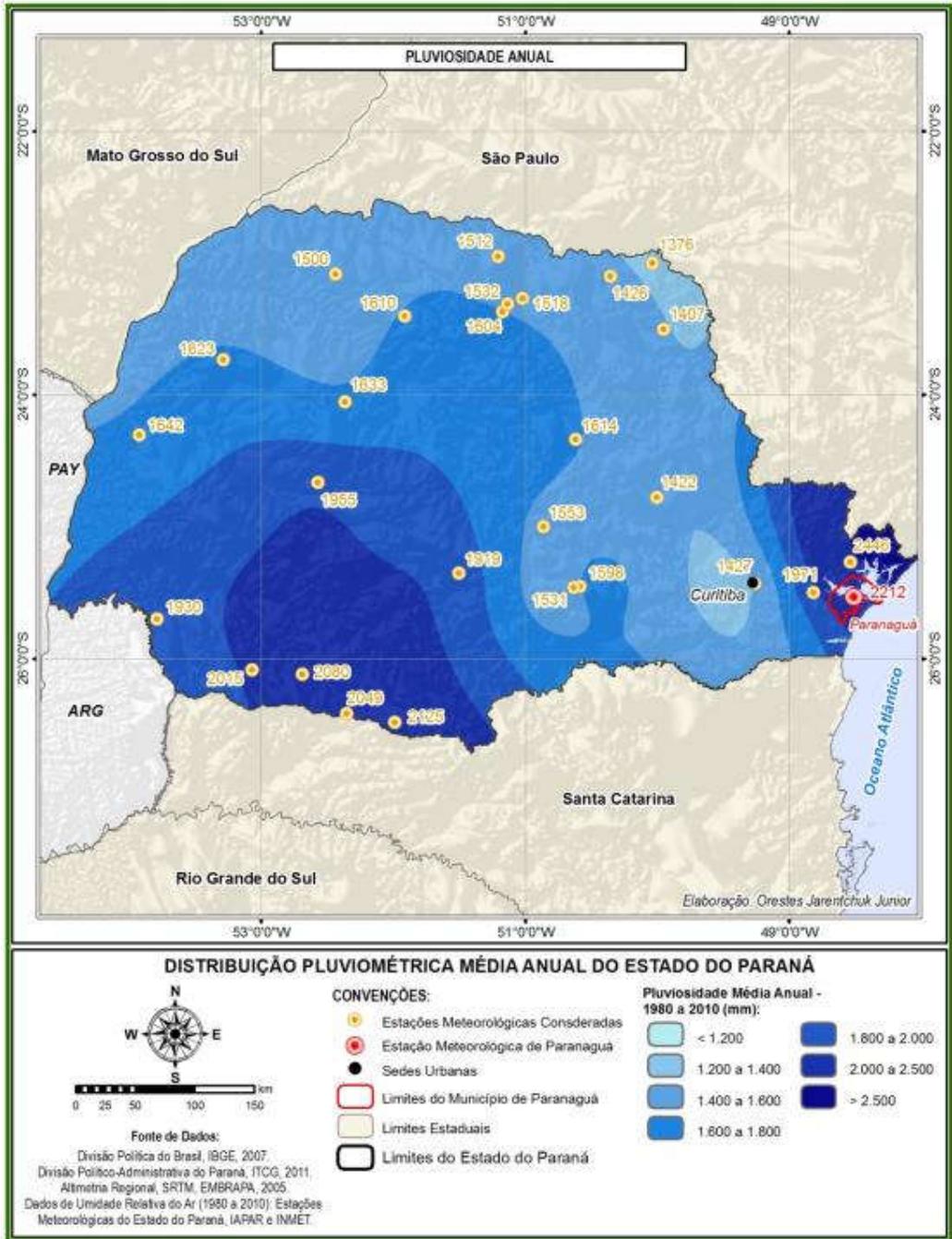
Com relação à sazonalidade das chuvas no Estado, destaca-se o alto índice pluviométrico durante o período de verão, quando há o predomínio da atuação da MPa, de forma que o aquecimento basal e acentuação de instabilidade desta massa de ar acarretam na elevação da ocorrência de eventos de precipitação atmosférica.

Na Figura 8.3 e Figura 8.4, têm-se representadas tanto a espacialidade da pluviosidade média anual para o território paranaense, quanto a espacialidade das chuvas para cada estação do ano, bem como a indicação em destaque da estação de Paranaguá e dos limites do município onde se insere o empreendimento.

Quanto a sazonalidade das chuvas no litoral, deve-se destacar o significativo índice pluviométrico durante a estação de verão, período do ano em que se observa a predominância da atuação da MTa. Em decorrência da atividade da MTa sobre o território litorâneo do Paraná, em conjunto com o aquecimento basal durante o verão, acentuando a instabilidade desta massa de ar, e associada ao fenômeno orográfico do sistema atlântico, tem-se significativa elevação na pluviosidade regional.

A média pluviométrica para os meses de verão é de 572,82 mm, com acumulado mínimo de 448,28 mm em registro pela estação Irati (83836), localizada a aproximadamente 213 km da sede de Paranaguá, enquanto que o acumulado máximo de 1.016,9 mm é registrado pela estação Guaraqueçaba (2548039), valor justificado por sua localização litorânea e forte influência da MTa.

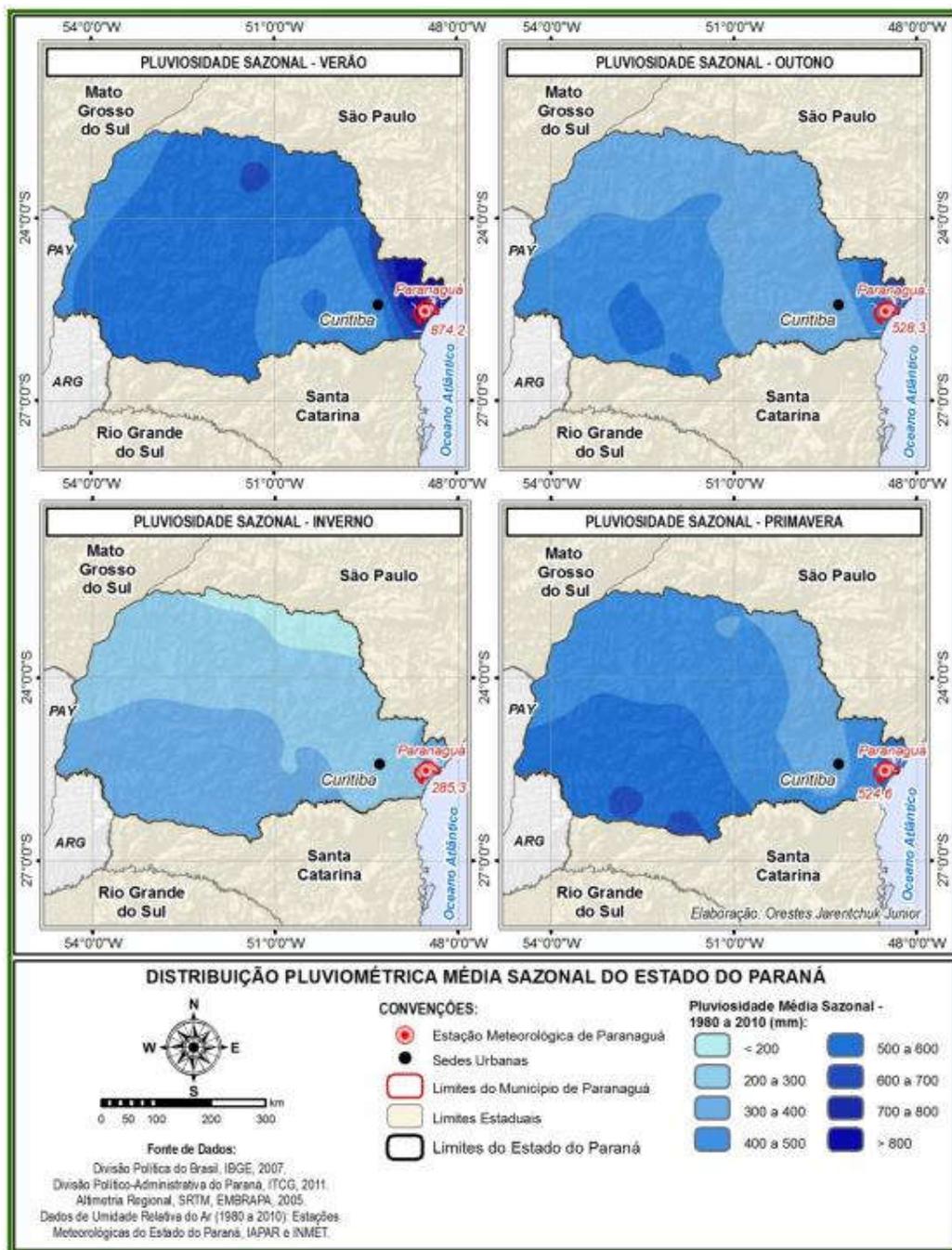
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  355
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.3 - Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual no Estado do Paraná (1980 a 2010).**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  356
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.4 - Distribuição Espacial da Precipitação Média Sazonal no Estado do Paraná (1980 a 2010).**

Além de o acumulado pluviométrico demonstrar-se maior no verão, correspondendo a aproximadamente 40% do total pluviométrico anual, deve-se destacar que as chuvas convectivas de maior intensidade ocorrem também nesta época do ano, favorecendo a

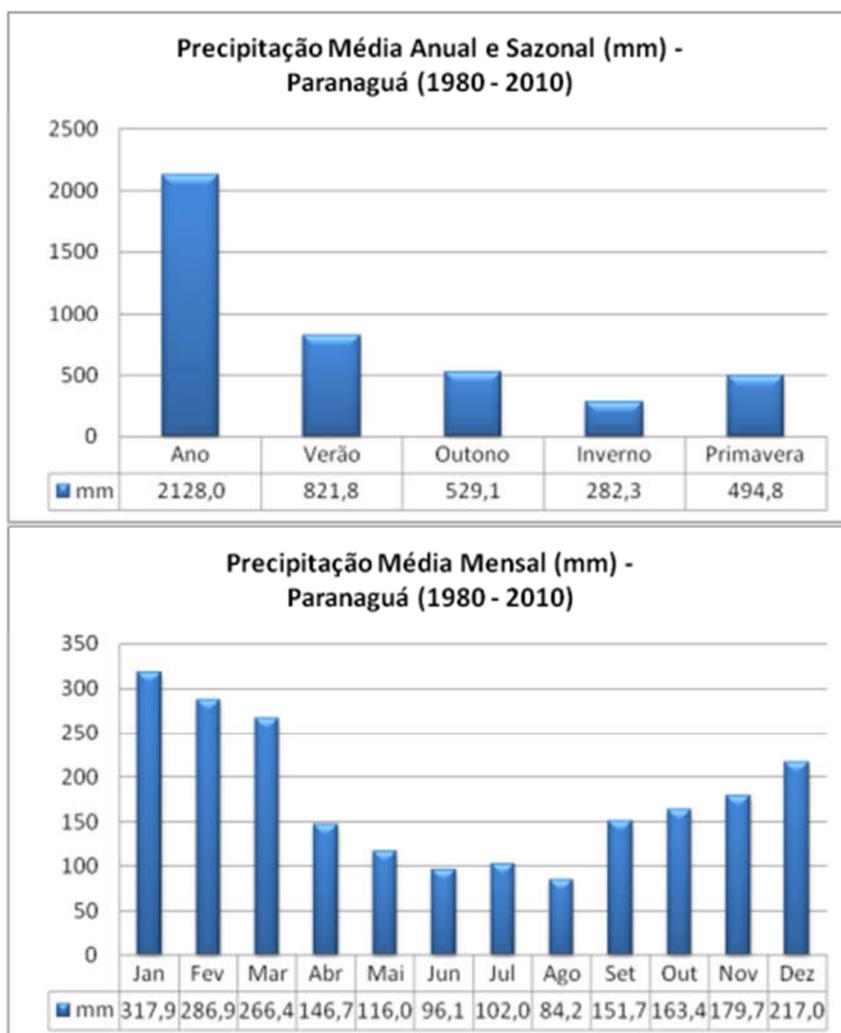
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  357
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

deflagração de processos morfogenéticos (movimentos de massa e processos erosivos) e consequentemente acarretando no assoreamento de corpos hídricos que drenam para a baía de Paranaguá.

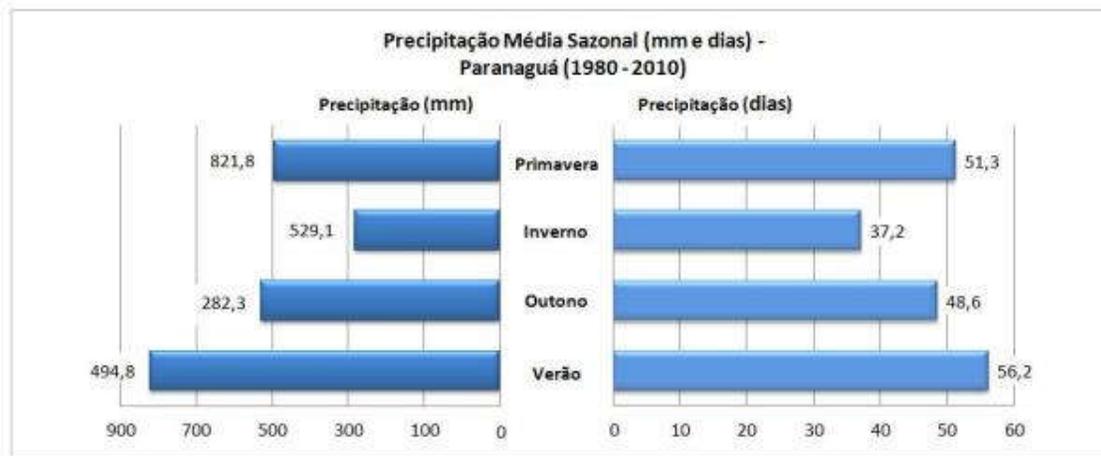
Durante os meses que compõem o período de inverno, estação caracterizada pelas baixas temperaturas e redução dos eventos de chuva, os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelos eventos de pluviosidade são as frentes frias, ainda que não provoquem acumulados significativos.

No que diz respeito à pluviosidade média sazonal e mensal do município de Paranaguá, observando-se as representações ilustradas no Gráfico 8.1.1 e considerando o exposto anteriormente, confirma-se que o período de ocorrência da maior incidência de eventos pluviométricos corresponde aos meses de verão, destacando-se janeiro e fevereiro, cujas médias alcançam 317,9 mm e 286,9 mm respectivamente. O período com menor média pluviométrica é, portanto, o inverno, quando durante o mês de agosto o acumulado médio é de apenas 84,2 mm.

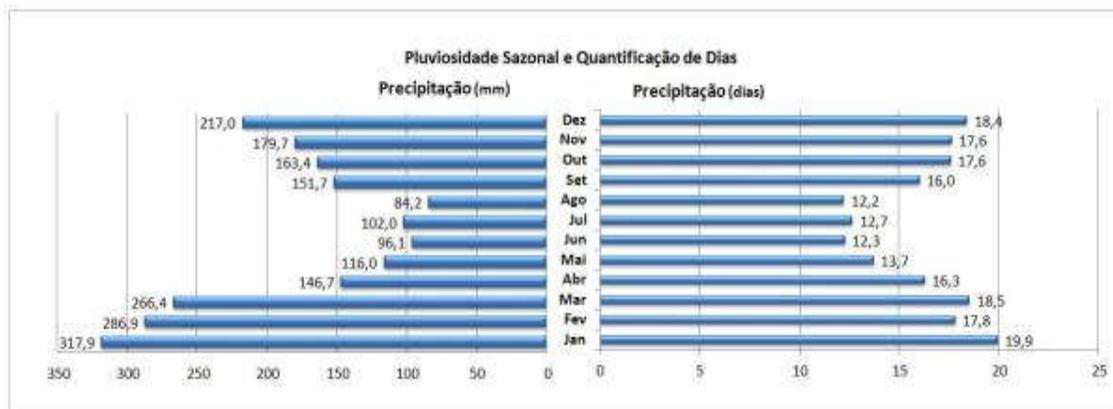
Observando-se a quantificação de dias com eventos de precipitação para a estação de Paranaguá (Gráfico 8.1.2 e Gráfico 8.1.3), nota-se que o mês de janeiro é responsável pelo maior número de dias com incidência de chuvas, somando-se aproximadamente 20 dias em média para o período analisado.



**Gráfico 8.1.1 - Distribuição da Precipitação Média Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**



**Gráfico 8.1.2 - Quantificação Média Sazonal de Dias com Precipitação para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**

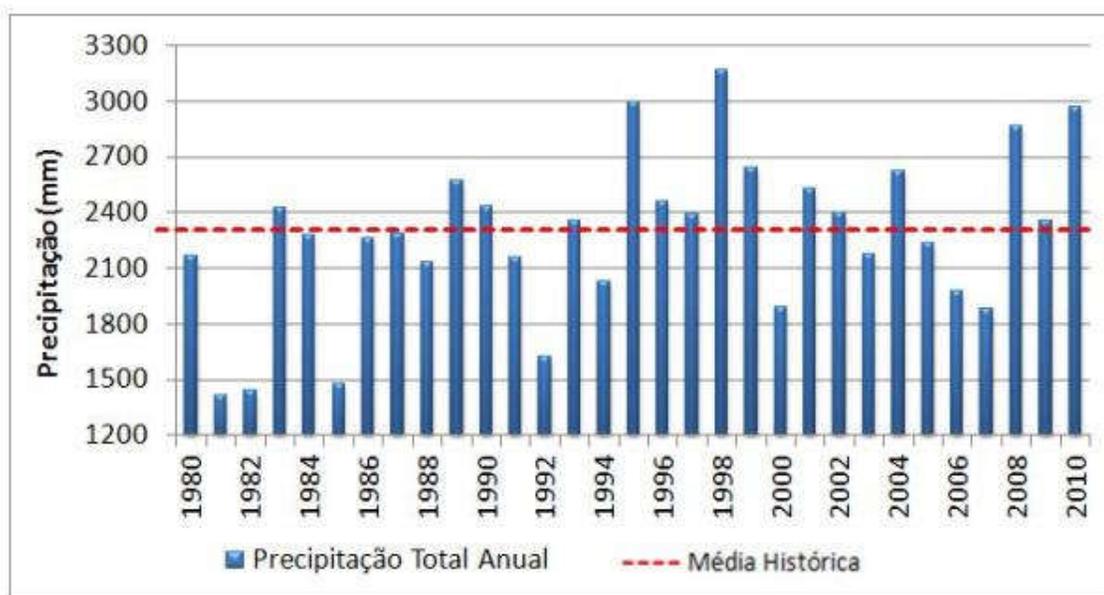


**Gráfico 8.1.3 - Quantificação Média Mensal de Dias com Precipitação para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**

Os meses de dezembro e março se destacam também por apresentarem os maiores números de dias com ocorrência de chuvas durante o ano. No entanto, ainda que o mês de fevereiro se apresente com o menor número de dias chuvosos do período de verão (aproximadamente 18 dias), e se comparado com os meses de dezembro e março (aproximadamente 18 e 19 dias, respectivamente), ainda apresenta-se como de maior intensidade pluviométrica em relação a esses meses. Tal afirmação é legitimada no Gráfico 8.1.4, o qual indica acumulado médio de 286,9 mm para fevereiro, frente aos 217,0 mm e 266,4 mm respectivos aos meses de dezembro e março.

De modo geral, a pluviosidade possui uma significativa variação durante os anos considerados para a análise em média histórica em função da dinâmica atmosférica e do clima regional, sendo que para o município de Paranaguá o comportamento dessa variação ao longo dos anos é evidente e pode ser observado a partir do Gráfico 8.1.4.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 360
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



**Gráfico 8.1.4 - Variação Interanual da Pluviosidade para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**

Observam-se momentos em que os valores médios anuais superam significativamente a média histórica (2.354,5 mm/ano), destacando-se os anos de 1995 (2.995,5 mm/ano), 1998 (3.171,9 mm/ano) e 2010 (2.973,2 mm/ano). De maneira contrária, para os anos de 1981, 1982 e 1985 foram registrados valores abaixo da média.

Esta situação pode estar relacionada à atuação de fenômenos climáticos cíclicos como o El Niño, o qual contribui para a elevação da pluviosidade (como ocorrido durante o ano de 1998), e a La Niña, responsável por um efeito contrário reduzindo a pluviosidade (tal como ocorrido durante o ano de 1981, momento em que o registro médio de precipitação anual é de 1.415,4 mm).

#### 8.1.1.4 Umidade relativa do ar

A caracterização da umidade relativa permite expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera a partir da relação entre o teor de vapor d'água contido no ar num dado momento e o teor máximo que esse ar poderia conter, à temperatura ambiente. O valor da umidade relativa pode mudar em função da alteração do teor de umidade do ar ou pela mudança de temperatura (IAPAR, 2000).

Para o Estado do Paraná a umidade relativa do ar é retratada considerando o mesmo método adotado para os dados de pluviosidade, complementando assim a caracterização

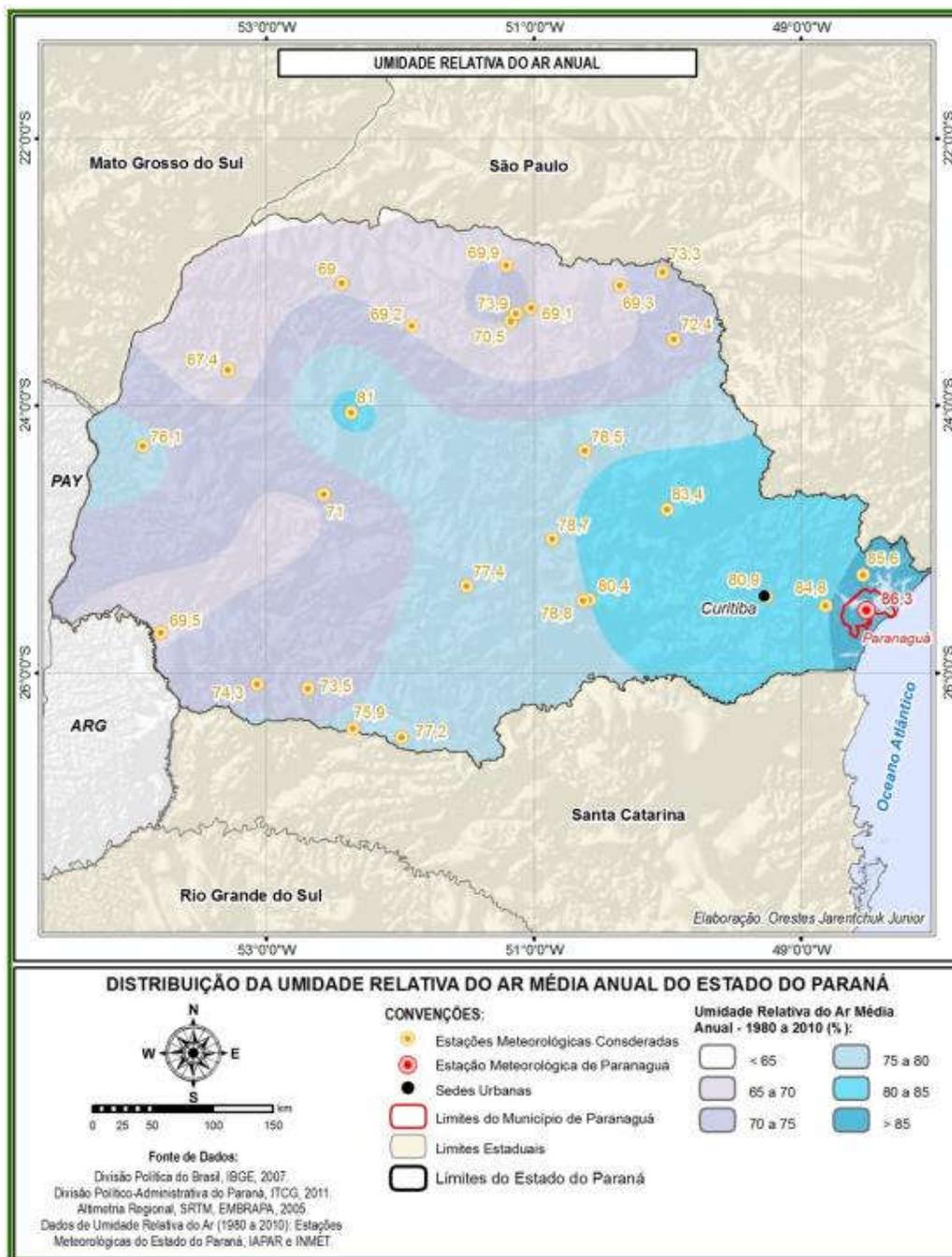
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  361
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

climática regional nas escalas espacial e temporal do estado. A Figura 8.5 ilustra a distribuição espacial da umidade relativa do ar média anual e sazonal respectivamente para o território paranaense, assim como a indicação da estação Paranaguá e dos limites do município em que se encontra o empreendimento.

O valor médio anual da umidade relativa do ar para o Estado é de 75,6%, com índices mínimos entre 67,4% e 69% registrados pelas estações Umuarama e Paranavaí, respectivamente, e índices máximos superiores a 85% na região litorânea, destacando o registro da estação de Paranaguá (86,3%), sendo a evapotranspiração potencial anual entre 800 e 900 mm, proporcionando excedentes hídricos anuais superiores a 1.200mm (IAPAR, 2000).

Observando-se a Figura 8.6, a qual representa a sazonalidade da umidade relativa do ar para as estações meteorológicas do Paraná, verifica-se que no decorrer dos meses a umidade relativa apresenta relação inversa ao fator temperatura, sobretudo para a região litorânea. Durante os períodos de primavera e verão as temperaturas aumentam e a umidade do ar passa a regredir quando comparada com a umidade durante os períodos de outono e inverno.

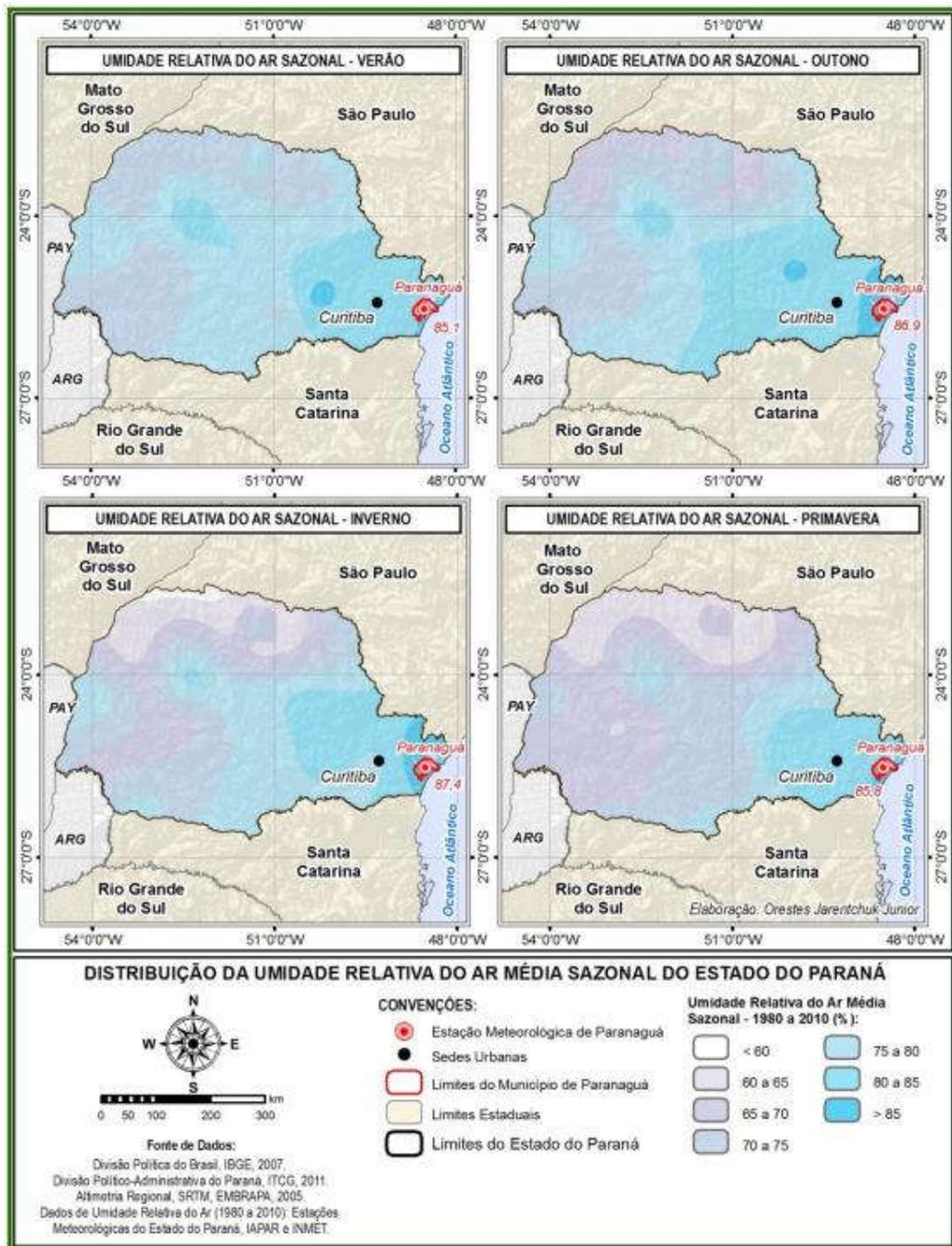
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  362
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.5 - Distribuição Espacial da Umidade Relativa do Ar Média Anual no Estado do Paraná (1980 a 2010).**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 363
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

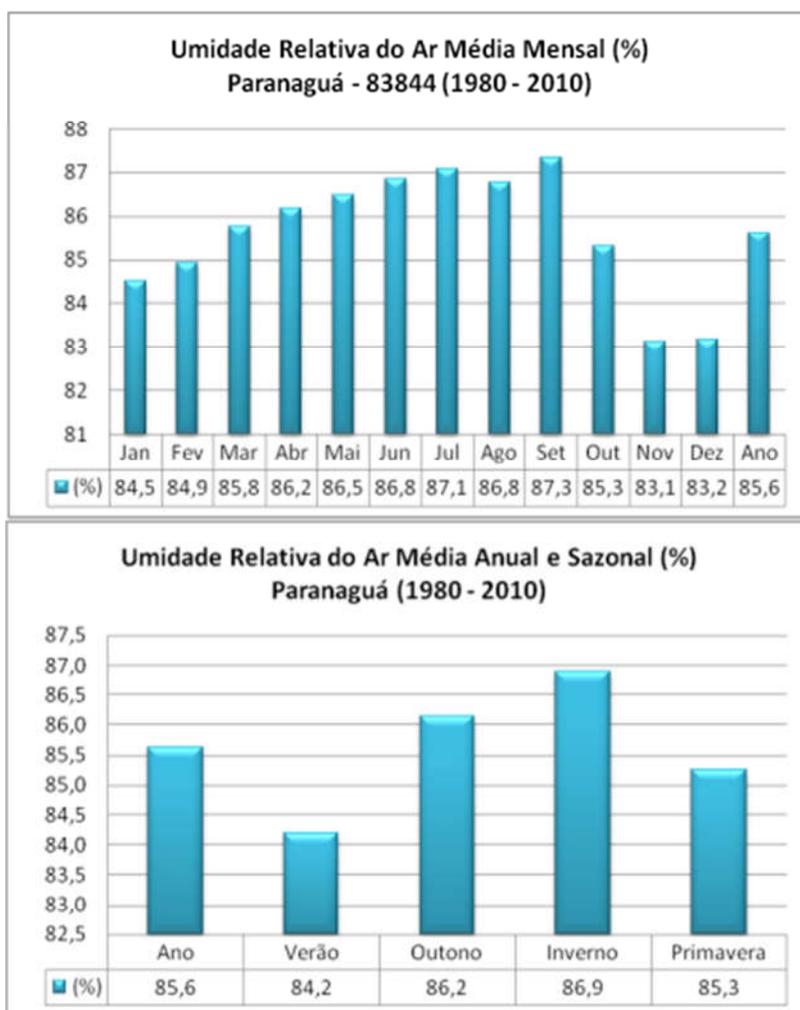
**Figura 8.6 - Distribuição Espacial da Umidade Relativa do Ar Média Sazonal no Estado do Paraná (1980 a 2010).**

Nota-se que durante o ano ocorre uma concentração da umidade relativa do ar na região litorânea, alcançando especificamente para o município de Paranaguá o valor máximo de 87,4% durante o verão e mínima de 85,1%, permanecendo então com valores acima de

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  364
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

60%, níveis adequados para a saúde humana segundo índices estabelecidos pela OMS (Organização Mundial da Saúde), conforme destaca o CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências) da prefeitura municipal de São Paulo.

A representação gráfica da distribuição da umidade relativa do ar média mensal, anual e sazonal para a estação de Paranaguá pode ser verificada através do Gráfico 8.1.5. É possível observar que a umidade relativa média do ar mensal sofre um decréscimo significativo durante os meses de novembro (83,1%) e dezembro (83,2%), ou seja, ao final do período de primavera e início do verão.



**Gráfico 8.1.5 - Distribuição da Umidade Relativa do Ar Média Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  365
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.1.5 Temperatura do ar

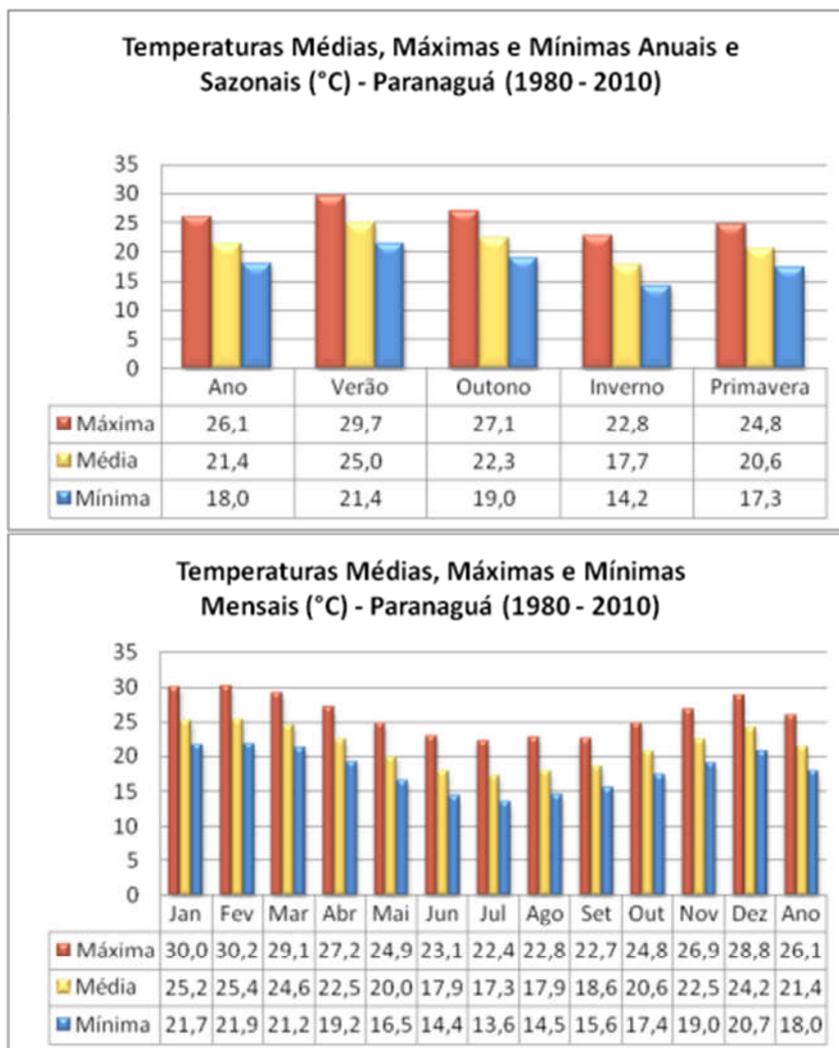
Diversos fatores influenciam a distribuição das temperaturas na superfície terrestre, tais como a insolação incidente, as características da superfície em relação ao albedo<sup>2</sup> dos elementos e materiais que nela se encontram a distância dos corpos hídricos, o relevo, a vegetação, a origem dos ventos e também as correntes oceânicas.

Considerando-se que os dados térmicos especializados correspondem a extrapolações de dados aferidos pontualmente, optou-se por se realizar a análise dos dados registrados através da estação de Paranaguá, sobretudo devido à proximidade em relação ao local do empreendimento, e para a qual se dispõe de série histórica consistida.

Os gráficos de temperatura para a estação de monitoramento de Paranaguá (Gráfico 8.1.6) demonstram que o período de temperaturas mais elevadas é representado pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, sendo que este último se destaca como o mais quente entre os três. O período de menores temperaturas é representado pelos meses de junho, julho e agosto, sendo que o mês de julho é o que apresenta a menor média de temperatura.

---

<sup>2</sup> O albedo é definido pela razão da radiação solar refletida ou espalhada por uma superfície num fluxo incidente de insolação.



**Gráfico 8.1.6 - Distribuição das Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas Anual, Sazonal e Mensal para a Estação Meteorológica de Paranaguá (1980 a 2010).**

Identifica-se que a temperatura média anual para a região de Paranaguá é 21,4°C. No verão, cuja média é de 25°C destaca-se o mês de fevereiro com 25,4°C. No outono a média é de 22,3°C, com redução durante o inverno para 17,7°C, sendo o mês mais frio representado por julho, este com 17,3°C. Durante a primavera a média fica próxima da média anual registrando 20,6°C.

Utilizando-se dos dados de temperaturas médias, observa-se que as temperaturas médias (anual e sazonal) apresentam-se da seguinte maneira:

- A média anual fica entre 20° e 21°C na planície litorânea diminuindo nas porções mais altas da AEII;

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  367
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- No verão a média fica entre 24° e 25°C na planície, diminuindo para 23° e 24°C nas regiões mais altas da AEII;
- No inverno, as médias ficam entre 16° e 17°C na planície, sendo que nas regiões mais altas da AEII atingem valores entre 15° e 16°C.

Com a preocupação em identificar as localidades mais quentes na região em análise, os valores térmicos máximos anuais e sazonais registrados indicam que as médias das temperaturas máximas (anual e sazonal) apresentam-se da seguinte maneira:

- A média anual fica entre 26° e 27°C na planície litorânea diminuindo nas regiões mais altas da AEII. Nos morros a média anual fica entre 25° e 26°C;
- No verão a média fica em 31°C na planície, diminuindo para 29°C e 30°C nas áreas mais elevadas da AEII;
- No inverno, as médias para a AEII ficam entre 22,5° e 23°C.

A temperatura máxima média registrada na estação climatológica de Paranaguá é 26,1°C, sendo que no verão destacam-se os meses de janeiro e fevereiro com média de 30°C. No outono a média é de 27,1°C reduzindo durante o inverno para 22,8°C, sendo o mês mais frio representado por julho com 22,4°C. Durante a primavera a média é de 24,8°C, com destaque para o mês de novembro que apresenta máxima média de 26,9°C.

Referindo-se à variabilidade das temperaturas mínimas médias (anuais e sazonais), verifica-se:

- A média anual fica entre 16,5° e 17°C na planície litorânea diminuindo com o aumento da altitude. Nos morros, a média anual fica entre 16° e 16,5°C;
- No verão a média é próxima a 20,5°C em toda extensão da AEII;
- No inverno as médias apresentam valores próximos a 12,5° C na planície, atingindo 12,0°C na região mais altas da AEII.

A média anual da temperatura mínima na estação de Paranaguá é 18°C. No verão destacam-se os meses de janeiro e fevereiro com média de 21,4°C. No outono a média é de 19,0°C reduzindo durante o inverno para 14,2°C, sendo o mês mais frio representado por julho com 13,6°C. Durante a primavera a média é de 17,3°C, com destaque para o mês de setembro que apresenta mínima média de 15,6°C.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  368
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Analisando a sazonalidade da distribuição da temperatura na porção litorânea do estado do Paraná, verifica-se que durante o verão a maritimidade e a variação da latitude exercem papéis secundários, em relação à variação da altitude do relevo. A altitude a partir das formas de relevo atenua a temperatura.

Durante o inverno, além do relevo que através da força de atrito orienta o desenvolvimento da MPa, associa-se à altitude proporcionando quedas importantes de temperatura nos lugares mais elevados. Deve-se destacar também que a variação da latitude assume um papel fundamental em função da insolação da superfície terrestre. Salienta-se que o efeito da maritimidade durante o inverno, segundo Nimer (1979), é justamente o oposto do que se verifica no período de verão.

De maneira geral, a temperatura se apresenta da seguinte forma: no verão, sob domínio da MTa, registram-se as maiores médias, as quais diminuem a partir do mês de março, no outono. No inverno, por influência da MPa verificam-se os valores mais baixos, os quais aumentam progressivamente durante a primavera.

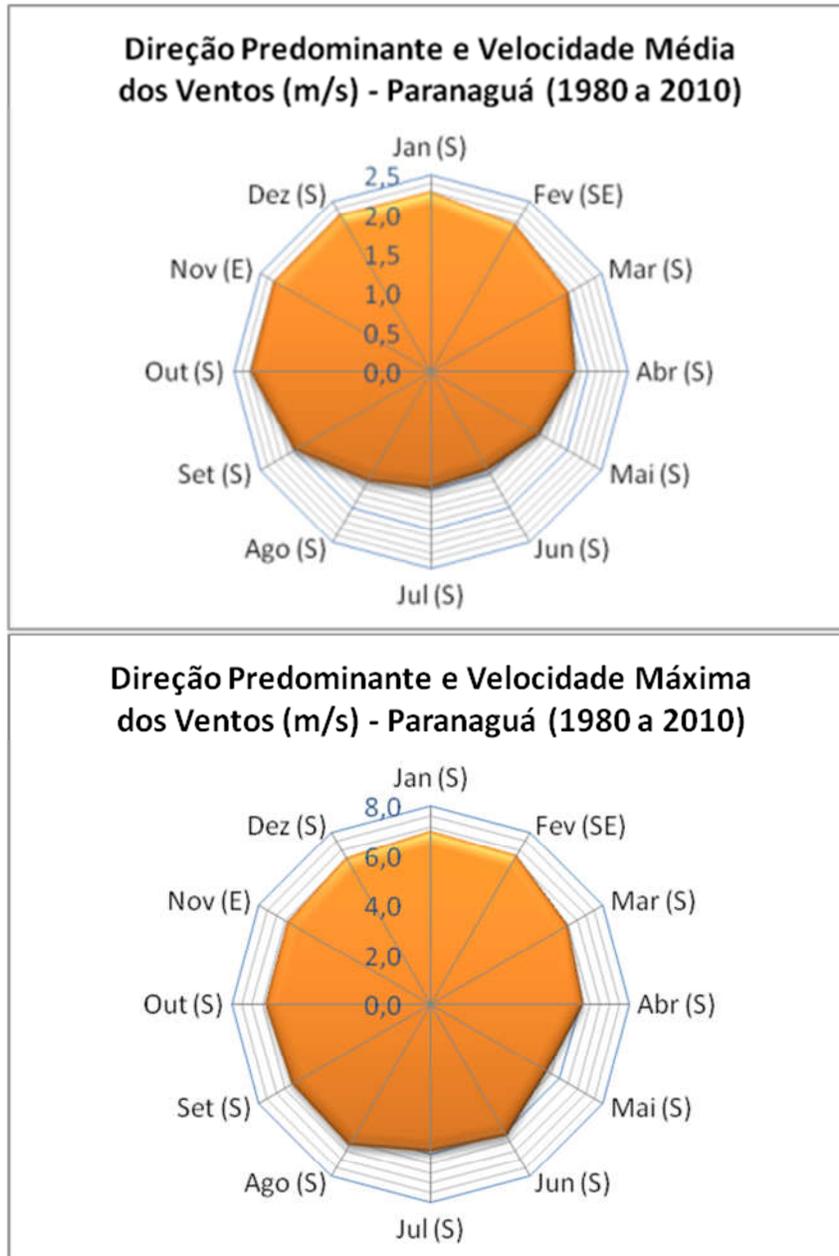
#### **8.1.1.6 Ventos**

O tratamento dos dados de ventos e sua representação em gráficos colocam em evidência a velocidade e direção média dos ventos predominantes na região do município de Paranaguá, tanto na manifestação média anual quanto sazonal e mensal.

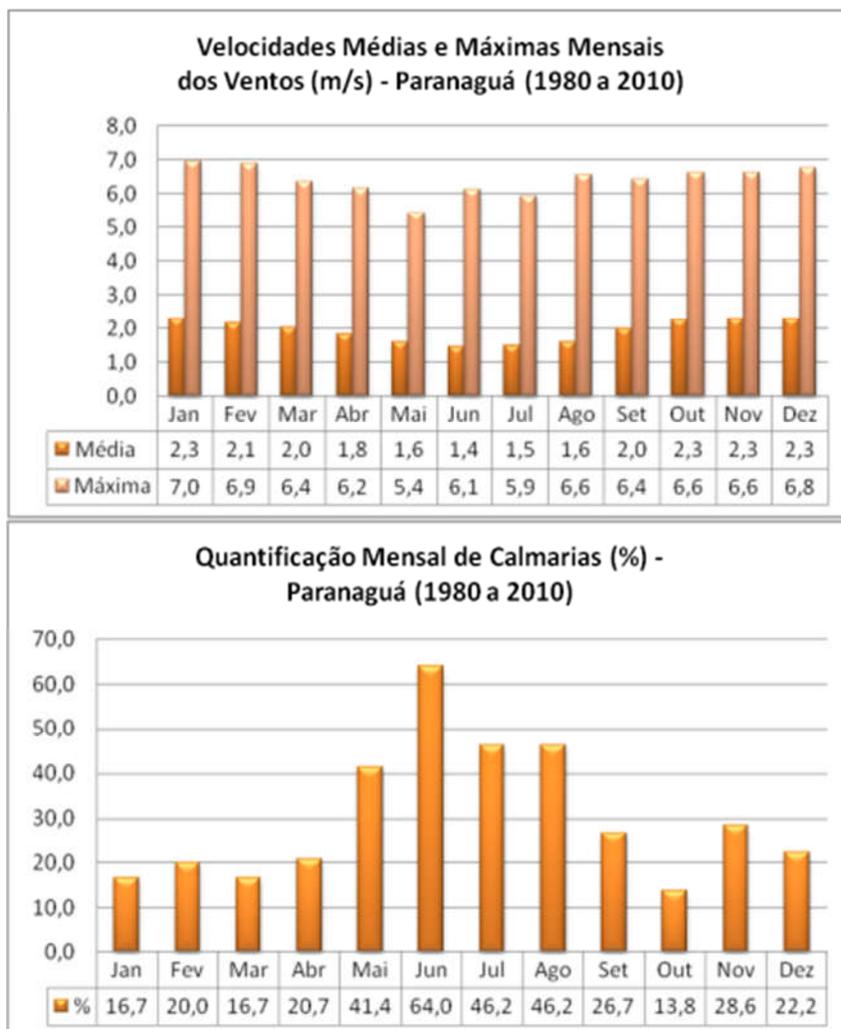
A dinâmica dos ventos em toda a porção litorânea do estado do Paraná é definida, basicamente, pelo Anticiclone do Atlântico Sul e pelo Anticiclone Migratório Polar, na sua ação sobre o ramo Atlântico da Massa Polar. (BIGARELLA et. al., 1978).

Os dados de direção e velocidade média dos ventos predominantes foram obtidos pela estação de Paranaguá (Gráfico 8.1.7 e Gráfico 8.1.8), situada a cerca de 3 km do empreendimento, e permitem identificar a predominância de ventos Sul, com velocidades médias entre 1,4 e 2,3 m/s, enquanto a velocidade máxima é registrada para o mês de janeiro, alcançando até 7,0 m/s.

Percebe-se que a velocidade média mensal revela maior intensidade nos meses de outubro a janeiro, quando a média de 1,9 m/s é superada. Durante o inverno são registrados os maiores índices de calmaria, entre 64,0 e 46,2 %, destacando-se o mês de junho quando a velocidade média alcança valores de até 1,4 m/s.



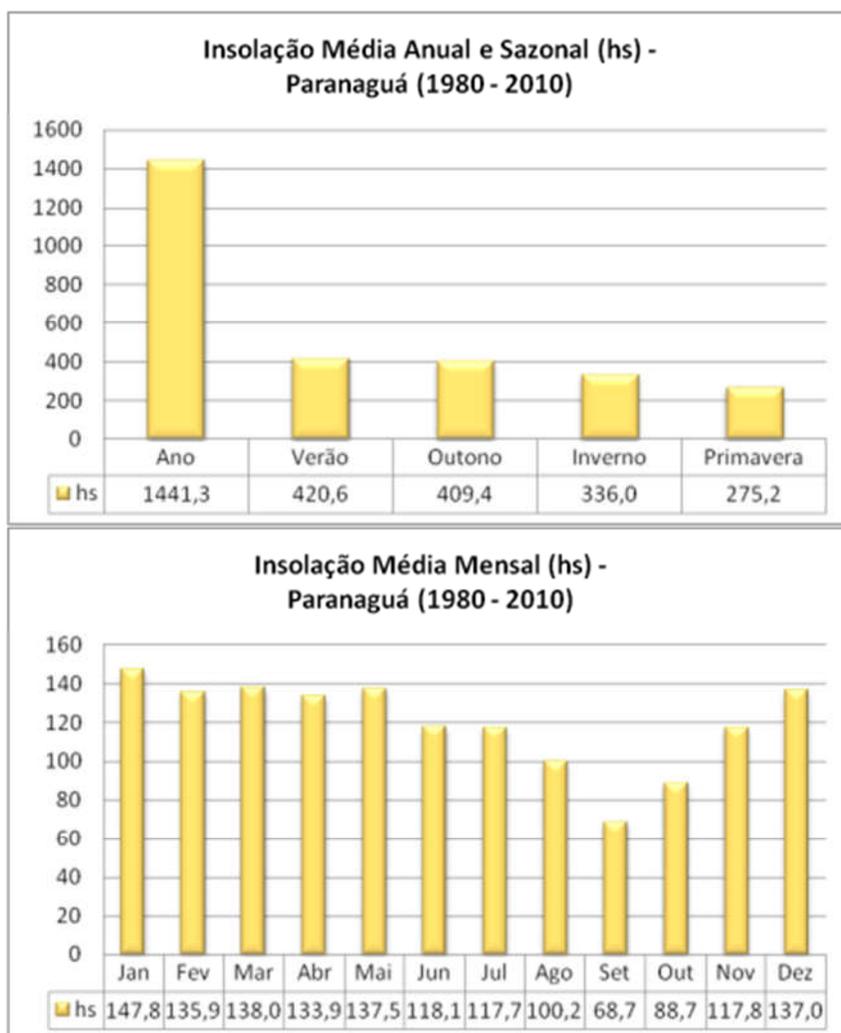
**Gráfico 8.1.7 - Direção e Velocidade Média dos Ventos Predominante em Paranaguá (1980 a 2010).**



**Gráfico 8.1.8 - Distribuição das Velocidades Médias e Máximas Mensais dos Ventos e Quantificação das Calmarias em Paranaguá (1980 a 2010).**

### 8.1.1.7 Insolação e nebulosidade

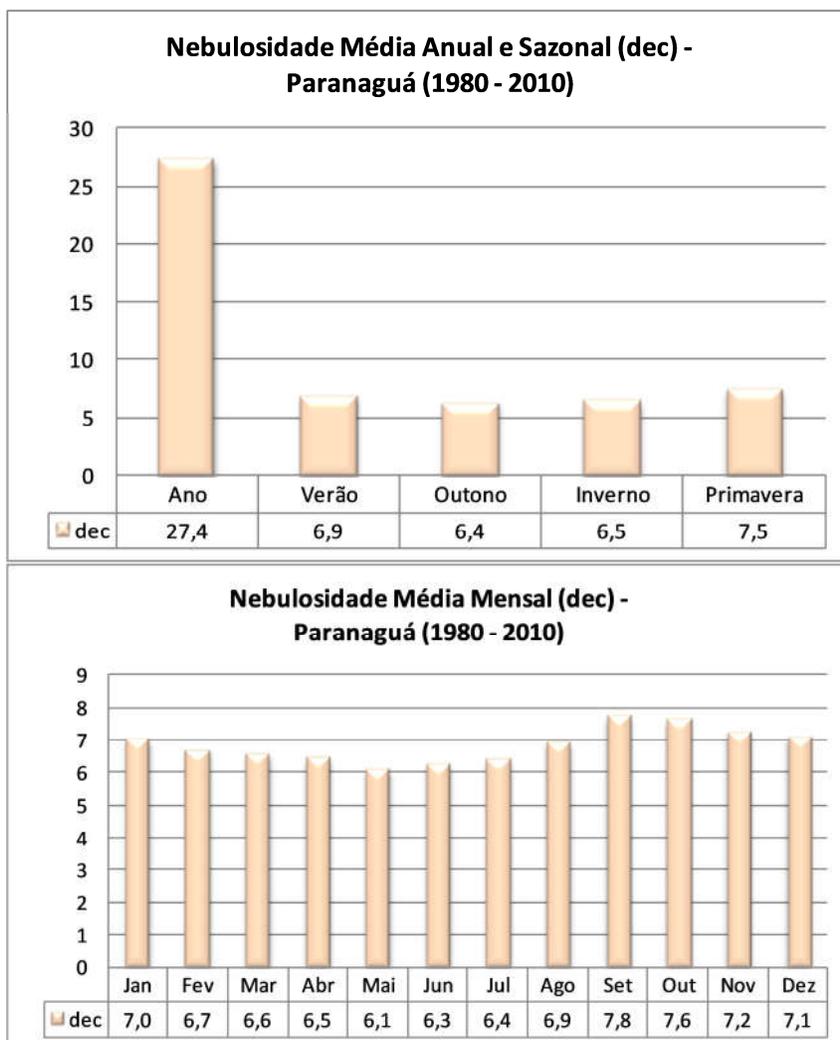
A insolação apresenta variações significativas ao longo do ano e, de acordo com o Gráfico 8.1.9, a insolação média mensal para o município de Paranaguá revela uma variação diretamente influenciada pelos fatores dinâmicos e estáticos atuantes na região.



**Gráfico 8.1.9 - Distribuição da Insolação Média Anual e Sazonal em Paranaguá (1980 a 2010).**

Durante os meses que compõem as estações de verão e outono registram-se as maiores médias, as quais são influenciadas principalmente pela posição da Terra em relação ao Sol neste período, que favorece uma maior intensidade de insolação.

Os meses de inverno e primavera apresentam mudanças significativas em relação aos meses de verão, pois outro fator que influi diretamente na insolação é o índice de nebulosidade. Tal afirmativa é possível legitimar a partir da correlação entre o Gráfico 8.1.9 e Gráfico 8.1.10.



**Gráfico 8.1.10 - Distribuição dos Índices de Nebulosidade Média Anual, Sazonal e Mensal em Paranaguá (1980 a 2010).**

Destacam-se assim os meses de janeiro, março e maio como os períodos em que se alcançam a máxima insolação para o município de Paranaguá com as respectivas médias de 147,8, 148,0 e 137,5 horas de incidência da radiação solar.

Quanto à nebulosidade, observa-se o menor índice durante o mês de maio (6,1 décimos de hora), sendo que a média anual é de 27,4 décimos de hora, enquanto a maior média de nebulosidade para a região é alcançada durante a primavera com 7,5 décimos de hora.

### 8.1.2 Qualidade do Ar

A Qualidade do Ar é um aspecto muito importante de meio físico de um determinado local, pois sua manutenção em níveis adequados contribui para o bem-estar dos organismos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  373
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

presentes neste ambiente, inclusive o bem-estar humano. A avaliação da qualidade do ar é realizada com base na concentração de poluentes atmosféricos, tidos como indicadores. Quanto menores os níveis destes poluentes na atmosfera, melhor é a classificação da qualidade do ar local.

As condições da qualidade do ar em uma região estão relacionadas a fatores complexos diversos. O relevo, o clima e a meteorologia, a vegetação, o uso e ocupação da terra, os tipos de fontes de emissão atmosféricas existentes, dentre outros fatores de uma região e de seu entorno, têm importância sumária na qualidade do ar local. Essas características da região determinarão os tipos e os níveis de concentração dos poluentes existentes na atmosfera local, bem como, a forma de dispersão destes poluentes.

A presença de uma atividade logística, como o Porto de Paranaguá, oferece impactos diretos e indiretos na qualidade do ar do entorno do empreendimento. Desta forma, para minimizar a alteração da qualidade do ar, todo empreendimento cuja atividade pode lançar poluentes para a atmosfera deve buscar conhecer, controlar, minimizar e, quando o caso, tratar de suas emissões, antes de descarregá-las no ambiente.

Basicamente, as emissões atmosféricas relacionadas à atividade do Porto Organizado de Paranaguá compreendem fontes móveis tais como: navios, trens, caminhões, tratores e veículos automotores. Além disso, há emissões fugitivas presentes principalmente nos processos de recebimento, transporte, armazenamento, carregamento e expedição de cargas, com maior impacto causado pelas atividades realizadas com produtos a granel como grãos, farelos e fertilizantes. Há algumas fontes de emissão pontuais, como filtros de manga e ciclones em silos de armazenamento de grãos, por exemplo; porém estas emissões são pequenas se comparadas às emissões veiculares e fugitivas, principais fontes presentes em um porto. Estes tipos de emissões são mais difíceis de controlar, pois não são lançadas na atmosfera por meio de dutos ou chaminés, como as fontes pontuais.

A legislação ambiental define os padrões de qualidade do ar, que são as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Mais detalhes da legislação relacionada ao tema da qualidade do ar são apresentados a seguir.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  374
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.2.1 Legislação aplicável

As fontes de poluentes atmosféricos devem respeitar os limites de emissão estabelecidos principalmente pelas Resoluções CONAMA 382/06 e 436/11, em função do seu porte e tipo de atividade. Além disso, a legislação estabelece através da Resolução CONAMA 03/90 que nenhuma fonte ou conjunto de fontes pode emitir matéria ou energia em quantidades e condições que resultem em concentrações superiores aos padrões de qualidade do ar. Portanto, a qualidade do ar no entorno de empreendimentos deve ser mantida pelo conjunto de fontes (industriais, veiculares e outras) em níveis compatíveis com os padrões de qualidade do ar determinados pela legislação. Por outro lado, individualmente, cada fonte de lançamento de qualquer tipo de matéria ou energia só pode operar observando-se os limites de emissões individuais.

No estado do Paraná, a Resolução SEMA 016/2014 estabelece os padrões de qualidade do ar vigentes para o estado, que são iguais aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 em nível federal. Os limites máximos (padrões primários) de concentrações para as substâncias tidas como indicadores da qualidade do ar estão indicados na Tabela 8.1.3.

**Tabela 8.1.3 - Padrões de qualidade do ar segundo Resolução CONAMA 03/90 e Resolução SEMA PR 016/14.**

Poluente	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo de Amostragem	Método de Medição <sup>(d)</sup>
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240 <sup>(a)</sup> 80	150 <sup>(a)</sup> 60	24 h anual <sup>(c)</sup>	Amostrador de grandes volumes (HiVol)
Partículas Inaláveis (PI)	150 <sup>(a)</sup> 50	150 <sup>(a)</sup> 50	24 h anual <sup>(b)</sup>	Separação inercial/filtração
Fumaça	150 <sup>(a)</sup> 60	100 <sup>(a)</sup> 40	24 h anual <sup>(b)</sup>	Refletância
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	365 <sup>(a)</sup> 80	100 <sup>(a)</sup> 40	24 h anual <sup>(b)</sup>	Pararrosanilina
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 <sup>(a)</sup> 10.000 <sup>(a)</sup>	40.000 <sup>(a)</sup> 10.000 <sup>(a)</sup>	1 h 8 h	Infravermelho não dispersivo
Ozônio (O <sub>3</sub> )	160 <sup>(a)</sup>	160 <sup>(a)</sup>	1 h	Quimiluminescência
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	320 100	190 100	1 h anual <sup>(b)</sup>	Quimiluminescência

(a) não deve ser excedido mais do que uma vez por ano

(b) média aritmética

(c) média geométrica

(d) pode ser medido por método equivalente

Fonte: Resolução CONAMA 03/90 e Resolução SEMA PR 016/14

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  375
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O padrão primário refere-se ao valor limite de concentrações do poluente estabelecido com o objetivo de resguardar a saúde humana, enquanto que o padrão secundário indica o valor limite de concentração do poluente abaixo do qual se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à biota, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral. No caso do Porto Organizado de Paranaguá, devem ser respeitados os padrões primários de cada poluente.

### 8.1.2.2 Metodologia aplicável

Em geral, no âmbito de estudos ambientais, o método mais utilizado para o diagnóstico da avaliação da qualidade do ar em um dado local é o monitoramento da qualidade do ar, seguindo os métodos e as técnicas preconizadas pela legislação (Resolução CONAMA 03/90), que possibilitam a medição quantitativa da concentração dos poluentes de interesse no ar atmosférico. A comparação dos resultados do monitoramento com os níveis estabelecidos pela legislação (ou seja, os padrões de qualidade do ar), possibilita a avaliação quanto à manutenção da qualidade do ar dentro de níveis aceitáveis.

Além da comparação com os padrões legais, para avaliar a qualidade do ar a partir dos níveis de concentração de poluentes atmosféricos medidos, utilizou-se também o Índice de Qualidade do Ar (IQA). O IQA é uma ferramenta matemática que pode ser aplicada para classificar a qualidade do ar de acordo com as concentrações dos poluentes atmosféricos observados. Este índice é um valor adimensional que tem como intuito a padronização dos resultados das concentrações dos poluentes atmosféricos em uma mesma escala, permitindo distinguir qual poluente tem maior impacto na região monitorada, o que acaba por facilitar a interpretação das condições da qualidade do ar.

Para este estudo foi utilizado o mesmo padrão de determinação do IQA utilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Segundo o IAP, o índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar (primário e secundário) e os níveis de atenção, alerta e emergência definidos pela legislação (Resolução CONAMA 03/90). Para cada dia de medição obtém-se o IQA de cada poluente monitorado e, a partir do maior valor do IQA obtido para o dia, a qualidade do ar recebe uma classificação. A classificação da qualidade do ar é definida de acordo com o descrito na Tabela 8.1.4.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  376
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.4 – Classificação de acordo com o Índice de Qualidade do Ar (IQA) segundo o IAP.**

Poluente	Classificação (IQA)					
	BOA (1-50)	REGULAR (>50-100)	INADEQUADA (>100-200)	MÁ (>200-300)	PÉSSIMA (>300-400)	CRÍTICA (>400)
PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 h	0-80	>80-240	>240-375	>375-625	>625-875	>875
PI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 h	0-50	>50-150	>150-250	>250-420	>420-500	>500
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 h	0-80	>80-365	>365-800	>800-1600	>1600-2100	>2100
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1 h	0-100	>100-320	>320-1130	>1130-2260	>2260-3000	>3000
Fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 h	0-60	>60-150	>150-250	>250-420	>420-500	>500
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1 h	0-80	>80-160	>160-400	>400-800	>800-1000	>1000
CO (ppm) 8h	0-4,5	>4,5-9	>9-15	>15-30	>30-40	>40
Atende ao padrão primário (CONAMA 03/90 e SEMA 016/2014)?	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: IAP (2009).

### 8.1.2.3 Dados utilizados

Neste diagnóstico da qualidade do ar foram empregados dados secundários resultantes de monitoramentos recentes realizados na área de estudo para determinação da área de influência direta (AEID) do empreendimento. Devido à importância da temática da qualidade do ar para a área em questão, diversos empreendimentos em operação no local realizam monitoramento da qualidade do ar rotineiramente, em cumprimento às condicionantes de suas licenças de operação. Os resultados destes monitoramentos são apresentados aos órgãos ambientais licenciadores competentes: Instituto Ambiental do Paraná (IAP) ou Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  377
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O principal conjunto de dados selecionado é proveniente dos relatórios de auto monitoramento do Programa de Gerenciamento das Emissões Atmosféricas, do Programa de Controle Ambiental (PCA) da própria APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina, entidade responsável pela proposição do empreendimento em estudo (ampliação do Porto de Paranaguá). Este monitoramento é realizado mensalmente em 12 pontos distribuídos dentro e fora da área do Porto Organizado, e contempla o período de março de 2014 a janeiro de 2015, e fevereiro a agosto de 2016.

Para complementar estas informações, foi realizado um levantamento de outros dados existentes disponíveis na área de interesse. Selecionaram-se dados obtidos a partir de 2014, que são mais recentes e representam melhor a situação atual do local. A listagem dos dados selecionados é apresentada na Tabela 8.1.5 a seguir, que inclui informações da amostragem como parâmetros medidos, número de pontos, duração da amostragem em cada ponto, frequência do auto monitoramento, data e local de realização, e qual o documento de referência consultado para obtenção dos dados, bem como a empresa responsável pelas medições.

Conforme se pode verificar na Tabela 8.1.5, os monitoramentos de qualidade do ar de cada empresa variam de acordo com os programas de auto monitoramento individuais e condicionantes de licença de operação. Em função do tipo de atividade, algumas empresas monitoram apenas partículas totais em suspensão (PTS), que é o poluente mais característico emitido pela atividade, enquanto outras medem também os outros parâmetros da Resolução CONAMA 03/90.

		Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
		Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	378
		RL-B00-H01-1001	0	

**Tabela 8.1.5 – Resumo dos dados secundários de qualidade do ar empregados no diagnóstico.**

Empresa	Parâmetros	Informações da amostragem					Documento de referência		
		Pontos	Duração por ponto	Frequência	Data	Local	Nome	Data	Responsável amostragem
APPA – Administ. Portos de Paranaguá e Antonina	PTS, PI, SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub>	12	1 dia	Mensal	03/2014 a 01/2015	Porto organizado e entorno, saída do município	3º Relatório Semestral: Programas Ambientais. PCA Porto Organizado de Paranaguá	Jan. 2015	Ambiens Consultoria
	PTS, PI, Fumaça, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>	12	1 dia	Mensal	02/2016 a 08/2016	Porto organizado e entorno, saída do município	Relatórios de Monitoramento da Qualidade do Ar nas Áreas dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA	Fev. a Ago. 2016	EnvEx Engenharia e Consultoria
TCP - Terminal Contêineres Paranaguá	PTS, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub>	3	2 dias	Trimestral	09/2014, 12/2014, 03/2015, 06/2015	Leste do Porto Organizado, próximo ao futuro Complexo Náutico e Pier "T"	Plano Básico Ambiental do TCP – Relatório de Atividades V, Subprograma de Monitoramento das Emissões Atmosféricas	Ago. 2015	Acquaplan
Bunge	PTS	5	7 dias	Trimestral	07/2015	Área da Bunge, próximo ao futuro Pier "F"	Relatório de Monitoramento de Emissões Atmosféricas	Ago. 2015	Emiatec Tec. Ambiental Ltda

Fonte: Ambiens Consultoria (2015a), EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a , 2016b), Acquaplan (2015), Emiatec Tec. Ambiental Ltda (2015a,2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

A localização mais detalhada dos pontos de monitoramento da qualidade do ar utilizados é apresentada na Tabela 8.1.6.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	379
RL-B00-H01-1001	0	

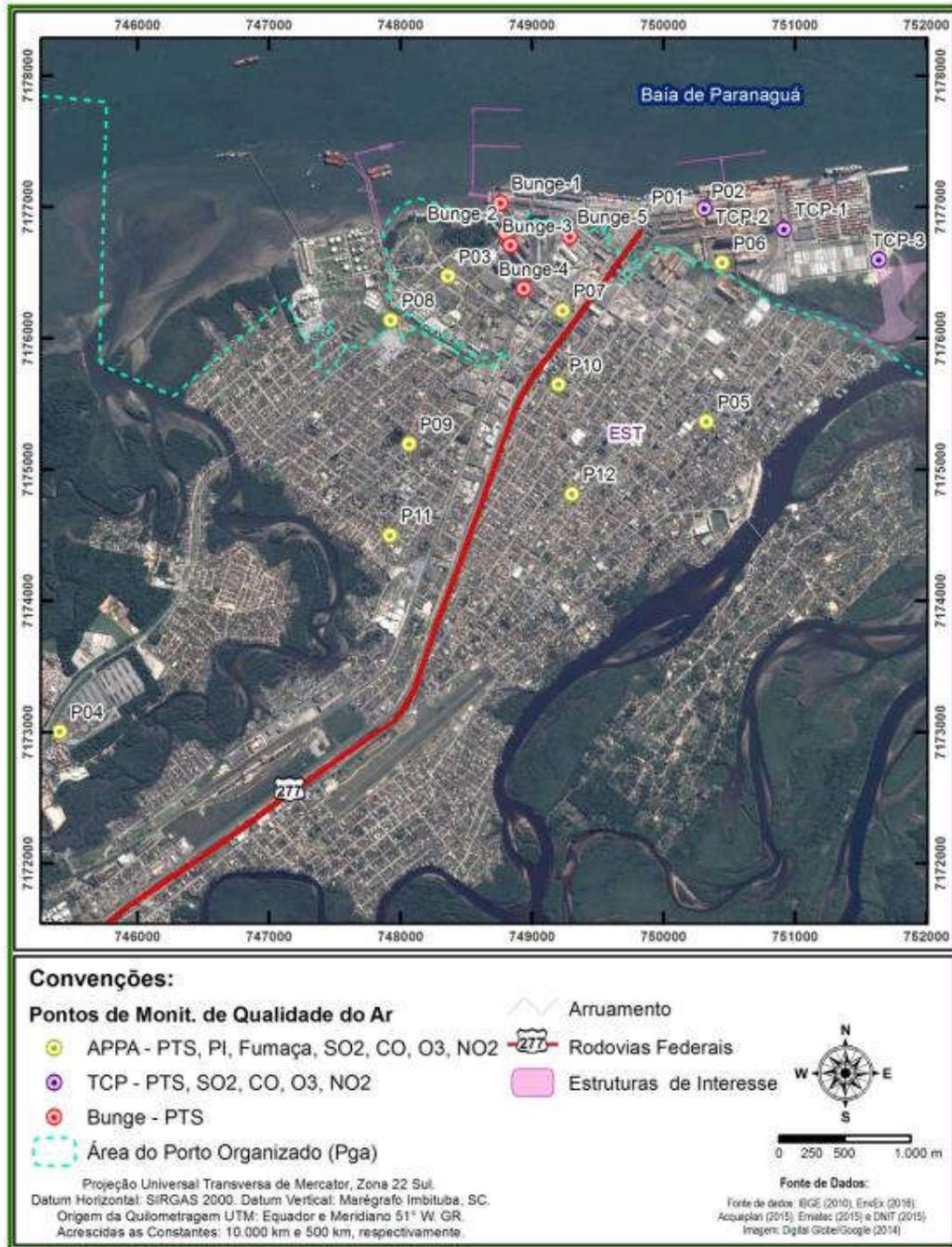
**Tabela 8.1.6 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar utilizado no diagnóstico.**

Empresa/ Parâmetros	Ponto	Localização do Ponto	Coordenadas UTM Fuso 22 (datum SIRGAS2000)	Interior Porto Organizado?	Observação
<b>TCP</b>  PTS, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub>	TCP-1	Entrada principal de veículos do Terminal TCP	750.916 m E; 7.176.835 m N	Sim	
	TCP-2	Acesso do Porto de Paranaguá mais próximo ao TCP	750.309 m E; 7.176.992 m N	Sim	Próximo ao futuro Píer "T"
	TCP-3	Antigo canteiro de obras do cais leste, ao lado do TCP	751.638 m E; 7.176.602 m N	Sim	Próximo ao futuro Complexo Náutico
<b>APPA</b>  Mar/14 a Jan/15: PTS, PI, SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub>	P01	Portão nº4 – Guarita do Porto	749.829 m E; 7.176.932 m N	Sim	
	P02	Portão nº5 – Guarita do Porto	750.284 m E; 7.176.976 m N	Sim	Próximo ao futuro Píer "T"
	P03	Escola Municipal Presidente Costa e Silva	748.359 m E; 7.176.477 m N		
	P04	Pátio de Caminhões do Porto	745.408 m E; 7.173.007 m N	Sim	
	P05	Secretaria Municipal de Educação	750.327 m E; 7.175.369 m N		
	P06	Cooperativa COAMO	750.446 m E; 7.176.579 m N	Sim	
	P07	Coop. de Transportes de Cargas e s - Coopanaxos	749.233 m E; 7.176.216 m N		
	P08	Terminal de Álcool do Porto	747.926 m E; 7.176.142 m N	Sim	
<b>Fev-Jun/16:</b> PTS, PI, Fumaça, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>	P09	Escola Municipal Maria José H Tavares	748.064 m E; 7.175.199 m N		
	P10	Garagem da Secretaria de Obras do Município	749.201 m E; 7.175.652 m N		
	P11	Escola Estadual Maria de Lourdes Rodrigues Morozowski	747.919 m E; 7.174.505 m N		
	P12	Igreja de Nosso Senhor Jesus Cristo	749.304 m E; 7.174.819 m N		
<b>Bunge</b>  PTS	Bungue-1	Próximo ao Silo vertical	748.761 m E; 7.177.035 m N	Sim	Próximo ao futuro Píer "F"
	Bungue-2	Próximo ao Armazém 4	748.799 m E; 7.176.808 m N	Sim	
	Bungue-3	Próximo ao Armazém 5	748.838 m E; 7.176.713 m N		
	Bungue-4	Próximo ao Armazém 6	748.937 m E; 7.176.383 m N		
	Bungue-5	Próximo ao Armazém 411	749.286 m E; 7.176.781 m N		

Fonte: AcquaPLAN (2015), EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b), Emiatec Tec. Ambiental Ltda (2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  380
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A localização dos pontos de monitoramento para parâmetros gasosos (Fumaça, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) e para particulados (PTS e PI) é mostrada na Figura 8.7.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.7 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar (poluentes gasosos e particulados) considerados no diagnóstico.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 381
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.2.4 Resultados da qualidade do ar

Este diagnóstico aborda os resultados da qualidade do ar separadamente para os parâmetros gasosos (Fumaça, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>), e para os parâmetros de partículas (PTS e PI – Partículas Inaláveis). Conforme a Tabela 8.1.5, para os parâmetros gasosos são utilizados os dados de auto monitoramento da operação da APPA e do TCP (Terminal de Contêineres de Paranaguá). Já para PTS, além das fontes de dados já mencionadas, apresentam-se os dados da empresa Bunge.

#### 8.1.2.4.1 Parâmetros gasosos - SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e Fumaça

Os resultados do monitoramento da concentração de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e CO no TCP (cais leste do Porto de Paranaguá) são mostrados na Tabela 8.1.7 e Gráfico 8.1.11.

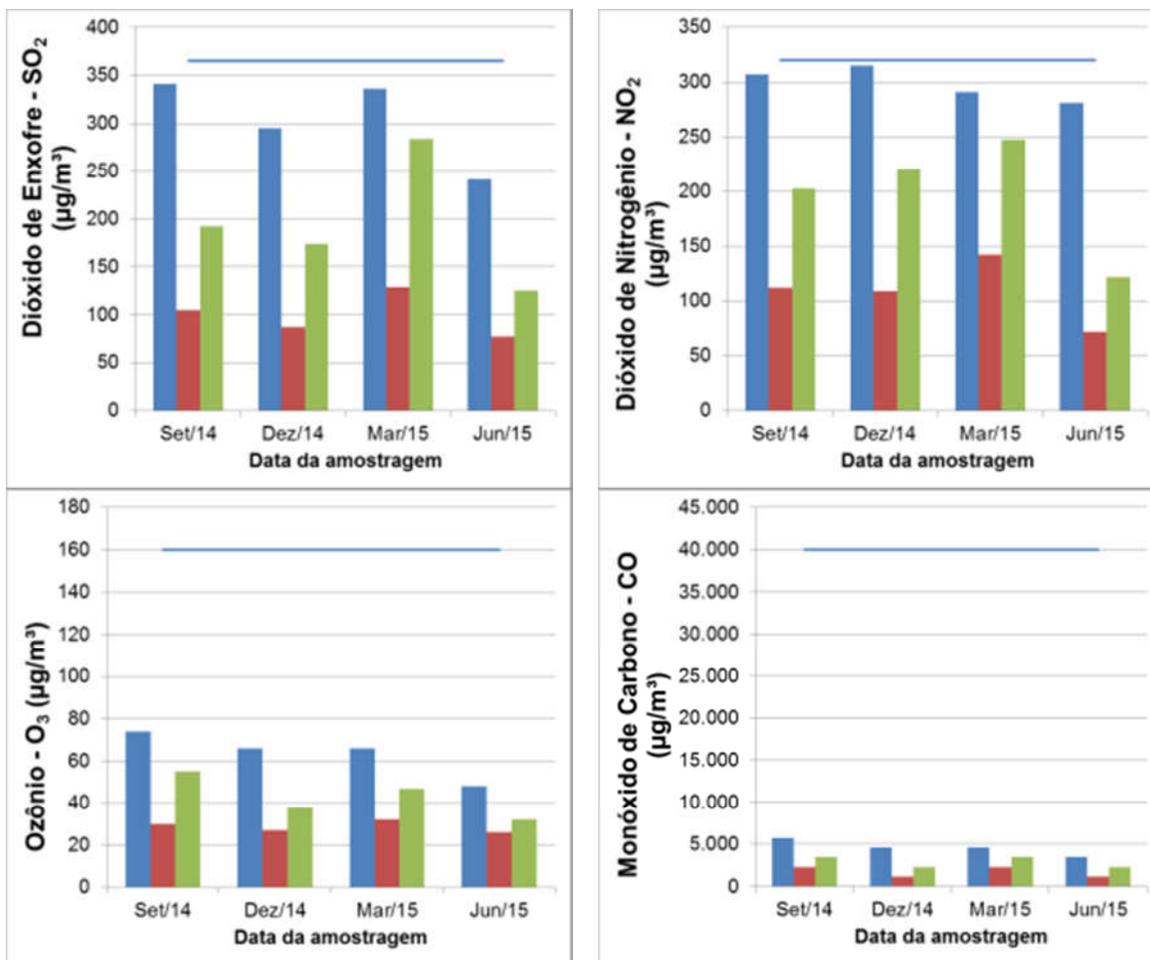
**Tabela 8.1.7 – Concentrações de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e CO medidos no TCP (cais leste).**

Ponto	Concentração de Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				Padrão Primário CONAMA 03/90
	Set/14	Dez/14	Mar/15	Jun/15	
TCP-1	341	295	336	242	365 µg/m <sup>3</sup>
TCP-2	105	87	129	77	
TCP-3	192	174	284	125	
Ponto	Concentração de Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				Padrão Primário CONAMA 03/90
	Set/14	Dez/14	Mar/15	Jun/15	
TCP-1	307	315	291	281	320 µg/m <sup>3</sup>
TCP-2	112	109	142	72	
TCP-3	203	221	248	122	
Ponto	Concentração de Ozônio - O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				Padrão Primário CONAMA 03/90
	Set/14	Dez/14	Mar/15	Jun/15	
TCP-1	74	66	66	48	160 µg/m <sup>3</sup>
TCP-2	30	27	32	26	
TCP-3	55	38	47	32	
Ponto	Concentração de Monóxido de Carbono - CO (µg/m <sup>3</sup> )				Padrão Primário CONAMA 03/90
	Set/14	Dez/14	Mar/15	Jun/15	
TCP-1	5.750	4.600	4.600	3.450	40.000 µg/m <sup>3</sup>
TCP-2	2.300	1.150	2.300	1.150	
TCP-3	3.450	2.300	3.450	2.300	

**Nota: Todos os três pontos se localizam dentro da área do Porto Organizado de Paranaguá.**

Fonte: Adaptado de Acquaplan (2015).

TCP-1 TCP-2 TCP-3 Padrão Resolução CONAMA 03/90



Fonte: Adaptado de Acquaplan (2015).

**Gráfico 8.1.11 – Concentrações de parâmetros gasosos monitorados na área do TCP (cais leste do Porto de Paranaguá), e comparação com os padrões da Resolução CONAMA 03/90.**

Os gráficos acima e os dados da Tabela 8.1.7 mostram que, nos pontos e períodos analisados, os padrões primários da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA 03/90 e na Resolução SEMA 016/14 foram atendidos para todos estes parâmetros.

De forma geral, o ponto TCP-1 foi o que apresentou as maiores concentrações de todos os gases, seguido do ponto TCP-3 e do TCP-2. O TCP-1 se localiza no principal acesso de caminhões ao TCP, por isso sofre influência do tráfego intenso de veículos pesados, cujas emissões contribuem para os níveis registrados de concentração de poluentes gasosos, principalmente dióxido de enxofre e nitrogênio (SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 383
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Para o parâmetro ozônio ( $O_3$ ), a maior concentração medida foi de  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que representa menos de 50% do padrão de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90, que é igual a  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quanto ao monóxido de carbono (CO), os maiores valores medidos representam menos de 15% do valor do padrão legal de  $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Isto demonstra que estes não são parâmetros críticos para a qualidade do ar nestes locais.

Quanto aos parâmetros  $SO_2$  e  $NO_2$ , os resultados no ponto TCP-1 se aproximam do padrão. A concentração atingiu a  $341 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $SO_2$ , sendo que o padrão legal é  $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; já para o  $NO_2$  a máxima obtida foi  $307 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pouco abaixo do padrão que é  $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ainda assim, nas medições analisadas não foi registrada nenhuma ocorrência de ultrapassagem aos padrões legais da qualidade do ar na região do cais leste (TCP – Terminal de Contêineres de Paranaguá).

Vale destacar que os pontos de monitoramento da qualidade do ar do TCP se localizam dentro da área da poligonal do Porto Organizado de Paranaguá.

Em resumo, de forma geral segundo o IQA (Índice de Qualidade do Ar), a qualidade do ar nos 3 pontos de monitoramento do TCP foi classificada como BOA, se considerar apenas os parâmetros  $O_3$  e CO, e como REGULAR para  $SO_2$  e  $NO_2$ .

A seguir são apresentados os resultados do monitoramento da qualidade do ar realizado pela APPA. Conforme detalhado anteriormente na Tabela 8.1.6, trata-se de 12 pontos nos quais é realizada uma amostragem mensal (de março de 2014 a janeiro de 2015, e mais recentemente de fevereiro a agosto de 2016). Os pontos P01, P02, P06 e P08 são pontos internos à área do Porto Organizado, e os demais são externos; destaca-se ainda que o ponto 04 encontra-se no Pátio de Caminhões do Porto.

A Tabela 8.1.8 e o Gráfico 8.1.12 apresentam os resultados para o parâmetro  $SO_2$ .

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  384
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

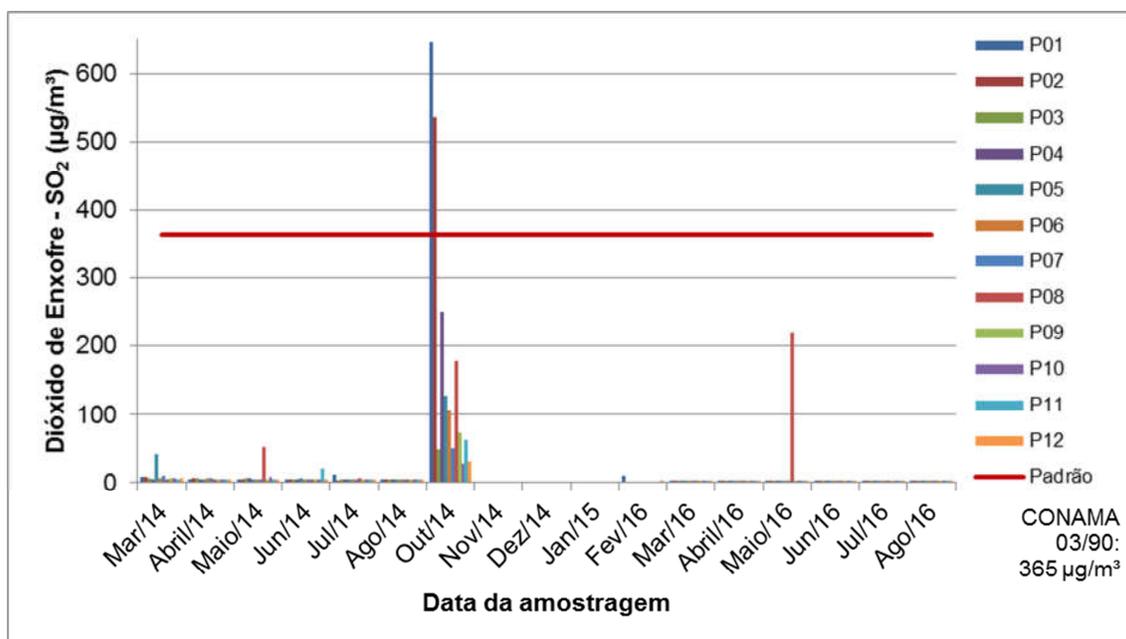
**Tabela 8.1.8 – Concentrações de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Ponto	2014									2015	2016							Média Anual
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
P01 <sup>1</sup>	7,6	5,6	<4,4	<4,6	<12,5	<4,4	645,8	<1,0	<1,0	<1,0	9,9	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	57,3
P02 <sup>1</sup>	7,9	5,9	<4,6	<5,2	<3,7	<4,7	535,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	47,3
P03	5,9	6,7	7,2	<4,4	<4,8	<4,6	49,2	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	6,8
P04 <sup>1</sup>	5,6	5,3	<7,3	<4,7	<4,6	<4,5	250,7	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	23,6
P05	41,2	5,7	<4,3	<7,2	<4,6	<4,8	127,6	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	13,3
P06 <sup>1</sup>	5,9	5,9	<4,4	<4,2	<4,6	<4,7	106,7	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	11,6
P07	9,4	5,8	<4,2	<4,3	<4,9	<4,5	51,2	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	7,0
P08 <sup>1</sup>	5,5	5,2	51,8	<4,5	<5,9	<4,8	179,2	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	218,9	<4,0	<4,0	<4,0	35,5
P09	6	4,5	<4,5	<4,3	<4,6	<4,7	73,8	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	8,9
P10	5,9	5,5	<7,9	<5,0	<5,4	<4,9	27,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	5,0
P11	5,5	5,4	<4,4	20	<4,6	<4,4	63,5	<1,0	<1,0	<1,0	<0,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	8,0
P12	6,4	4,6	<4,6	<4,5	<4,6	<4,7	32,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,7	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	5,5

Padrão Resolução CONAMA 03/90 para SO<sub>2</sub>:  
365 µg/m<sup>3</sup> (Média de 24h) e 80 µg/m<sup>3</sup> (Média Anual)

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá. 2 – Ponto no pátio de caminhões do Porto.

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).



**Gráfico 8.1.12 - Concentrações de SO<sub>2</sub> do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Verifica-se na Tabela 8.1.8 e Gráfico 8.1.12 que em geral a concentração de SO<sub>2</sub> registrada nos diferentes pontos de monitoramento na maior parte das amostragens ficou abaixo do limite de detecção do método de medição.

Uma exceção foi a campanha realizada em outubro de 2014, na qual as concentrações registradas foram elevadas, e registrou-se ultrapassagem ao padrão primário da qualidade do ar (365 µg/m<sup>3</sup>) nos pontos P01 (645,8 µg/m<sup>3</sup>) e P02 (535,1 µg/m<sup>3</sup>). Nesta ocasião a

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  385
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

qualidade do ar nestes pontos foi classificada como INADEQUADA segundo o IQA. Vale lembrar que os pontos mencionados se localizam no interior do Porto Organizado, próximo à Avenida Portuária. O intenso tráfego de caminhões pode ser apontado como a principal fonte deste tipo de emissão, que associado às condições meteorológicas desfavoráveis<sup>3</sup>, contribuiu para este resultado.

Entretanto, esta ocorrência de concentrações elevadas foi isolada. As campanhas de monitoramento mais recentes realizadas em 2016 indicam concentrações reduzidas, até mesmo nos pontos P01 e P02.

Na campanha de maio de 2016 foi registrado no ponto P08 um valor de 219  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , entretanto abaixo do padrão primário que é de 365  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante a execução do monitoramento também não foi observada nenhuma possível fonte do poluente. Desta forma, considerando o histórico de medições no ponto P08, o resultado mais elevado (inferior ao limite imposto pela legislação) pode ter sido ocasionado por uma fonte esporádica alheia à atividade do Porto neste local.

Além disso, em todas as demais amostragens localizadas na comunidade do entorno, ou seja, fora da área do Porto Organizado, o padrão de qualidade do ar da Resolução CONAMA foi atendido.

Com relação à média anual, calculada com base nos 12 meses de medição, o padrão primário da qualidade do ar, igual a 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi atendido em todos os pontos.

A Tabela 8.1.9 e o Gráfico 8.1.13 a seguir apresentam os resultados do monitoramento de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ). Analisando estes dados, verifica-se que o padrão primário da qualidade do ar foi atendido em todos os pontos monitorados, e em todas as campanhas de medição do histórico.

A maior concentração obtida ocorreu em fevereiro de 2016, no ponto P04, e atingiu 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que equivale a 61% do valor do padrão primário da Resolução CONAMA 03/90. Este ponto se localiza no pátio de caminhões do porto, e as emissões relacionadas aos veículos tiveram contribuição para este resultado.

---

<sup>3</sup> Um exemplo de condição meteorológica desfavorável é a estiagem prolongada

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  386
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Ainda assim, a qualidade do ar nos pontos localizados na comunidade externa ao porto não demonstrou-se prejudicada com relação ao parâmetro NO<sub>2</sub>.

A média anual também atendeu ao padrão anual (igual a 100 µg/m<sup>3</sup> para NO<sub>2</sub>).

**Tabela 8.1.9 – Concentrações de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

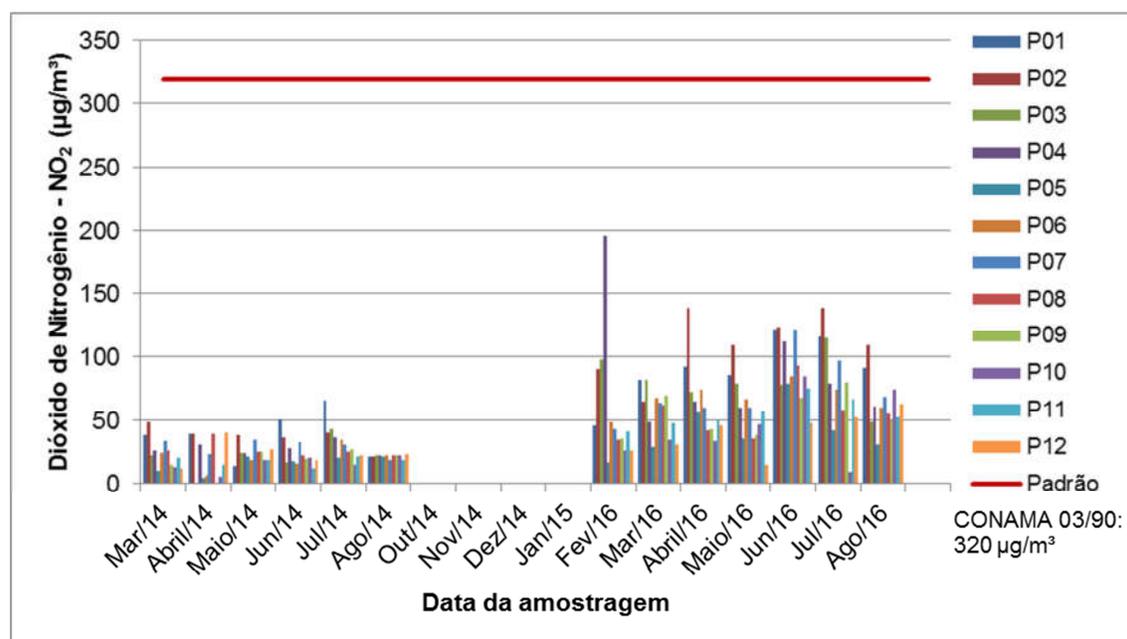
Ponto	2014									2015	2016								Média Anual
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago		
P01 <sup>1</sup>	38,4	39,4	14,1	51,0	66,1	21,9	0,2	0,2	0,2	0,0	46,3	82,1	92,5	85,8	121,5	115,7	91,6	54,8	
P02 <sup>1</sup>	49,0	39,5	38,4	37,0	40,1	21,8	0,0	0,2	0,2	0,0	90,8	65,0	138,7	109,6	123,2	138,7	109,5	66,5	
P03	22,4	0,3	24,7	17,0	43,5	22,8	0,1	0,2	0,1	0,0	97,8	81,7	72,0	78,9	78,1	115,0	48,8	49,6	
P04 <sup>1</sup>	26,6	30,5	24,4	28,0	36,3	22,8	0,1	0,2	0,2	0,1	195,7	48,6	65,0	60,6	112,4	79,4	61,1	53,8	
P05	10,0	4,7	21,8	18,0	20,3	21,8	0,2	0,2	0,1	0,1	16,4	29,0	56,3	35,7	79,1	41,9	30,9	26,0	
P06 <sup>1</sup>	24,8	6,2	18,8	16,0	34,8	22,5	0,0	0,1	0,1	0,0	49,1	67,9	74,6	67,0	84,4	74,4	60,3	41,7	
P07	34,0	23,7	34,5	33,0	30,6	18,8	0,2	0,2	0,9	0,1	43,6	63,7	60,5	60,4	121,2	97,2	68,5	44,6	
P08 <sup>1</sup>	26,7	39,2	25,4	22,0	25,1	22,1	0,1	0,2	0,1	0,1	35,2	62,5	42,2	36,1	93,6	58,6	55,6	33,9	
P09	14,9	1,1	25,4	20,0	27,5	22,1	0,0	0,2	0,1	0,0	35,8	69,5	43,0	38,3	67,8	80,4	50,1	33,9	
P10	13,1	5,4	18,8	21,0	14,9	22,4	0,2	0,2	0,1	0,1	26,2	34,5	33,8	47,1	84,9	9,0	74,4	27,7	
P11	20,8	14,6	18,8	12,0	21,5	18,7	0,2	0,2	0,1	0,0	41,2	47,6	50,2	57,6	75,2	67,3	52,3	34,2	
P12	11,8	40,2	27,0	19,0	22,0	23,2	0,3	0,2	0,2	1,1	26,5	31,1	46,2	14,5	48,4	52,4	63,1	25,6	

Padrão Resolução CONAMA 03/90 para NO<sub>2</sub>:

320 µg/m<sup>3</sup> (Média de 1h) e 100 µg/m<sup>3</sup> (Média Anual)

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá. 2 – Ponto no pátio de caminhões do Porto.

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

**Gráfico 8.1.13 - Concentrações de NO<sub>2</sub> do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  387
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

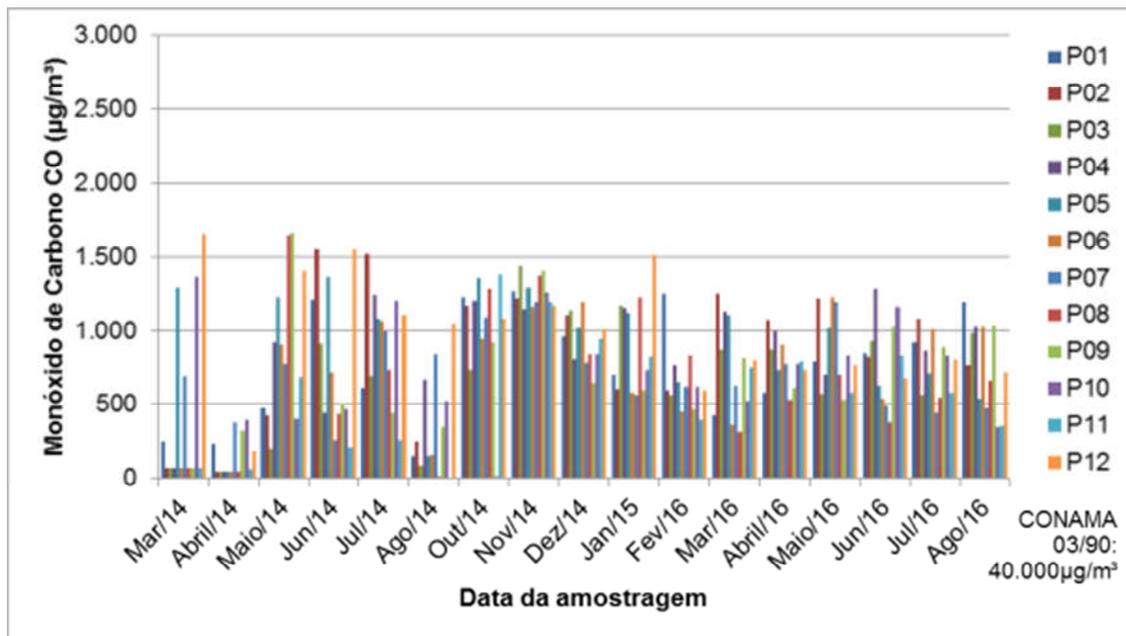
**Tabela 8.1.10 – Concentrações de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Ponto	2014									2015	2016						Média Anual	
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Nov	Dez		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun		Jul
P01 <sup>1</sup>	250	232	478	1.210	613	156	1.227	1.272	963	702	1.249	425	584	790	845	918	1.197	861
P02 <sup>1</sup>	72	46	428	1.555	1.517	246	1.175	1.218	1.107	607	594	1.256	1.075	1.220	821	1.080	770	931
P03	72	46	202	916	692	90	733	1.441	1.142	1.174	564	871	875	570	930	563	989	829
P04 <sup>1</sup>	72	46	923	440	1.243	669	1.204	1.145	808	1.154	764	1.129	998	704	1.282	866	1.026	979
P05	1.296	48	1.230	1.364	1.085	149	1.355	1.293	1.018	1.122	651	1.104	736	1.019	630	709	541	861
P06 <sup>1</sup>	72	46	907	719	1.069	158	944	1.163	1.198	584	448	361	905	1.230	537	1.010	1.029	797
P07	697	382	777	257	1.004	836	1.093	1.195	784	562	622	632	774	1.197	488	440	474	758
P08 <sup>1</sup>	72	46	1.647	434	733	17	1.285	1.375	841	1.226	828	315	532	702	379	548	661	726
P09	72	319	1.664	505	440	347	919	1.402	647	599	468	817	615	531	1.022	886	1.037	774
P10	1.368	395	403	468	1.200	523	14	1.262	840	738	619	522	771	833	1.165	828	345	705
P11	72	62	685	208	255	6	1.381	1.196	942	820	392	747	790	581	834	584	356	719
P12	1.656	187	1.402	1.555	1.103	1.047	1.085	1.174	1.007	1.515	594	803	732	763	680	807	720	911

**Padrão Resolução CONAMA 03/90 para CO:**  
**40.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Média de 1h) e 8.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Média Anual)**

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá. 2 – Ponto no pátio de caminhões do Porto.

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

**Gráfico 8.1.14 - Concentrações de CO do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

No Gráfico 8.1.14 e na Tabela 8.1.10 verifica-se que os padrões da qualidade do ar referentes ao monóxido de carbono foram atendidos em todas as amostragens. Em geral as maiores concentrações ficaram próximas a  $1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que a máxima registrada foi de  $1.644 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor corresponde a apenas 4% do padrão da Resolução CONAMA 03/90, que é de  $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  388
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Na média anual de CO, o maior valor foi de 821,0 µg/m<sup>3</sup>, que equivale a menos de 11% do padrão primário anual de 8.000 µg/m<sup>3</sup>. Portanto, entende-se que o CO não é um parâmetro crítico para a qualidade do ar local, considerando-se os padrões legais.

A seguir, na Tabela 8.1.11, são apresentados os resultados das medições de ozônio (O<sub>3</sub>) e fumaça obtidos no monitoramento da APPA. Estes parâmetros começaram a ser medidos em 2016, por isso só há resultados para os meses de fevereiro a agosto deste ano.

Verifica-se que, tanto para fumaça como para ozônio, os valores medidos foram bastante inferiores aos padrões primários da Resolução CONAMA 03/90. A maior concentração de fumaça monitorada foi de 54,9 µg/m<sup>3</sup>, o que equivale a cerca de 37% do padrão de 150 µg/m<sup>3</sup>. Para o ozônio, o maior valor medido (67,7 µg/m<sup>3</sup>) correspondeu a 43% do padrão de 160 µg/m<sup>3</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90.

**Tabela 8.1.11 – Concentrações de Fumaça e O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Ponto	2016													
	Fumaça							Ozônio						
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
P01	24,9	4,2	21,7	23,7	25,7	42,7	42,3	9,4	40,1	26,5	4,5	19,1	40,1	29,7
P02	38,7	17,8	50,7	37,1	27,6	34,2	54,9	17,2	26,4	17,5	18,8	22,9	33,5	25,1
P03	25,9	12,8	23,2	17,7	14,4	24,4	32,5	9,2	23,7	48,0	25,1	26,6	35,0	22,1
P04	27,3	14,5	26,8	14,3	23,7	49,4	32,7	27,5	18,1	55,0	30,7	5,3	45,1	16,4
P05	15,2	7,9	25,5	5,8	15,7	19,3	20,0	50,6	31,7	43,3	27,5	23,2	53,6	64,8
P06	18,9	7,5	17,0	11,2	9,3	23,8	26,1	26	30,4	30,0	19,7	11,9	18,2	28,7
P07	17,6	11,4	19,0	14,1	22,4	28,9	30,1	48,3	44,7	34,1	20,6	26,9	34,7	38,5
P08	27,3	11,3	21,2	8,5	22,2	21,8	35,6	9,3	29,8	64,6	16,4	27,0	14,0	42,8
P09	19,6	6,6	25,3	6,0	16,2	22,5	29,6	53,1	35,3	72,8	33,0	33,8	51,4	8,1
P10	20,5	4,8	26,5	8,4	12,7	16,6	33,8	21,3	53,4	54,6	21,6	55,5	11,9	67,7
P11	22,9	8,6	31,0	15,1	9,2	20,3	25,6	50,7	44,7	56,9	30,9	22,0	47,5	58,0
P12	16,5	6,8	15,9	4,7	7,9	17,1	29,0	24	39,9	53,9	27,5	46,4	51,1	27,1
<b>Padrão Resolução CONAMA 03/90</b>	<b>150</b>	<b>160</b>												

Fonte: Adaptado de EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

O Gráfico 8.1.15 e o Gráfico 8.1.16 apresentam os resultados para os parâmetros fumaça e ozônio (O<sub>3</sub>), respectivamente.

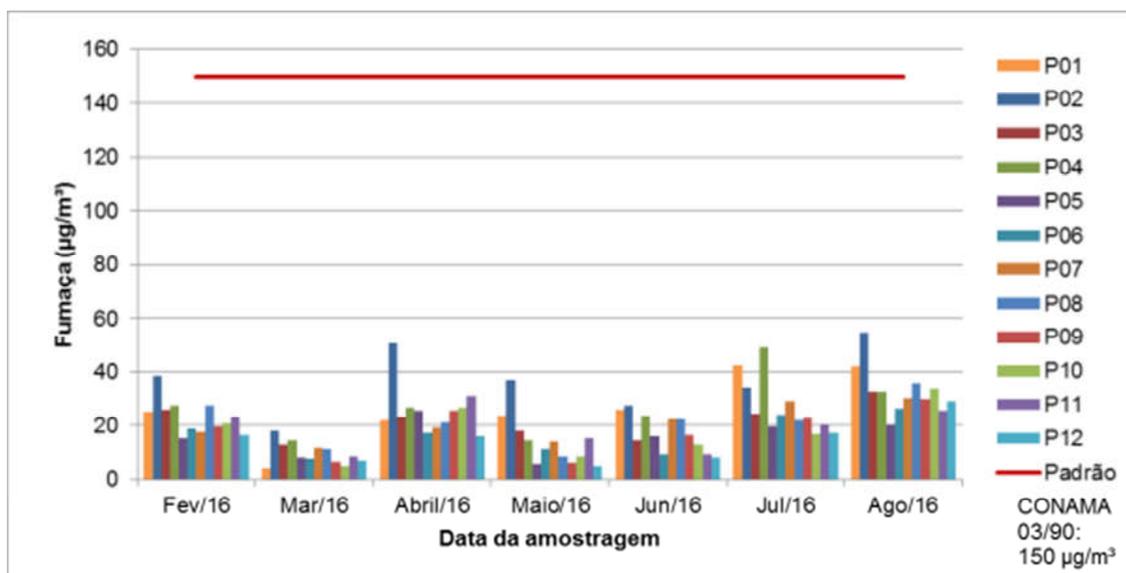


Gráfico 8.1.15 - Concentrações de Fumaça do monitoramento da qualidade do ar da APPA.

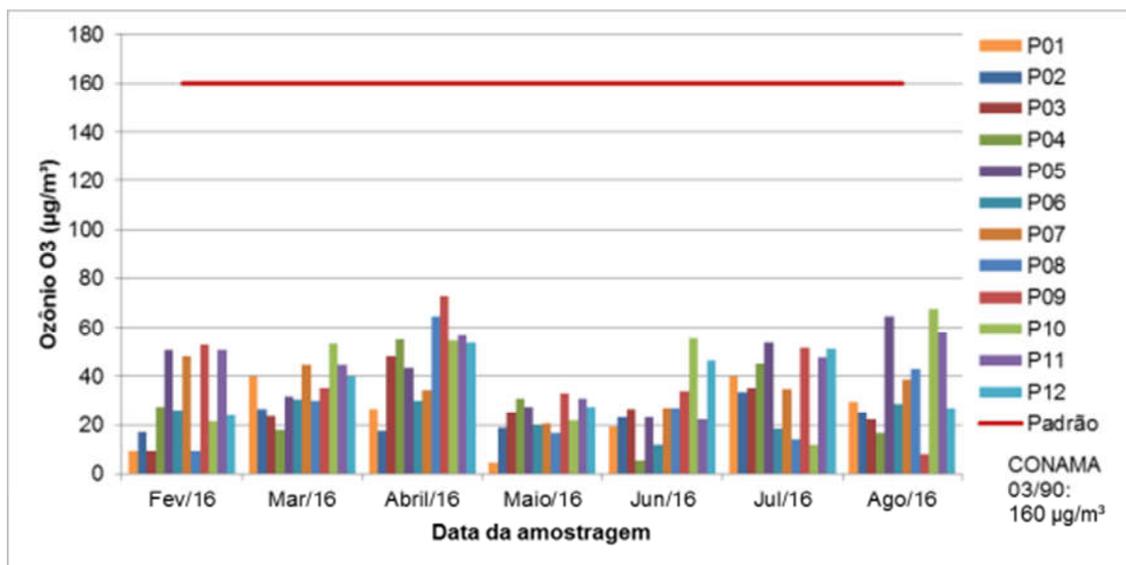


Gráfico 8.1.16 - Concentrações de Ozônio do monitoramento da qualidade do ar da APPA.

Em resumo, a análise dos resultados do monitoramento dos parâmetros gasosos aqui apresentados mostra que a qualidade do ar, no que diz respeito a estes poluentes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e Fumaça), se mantém em níveis abaixo dos padrões primários da Resolução CONAMA 03/90. A exceção foi o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), parâmetro para o qual houve duas ultrapassagens ao padrão, que ocorreram dentro da área do Porto Organizado, em locais muito próximos à via de tráfego intenso de veículos pesados.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  390
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Ainda assim, na comunidade que vive no entorno do Porto Organizado, a qualidade do ar se mantém em níveis de acordo com a legislação, avaliando-se os poluentes gasosos mencionados. Portanto, entende-se que os poluentes gasosos não são críticos nos locais e períodos avaliados.

Os resultados dos poluentes particulados, que atingem níveis mais críticos devido à quantidade de fontes de emissão fugitivas, são apresentados a seguir.

#### 8.1.2.4.2 *Partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (PI)*

Os resultados da concentração de PTS e PI são apresentados na sequência. Estes parâmetros são os mais relevantes na avaliação e diagnóstico da qualidade do ar local, já que as atividades portuárias, retroportuárias e afins apresentam variadas fontes de emissão significativa de partículas, incluindo movimentação de cargas a granel com características pulverulentas (como farelo de soja, grãos, açúcar, fertilizantes, dentre outras); tráfego de veículos a diesel, cuja combustão libera fuligem; ressuspensão do material particulado depositado nas vias de tráfego, dentre outras fontes.

O resultado do monitoramento de PTS realizado no TCP, no cais leste do porto, é apresentado na Tabela 8.1.12 e no Gráfico 8.1.17 a seguir. Verifica-se que ocorreu ultrapassagem ao padrão primário de qualidade do ar da Resolução CONAMA na maioria das amostragens, cujos valores estão destacados em negrito na tabela.

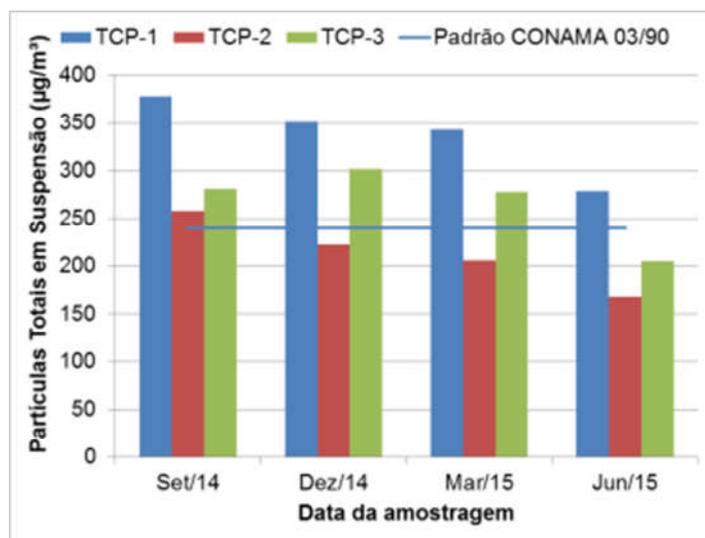
**Tabela 8.1.12 – Concentração de PTS no TCP (cais leste do Porto de Paranaguá).**

Ponto	Concentração de Partículas Totais em Suspensão - PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				Padrão Primário CONAMA 03/90
	Set/14	Dez/14	Mar/15	Jun/15	
<b>TCP-1</b>	378	351	343	279	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>TCP-2</b>	258	223	206	168	
<b>TCP-3</b>	281	302	278	205	

Nota: Todos os três pontos se localizam dentro da área do Porto Organizado de Paranaguá.

Fonte: Adaptado de Acquaplan (2015).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  391
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Adaptado de Acquaplan (2015).

**Gráfico 8.1.17 - Concentrações de PTS monitorados na área do TCP (cais leste do Porto de Paranaguá), e comparação com os padrões da Resolução CONAMA 03/90.**

As maiores concentrações ocorreram no ponto TCP-1. Conforme mencionado anteriormente, se localiza no principal acesso ao TCP, local onde há intenso fluxo de caminhões e veículos pesados. O maior valor obtido foi  $378 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mais de 50% acima do padrão de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da Resolução CONAMA 03/90. O ponto TCP-2 foi onde as concentrações foram menores em comparação aos demais, entretanto neste ponto também ocorreu violação na amostragem realizada em setembro de 2014.

Apesar da ocorrência de violações, é importante ressaltar que estes pontos se localizam no TCP, no interior do Porto Organizado, e apresentam altas concentrações em função da proximidade com as fontes de emissão já mencionadas. Na comunidade do entorno, a concentração de partículas é mais baixa, conforme apresentado adiante.

Os resultados do monitoramento de PTS realizado em julho/2015 na empresa Bunge são apresentados na Tabela 8.1.13 e Gráfico 8.1.18, a seguir. O monitoramento durou 7 (sete) dias e abrangeu 5 (cinco) pontos de medição próximos aos diferentes armazéns da empresa.

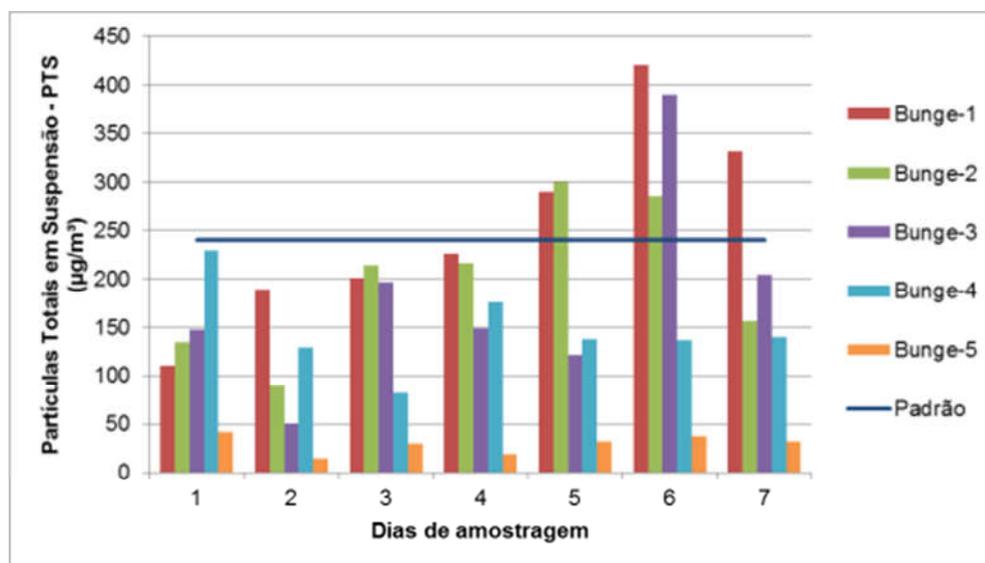
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 392
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.13 – Concentração de PTS na Bunge (centro do Porto de Paranaguá).**

Ponto	Bunge-11	Bunge-21	Ponto	Bunge-3	Bunge-4	Bunge-5
Local	Armazém 5	Armazém 6	Local	Silo vertical	Armazém 4	Armazém 411
Início da coleta	Concentração PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Início da coleta	Concentração PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
15/07/2015	110	134	22/07/2015	147	229	41
16/07/2015	188	89	23/07/2015	50	129	14
17/07/2015	200	213	24/07/2015	196	82	29
18/07/2015	226	216	25/07/2015	148	175	19
19/07/2015	290	300	26/07/2015	121	137	32
20/07/2015	421	285	27/07/2015	390	136	37
21/07/2015	331	156	28/07/2015	204	139	32
<b>Média</b>	252	199	<b>Média</b>	179	147	29

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá.

Fonte: Adaptado de Emiatec Tec. Ambiental Ltda (2015a,2015b, 2015c, 2015d, 2015e).



Fonte: Adaptado de Emiatec Tec. Ambiental Ltda (2015a,2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

**Gráfico 8.1.18 - Concentração de PTS na Bunge (centro do Porto de Paranaguá).**

Na Tabela 8.1.13 e no Gráfico 8.1.18 pode-se perceber que também ocorreram ultrapassagens ao padrão primário de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da Resolução CONAMA 03/90. Três violações ocorreram no ponto Bunge-1 e duas no ponto Bunge-2, que se localizam dentro da poligonal do Porto Organizado, e, portanto podem ser considerados pontos internos ao empreendimento. Uma das amostragens no ponto Bunge-3 também ultrapassou o limite.

Conforme já mencionado para o caso do TCP, estes resultados são explicados pela proximidade das fontes de emissão fugitiva de material particulado. No caso da Bunge, os

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  393
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

pontos de medição se localizam muito perto dos armazéns de grãos, cuja atividade de movimentação gera poeira e outros particulados inerentes ao processo.

Já nos pontos Bunge-4 e Bunge-5, não ocorreram violações no período de realização do monitoramento da qualidade do ar.

Finalmente, apresentam-se os resultados do monitoramento mensal da qualidade do ar realizado pela APPA em cumprimento ao seu Programa de Gerenciamento das Emissões Atmosféricas, na Tabela 8.1.14 e no Gráfico 8.1.19.

Conforme já apontado pelos resultados anteriores, as concentrações de partículas totais em suspensão (PTS) registradas ao longo do histórico de medição são elevadas. Houve diversas ocorrências de ultrapassagem ao padrão primário de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/90, que é de 240 µg/m<sup>3</sup>.

As maiores concentrações de PTS foram registradas no P02, em janeiro de 2015 e em fevereiro de 2016, e foram próximas a 1.500 µg/m<sup>3</sup>. Nestas ocasiões, a qualidade do ar neste ponto foi classificada como CRÍTICA segundo o IQA. É importante salientar que o ponto P02 é muito suscetível ao impacto da grande circulação de carretas transportando cereais a granel (grãos e farelo) na Av. Portuária. Além disso, a presença de empreendimentos de armazenamento destes nas proximidades deste ponto representam fontes fugitivas de impacto considerável na qualidade do ar, devido à descarga destes produtos em suas moegas.

**Tabela 8.1.14 – Concentrações de PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Ponto	2014									2015	2016							Média Anual	Número Violações
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago		
P01 <sup>1</sup>	62,0	204,8	211,1	220,1	<b>340,4</b>	195,8	209,6	233,4	<b>241,6</b>	201,9	<b>357,7</b>	<b>337,8</b>	136,8	81,8	<b>346,7</b>	<b>271,8</b>	<b>277,2</b>	241,0	7
P02 <sup>1</sup>	<b>319,1</b>	29,3	106,1	121,0	85,7	115,5	<b>651,7</b>	<b>386,0</b>	159,1	<b>1.538,5</b>	<b>1.510,8</b>	<b>273,4</b>	<b>375,9</b>	<b>316,1</b>	<b>671,2</b>	<b>309,7</b>	<b>339,2</b>	553,9	11
P03	54,2	69,5	133,3	101,8	<b>285,0</b>	163,1	87,1	96,1	78,7	107,2	81,7	128,5	121,5	82,9	152,5	127,6	225,0	121,0	1
P04 <sup>2</sup>	37,1	108,6	128,5	150,4	<b>261,9</b>	158,7	159,9	73,2	52,1	87,5	<b>308,0</b>	<b>270,7</b>	133,1	88,5	<b>367,9</b>	<b>295,5</b>	<b>331,8</b>	193,9	6
P05	36,9	49,6	36,8	47,7	72,4	54,2	56,8	28,6	19,7	44,7	39,9	18,2	58,5	19,1	123,8	47,5	55,1	47,2	0
P06 <sup>1</sup>	105,6	143,9	88,7	205,7	<b>379,8</b>	<b>410,4</b>	226,1	111,3	<b>542,7</b>	191,0	<b>685,0</b>	<b>302,5</b>	<b>358,5</b>	94,2	182,1	147,6	<b>348,6</b>	300,0	7
P07	108,4	101,8	210,0	166,9	112,3	<b>275,7</b>	<b>420,9</b>	158,0	67,0	87,6	229,2	151,6	68,7	37,9	<b>349,3</b>	146,2	<b>256,8</b>	187,4	4
P08 <sup>1</sup>	37,4	201,2	100,7	239,0	114,2	117,5	49,7	62,4	87,1	73,4	95,8	96,6	60,6	36,2	121,4	99,2	169,2	89,1	0
P09	33,8	101,1	54,0	28,5	66,8	78,0	31,3	69,1	<b>242,1</b>	27,7	72,5	36,9	72,6	21,0	81,6	75,8	99,4	75,7	1
P10	22,5	115,6	110,5	57,5	<b>289,9</b>	71,8	<b>310,5</b>	37,7	58,5	108,4	52,8	73,3	52,0	19,0	190,0	51,0	159,1	98,7	2
P11	55,1	43,7	54,0	25,1	38,5	71,6	40,9	56,8	40,6	<b>343,6</b>	26,5	54,4	63,6	33,3	122,0	67,6	65,6	82,2	1
P12	52,4	52,1	97,5	59,8	58,2	75,7	102,0	45,9	81,7	69,3	20,1	31,4	80,6	19,9	46,1	41,2	75,2	57,4	0

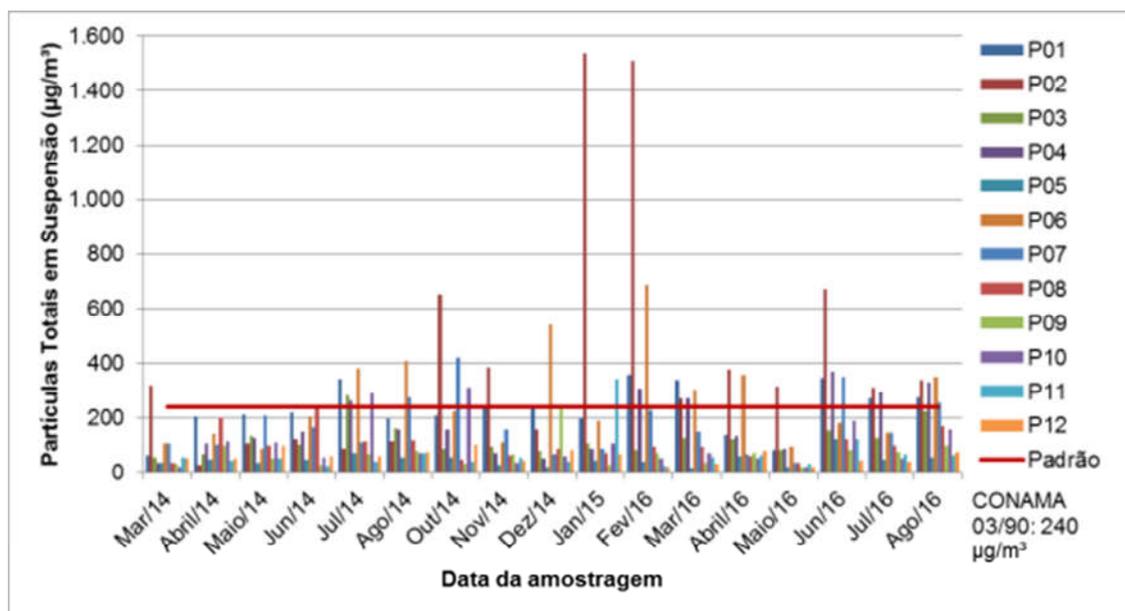
**Padrão Resolução CONAMA 03/90 para PTS:**

**240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Média de 1h) e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Média Anual)**

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá. 2 – Ponto no pátio de caminhões do Porto.

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  395
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

**Gráfico 8.1.19 - Concentrações de PTS do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

Convém destacar, porém, que os pontos onde foi registrado o maior número de ultrapassagens são os pontos localizados dentro da área do Porto Organizado: P01 e P02 (que ficam na Av. Portuária); P04 (localizado no estacionamento de caminhões do Porto), e P06 (localizado na Cooperativa COAMO).

Entretanto, ressalta-se que, ainda que as concentrações destes pontos estejam sendo comparadas como padrão da resolução do CONAMA, conforme definido no programa de monitoramento, elas não representam concentrações do entorno, por estarem dentro da área portuária, definida pela poligonal traçada na Figura 8.7. Portanto, estas concentrações não estão afetando a população vizinha ao Porto, mas apenas sua área interna, sendo os altos valores justificados pela proximidade de atividades emissoras de material particulado.

Quanto ao ponto P04 alguns valores ficaram acima do limite, mas destaca-se que as medições são realizadas dentro da área do Pátio de Caminhões, também nas proximidades das fontes emissoras (caminhões, neste caso).

Fora do Porto Organizado, na comunidade do entorno, nos pontos P03, P07, P09, P10 e P11 também houveram algumas ultrapassagens ao limite estabelecido na legislação. Entretanto, os monitoramentos mais recentes realizados em janeiro e junho de 2016 apontam que somente o P07 teve ultrapassagem nos meses de junho e agosto de 2016.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  396
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O ponto P07 está localizado na área externa do porto. No entanto, este ponto fica localizado dentro do pátio de caminhões da Cooperativa de Transportes de Cargas e Anexos LTDA. Este pátio não possui pavimentação e a movimentação de caminhões e veículos neste local é uma fonte considerável de emissões fugitivas de material particulado. Como agravante, neste local, durante o período de monitoramento, estava sendo realizada movimentação de solo com escavadeira que, somada à proximidade de outras fontes relevantes emissoras de material particulado, pode justificar a concentração elevada de Partículas Totais em Suspensão observada neste ponto. É importante destacar que este ponto, apesar de estar localizado fora da área do Porto Organizado, encontra-se em área predominantemente industrial, sem a presença de residências.

Nos demais pontos que representam a comunidade do entorno, a qualidade do ar tem atendido ao padrão primário da Resolução CONAMA 03/90.

Ao avaliar-se a concentração média de PTS em cada ponto ao longo das últimas 12 amostragens realizadas, verifica-se na Tabela 8.1.14 que em nove dos doze pontos de amostragem, a média superou o padrão primário anual da Resolução CONAMA 03/90, que é igual a 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estes pontos incluem aqueles já mencionados, que se localizam no interior da poligonal do Porto Organizado (P01, P02, P06, P08); o P04, localizado no interior do pátio de caminhões, além dos pontos P03, P07, P10 e P11, localizados no entorno. A maior média ao longo do período de amostragem também foi registrada no ponto P02.

Estes resultados indicam que, para o poluente PTS, nos pontos mencionados a qualidade do ar está sujeita tanto à impactos de curto prazo (considerando período de 24 horas de amostragem), bem como à impactos de longo prazo (considerando a média anual). Esta situação já é característica do local avaliado, antes mesmo da implantação do empreendimento em estudo.

O último poluente a ser avaliado neste diagnóstico é Partículas Inaláveis (PI). Este parâmetro é diretamente relacionado ao parâmetro PTS, pois representa a fração do total de partículas presentes na atmosfera cujo diâmetro é inferior a 10 micrômetros.

O monitoramento de PI na área de estudo é realizado no contexto do Programa de Gerenciamento de Emissões Atmosféricas da APPA, nos mesmos pontos já apresentados anteriormente. As amostragens mensais abrangem os períodos de outubro de 2014 a Janeiro de 2015, e fevereiro a agosto de 2016. Os resultados deste monitoramento são

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  397
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

apresentados na Tabela 8.1.15 a seguir. Os mesmos resultados são mostrados no Gráfico 8.1.20.

**Tabela 8.1.15 – Concentrações de PI do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

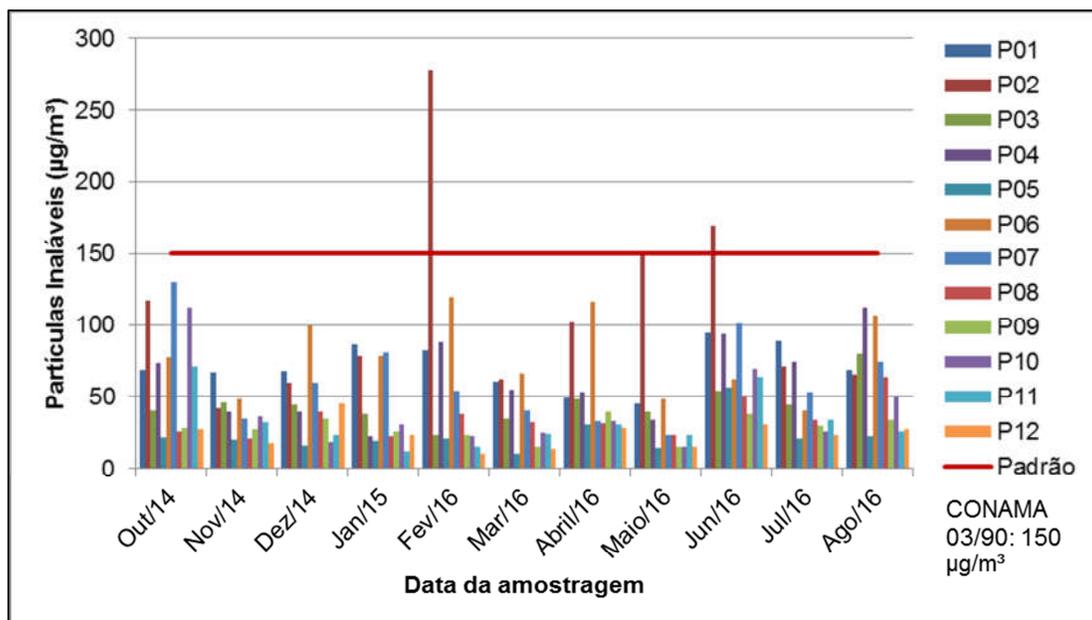
Ponto	2014			2015	2016							Média Anual	Número Violações
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago		
P01 <sup>1</sup>	68,5	67,1	68,0	86,6	82,4	60,9	49,4	45,3	94,9	89,0	68,4	71,0	0
P02 <sup>1</sup>	117,4	42,1	59,6	77,9	<b>277,9</b>	62,2	101,8	<b>150,3</b>	<b>169,8</b>	71,1	65,5	108,7	3
P03	40,4	45,7	44,1	37,6	23,4	34,9	48,6	39,9	54,1	44,6	79,8	44,8	0
P04 <sup>2</sup>	73,2	39,6	39,3	22,3	87,7	55,2	53,2	33,6	93,8	74,1	112,5	62,2	0
P05	22,0	20,1	16,3	19,6	20,6	10,7	30,5	14,1	56,2	20,9	22,9	23,1	0
P06 <sup>1</sup>	77,8	48,6	99,5	78,1	119,3	66,1	116,5	48,4	61,9	40,3	106,3	78,4	0
P07	130,0	34,5	59,7	80,6	54,1	40,3	32,7	23,3	101,2	53,5	74,1	62,2	0
P08 <sup>1</sup>	25,4	20,7	39,3	22,4	38,3	32,1	31,1	23,4	50,5	34,1	63,5	34,6	0
P09	28,3	27,2	34,5	26,1	23,0	15,3	39,3	14,9	38,1	30,0	33,5	28,2	0
P10	112,2	36,0	18,8	31,0	22,8	25,0	33,0	15,3	69,5	26,0	50,6	40,0	0
P11	70,7	32,1	23,5	12,3	15,0	24,3	30,9	23,6	63,6	34,1	25,5	32,3	0
P12	27,2	18,0	44,8	23,2	10,0	13,8	27,9	15,3	30,4	23,1	27,1	23,7	0

Padrão Resolução CONAMA 03/90 para PI:

**150 µg/m<sup>3</sup> (Média de 24h) e 50 µg/m<sup>3</sup> (Média Anual)**

Notas: 1 - Pontos internos ao Porto Organizado de Paranaguá. 2 – Ponto no pátio de caminhões do Porto.

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2015a) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2016a, 2016b).

**Gráfico 8.1.20 - Concentrações de PI do monitoramento da qualidade do ar da APPA.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  398
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Verifica-se no Gráfico 8.1.20 e na Tabela 8.1.15 que a maior parte das amostragens resultou em concentrações de PI abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA 03/90, que é de 150 µg/m<sup>3</sup>.

Houve apenas três violações deste padrão, registrada em fevereiro, maio e junho de 2016 no ponto P02, quando a concentração atingiu o máximo de 278 µg/m<sup>3</sup> (fevereiro). Segundo o IQA, nesta concentração a qualidade do ar é classificada como MÁ. Conforme já discutido anteriormente, este ponto representa a área interna ao Porto Organizado, em local muito próximo a diversas fontes de emissão de partículas (principalmente a circulação de carretas transportando cereais a granel – grãos e farelo – na Av. Portuária).

Assim como já discutido com relação aos demais poluentes analisados, nos demais pontos que representam efetivamente a comunidade do entorno, a qualidade do ar tem atendido ao padrão primário da Resolução CONAMA 03/90.

#### 8.1.2.5 Classificação da qualidade do ar na área de estudo

Com base nos resultados apresentados anteriormente, foi realizada a classificação da qualidade do ar em cada ponto de monitoramento analisado. Para tanto, foi selecionada a(s) amostragem(ns) mais recente disponível(is) em ponto. No caso do monitoramento realizado na Bunge, que contava com 7 amostragens consecutivas em cada ponto, foi considerada a média para a aplicação do IQA.

A classificação da qualidade do ar é mostrada separadamente para os pontos localizados no interior da poligonal do Porto Organizado (Tabela 8.1.16), e para os pontos externos, que representam a comunidade do entorno (Tabela 8.1.17). Em todos os casos, o poluente crítico é o PTS.

**Tabela 8.1.16 – Classificação da qualidade do ar segundo o IQA, para os pontos internos do Porto Organizado e Pátio de Caminhões.**

Empresa	Ponto	Classificação da Qualidade do Ar segundo o IQA	Poluente Crítico	Data da amostragem	Observação
TCP	TCP-1	INADEQUADA	PTS	Junho/2015	
TCP	TCP-2	REGULAR	PTS	Junho/2015	Próximo ao futuro Píer "T"
TCP	TCP-3	REGULAR	PTS	Junho/2015	Próximo ao futuro Complexo Náutico
APPA	P01	INADEQUADA	PTS	Agosto/2016	

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  399
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Empresa	Ponto	Classificação da Qualidade do Ar segundo o IQA	Poluente Crítico	Data da amostragem	Observação
APPA	P02	INADEQUADA	PTS	Agosto/2016	Próximo ao futuro Píer "T"
APPA	P04	INADEQUADA	PTS	Agosto/2016	
APPA	P06	INADEQUADA	PTS	Agosto/2016	
APPA	P08	REGULAR	PTS	Agosto/2016	
Bunge	Bungue-1	INADEQUADA	PTS	Julho/2015	Próximo ao futuro Píer "F"
Bunge	Bungue-2	REGULAR	PTS	Julho/2015	

Fonte: Elaboração própria.

Para os pontos internos ao Porto, a qualidade do ar foi classificada como REGULAR em 4 pontos, e INADEQUADA em 6 pontos. Conforme já mencionado, estes pontos representam a situação da qualidade do ar em locais muito próximos às fontes de emissão de particulados.

Para os pontos localizados no entorno, fora da área do Porto Organizado, a classificação do IQA é mostrada na Tabela 8.1.17. Verifica-se que nos pontos P05, P10, P11, P12 e Bungue-5 a classificação é BOA; no ponto P07 a classificação é INADEQUADA, e nos demais quatro pontos a classificação é REGULAR. Estes resultados indicam que na comunidade do entorno do Porto de Paranaguá, em geral a qualidade do ar se apresenta em níveis bons a regulares, porém ainda atendendo ao padrão primário da Resolução CONAMA 03/90. Em todos os casos, o poluente crítico é o PTS.

**Tabela 8.1.17 – Classificação da qualidade do ar segundo o IQA, para os pontos externos ao Porto Organizado, na comunidade do entorno.**

Empresa	Ponto	Classificação da Qualidade do Ar segundo o IQA	Poluente Crítico	Data da amostragem
APPA	P03	REGULAR	PTS	Agosto/2016
APPA	P05	BOA	PTS	Agosto/2016
APPA	P07	INADEQUADA	PTS	Agosto/2016
APPA	P09	REGULAR	PTS	Agosto/2016
APPA	P10	BOA	PTS	Agosto/2016
APPA	P11	BOA	PTS	Agosto/2016
APPA	P12	BOA	PTS	Agosto/2016
Bunge	Bungue-3	REGULAR	PTS	Julho de 2015
Bunge	Bungue-4	REGULAR	PTS	Julho de 2015
Bunge	Bungue-5	BOA	PTS	Julho de 2015

Fonte: Elaboração própria.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  400
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.3 Ruídos e Vibrações

O ruído tem sido definido como um som indesejado (BERRIEN, 1946, RODDA 1967), destrutivo e desagradável (CONES e HAYES, 1984). Ele tem sido visto normalmente como um incômodo em vez de uma fonte de poluição. Isto ocorre porque o ruído não deixa impactos visíveis no ambiente, como outras fontes de poluição. Porém, a poluição sonora é atualmente uma das principais formas de poluição ambiental, sendo responsável por impactos negativos com prejuízos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população (WHO, 2001).

Durante a implantação a operação da Ampliação do Porto de Paranaguá, haverá diversas atividades causadoras de poluição sonora. Desta forma, é necessário estudar os atuais níveis sonoros e fontes de ruído, para possibilitar futuras comparações com os níveis de ruído durante a construção e operação do empreendimento.

A medição da intensidade do som é feita em uma unidade denominada decibel (dB). Como equipamentos de medição de som medem a raiz quadrada da pressão média, o nível de pressão sonora (NPS) é calculado como:

$$N_{PS} = 10 \log \left( \frac{(P_{SE})^2}{(P_0)^2} \right),$$

ou ainda

$$N_{PS} = 20 \log \left( \frac{P_{SE}}{P_0} \right),$$

onde  $P_{SE}$  é a pressão sonora efetiva e  $P_0$  é a pressão sonora de referência (sendo  $P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa$ ).

#### 8.1.3.1 Legislação e normas brasileiras e municipais

Os limites para a emissão de ruídos são estabelecidos de acordo com as leis de uso e ocupação do solo – zoneamento dos municípios em que serão instalados os empreendimentos potencialmente poluidores. A norma ambiental referência no Brasil para avaliação de ruído é a norma da ABNT NBR 10.151, de 2000. A referida norma fixa, dentre

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  401
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

outras, as “condições exigíveis para avaliação do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações”.

O Nível Crítico de Avaliação - NCA - é o valor máximo do nível de ruído (expresso em dB(A)) para determinada região – que é dependente do zoneamento em que o monitoramento se encontra, de acordo com a NBR 10.151:2000. Na referida norma, os limites do período diurno são superiores em 5 a 10 dB quando comparados com os valores máximos para o período noturno, e as Zonas preponderantemente industriais são menos restritivas quanto ao NCA.

A NBR 10.151/2000 estabelece os níveis de critério de avaliação de ruídos para ambientes externos. Esses níveis são mostrados na Tabela 8.1.18.

**Tabela 8.1.18 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) segundo NBR 10.151:2000.**

Tipos de área	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
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

Fonte: NBR 10.151:2000.

A aplicação correta da classificação proposta na Tabela 8.1.18 deve levar em conta a análise do zoneamento e do uso e ocupação do solo do local em estudo, definidos pela legislação municipal. No município de Paranaguá, a legislação aplicável é a listada a seguir:

**8.1.3.1.1 Lei Municipal Ordinária nº 2.312, de 02/12/2002;**

Esta Lei dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora ou causem desordens; impõe penalidades e dá outras providências. O artigo 2ª desta lei proíbe a emissão de ruídos de qualquer espécie com níveis superiores aos determinados pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, prevalecendo a mais restritiva. Desta forma, na ausência de limites de emissão sonora na legislação estadual e municipal, vale a norma brasileira ABNT NBR 10.151:2000, já abordada;

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  402
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### *8.1.3.1.2 Lei Complementar nº 68, de 27/08/2007;*

Esta Lei dispõe sobre normas relativas ao código de posturas do município de Paranaguá. O Artigo 112 desta lei, no 1º parágrafo, estabelece a proibição da emissão de ruídos num raio de 200 (duzentos) metros de repartições públicas, escolas, creches, asilos e igrejas, durante o horário de funcionamento. Tais zonas denominam-se zonas de silêncio e permitem níveis de pressão sonora máximos de apenas 50 dB no período diurno e 45 dB no período noturno, conforme a NBR 10.151:2000. O artigo 115 desta lei preconiza ainda que as medições de nível sonoro devam ser realizadas em conformidade com a norma brasileira citada.

#### *8.1.3.1.3 Lei Complementar nº 95, 18/12/2008*

A referida lei dispõe sobre o Código Ambiental do Município de Paranaguá. O Capítulo I do Título III (artigos 219 a 231) versa especificamente sobre a questão da poluição sonora. Em particular, o artigo 228 estabelece níveis máximos de ruído permitidos para área residencial (60 dB(A) diurno e 55 dB(A) noturno) e para área industrial (70 dB(A) diurno e 60 dB(A) noturno). A lei define ainda os horários considerados para o período diurno (entre 8 e 19 horas) e noturno (entre 19 horas e 8 horas).

#### *8.1.3.1.4 Lei Complementar nº 62, de 27/08/2007;*

Esta lei municipal institui o zoneamento de uso e ocupação do solo do município de Paranaguá, e dá outras providências. O Anexo IV desta Lei instituiu o Mapa de Zoneamento Urbano, que será levado em conta na aplicação do NCA da NBR 10.151:2000. As alterações, atualizações e complementações desta lei também são consideradas.

### **8.1.3.2 Metodologia aplicada**

O diagnóstico relacionado ao ruído iniciou com o levantamento e avaliação da legislação aplicável, principalmente a Resolução CONAMA 01/1990, a NBR 10.151:2000, bem como a legislação municipal relacionada aos ruídos e ao zoneamento urbano.

A seguir foram avaliados os dados secundários disponíveis sobre os níveis sonoros na área de estudo. As fontes de dados secundários foram os Relatórios Semestrais referentes à execução do Programa de Gerenciamento da Emissão de Ruídos, parte dos Programas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 403
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Ambientais do Plano de Controle Ambiental (PCA) do Porto Organizado de Paranaguá (AMBIENS CONSULTORIA, 2015a).

Estes dados secundários contemplam 21 pontos, nos quais foi realizada amostragem com frequência mensal, de Dezembro/2013 a Janeiro/2016, nos períodos diurno e noturno, conforme detalhado adiante no respectivo capítulo relacionado aos ruídos.

Entretanto, verificou-se que neste conjunto de dados secundários, não havia sido contemplada a avaliação em pontos potencialmente sensíveis aos impactos na paisagem sonora, tais como estabelecimentos de ensino, de saúde e instituições religiosas. Por esta razão, foi feito o levantamento e mapeamento destes pontos sensíveis na área de estudo, a fim de ajudar na definição de novos pontos de monitoramento para a obtenção de dados primários.

Desta forma, com o objetivo de complementar o diagnóstico, foi realizada a coleta de dados primários em uma campanha de monitoramento dos níveis sonoros em 8 pontos, no dia 09/06/2016, contemplando os períodos diurno e noturno. Os equipamentos utilizados atendem às normas aplicáveis, e estavam adequadamente calibrados, conforme apresentado na sequência.

Para ambos os conjuntos de dados (secundários e primários), a localização espacial destes pontos de amostragem foi ilustrada em figuras georreferenciadas, e os resultados apresentados em forma de tabelas e gráficos. A avaliação dos resultados foi feita com base nos Níveis de Critério de Avaliação (NCAs) da norma NBR 10.151:2000.

Com relação a vibrações, não havia dados secundários na área de estudo. Por esta razão, o diagnóstico contemplou o levantamento de dados primários em campo, em três pontos de medição, nos quais também foi realizado o monitoramento de ruído.

A avaliação da vibração em campo foi realizada com sismógrafo equipado com geofone externo para medição de vibrações no solo, e microfone para medição da pressão acústica (vibração transmitida pelo ar). Durante as medições foram realizados registros fotográficos e também contagem do tráfego de veículos, considerado como a principal fonte de vibração no local.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  404
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.3.3 Levantamento de dados secundários de níveis sonoros

Este diagnóstico iniciou-se com o levantamento dos dados existentes referentes a monitoramento dos níveis sonoros na proximidade do Porto de Paranaguá. Verificou-se que os dados mais abrangentes e recentes disponíveis são os apresentados nos Relatórios Semestrais referentes à execução do Programa de Gerenciamento da Emissão de Ruídos, parte dos Programas Ambientais do Plano de Controle Ambiental (PCA) do Porto Organizado de Paranaguá (AMBIENS CONSULTORIA). A Tabela 8.1.19 apresenta um resumo das informações deste monitoramento.

**Tabela 8.1.19 – Resumo dos dados secundários de monitoramento sonoro avaliados no diagnóstico preliminar da Área de Influência.**

Informações do monitoramento do nível sonoro	
<b>Pontos de monitoramento</b>	21 (diurno e noturno), totalizando 42 amostragens por campanha.
<b>Frequência de Monitoramento</b>	Mensal (conforme previsto no PCA)
<b>Duração de cada amostragem</b>	5 minutos
<b>Data das campanhas</b>	Dezembro/2013 a Janeiro/2016
<b>Documento de referência</b>	1º, 2º, 3º, 4º e 5º Relatórios Semestrais: Programas Ambientais - Programa de gerenciamento da emissão de ruídos, PCA Porto Organizado de Paranaguá.
<b>Data dos documentos</b>	Jan. e Jul/2014, Jan. e Jul/2015, Jan/2016.
<b>Responsável pela amostragem</b>	Ambiens Consultoria

Fonte: Ambiens Consultoria (2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2016).

A localização destes pontos amostrais é distribuída em áreas com diferentes classificações quanto ao zoneamento. A maioria dos pontos fica em áreas predominantemente industriais (Zona de Interesse Portuário – ZIP e Zona de Desenvolvimento Econômico – DEZ). Outra parte dos pontos situa-se em áreas mistas, predominantemente residenciais, com vocação comercial e administrativa (Zona de Requalificação Urbana – ZRU, Zona de Consolidação e Qualificação Urbana 3 – ZCQU3, Zona de Proteção ao Santuário do Rocio – ZPSR e Zona de Interesse Patrimonial e Turístico – ZIPT) (AMBIENS CONSULTORIA, 2015).

A localização das estações amostrais, ou pontos de amostragem, é descrita na Tabela 8.1.20.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 405
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.20 - Localização das estações amostrais do Programa de Gerenciamento de Ruídos atual da APPA (dados secundários).**

Estação amostral	Localização	Zoneamento Municipal	Tipo de área NBR 10.151	Coordenadas
				UTM SIRGAS
#01	Berço 201 na Faixa Primária	Zona de Interesse Portuário - ZIP	Área predominantemente industrial	748.665 m E 7.177.016 m S
#02	Av. Portuária esquina com Av. Bento Munhoz da Rocha			749.392 m E 7.176.916 m S
#03	Faixa Primária			748.997 m E 7.176.844 m S
#04	Av. Portuária em frente ao Portão 04			749.821 m E 7.176.751 m S
#05	Faixa Primária			750.288 m E 7.176.889 m S
#06	Corredor de Exportação			750.533 m E 7.176.715 m S
#07	Av. Portuária próximo ao TCP			750.836 m E 7.176.868 m S
#08	Próximo ao segmento de correia transportadora localizada na Rua Barão do Rio Branco			750.557 m E 7.176.391 m S
#09	Av. Cel. José Lobo em frente ao terminal da empresa Cotriguaçu			749.980 m E 7.176.312 m S
#10	Rua Soares Gomes próximo ao Armazém 10 da empresa Rocha			749.488 m E 7.176.058 m S
#11	Av. Gabriel de Lara esquina com Rua Prof. Délcio no Bairro Rocio	Zona de Proteção ao Santuário de Rocio – ZPSR	Área mista, com vocação recreacional	748.320 m E 7.176.583 m S
#12	Rua Tupiniquim esquina com Rua Dez nº 11	Zona de Interesse Portuário - ZIP	Área predominantemente industrial	747.394 m E 7.175.866 m S
#13	Av. Cel. Santa Rita próximo ao portão de acesso da empresa Cattalini	Zona de Interesse Portuário - ZIP	Área predominantemente industrial	748.241 m E 7.176.109 m S
#14	Av. Coronel Santa Rita no cruzamento com a linha férrea	Zona de Interesse Portuário - ZIP	Área predominantemente industrial	748.771 m E 7.175.781 m S
#15	Rua Prof. Cleto no centro da rua	Zona de Requalificação Urbana - ZRU	Área mista, predominantemente residencial	749.511 m E 7.175.606 m S
#16	Rua Princesa Isabel esquina com Rua João Eugênio	Zona de Interesse Patrimonial e Turístico -ZIPT	Área mista, com vocação comercial e administrativa	750.544 m E 7.175.550 m S
#17	Rua Manoel Corrêa nº 339 Bairro Costeira	Zona de Requalificação Urbana - ZRU	Área mista, predominantemente residencial	750.589 m E 7.176.013 m S
#18	Pátio de manobra e estacionamento marginal à BR-	Zona de Consolidação e	Área mista, predominantemente	745.694 m E 7.173.495 m S

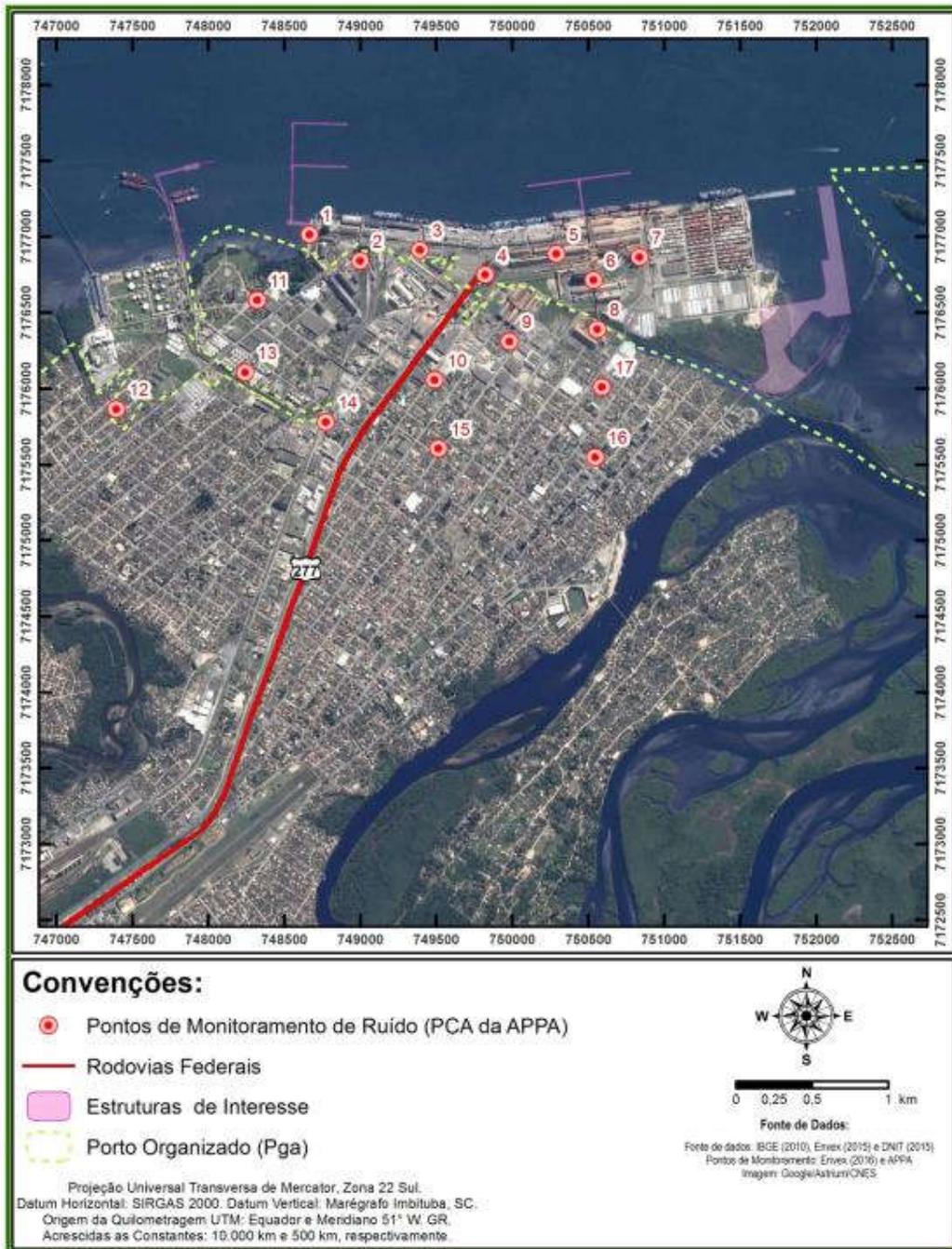
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  406
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Estação amostral	Localização	Zoneamento Municipal	Tipo de área NBR 10.151	Coordenadas
				UTM SIRGAS
	277	Qualificação Urbana 3 - ZCQU3	nte residencial	
#19	BR-277 em frente ao trevo de acesso ao pátio de triagem	Zona de Desenvolvimento Econômico - ZDE	Área predominantemente industrial	746.326 m E 7.174.082 m S
#20	Pátio de manobra e estacionamento marginal à BR-277			745.197 m E 7.172.648 m S
#21	Marginal à BR-277 no cruzamento com a linha férrea			745.022 m E 7.171.868 m S

Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2014a).

A Figura 8.8 apresenta a localização destas estações amostrais no contexto da área urbana do município e do Porto de Paranaguá.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  407
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.8 - Localização das estações amostrais do Programa de Gerenciamento de Ruídos da APPA.**

Os referidos relatórios do monitoramento sonoro apresentam a avaliação dos resultados em todos os pontos avaliados com base nos Níveis de Critério de Avaliação (NCA) estabelecidos pela NBR 10.151:2000 para áreas predominantemente industriais, ou seja, 70

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  408
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

dB(A) para período diurno; e 60 dB(A) para período noturno. Não foram levados em conta os diferentes tipos de áreas onde se localizam os pontos de monitoramento para a definição dos NCA individuais de cada ponto.

A compilação dos resultados do monitoramento sonoro para o período diurno é apresentada na Tabela 8.1.21. Nesta tabela, estão ressaltadas em negrito com fundo cinza as amostragens cujo nível sonoro equivalente ( $L_{eq}$ ) superou o Nível de Critério de Avaliação (NCA) da NBR 10.151:2000 para área predominantemente industrial, que é de 70 dB para o período diurno.

Nesta tabela é possível verificar que na maioria das amostragens, verificou-se ultrapassagem ao NCA. Em todas as estações amostrais, ocorreram ultrapassagens pelo menos uma vez neste histórico de medições. Nas estações #2 e #9, todas as amostragens superaram o NCA. Já nos pontos #11, #12, #15, #16, #20, #21, as ultrapassagens foram menos frequentes, por se tratar de locais mais distantes das fontes sonoras.

Em especial, no ponto #11 que se localiza no bairro do Rocio, o histórico mostra quatro ultrapassagens ao NCA de 70 dB no período diurno.

Estes mesmos dados dos níveis sonoros no período diurno são apresentados no Gráfico 8.1.21, no qual é possível observar a série histórica desde dezembro de 2013 até janeiro de 2016. O NCA de 70 dB é indicado pela linha vermelha. Nesta figura pode-se observar dois picos de quase 90 dB e vários valores acima de 80 dB.

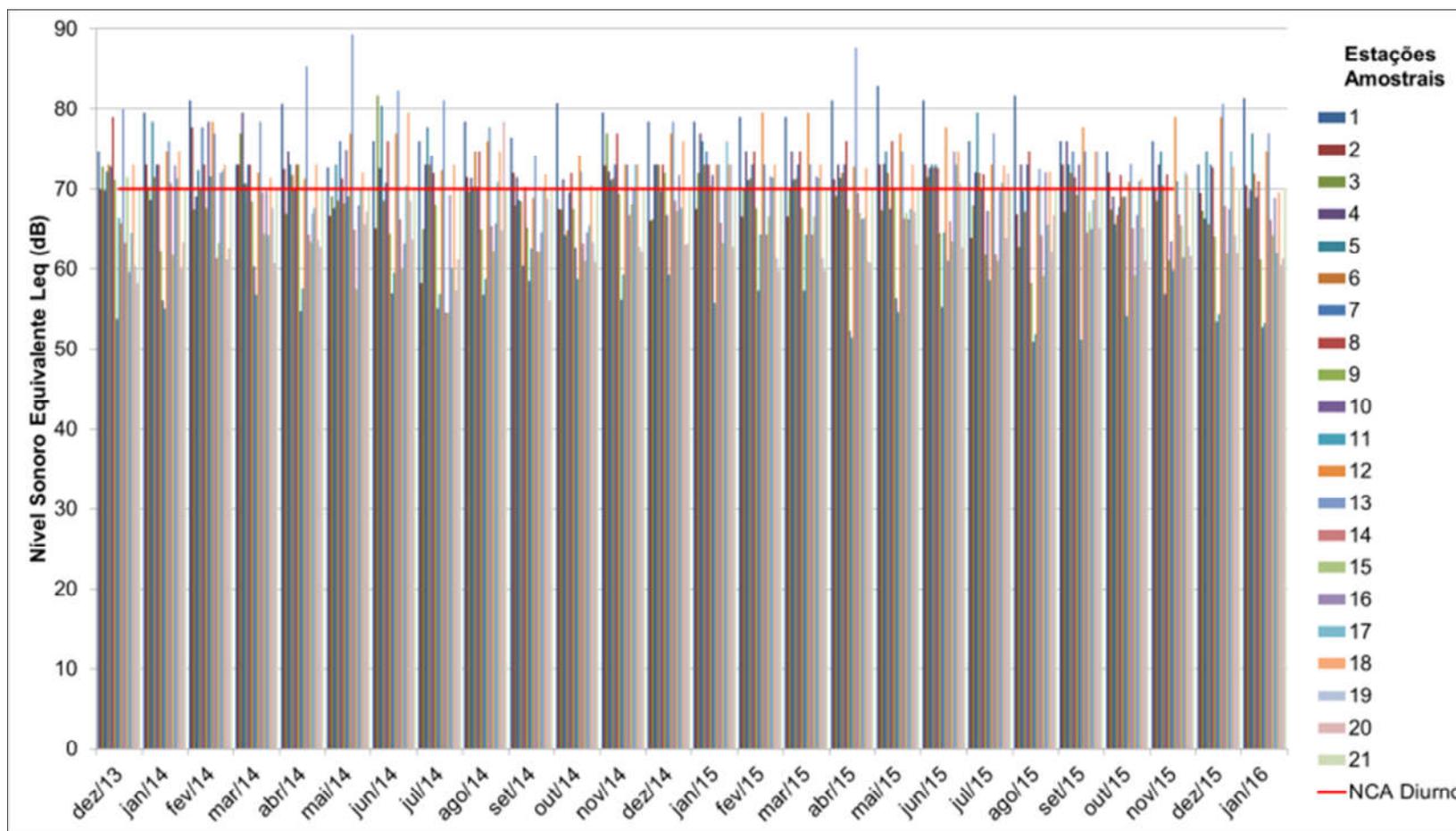
Verifica-se que no geral a tendência dos resultados não se alterou significativamente ao longo do tempo, apesar da oscilação normal dos níveis sonoros. Ou seja, com base neste histórico não é possível afirmar que os níveis sonoros vem aumentando ou diminuindo com o decorrer do tempo; eles tem se mantido semelhantes.

Os níveis sonoros obtidos no período noturno são apresentados na sequência, na Tabela 8.1.22 e no Gráfico 8.1.22. Os quadros obtidos tanto no período diurno como noturno são apresentados no Anexo II – Quadros de Ruídos.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	409
RL-B00-H01-1001	0	

**Tabela 8.1.21 – Resultados do monitoramento de ruído no período diurno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA.**

Estações amostrais	2013	2014												2015												2016	
	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	
1	54,1	59,8	71,7	68,1	65,4	71,6	52,1	69,3	62,5	72,1	58,2	64,5	68,0	73,0	56,5	56,5	69,4	68,9	73,0	73,0	67,5	63,7	58,1	68,7	72,8	72,0	
2	74,7	79,5	81,1	73,0	80,7	72,7	76,0	76,0	78,4	76,4	80,8	79,5	78,4	78,4	79,0	79,0	81,1	82,9	81,1	76,0	81,7	76,0	74,7	76,0	73,0	81,4	
3	70,0	73,0	77,7	73,0	72,5	66,6	65,1	58,3	71,5	72,0	67,5	72,9	66,0	67,5	66,5	66,5	71,2	73,0	73,0	63,9	66,8	73,0	72,1	70,3	69,5	70,5	
4	72,8	70,3	67,4	76,9	66,9	69,1	81,7	65,0	69,7	67,9	67,4	76,9	66,2	72,0	70,2	70,2	69,2	67,3	71,5	67,9	62,8	67,1	67,4	68,6	67,2	67,6	
5	69,9	68,7	69,1	79,5	74,7	67,6	72,6	73,0	71,4	71,5	71,2	72,2	73,0	76,9	74,7	74,7	73,0	73,1	72,6	72,1	73,0	76,0	69,1	73,0	66,3	69,9	
6	72,2	78,4	72,3	70,7	73,0	73,0	80,4	77,7	70,3	68,7	64,2	71,1	73,0	76,0	71,1	71,1	71,4	74,7	73,0	79,5	69,8	73,0	65,6	74,7	74,7	76,9	
7	73,0	71,5	69,9	70,6	71,7	68,6	68,6	73,0	74,7	68,5	64,8	71,3	73,0	73,0	71,3	71,3	72,0	72,0	72,7	72,0	67,1	72,0	66,7	70,5	65,6	71,9	
8	72,8	73,0	77,7	73,0	70,1	76,0	70,8	74,1	70,3	60,4	69,6	73,0	69,8	74,7	73,0	73,0	73,0	67,5	73,0	70,2	73,0	74,7	67,7	56,9	73,0	69,0	
9	79,0	73,0	73,0	73,0	73,0	71,3	76,0	72,0	74,7	70,3	72,0	76,9	73,0	73,0	74,7	74,7	76,0	76,0	72,6	71,8	74,7	71,5	71,7	71,8	72,7	71,0	
10	71,1	62,3	67,6	68,5	73,0	68,2	64,4	68,0	64,9	65,2	67,5	69,4	72,0	70,4	67,6	67,6	67,5	70,0	64,5	61,8	58,3	69,3	69,0	61,1	64,1	61,2	
11	53,7	56,1	78,4	60,3	54,7	74,9	57,0	55,0	56,8	58,5	62,7	56,2	66,7	71,7	57,3	57,3	52,3	56,4	55,2	67,2	50,9	73,0	69,1	63,5	53,4	52,7	
12	66,4	55,0	71,6	56,8	57,6	69,1	59,5	56,9	58,8	62,6	58,8	59,3	59,3	55,7	64,3	64,3	51,4	54,6	64,6	58,6	51,9	51,2	54,1	59,8	54,3	53,2	
13	65,7	74,7	78,4	72,0	71,3	76,9	76,9	72,3	76,0	68,9	74,1	73,0	76,9	73,0	79,5	79,5	72,8	76,9	77,7	73,0	70,5	77,7	70,9	79,0	79,0	74,7	
14	79,9	76,0	76,9	78,4	85,3	89,3	82,3	81,1	77,7	74,1	72,2	73,0	78,4	73,0	73,0	73,0	87,7	74,7	61,0	76,9	72,5	74,7	73,1	71,0	80,7	76,9	
15	63,3	70,7	61,3	69,6	64,3	64,9	66,2	54,5	65,3	62,3	63,2	66,7	68,6	65,8	64,3	64,3	69,5	66,3	65,9	61,8	64,2	64,6	65,1	66,8	67,8	66,1	
16	71,5	61,8	63,3	64,4	63,4	57,5	60,0	54,5	62,3	62,2	61,0	68,1	67,2	63,3	66,5	66,5	67,0	67,0	63,5	61,0	59,1	67,1	59,2	65,4	61,9	64,2	
17	59,6	72,9	72,0	69,8	66,9	67,9	63,2	69,3	65,7	64,6	64,6	70,1	71,7	70,1	71,6	71,6	66,2	66,2	74,7	69,8	72,1	65,0	66,7	61,4	67,5	68,9	
18	64,5	71,3	72,3	64,2	67,6	70,0	70,5	60,1	70,9	70,0	65,4	73,0	67,6	76,0	71,4	71,4	66,4	67,5	73,0	70,8	65,5	68,7	71,0	72,2	74,7	62,0	
19	73,0	74,7	73,0	71,4	73,0	72,1	79,5	73,0	74,7	71,8	70,5	73,0	76,0	73,0	73,0	73,0	72,6	73,0	74,7	72,9	72,2	74,7	71,2	71,7	72,8	69,6	
20	60,4	60,2	61,2	67,6	63,6	65,6	68,6	57,3	64,8	68,8	63,4	62,8	63,0	73,0	61,3	61,3	60,9	67,1	70,7	63,9	62,2	74,7	65,2	62,9	64,2	60,5	
21	58,3	63,4	62,6	60,7	62,8	67,1	63,7	61,2	78,4	56,1	60,8	62,2	63,2	62,8	59,8	59,8	60,7	63,0	62,7	71,9	66,7	65,1	61,0	61,6	62,0	61,3	
<b>NCA Diurno</b>	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
<b>Pontos acima NCA</b>	11	13	11	13	14	11	11	10	10	9	12	8	6	13	10	16	12	12	10	9	14	12	8	12	7	10	



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2016).

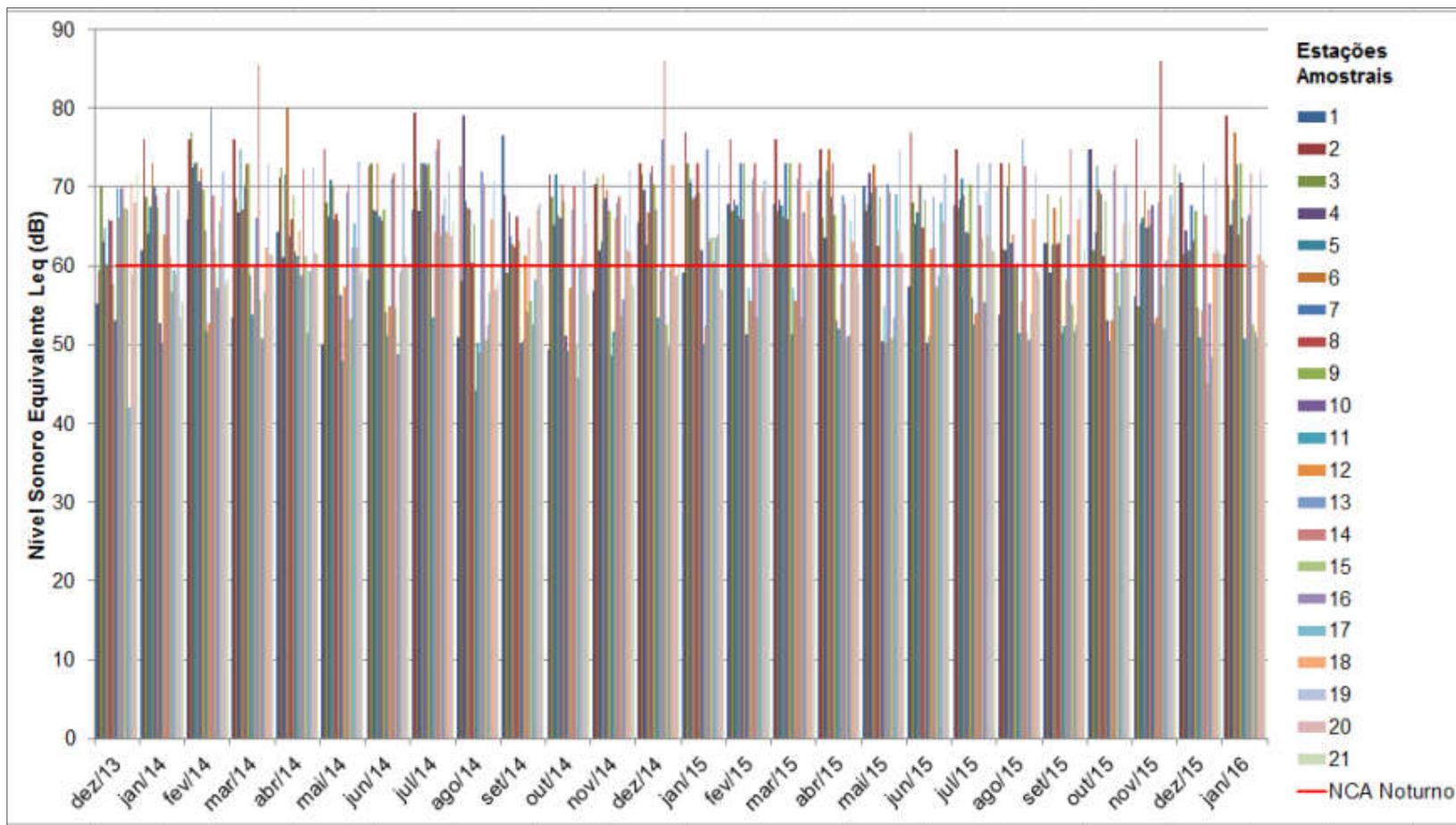
**Gráfico 8.1.21 - Resultados do monitoramento de ruído no período diurno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	411
RL-B00-H01-1001		
		0

**Tabela 8.1.22 – Resultados do monitoramento de ruído no período noturno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA.**

Estações amostrais	2013	2014												2015												2016	
	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	
1	55,2	61,9	65,8	53,4	64,3	49,9	58,3	67,2	51,0	76,6	49,4	56,8	65,6	59,1	67,9	67,9	71,0	70,1	57,3	67,7	53,7	62,8	74,7	56,1	71,8	61,4	
2	59,4	76,0	76,0	76,0	71,3	74,7	72,6	79,5	72,7	69,0	71,5	70,4	73,0	76,9	76,0	76,0	74,7	66,9	76,9	74,7	73,0	62,8	74,7	76,0	70,5	79,0	
3	70,0	68,8	76,9	68,5	72,4	68,1	73,0	69,7	58,0	59,1	68,8	71,2	71,6	73,0	66,9	66,9	66,1	67,8	68,0	67,4	62,1	69,1	61,9	54,9	61,5	70,4	
4	63,1	64,1	72,5	66,7	61,0	66,3	67,2	67,0	79,0	66,8	65,2	61,9	69,6	70,6	68,3	68,3	63,5	71,7	65,4	68,3	62,0	59,2	64,2	65,3	64,5	65,1	
5	64,9	67,5	73,0	74,7	71,6	70,8	66,9	73,0	68,2	63,7	71,6	63,0	62,6	71,0	67,6	67,6	72,1	69,2	66,7	71,0	70,0	62,7	72,7	66,1	61,9	68,4	
6	60,2	73,0	73,1	67,2	79,9	69,9	73,0	73,0	67,3	62,6	66,4	71,6	66,7	68,6	66,3	66,3	74,7	72,8	70,3	68,9	73,0	67,4	69,6	69,6	61,9	76,9	
7	65,9	69,9	70,7	69,9	63,8	65,9	66,2	73,0	67,1	62,3	66,0	68,5	71,7	68,9	73,0	73,0	68,7	70,2	69,9	64,2	62,9	62,7	69,1	64,9	67,6	72,8	
8	65,7	69,0	72,3	72,8	65,8	66,6	65,7	72,6	60,3	66,2	70,3	69,6	72,7	73,0	65,8	65,8	73,0	62,5	64,8	64,1	63,9	62,9	61,2	67,1	63,2	63,9	
9	57,7	67,3	69,7	73,0	69,0	65,7	67,2	73,0	65,3	63,3	68,2	66,9	70,3	69,3	73,0	73,0	66,5	68,8	68,4	70,3	59,9	68,8	68,2	65,1	66,9	73,0	
10	53,1	52,8	64,4	58,7	61,8	56,2	54,1	69,6	44,1	50,3	51,2	48,6	67,2	62,0	51,3	51,3	53,1	50,4	50,3	55,9	60,4	51,4	53,0	67,6	54,7	66,0	
11	69,8	50,2	51,6	53,7	61,2	47,9	51,2	53,4	50,3	50,5	49,2	51,6	53,5	50,0	57,1	57,1	52,0	54,9	51,2	52,6	51,4	52,3	50,4	52,8	51,0	50,7	
12	66,0	63,9	52,7	60,1	64,5	57,3	54,9	64,2	49,0	61,3	57,2	66,1	59,5	52,4	55,5	55,5	57,7	50,2	62,2	53,9	55,4	58,2	53,1	53,4	54,3	65,7	
13	69,8	69,3	79,9	66,0	58,8	69,3	71,1	74,7	72,0	54,2	67,1	68,0	76,0	74,7	71,1	71,1	68,9	70,3	68,8	73,0	76,0	64,0	72,1	68,1	73,0	66,4	
14	70,2	70,2	68,9	85,5	72,3	70,4	71,8	76,0	70,4	64,9	70,1	68,7	86,0	63,3	73,0	73,0	67,8	69,2	62,4	67,7	72,7	74,7	72,9	86,0	66,4	71,8	
15	67,4	61,3	62,2	55,8	61,3	53,3	54,6	63,7	50,6	55,6	50,0	53,6	52,6	63,6	53,5	53,5	50,7	50,7	57,4	63,5	51,5	55,1	59,1	57,5	45,0	52,6	
16	67,2	56,6	57,2	50,8	51,5	62,3	48,8	66,4	52,6	52,6	45,8	55,7	49,7	60,6	66,8	66,8	51,2	53,5	58,7	55,4	50,6	51,7	54,8	52,0	55,2	51,7	
17	42,0	59,5	65,6	56,6	59,3	65,3	59,2	68,8	56,7	58,2	60,2	66,4	59,6	63,5	60,4	60,4	65,7	69,1	68,0	69,5	54,0	52,6	60,8	60,8	48,5	51,0	
18	70,6	58,9	67,5	62,4	60,0	62,4	59,7	64,2	65,8	67,2	61,1	61,9	72,8	64,0	69,4	69,4	63,1	64,5	65,5	63,8	65,9	65,8	65,4	63,5	61,7	61,4	
19	58,7	69,6	72,0	73,0	72,5	73,1	73,0	72,0	70,8	67,8	72,2	72,1	72,7	73,0	70,8	70,8	69,0	74,7	71,6	73,0	71,7	68,6	70,4	69,0	71,3	71,9	
20	68,1	53,5	57,6	61,4	61,6	59,1	61,1	63,8	57,0	63,2	65,3	61,7	58,8	57,0	61,6	61,6	61,6	61,6	60,0	61,9	59,3	60,0	60,4	66,4	62,0	60,8	
21	71,7	55,4	58,3	61,3	61,4	60,9	59,8	65,7	58,3	57,5	56,5	57,6	60,2	65,6	60,9	60,9	57,7	53,0	58,6	61,8	58,5	61,9	65,6	72,8	61,7	60,2	
<b>NCA Noturno</b>	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
<b>Pontos acima NCA</b>	15	14	15	15	16	15	18	15	14	20	11	13	14	15	15	17	18	17	15	15	15	17	12	14	17	15	

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	412
RL-B00-H01-1001	0	



Fonte: Adaptado de Ambiens Consultoria (2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2016).

**Gráfico 8.1.22 - Resultados do monitoramento de ruído no período noturno do Programa de Gerenciamento de Ruído do PCA da APPA.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  413
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A Tabela 8.1.22 apresenta os resultados do Programa de Gerenciamento de Ruídos no período noturno. Para este período, o NCA considerado nos relatórios semestrais é de 60 dB, relativo a áreas predominantemente industriais segundo a NBR 10.151:2000. Percebe-se que as amostragens cujos níveis sonoros superam o NCA foram mais frequentes do que no período diurno, devido ao NCA ser mais restritivo no período noturno.

Nos pontos amostrais #5, #6, #7, #8 e #14 ocorreram ultrapassagens em todas as amostragens. Já nas estações #11, #12, #16 e #21 as ultrapassagens ao NCA foram menos frequentes. No ponto #11, localizado próximo ao Rocio, foram registradas 2 ultrapassagens ao nível 60 dB no período noturno.

No Gráfico 8.1.22 é possível ver o histórico das medições do período noturno, de dezembro de 2013 a janeiro de 2016. Assim como no período diurno, verifica-se que no geral não houve alteração significativa ao longo do tempo na tendência geral dos níveis sonoros no período noturno.

O resumo da avaliação dos monitoramentos apontou que na grande maioria dos pontos amostrados o nível sonoro medido nas diversas campanhas de monitoramento superou o NCA mencionado acima. O número de ultrapassagens foi ainda maior no período noturno, já que nesse período o limite da norma é mais baixo do que no período diurno (AMBIENS CONSULTORIA, 2015).

Cabe lembrar que vários pontos se encontram na área interna à poligonal do Porto Organizado, e situam-se próximo a importantes fontes sonoras relacionadas ao tráfego de veículos e atividades do porto. As principais fontes sonoras mencionadas incluem: tráfego de veículos pesados, tráfego de veículos leves, operação portuária, movimentação de cargas, correia transportadora; *shiploader*, e tráfego ferroviário (AMBIENS CONSULTORIA, 2015).

Segundo esta referência, os níveis sonoros resultantes do monitoramento são semelhantes aos já observados durante a época do diagnóstico realizado para o Relatório de Controle Ambiental do Porto de Paranaguá, cujas amostragens foram realizadas em 2010 (AMBIENS CONSULTORIA, 2015).

Desta forma, verifica-se que os estudos já realizados no local de estudo apontaram que em geral os níveis sonoros nas proximidades do Porto de Paranaguá são mais elevados do que

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  414
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

o recomendado pelo NCA da NBR 10.151:2000 para áreas predominantemente industriais. Isto se deve à natureza das atividades portuárias e do tráfego pesado na região.

Entretanto, a avaliação dos níveis sonoros nos estudos analisados não abordou a presença de pontos sensíveis na comunidade do entorno, os quais podem ser eventualmente afetados pela geração de ruído das fontes sonoras relacionadas ao Porto e à sua ampliação. A carência desta informação dificulta a realização de um efetivo diagnóstico da paisagem sonora na comunidade, que possa ser usado como base de comparação com medições durante a operação do empreendimento.

Desta forma, a fim de permitir um completo diagnóstico da área de estudo, os dados secundários aqui mencionados foram complementados com levantamento de dados primários realizado em campo, conforme descrito a seguir.

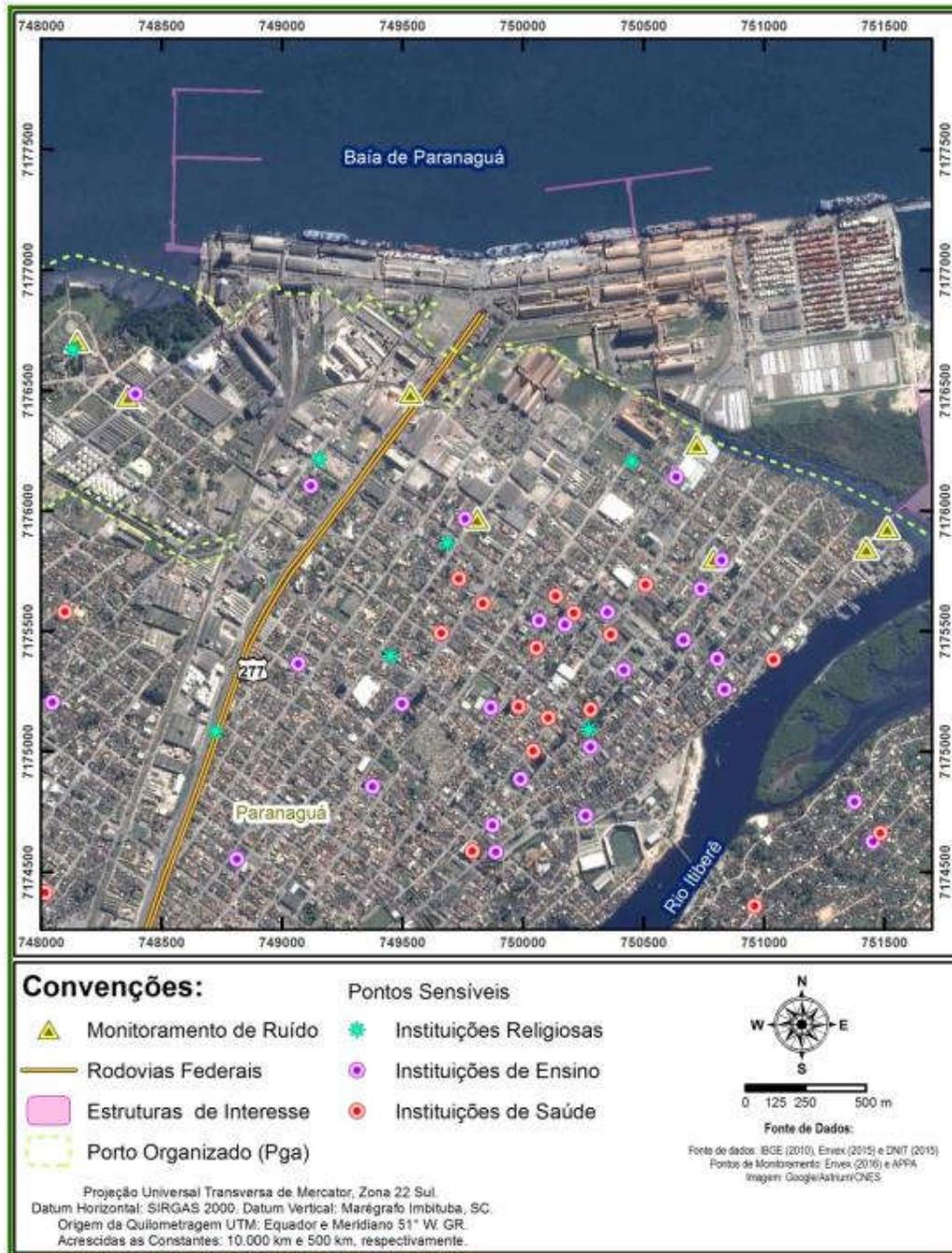
#### **8.1.3.4 Levantamento de dados primários de níveis sonoros**

Para maior detalhamento e atualização do diagnóstico de ruído, foi realizado o levantamento para diagnóstico dos níveis sonoros característicos da situação atual. A campanha ocorreu no dia 09/06/2016.

A localização dos pontos de monitoramento de ruído foi definida no interior da AEID, levando em conta a proximidade das futuras fontes sonoras da ADA com a comunidade, bem como a presença de pontos sensíveis nos arredores, como equipamentos públicos, residências, dentre outros.

A Figura 8.9 apresenta o levantamento de pontos sensíveis ao impacto do ruído, incluindo instituições de ensino (creches, escolas municipais, estaduais e particulares), instituições de saúde (hospitais, unidades de saúde, clínicas), e instituições religiosas (igrejas, templos, etc.). Os pontos marcados com triângulos são os pontos escolhidos para o levantamento de dados primários de monitoramento de ruído. A seleção dos pontos de monitoramento procurou privilegiar a avaliação nestes pontos críticos.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  415
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.9 – Levantamento dos pontos sensíveis ao impacto relacionado ao ruído na área de estudo, e pontos de monitoramento de ruído deste estudo.**

A avaliação dos níveis sonoros resultantes e comparação com os NCA's propostos pela NBR 10.151:2000 levou em conta o zoneamento local para a definição da classificação de

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  416
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

cada ponto conforme a NBR 10.151:2000, conforme disposto na Lei Municipal Complementar 62/2000 e suas alterações.

#### 8.1.3.4.1 Equipamentos utilizados

Para serem realizadas medições com grau satisfatório de qualidade são necessários instrumentos de medição confiáveis e calibrados. Dessa forma, foi preparado, para a campanha de monitoramento dos níveis de ruído atuais, o seguinte conjunto de equipamentos:

- Medidor de Nível de Pressão Sonora (sonômetro) com Filtro de Banda de Oitava e Terça de Oitava Solo *Black Edition*, da marca 01dB - Acoem. Este equipamento atende à NBR 10.151/2000 (Figura 8.10-a);
- Calibrador CAL21 classe 1, da marca 01dB - Acoem, com dois níveis de calibração e precisão de  $\pm 0,1$  dB para calibrar o sonômetro antes e depois das medições. Este equipamento também atende à NBR 10.151/2000 (Figura 8.10-b);
- GPS de navegação GPSMap 62 S, marca GARMIN, para registro da localização e coordenadas dos pontos de amostragem (Figura 8.10-c).



**Figura 8.10 – Sonômetro (a), Calibrador (b) e GPS de navegação (c).**

Antes do início da campanha de medições o sonômetro foi calibrado, conforme registrado na Figura 8.11. Para a calibração, foi usado o calibrador CAL21 (Número de Série 35293397), que opera na faixa de 94 dB 1000 Hz, e atende às especificações da IEC 60942:1997. O procedimento de calibração do sonômetro é feito através do acoplamento do calibrador num nível de ruído definido (94 dB) e posterior regulagem do sonômetro para coincidência com o valor padronizado.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  417
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



**Figura 8.11 – Calibração do medidor de nível de pressão sonora.**

Em conformidade à exigência da NBR 10.151/2000 tanto o medidor de nível de pressão sonora (sonômetro) e quanto o calibrador CAL 21 possuem calibração rastreável válida realizada por laboratório acreditado pelo INMETRO, conforme apresentado no Anexo.

O equipamento foi ajustado para calcular o  $LA_{eq}$  em cada ponto de medição, a partir de dados contínuos ao longo de 5 minutos, no método de resposta rápida (*Fast* – 8 hertz). Os registros a cada 1s (ao longo dos cinco minutos) de todas as medições realizadas foram simultaneamente armazenados na memória do sonômetro.

#### *8.1.3.4.2 Método de determinação da pressão sonora*

Para as campanhas de monitoramento, foi seguido o estabelecido pela norma brasileira NBR 10.151:2000. A norma exige que seja apresentado o nível de pressão sonora equivalente,  $LA_{eq,T}$ , ponderado em “A”. Este nível é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora referente a todo o intervalo de medição. Pode ser calculado, então, de acordo com a seguinte equação, conforme a NBR 16.131:2014:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  418
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

onde:

$L_{Aeq,T}$  é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A, expresso decibel (dB), lido em resposta rápida (fast) a cada 1 segundo, durante o tempo de medição;

$p_A(t)$  é a pressão sonora instantânea ponderada em A no instante  $t$ , expressa em pascal (Pa);

$p_0$  é a pressão sonora de referência ( $p_0 = 20 \mu Pa$ );

$T$  é o tempo de integração.

O cálculo manual, todavia, não necessitou ser realizado visto que o equipamento utilizado, apresentado anteriormente, possui recursos para a medição e cálculo automático do nível de pressão sonora equivalente ponderado em "A",  $LA_{eq,T}$ .

#### 8.1.3.4.3 Pontos de monitoramento e resultados

Previamente ao monitoramento, uma análise para a identificação de pontos acessíveis e representativos (proximidade de comunidades) foi realizada ainda em escritório. Para tanto se utilizou de bases cartográficas e do sensoriamento remoto. Todos os pontos foram alocados fora da poligonal do Porto Organizado de Paranaguá, a fim de avaliar a comunidade do seu entorno.

A definição dos pontos privilegiou locais considerados receptores sensíveis, conforme as normas NBR 10.151:2000 e 16.131:2014, como escolas e igrejas. Outros pontos foram escolhidos em locais próximo às futuras ampliações e novos terminais portuários objeto deste licenciamento, a fim de permitir o diagnóstico da situação atual, bem como futuras comparações com os níveis sonoros durante a operação do empreendimento.

A Tabela 8.1.23 apresenta a descrição dos pontos selecionados para monitoramento de ruído na região de influência do empreendimento, com destaque para a inclusão do referido zoneamento, definido na legislação municipal (Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo do Município de Paranaguá, instituído pela Lei Complementar nº 62/2007) e no Plano Diretor. É apresentado também o Nível de Critério de Avaliação (NCA) específico para cada local monitorado, para os períodos diurno e noturno.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  419
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.23 – Descrição dos pontos de monitoramento sonoro.**

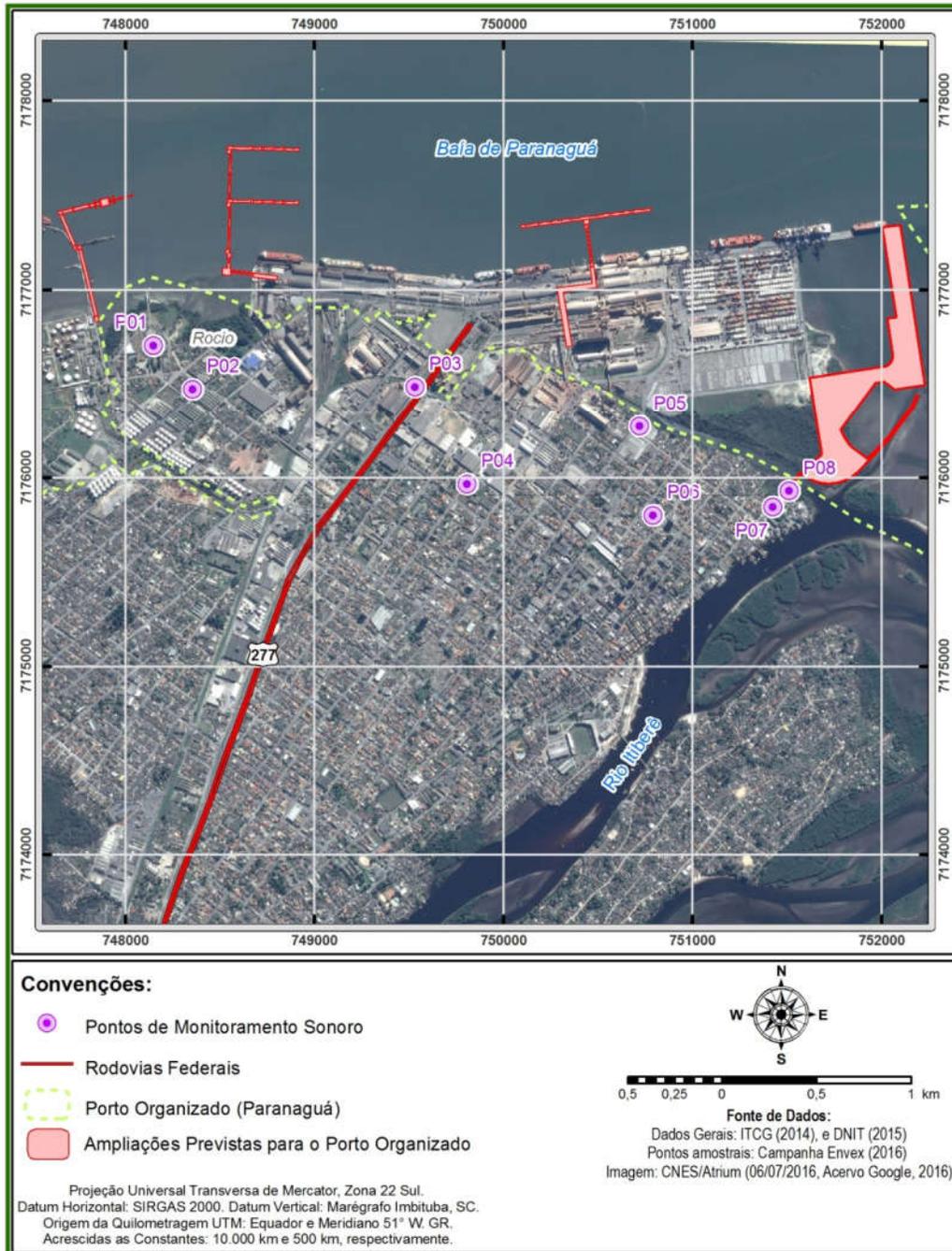
Ponto	Descrição	Zoneamento	Tipo de área NBR 10.151	NCA (dB)		Coordenadas UTM SIRGAS
				Diu	Not	
P01	Na praça em frente ao Santuário do Rocío	ZPSR - Zona de proteção ao Santuário do Rocío	Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55	748.149 m E 7.176.706 m S
P02	Escola Mun. Pres. Costa e Silva.			Área de Escolas	50	45
P03	R. Antônio Pereira (BR277), cruzamento com a ferrovia.	ZIP - Zona de Interesse Portuário	Área predominantemente industrial	70	60	749.532 m E 7.176.487 m S
P04	Igreja Assembleia de Deus, R. Manoel Pereira.			70	60	749.808 m E 7.175.969 m S
P05	R. Manoel Correia, ponte ao lado da empresa COAMO, próximo ao TCP. Atual			70	60	750.721 m E 7.176.277 m S
P06	Escola Est. Helena V. Sundin.	ZRU - Zona de Requalificação Urbana	Área mista, com vocação comercial e administrativa	50	45	750.791 m E 7.175.803 m S
P07	Em frente à Marina da praticagem, bairro Oceania.			60	55	751.425 m E 7.175.846 m S
P08	Bairro Oceania, em frente ao Rio do Chumbo.			60	55	751.512 m E 7.175.931 m S

O mapa que ilustra os locais de monitoramento, bem como a poligonal do Porto Organizado é apresentado na Figura 8.12.

De acordo com o observado no mapa, os pontos P03, P04 e P05, por estarem localizados na Zona de Interesse Portuário, foram classificados como predominantemente industrial nos termos da NBR 10.151/2000. Já os pontos P07 e P08 foram classificados como área mista com vocação comercial e administrativa, por se situarem na ZRU - Zona de Requalificação Urbana. Esta foi a mesma classificação usada para o ponto P01, localizado na ZPSR - Zona de Proteção ao Santuário do Rocío. Além disso, devido ao fato dos pontos P02 e P06 estarem situados em frente a escolas, os padrões definidos pela norma são mais restritivos devido à natureza do local, por se tratar de uma área sensível.

A campanha de monitoramento de ruído deste diagnóstico foi realizada no dia 09/06/2016, e contemplou os períodos diurno e noturno em cada um dos pontos listados na Tabela 8.1.23. A duração de cada amostragem foi de 5 minutos. O procedimento de amostragem obedeceu às orientações da NBR 10.151:2000.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  420
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.12 – Pontos de monitoramento sonoro no entorno do empreendimento, onde foi realizado o levantamento de dados primários para este EIA.**

Os níveis sonoros equivalentes resultantes ( $LA_{eq,T}$ ) deste monitoramento são representados pelos gráficos de barras no Gráfico 8.1.23 e no Gráfico 8.1.24, para as medições realizadas no período diurno e noturno, respectivamente. Nestes gráficos também é mostrada a

comparação entre os resultados medidos e o Nível de Critério de Avaliação (NCA) estabelecido na referida norma brasileira, que é representado pelas linhas sólidas.

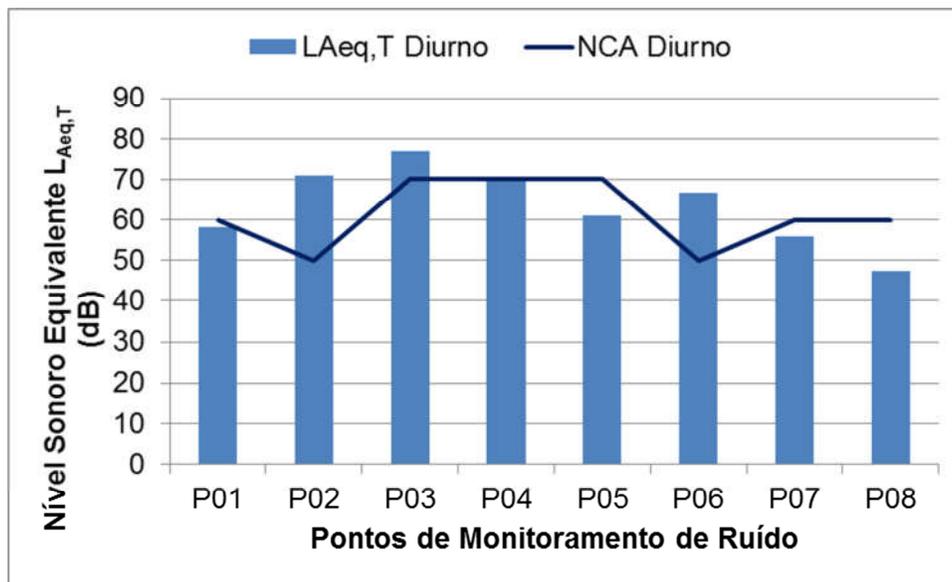


Gráfico 8.1.23 - Níveis Sonoros ( $LA_{eq,T}$ ) referentes às medições realizadas no período diurno.

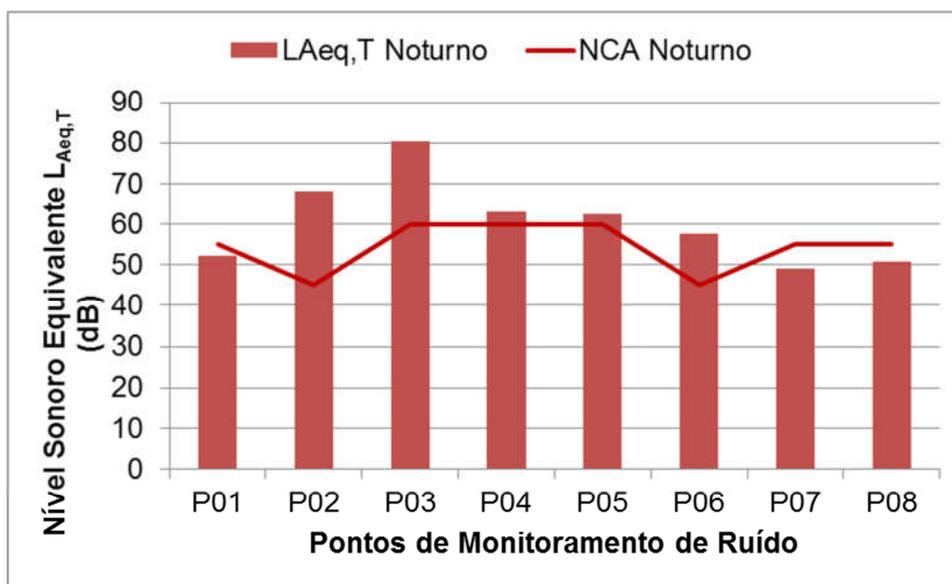


Gráfico 8.1.24 - Níveis Sonoros ( $LA_{eq,T}$ ) referentes às medições realizadas no período noturno.

Os gráficos dos níveis sonoros resumidos nas figuras acima demonstram que os níveis atuais de ruído encontraram-se acima da legislação vigente para os pontos P02, P03, P04 e P06, em ambos os períodos. O ponto P05, localizado próximo à empresa COAMO, se

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  422
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

mostrou em desacordo com o NCA para o período noturno. Vale ressaltar que os pontos P03 a P05 se localizam na ZIP (Zona de Interesse Portuário), e, portanto não estão em área destinada a uso residencial.

Nestes pontos, o tráfego intenso – principalmente de caminhões – foi identificado como a fonte sonora predominante; principalmente nos pontos P02 (Escola Pres. Costa e Silva) e P03 (BR-277, cruzamento com a ferrovia), localizados em vias importantes que dão acesso ao Porto de Paranaguá. No ponto P04 (Igreja na R. Manoel Pereira), o ruído de fundo do tráfego das vias portuárias também teve influência, apesar de o movimento de veículos nesta rua ser pequeno. No ponto P06 (Escola Helena Sundin) a circulação de veículos também foi a principal fonte sonora, porém neste local o tráfego tem maior participação de veículos leves.

Já no ponto P01, localizado no Santuário do Rocio, o nível sonoro atendeu ao nível máximo permitido pela NBR 10.151, que neste caso é de 60 dB para o período diurno e 50 dB para o período noturno. Apesar da proximidade com o Porto, durante o monitoramento neste local o ruído das atividades portuárias teve pouca influência. Os níveis sonoros também atenderam a estes limites nos pontos P07 e P08, localizados a oeste do Porto de Paranaguá, em área residencial. Neste local o ruído do porto é perceptível, mas é atenuado pela distância e pela presença de extensa área vegetal.

De acordo com a Tabela 8.1.24, conforme já mencionado, verificou-se que apenas nos pontos P01, P07 e P08 o nível sonoro atendeu aos limites máximos permitidos pela NBR 10.151:2000 em ambos os períodos, e o P05 no período diurno. Os pontos P02 e P06, por estarem localizados em áreas de escolas com limites de níveis sonoros mais restritivos, apresentam uma maior diferença com relação ao NCA da NBR 10.151:2000.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 423
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.24 – Comparação dos níveis sonoros do período diurno com os limites máximos estabelecidos pela NBR 10.151/2000.**

Ponto	Período Diurno				Período Noturno			
	LA <sub>eq,T</sub> *	NCA**	NCA***	Situação	LA <sub>eq,T</sub> *	NCA**	NCA***	Situação
	dB	dB	dB		dB	dB	dB	
P01	58,1	60	-1,9	DA	52,3	55	-2,7	DA
P02	70,9	50	20,9	ED	68,2	45	23,2	ED
P03	76,9	70	6,9	ED	80,2	60	20,2	ED
P04	70,5	70	0,5	ED	63,1	60	3,1	ED
P05	61,1	70	-8,9	DA	62,5	60	2,5	ED
P06	66,7	50	16,7	ED	57,5	45	12,5	ED
P07	56,0	60	-4,1	DA	48,9	55	-6,1	DA
P08	47,2	60	-12,8	DA	50,7	55	-4,3	DA

\* Nível de pressão sonora equivalente expresso na banda A.  
\*\* Nível de critério de avaliação da NBR 10.151:2000. \*\*\* Diferença entre o NCA e o LA<sub>eq,T</sub>.  
ED = Em Desacordo, com base no zoneamento urbano definido pela Lei Complementar nº 2623/05  
DA = De Acordo, com base no zoneamento urbano definido pela Lei Complementar nº 2623/05.

Para a contextualização de cada medição dos níveis de ruído, faz-se necessário uma descrição da localização de cada um dos pontos, bem como das condições locais no momento do monitoramento. Assim, os resultados individuais, as estatísticas de cada monitoramento, bem como as fontes que mais influenciaram nos níveis sonoros são apresentados no Apêndice deste relatório.

Em resumo, este diagnóstico apontou que a área de estudo atualmente já apresenta níveis sonoros elevados, principalmente em função das atividades características da área portuária próxima: tráfego rodoviário intenso de veículos pesados, e movimentação de cargas diversas em grande quantidade.

Os potenciais impactos da ampliação do Porto de Paranaguá são detalhados no Prognóstico. Mas de forma resumida prevê-se que, com a operação dos novos terminais objeto deste licenciamento ambiental, haverá aumento da capacidade de movimentação do Porto, e conseqüente crescimento no tráfego relacionado a esta atividade, que é a fonte sonora mais relevante. Portanto, prevê-se que haverá aumento dos níveis sonoros na área de estudo em geral, com destaque para os pontos de monitoramento localizados nas principais vias de acesso ao Porto e aos novos terminais: principalmente os pontos P02, P03, P05, P07 e P08.

É provável que os níveis sonoros nos pontos P07 e P08 sejam afetados pela operação do Complexo Náutico.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  424
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Desta forma, deve ser mantido o monitoramento dos níveis sonoros durante a construção e operação do empreendimento, e se necessário deve ser revisado o zoneamento destas áreas, adequando-as com o uso pretendido para a área, e adotando medidas de controle para o impacto sonoro, quando relevante.

#### 8.1.3.5 Levantamento de dados primários de vibrações

Com relação a vibrações, não há dados secundários disponíveis nos diversos estudos ambientais já realizados na região de estudo. Portanto, para compor o diagnóstico ambiental do EIA da ampliação do Porto de Paranaguá, foi realizada uma campanha de levantamento de dados primários referentes a vibrações.

O monitoramento de vibrações e da pressão acústica foi realizado no dia 13/06/2016 em três pontos, selecionados dentre os mesmos pontos do monitoramento de ruído: P02, P03 e P07, distribuídos pelas proximidades da ADA do empreendimento.

Para a realização destas medições, foi utilizado o seguinte equipamento, o qual fora devidamente calibrado pelo fabricante no dia 15/10/2015: Sismógrafo modelo SSU 3000-EZ PLUS, da fabricante Geosonics-Vibratech, com geofone externo para medição de vibrações no solo, e microfone para medição da pressão acústica (vibração transmitida pelo ar), mostrado na Figura 8.13.



**Figura 8.13 – Sismógrafo com geofone e microfone.**

Para a área de estudo, a vibração a ser analisada é do tipo contínua, gerada principalmente pelo tráfego veicular. Por isso, o equipamento foi configurado para registrar as vibrações no

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  425
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

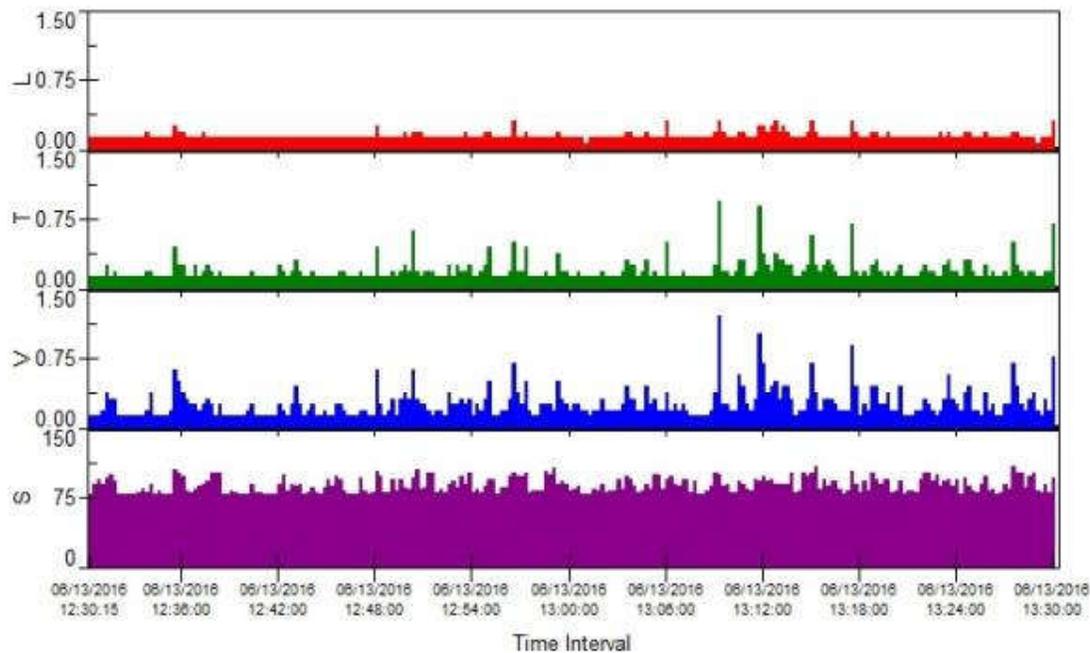
modo de histograma, registrando médias a cada 15 segundos nas três direções. Nos pontos P02 e P03 a duração total da amostragem foi de 1 hora, e no ponto P07, foi de meia hora, devido à pequena variação e magnitude da vibração observada no local.

Os resultados obtidos em cada ponto de monitoramento, bem como o registro fotográfico durante o monitoramento, são mostrados nas tabelas que se seguem: ponto P02 – Escola Municipal Pres. Costa e Silva (Tabela 8.1.25); P03 – Av. Ayrton Senna (BR-277), cruzamento com a ferrovia (Tabela 8.1.26); P07 – Bairro Oceania, em frente à Marina, R. Benjamin Constant (Tabela 8.1.27). Os gráficos apresentam os resultados de velocidade de vibração da partícula (PPV) e respectivas frequências (Hz) para os três eixos: L – Longitudinal; T - Transversal; e V – Vertical.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  426
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.25 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P02.**

<b>Ponto:</b>	P02	<b>Descrição do ponto:</b> Escola Mun. Pres. Costa e Silva, Av. Bento Rocha.		
<b>Intervalos:</b>	15 s	<b>Condições meteorológicas:</b> Céu claro, temperatura moderada, calmaria.		
<b>Início:</b>	12:30	<b>Fim:</b> 13:30	<b>Duração:</b> 1 hora	<b>Data:</b> 13/06/2016



Resultados	L - Longitudinal	T - Transversal	V - Vertical
<b>PPV (mm/s)</b>	0,32	0,95	1,21
<b>Freq. (Hz)</b>	13,9	12,5	9,4

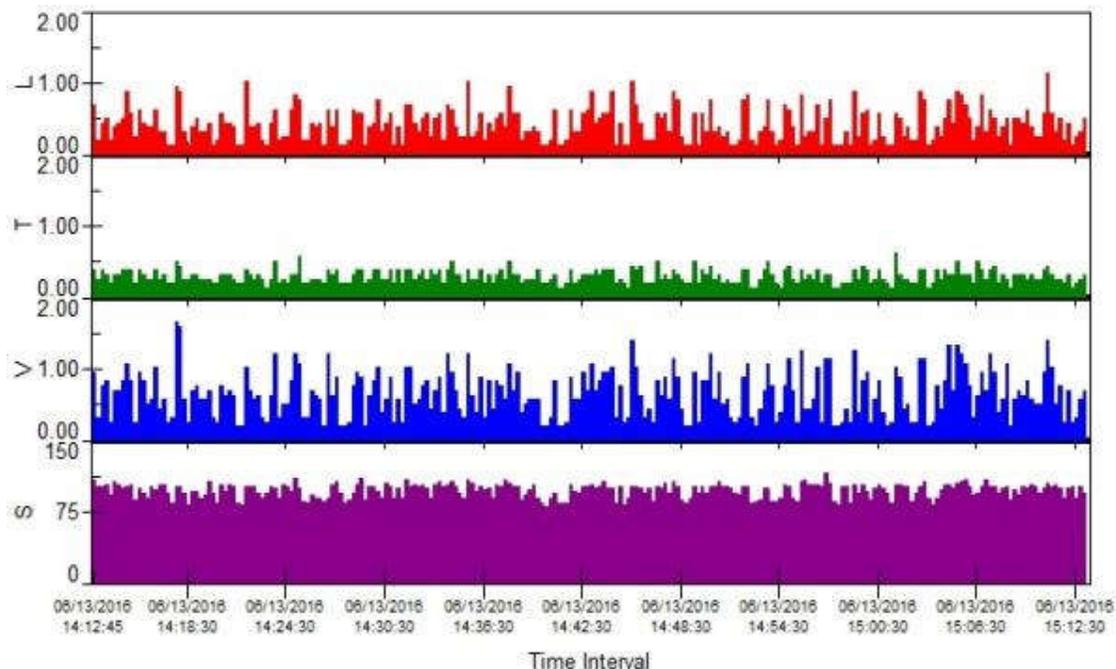
**Principais fontes de vibração e Contagem de veículos durante o monitoramento:** Tráfego intenso na Av. Bento Rocha .  
Carros (253), Caminhões (120), Motos (99), ônibus (6).



Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  427
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.26 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P03.**

<b>Ponto:</b>	P03	<b>Descrição do ponto:</b> Av. Ayrton Senna (BR277), cruzamento com a ferrovia.		
<b>Intervalos:</b>	15 s	<b>Condições meteorológicas:</b> Céu claro, temperatura moderada, calmaria.		
<b>Início:</b>	14:12	<b>Fim:</b> 15:12	<b>Duração:</b> 1 hora	<b>Data:</b> 13/06/2016



Resultados	L - Longitudinal	T - Transversal	V - Vertical
PPV (mm/s)	1,14	0,64	1,65
Freq. (Hz)	20	12,8	12,2

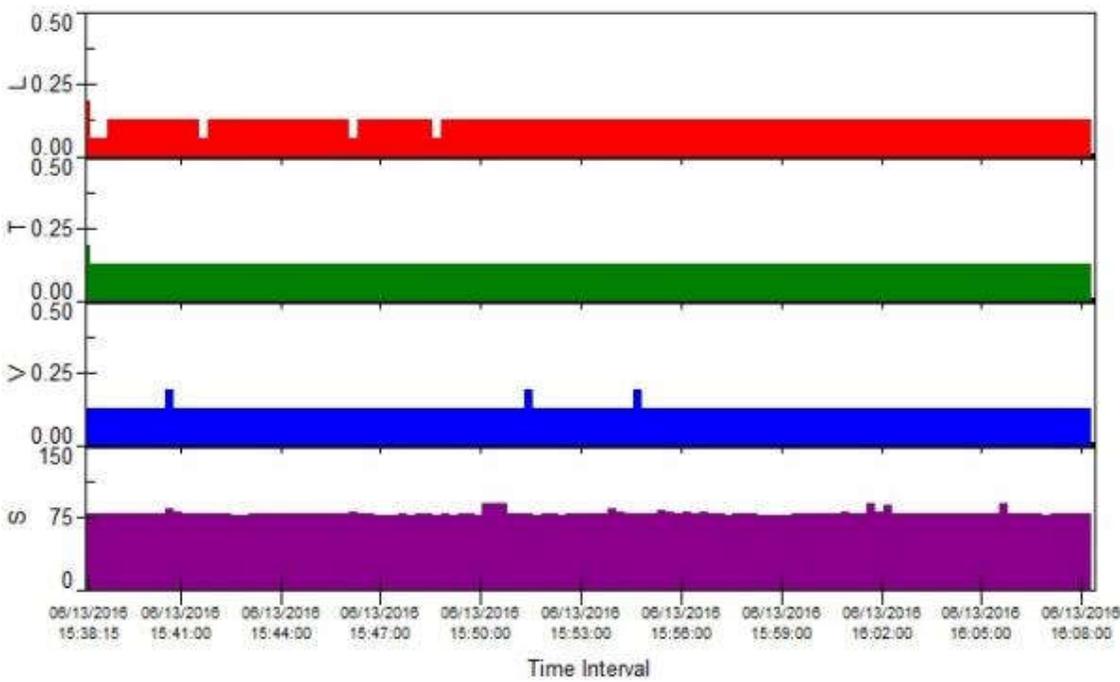
**Principais fontes de vibração e Contagem de veículos durante o monitoramento:**

Tráfego intenso na BR-277. Ocorre intensa vibração aos veículos cruzarem os trilhos.  
Carros (326), Caminhões (290), Motos (80), ônibus (3).



Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  428
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.27 – Resultado do monitoramento de vibrações no ponto P07.**

<b>Ponto:</b>	P07	<b>Descrição do ponto:</b> Bairro Oceania, em frente à Marina, R. Benjamin Constant		
<b>Intervalos:</b>	15 s	<b>Condições meteorológicas:</b> Céu claro, temperatura moderada, calmaria.		
<b>Início:</b>	15:38	<b>Fim:</b>	16:08	<b>Duração:</b> 30 min
				
<b>Resultados</b>	<b>L - Longitudinal</b>	<b>T - Transversal</b>	<b>V - Vertical</b>	
<b>PPV (mm/s)</b>	0,19	0,19	0,19	
<b>Freq. (Hz)</b>	0,4	1,3	10,6	
<b>Principais fontes de vibração:</b>	Local mais tranquilo, pouco tráfego; Carros (6), Moto (1). Perceptíveis pequenos ruídos de motor de barcos e portão da marina.			



 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  429
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A Tabela 8.1.28 apresenta o resumo dos resultados de velocidade de vibração da partícula (PPV) e respectivas frequências (Hz) para os três eixos: L – Longitudinal; T - Transversal; e V – Vertical, para cada ponto de monitoramento.

**Tabela 8.1.28 – Resumo dos resultados do monitoramento de vibração realizado no dia 13/06/2016 na área de estudo.**

Ponto	Local	Hora		Resultado nos Eixos		
				L - Longitudinal	T - Transversal	V - Vertical
P02	Escola Pres. Costa e Silva	12:30	PPV (mm/s)	0,32	0,95	1,21
			Freq. (Hz)	13,9	12,5	9,4
P03	Av. Ayrton Senna x ferrovia	14:12	PPV (mm/s)	1,14	0,64	1,65
			Freq. (Hz)	20	12,8	12,2
P07	Bairro Oceania, em frente à Marina	15:38	PPV (mm/s)	0,19	0,19	0,19
			Freq. (Hz)	0,4	1,3	10,6

A avaliação deste resultado indica que a intensidade de vibrações contínuas é mais elevada nos pontos caracterizados por locais de tráfego intenso de veículos – principalmente o ponto P03. O destaque é para a vibração no eixo vertical, que foi a de maior magnitude dentre as direções. Verifica-se que no ponto P07, localizado em área de pouco tráfego, as vibrações foram insignificantes, sendo que a média do período de meia hora não ultrapassou o limite mínimo de quantificação do sismógrafo (0,19 mm/s).

A legislação federal e estadual não estipula regras ou limites para a emissão de vibrações contínuas, tais quais as estudadas neste caso. A única referência deste tipo no Brasil é a Decisão da Diretoria da CETESB Nº 215/2007/E, de 07 de novembro de 2007, que dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causado por vibrações geradas em atividades poluidoras. Apesar de ser aplicável apenas ao Estado de São Paulo, esta normativa é citada aqui apenas para fins comparativos e de referência, sem qualquer valor legal.

De acordo com esta Decisão da CETESB, para áreas predominantemente residenciais e para áreas de escolas, o limite da Velocidade de Vibração de Partícula – Pico sugerido é 0,3 mm/s. Este é o caso dos pontos P02 e P07. Já para o P03, que pode ser considerado como área industrial, o valor é 0,5 mm/s. Estes são valores bastante restritivos; ainda assim, no ponto P07, estes limites foram atendidos, por se tratar de local onde não há atividades geradoras de vibrações relevantes ao solo.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  430
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Já nos pontos P02 e P03, os resultados do monitoramento superaram os valores de referência da CETESB, para os três eixos, especialmente o eixo vertical. Estas vibrações são principalmente causadas pelo atrito dos pneus dos veículos com a pista, e são aumentadas em locais onde o pavimento é irregular, como é o caso do P03. Neste local há a presença dos trilhos de trem na pista, que devem ser atravessados pelos veículos, aumentando a trepidação.

Entretanto, vale ressaltar que a própria DD 215/2007/E esclarece que “os limites são valores de referência para avaliação do incômodo”. Ou seja, em locais onde não há população ou outros receptores sensíveis que possam ser impactados pelo incômodo, não há necessidade de realização de medidas de controle.

Este diagnóstico serviu para avaliar a situação atual da emissão de vibrações contínuas na área de estudo. Futuramente os resultados aqui registrados podem ser comparados com futuros monitoramentos, a fim de verificar se as atividades da expansão do Porto irão influenciar nesta situação. É provável que haja alteração da situação principalmente no ponto P07, que atualmente é um local com tráfego insignificante, mas que será alterado com a implantação do Complexo Náutico.

#### **8.1.4 Geologia**

##### **8.1.4.1 Metodologia aplicada**

A caracterização geológica é centrada em dados existentes para o estado paranaense e para a área de drenagem da Baía de Paranaguá, onde está inserida a área de estudo para determinação da área de influência indireta (AEII) considerada para o meio físico. Nesse sentido, a caracterização foi desenvolvida a partir da descrição da geologia regional, com base no Mapa Geológico do Paraná (MINEROPAR, 2005).

Para a geologia local, também foi considerado o Mapa Geológico do Paraná (MINEROPAR, 2005), além de dados adquiridos nos poços de monitoramento implantados para a caracterização de águas subterrâneas.

Por fim, compondo a caracterização geológica da área de estudo, buscou-se a identificação dos processos minerários incidentes, a fim de se identificar possíveis conflitos de ocupação do espaço necessário para o empreendimento, bem como áreas fontes de substâncias úteis e próximas para o emprego nas obras de ampliação do empreendimento.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 431
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O levantamento de todos os processos minerários considerou aqueles vigentes no dia 28 de junho de 2016. Os dados foram obtidos em arquivo *shapefile*, disponível pelo Sistema de Informações Geográficas de Mineração (SIGMINE), do site do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A espacialização desses dados para permitir a análise foi executada em ambiente SIG, utilizando-se do *software* ArcGIS 10.

#### 8.1.4.2 Geologia regional

Com base na Carta Geológica de Curitiba (MINEROPAR, 2005), nas áreas de estudo para determinação das áreas de Influência do meio físico ocorrem rochas datadas desde o Arqueano/Proterozoico Inferior até sedimentos recentes, do Mioceno e do Holoceno.

De forma geral, as rochas mais antigas da região (Arqueanas, Proterozoicas e Cambrianas) afloram no hemisfério ocidental da AEII, em zonas elevadas que correspondem à Serra do Mar e ao Primeiro Planalto Paranaense. Rochas Mesozoicas, representadas por diques básicos e intermediários de orientação NW-SE, cortam as unidades mais antigas.

Os sedimentos recentes ocorrem majoritariamente no hemisfério oriental e subordinadamente no hemisfério ocidental da AEII formando o canal estuarino e a Planície Flúvio-Marinha (Anexo I – Mapa 10 - Mapa Geológico Regional), predominando nos recortes espaciais considerados para a AEID e ADA.

#### 8.1.4.3 Escudo Cristalino

No interior dos limites das área de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico, o Escudo Cristalino reúne oito unidades geológicas, que são constituídas, principalmente, por rochas metamórficas de alto grau e ígneas intrusivas e, subordinadamente, por uma sequência Vulcano-sedimentar. Tais unidades são apresentadas resumidamente nos subitens a seguir, de acordo com o Mapa Geológico do Paraná (MINEROPAR, 2005).

##### 8.1.4.3.1 Complexo Serra Negra (APIsn)

O Complexo Serra Negra data do Arqueano/ Proterozoico Inferior e é constituído pelos seguintes litotipos: enderbitos, opdalitos, granulitos gnáissicos, charnockitos, gnaisses,

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  432
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

kinzigitos, dioritos, tonalitos e granodioritos gnáissicos indiferenciados, retrometamorfizados e localmente migmatizados.

#### 8.1.4.3.2 Complexo Metamórfico Indiferenciado (APIrm)

O Complexo Metamórfico Indiferenciado data do Arqueano/ Proterozóico Inferior e é constituído por biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com ocorrências locais de quartzo xistos e quartzitos.

#### 8.1.4.3.3 Complexo Cachoeira (APIc)

O Complexo Cachoeira data do Arqueano/ Proterozóico Inferior e é constituído por rochas metassedimentares e metamórficas de médio a alto grau. Nas áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico ocorrem as seguintes subunidades:

- APIca - anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos, gnaisses indiferenciados;
- ACIgm - xistos e quartzitos, parcialmente migmatizados;
- ACImq - magnetita quartzitos;
- APIcq - quartzitos, quartzo xistos, metarenitos e metarcósios, com intercalções de xistos e metacherts;
- APIcxm - xistos magnesianos, anfibolitos, metabasitos, metaultrabasitos, gnaisses e ectnitos parcialmente migmatizados.

#### 8.1.4.3.4 Complexo Gnáissico-Migmatítico (APImg)

O Complexo Gnáissico-Migmatítico data do Arqueano/ Proterozóico Inferior e é constituído por rochas metamórficas e ígneas. Nas áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico ocorrem as seguintes subunidades:

- APImga - gnaisses, migmatitos estromáticos e xistos;
- APImgc - gnaisses cataclasados, gnaisses graníticos e migmatitos cataclasados;
- APImge - migmatitos estromáticos com paleosoma de gnaiss, xisto, ultrabaso, metabaso e anfibolito;
- APImgi - migmatitos indiferenciados, anfibolitos, veios de quartzo-feldspáticos, localmente pegmatitos e granitos;

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  433
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- APIgmg - migmatitos com paleosoma de gnaiss, localmente com quartzitos;
- APImgr - granitos gnáissicos e anatexitos, incluindo biotita-anfibólio tolanitos e biotita-anfibólio granodioritos.

#### 8.1.4.3.5 Complexo Granítico-Gnáissico (APIg)

O Complexo Granítico-Gnáissico data do Arqueano/ Proterozoico Inferior. Dentro das áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico ocorrem as seguintes subunidades:

- APIg3 - Granito Miringuava ou São José dos Pinhais;
- APIg7 - Granito Faxinal;
- APIg8 - Granito Serra Canaveira.

#### 8.1.4.3.6 Suíte Álcali-Granitos (P€ )

A Suíte de Álcali-Granitos data do Proterozoico Superior/ Cambriano. Dentro das Áreas de Influência do meio físico ocorrem os seguintes corpos graníticos:

- P€ 1 - Granito Anhangava;
- P€ 2 - Granito Graciosa;
- P€ 4 - Granito Rio do Salto;
- P€ 6 - Granito Marumbi;
- P€ 7 - Granito Serra da Igreja.

#### 8.1.4.3.7 Formação Guaratubinha (€g)

A Formação Guaratubinha é uma sequência Vulcano-sedimentar datada do Período Cambriano. Dentro das Áreas de Influência do meio físico ocorrem as seguintes subunidades:

- Ega - Sequência vulcânica ácida: riolitos, tufos e brechas;
- Egg - Diques de riolito pórfiro, felsito e microgranito;
- Egm - Granófiros, granitos pórfiros, quartzo pórfiros, e microgranitos;
- Egs - Sequência sedimentar: arcossios, siltitos, argilitos e conglomerados.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  434
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.4.3.8 Intrusivas Mesozoicas (JKb)

As rochas intrusivas Mesozoicas datam dos Períodos Jurássico e Cretáceo e ocorrem na forma de um denso enxame de diques de rochas básicas e intermediárias, com direção preferencial NW-SE. Os diques são compostos por três litotipos principais:

Diabásios: rochas de granulação fina à média, melanocráticas com tonalidades de cinza-escuro a preto;

Microdioritos: rochas de granulação fina à média e tonalidade cinza;

Diorito-pórfiros: rochas com textura porfírica, contendo grandes fenocristais de plagioclásio, ocorrem em diques de grande espessura (superiores a 50 m).

Os diques foram gerados a partir de um evento tectônico, de caráter rúptil e distensivo, que culminou com a abertura do Oceano Atlântico Sul (ALMEIDA, 1976). Neste evento, houve reativação de estruturas crustais pré-existentes, como falhas e fraturas, que serviram de conduto às lavas básicas de um dos maiores derrames basálticos do planeta, que deu origem à Formação Serra Geral.

#### 8.1.4.4 Cobertura Sedimentar Cenozoica

Os sedimentos cenozoicos da região litorânea do Estado do Paraná foram agrupados por Angulo (1992) em dois tipos principais: continentais e costeiros, com idades desde o Mioceno Inferior até o Holoceno, incluindo ambientes de sedimentação atuais. Angulo (2004) propôs a seguinte subdivisão:

##### Sedimentos Continentais

- Formação Alexandra (Mioceno Inferior)
- Leques e cones aluviais (Plio-quadernário)
- Tálus (Quaternário)
- Colúvios (Quaternário)
- Sedimentos Fluviais (Quaternário)

##### Sedimentos Costeiros

- Planície Costeira com Cordões Litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno)

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  435
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- Planícies Peloestuarinas (Pleistoceno Superior e Holoceno)
- Dunas (Holoceno)
- Planícies de Maré Atuais
- Fundos Rasos Atuais
- Deltas de Maré Atuais
- Depressões Intercordões Atuais
- Praias Atuais

#### 8.1.4.4.1 Formação Alexandra (Mioceno Inferior)

A Formação Alexandra foi originalmente proposta por Bigarella *et al.* (1959) para designar depósitos sedimentares continentais que ocorrem no litoral paranaense próximo à Vila de Alexandra.

Angulo (1992), ao realizar uma extensa revisão bibliográfica acerca do tema, salienta que até então haviam sido incluídos nesta unidade sedimentos de caráter muito diverso, que dificilmente poderiam ser considerados como pertencentes a uma única formação.

Segundo Angulo (1995), os depósitos da Formação Alexandra ocorre em colinas isoladas, niveladas topograficamente em altitudes em torno de 30 m. Os tipos principais de sedimentos que a constituem são areias arcoseanas e lamas e, subsidiariamente, cascalhos, argilas e, num único afloramento, uma camada de linhito. As cores predominantes dos sedimentos são cinza esverdeado e vermelho, sendo que as lamas também apresentam tons azulados ou violáceos. Nos sedimentos mais intemperizados, as cores tendem para o vermelho, laranja e amarelo.

Lima & Angulo (1990), com base no conteúdo palinológico da camada linhítica, posicionaram os depósitos da Formação Alexandra no Mioceno Inferior.

#### 8.1.4.4.2 Leques e Cones Aluviais (Plio-quadernário)

Os leques e cones aluviais incluídos nesta unidade apresentam sua morfologia preservada total ou parcialmente e ocorrem associados às grandes vertentes da Serra do Mar (ANGULO, 1995). Essa unidade inclui os sedimentos da Formação Iquererim definida por Bigarella *et al.* (1961).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  436
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Os leques e cones formam-se onde uma drenagem secundária alcança a planície costeira ou o vale do rio principal. Angulo (1995) observou que a ocorrência de leques é mais frequente onde as rochas do embasamento são graníticas ou migmatíticas.

Os leques e cones aluviais apresentam morfologia semelhante, distinguindo-se pela sua inclinação. Tem raio entre 100 m e 400 m e declives entre 2° e 20°, sendo que os que possuem declives superiores a 10° se enquadrariam na categoria de cones de Rapp e Fairbridge (1968).

Em vários locais, é possível distinguir três gerações de leques, sendo as gerações mais dissecadas aquelas localizadas a montante. Essas três gerações já tinham sido identificadas por Bigarella *et al.* (1961), quando da definição da Formação Iquererim. Nos leques maiores, geralmente, o canal fluvial principal está encaixado e retrabalha os depósitos do leque, evidenciando o predomínio da erosão vertical do canal fluvial, sugerindo que a dinâmica atual é diferente da que originou os depósitos do leque.

Em superfície, os sedimentos dos leques definem uma superfície suavemente inclinada, com grandes blocos esparsos. Em diversos locais, esses sedimentos jazem sobre uma superfície irregular das rochas de embasamento e apresentam espessuras variáveis, sendo a maior observada de 10 m.

Segundo Bessa Jr. (1996), os leques são constituídos por areias arcoseanas, lamas, cascalhos clasto-suportados e matriz-suportados, com estruturas de escavação e preenchimento, estratificação cruzada acanalada e tabular, estratificação plano-paralela, granodecrescência ascendente, pelotas de argila e restos vegetais.

A datação de duas amostras de restos vegetais forneceram idades de  $13.850 \pm 120$  anos A.P. e  $8.330 \pm 80$  anos A.P., ou seja, do final do Pleistoceno e início do Holoceno. Contudo, evidências geomorfológicas indicam a existência de pelo menos três gerações de leques e os mais antigos podem, segundo Angulo (1995), alcançar o Plioceno.

#### 8.1.4.4.3 Tálus (Quaternário)

No sopé das vertentes mais íngremes da Serra do Mar, frequentemente, ocorrem acúmulos de sedimentos, cujas superfícies de deposição apresentam-se na forma de rampas de forte inclinação. Essas rampas não apresentam evidências de processos fluviais, ocorrendo aparentemente um predomínio do processo de queda de detritos. Em alguns casos, as

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  437
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

rampas apresentam ravinamento com padrão paralelo e não radial, como nos leques. Os sedimentos que formam essas rampas íngremes são interpretados como depósitos de tálus (ANGULO, 1992; 1995).

#### 8.1.4.4.4 Colúvios (Quaternário)

Os colúvios correspondem aos sedimentos associados às vertentes da Serra do Mar nos quais não se observam evidências de transporte por fluxos de baixa viscosidade. Predominam nos colúvios os sedimentos finos com proporções variáveis de areia e seixos, geralmente, sem estruturas. Os seixos podem estar dispersos na matriz ou concentrados em níveis ou linhas (*stone lines*). É frequente a superposição de colúvios, com características texturais ou de coloração diferentes, e possibilidade de ocorrência de solos enterrados. Alguns colúvios parecem ter sido originados por processos de movimentos de massa lentos, envolvendo o manto de intemperismo, porém, as linhas de seixos e os solos enterrados atestam a complexidade de sua evolução (ANGULO, 2004).

#### 8.1.4.4.5 Sedimentos Fluviais (Quaternário)

Os sedimentos fluviais estão amplamente distribuídos em toda a região litorânea do Paraná. Em cada tipo de paisagem, as planícies aluviais e os canais fluviais apresentam características distintas. Na Serra do Mar, os rios são encaixados, com padrão retilíneo e planícies aluviais estreitas. Um tipo particular de planície aluvial, frequente na Serra do Mar, são as planícies de soleira, formadas a montante de obstáculos no curso fluvial, constituídos por rochas mais resistentes. Na planície costeira, uma das principais características é a desproporção entre o tamanho da planície aluvial e o do canal fluvial. Segundo Angulo (1992b), trata-se de rios desproporcionados, originados pelo afogamento de grandes vales fluviais escavados durante períodos de mar baixo e afogados durante os períodos de mar alto. Outra característica dos rios da planície é a mudança do padrão do canal ao longo do seu curso, que, segundo Ângulo (1992b), estaria associada aos diferentes níveis de base do rio durante o Quaternário, decorrentes das variações do nível do mar.

As principais fácies observadas foram: cascalhos clasto-suportados, com grânulos até matacões, imbricações e estruturas de corte e preenchimento de canal; areias pobremente e muito pobremente selecionadas, com estratificações cruzadas acanaladas; e argilas maciças (ANGULO, 1992b).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  438
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Os sedimentos fluviais ocorrem em terraços nas planícies aluviais atuais que podem ser atribuídos ao Quaternário. Ângulo (1992b) identificou, por meio da morfologia, planícies aluviais anteriores e posteriores à transgressão pós-glacial, sendo portanto as primeiras do Pleistoceno e as últimas do Holoceno.

#### 8.1.4.4.6 *Planícies Costeiras com Cordões Litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno)*

As planícies costeiras com cordões litorâneos são uma das feições mais marcantes do litoral brasileiro, sendo que no litoral paranaense se estendem ao longo de toda sua costa. Essas planícies formaram-se como consequência das oscilações do nível relativo do mar durante o Quaternário, estando os cordões litorâneos relacionados a antigas linhas de praia.

As planícies com cordões litorâneos são constituídas por areias finas e muito finas, moderada a muito bem selecionadas e assimetria predominantemente negativa (BIGARELLA *et al.*, 1978; TESSLER e SUGUIO 1987; ANGULO 1992a,b). Os sedimentos dessa unidade podem apresentar teores de finos de até 20%, que Ângulo (1992a,b) interpretou como de origem epigenética, principalmente pedogenética.

Ângulo (1992a,b) identificou estratificação cruzada de baixo ângulo; estratificação cruzada acanalada, tangencial, sigmoide, planar e truncada por ondas; estrutura de corte e preenchimento de canal; laminação cruzada de marcas onduladas simétricas e assimétricas; laminação convoluta e diversos tipos de bioturbações, destacando-se os tubos (*Ophiomorpha*) atribuídos a *Callichirus major*. Os depósitos foram interpretados como formados principalmente em ambiente de ante praia (*foreshore*) e face litorânea superior (*upper shore face*).

Características morfológicas e datações 14C permitiram distinguir planícies correspondentes a pelo menos dois eventos transgressivo-regressivos, um do Pleistoceno Superior e outro do Holoceno (MARTIN & SUGUIO, 1986; MARTIN *et al*, 1988; ANGULO, 1992b; LESSA *et al*, 2000).

#### 8.1.4.4.7 *Planícies Paleoestuarinas (Pleistoceno Superior e Holoceno)*

Os sedimentos paleoestuarinos encontram-se amplamente distribuídos no litoral paranaense, não apresentando alinhamentos visíveis, ocorrendo em áreas planas com altitude inferior a 7 m. As planícies paleoestuarinas são predominantemente constituídas por

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  439
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

areias e subordinadamente por areias argilosas, areias siltosas e siltes argilo-arenosos, sendo que a seleção varia entre muito bem e muito pobremente selecionados (ANGULO, 1992).

Tais sedimentos podem ser interpretados como depositados em ambiente estuarino ou lagunar. Sedimentos com estratificação ondulada e bioturbações sugerem ambiente de planície de maré e sedimentos argilo-arenosos com abundantes conchas, corresponderiam à parte inferior da planície de maré ou fundos rasos (ANGULO, 1992b; ANGULO & ABSHER, 1992).

Datações 14C realizadas em concha de moluscos fornecem idades inferiores a 6.000 anos A.P. (BIGARELLA, 1971; BIGARELLA & BECKER, 1975; MARTIN et al, 1988), o que corresponde ao último ciclo transgressivo-regressivo do Holoceno. Em contrapartida, a datação de um fragmento de tronco forneceu idade além do alcance do 14C (> 40.000 anos A.P., CENA-121), o que permite atribuir os depósitos ao ciclo transgressivo-regressivo do último interglacial no Pleistoceno (ANGULO et al, 2002).

#### 8.1.4.4.8 Dunas (Holoceno)

Em seu trabalho pioneiro sobre o litoral paranaense, Bigarella (1946) descreveu as dunas costeiras. Posteriormente, outros autores acrescentaram informações sobre as dunas do litoral paranaense (ANGULO 1993a).

Os sedimentos eólicos que ocorrem na costa do Paraná próximos ao litoral constituem feições que podem ser denominadas, genericamente, de cordões dunares costeiros, identificando-se, assim, sua configuração linear, sua origem eólica e sua relação geográfica e genética com a costa (ANGULO 1993a). Os cordões podem ser agrupados em dois tipos principais: os desenvolvidos e os incipientes ou embrionários, podendo ocorrer formas transicionais (ANGULO 1993a). Os desenvolvidos são paralelos à linha de costa, têm largura entre 20 e 80 m, podendo alcançar até 250 m. O comprimento pode alcançar 15 km. A altura raramente ultrapassa 6 m sobre o nível da planície, sendo mais frequentes alturas de 3 a 5 m. Uma exceção são as dunas existentes na Ilha do Mel, entre os morros Bento Alves e do Meio, que atingem altitude superior a 20 m (ANGULO 1993a). Os cordões incipientes são feições com altura inferiores a 3 m, às vezes formados pela coalescência de pequenas dunas linguóides ou nebkhas.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  440
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Angulo (1993a) interpretou que todos os cordões dunares da costa paranaense se desenvolveram a partir de dunas frontais com o auxílio efetivo da vegetação.

Segundo Angulo (1993a), os cordões de dunas, tanto os desenvolvidos como os incipientes, formaram-se no Holoceno, com exceção do existente entre os morros Bento Alves e do Meio, na Ilha do Mel, que poderia ser do Pleistoceno Superior ou do Holoceno.

#### 8.1.4.4.9 Planícies de Maré Atuais

Segundo Reineck e Singh (1973), as planícies de maré (*tidal-flats*) se desenvolvem ao longo de costas de baixo declive, com marcado ciclo de marés, onde há suficiente sedimento disponível e não há forte ação das ondas. No Paraná, áreas com essas características têm extensão de aproximadamente 310 km<sup>2</sup>.

Em diversos trabalhos sobre o litoral paranaense, essas áreas são referidas como manguezais; porém Angulo (1990) propôs a utilização da denominação planície de maré, pois nela ocorrem diversos ecossistemas, sendo o manguezal apenas um deles. No litoral paranaense foram mapeadas seis unidades correspondentes à planície de maré: manguezais; marismas e bancos não vegetados; manguezal com *Acrostichum* e *Hibiscus*; zona de *Cladium*; pântano de maré e; brejo de maré.

A maior parte da planície de maré é ocupada pelos manguezais. Na parte inferior, entre os manguezais e o estuário, ocorrem os marismas e os bancos arenosos e areno-argilosos, sem vegetação. Na parte superior da planície de maré é frequente a ocorrência da zona de *Cladium*, que é inundada apenas durante as preamares de sizígia e as tempestades (ANGULO e MÜLLER, 1990). Nas partes mais internas das baías, nos locais onde existe importante aporte fluvial, que impede ou dificulta a intrusão salina, os marismas e manguezais são substituídos por brejos e pântanos de maré (ANGULO e MÜLLER, 1990).

Os sedimentos da planície de maré variam de areias a argilas arenosas, geralmente ricas em matéria orgânica, podendo conter grânulos e seixos (BIGARELLA, 1946; MARTIN *et al.*, 1988; LANA e GUISS, 1991; ANGULO, 1992b).

#### 8.1.4.4.10 Fundos Rasos Atuais

Os fundos rasos localizam-se no interior dos estuários, têm profundidades inferiores a 2 m, podendo ficar emersos durante as marés mais baixas. Formam-se principalmente nas áreas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  441
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de sombra das correntes de maré vazante. No complexo estuarino de Paranaguá, destacam-se o Baixo do Perigo, entre a Baía das Laranjeiras e a Baía de Paranaguá, e o Baixo do Bagre, ao sul da Ilha Rasa, que têm comprimento de aproximadamente 7 km (ANGULO, 2004).

#### 8.1.4.4.11 Deltas de Maré Atuais

As feições deposicionais arenosas, submersas e semi-submersas, que ocorrem associadas às desembocaduras das baías de Guaratuba e Paranaguá, do Canal do Superagüi e do Mar do Ararapira, no litoral do Estado do Paraná, foram interpretadas por Angulo (1992b, 1999) como deltas de maré. Os deltas de maré ocorrem em costas com regimes de micro e mesomarés; do lado do mar ocorre o delta de maré vazante (*ebb-tidal delta*) e no interior do estuário ou laguna, o delta de maré enchente (*flood-tidal delta*) (HAYES, 1975).

Segundo Angulo (1999), no litoral paranaense, os deltas de vazante são mais desenvolvidos que os de enchente. Somente nas desembocaduras sul da Baía de Paranaguá e Mar do Ararapira foram identificadas feições interpretadas como deltas de enchente. Segundo os modelos propostos por Oertel (1975), os deltas de maré das baías de Paranaguá e Guaratuba e do Canal do Superagüi seriam deltas dominados por marés (ANGULO, 1999).

#### 8.1.4.4.12 Depressões Intercordões Atuais

Entre os cordões litorâneos da planície costeira, ocorrem depressões rasas, estreitas e alongadas, com largura inferior a 100 m e comprimento de até 13 km. Constituem áreas alagadas, com vegetação principalmente de *Cladium* e *Scirpus* (KLEIN, 1975), às vezes associadas a pequenas lagoas e cursos fluviais. Apresentam sedimentos arenosos com abundantes restos vegetais e de matéria orgânica.

#### 8.1.4.4.13 Praias Atuais

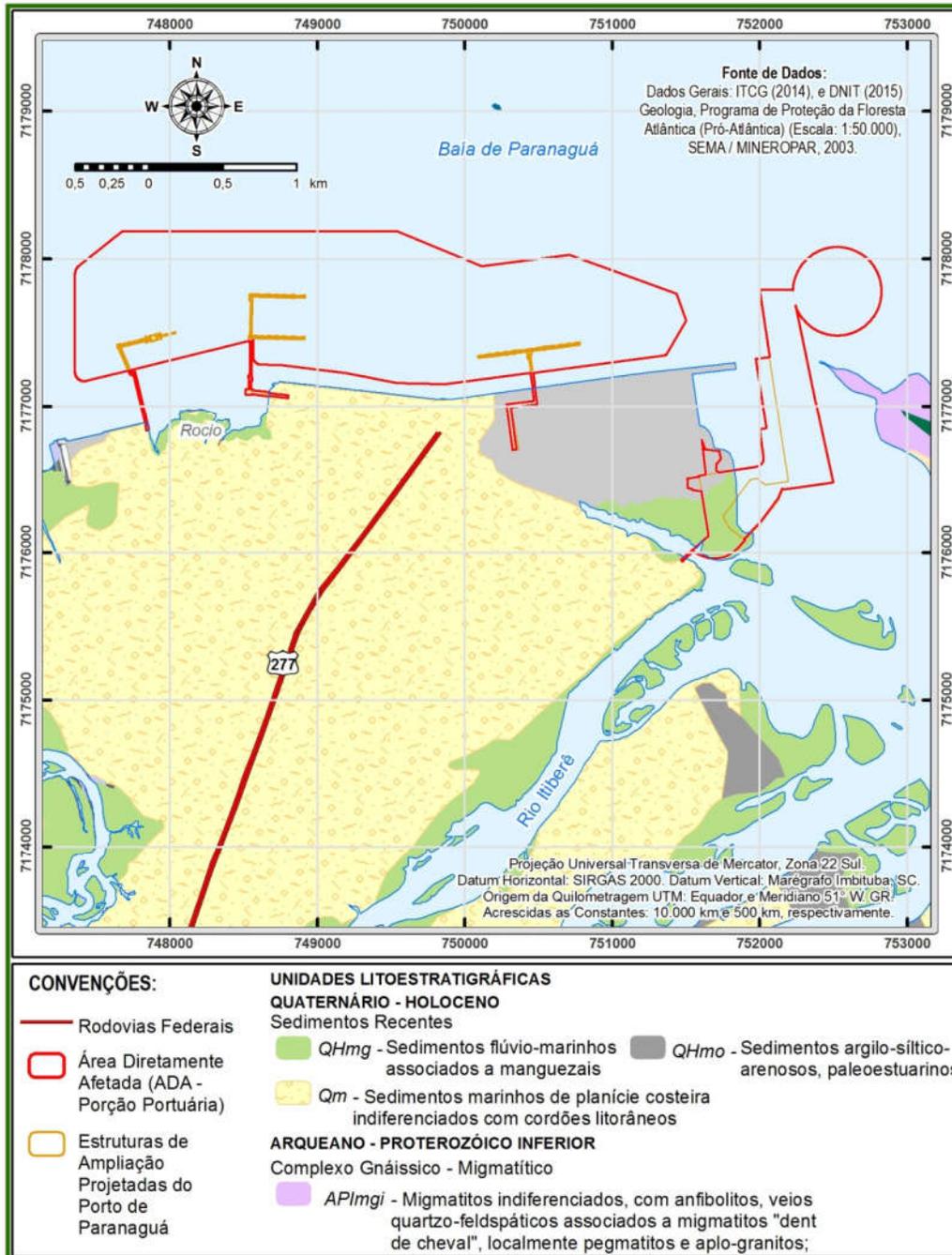
As praias paranaenses têm extensão de aproximadamente 126 km e com base na sua dinâmica foram classificadas em oceânicas ou de mar aberto, oceânicas sob influências das desembocaduras estuarina, e estuarinas (ANGULO, 1993b; ANGULO e ARAÚJO, 1996). As praias são constituídas por areias finas a médias, bem selecionadas, compostas principalmente por quartzo e teores variáveis de fragmentos carbonáticos biodetríticos e minerais pesados (ANGULO *et al.*, 1996).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  442
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.4.5 Geologia local

Considerando as unidades propostas na Carta Geológica de Curitiba (MINEROPAR, 2005), as porções emersas da região portuária de Paranaguá abrangem Sedimentos marinhos de planície costeira com cordões litorâneos (Qm) e Sedimentos marinhos associados a manguezais (Qhmg).

Em função da construção do Porto, a paisagem foi modificada através de intervenções humanas e parte do substrato original foi substituído por aterros. Embora a Carta Geológica de Curitiba (MINEROPAR, 2005) indique que o Complexo Náutico está inteiramente sobre um aterro, na realidade este terminal está projetado quase completamente sobre um terreno natural, e apenas uma parcela de sua ADA engloba substrato aterrado (Figura 8.14).



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.14 - Geologia da região das estruturas projetadas e Áreas Diretamente Afetadas (Modificado de Carta Geológica de Curitiba – MINEROPAR, 2005).**

Considerando a proposição de Angulo (1990), o Complexo Náutico será implementado sobre uma Planície de Maré Atual que, em campo, pode ser dividida em duas subunidades: manguezal e bancos arenosos. A primeira, que corresponde à maior fração do substrato

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  444
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

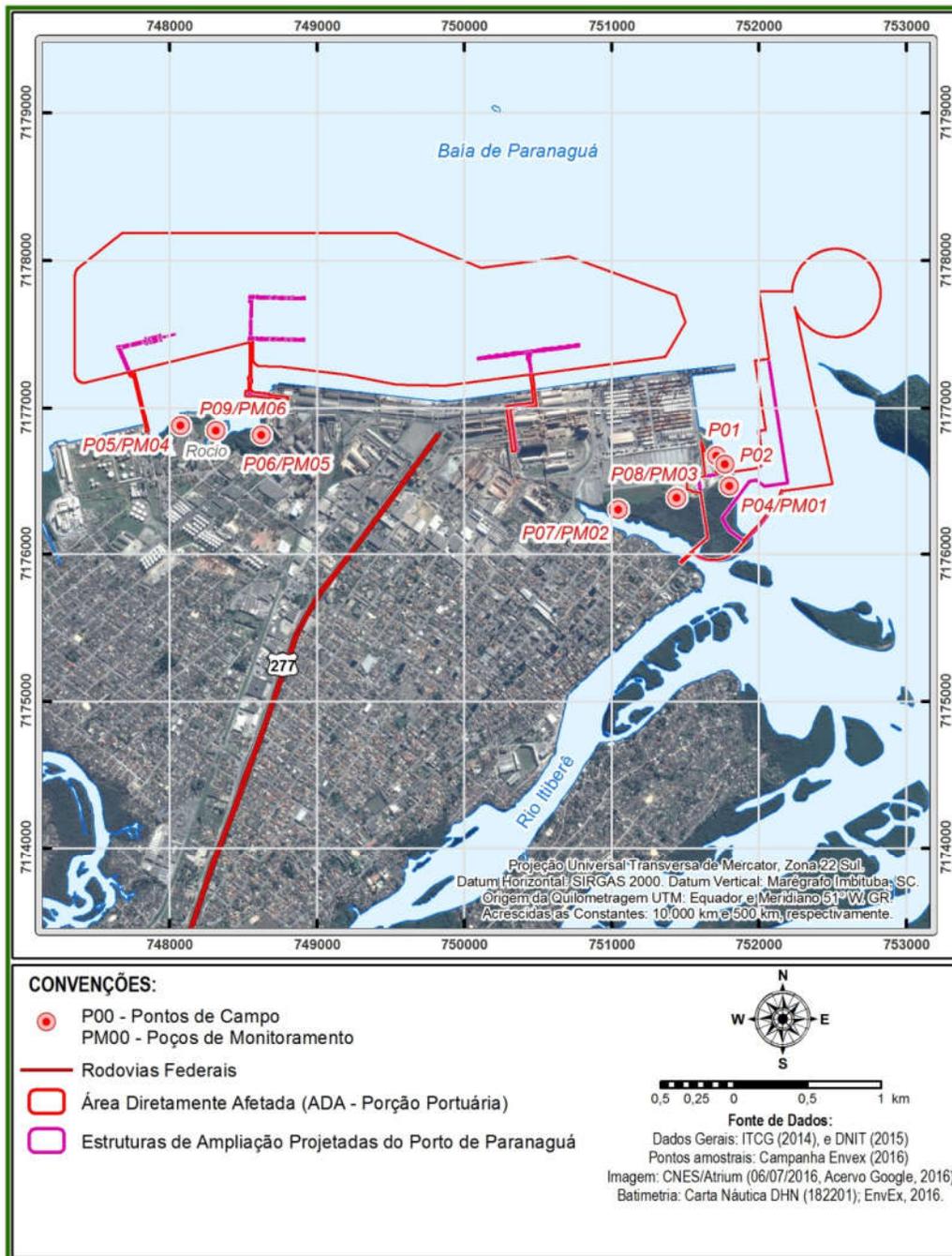
deste terminal, tem solo predominantemente lamoso, orgânico, úmido a saturado e pouco compacto; a vegetação é típica de manguezal com raízes aéreas. Já os bancos arenosos ocorrem em uma estreita faixa marginal, que separa o manguezal do canal estuarino. O solo nestes bancos varia de arenoso a areno-argiloso e a vegetação é menos densa do que no manguezal.

Os demais píeres estão projetados por completo em zonas submersas do canal estuarino e devem se situar sobre Sedimentos de Fundos Rasos Atuais, de acordo com a proposta de Angulo (1990). As Áreas Diretamente Afetadas abrangem porções submersas, uma estreita faixa de manguezal (Mangue do Rocio no caso dos píeres em F e em L), sedimentos costeiros quaternários e terrenos aterrados.

#### 8.1.4.5.1 Levantamentos de campo

Entre os dias 9 e 13 de junho de 2016 foram realizados caminhamentos de campo, percorrendo-se o entorno das Áreas Diretamente Afetadas (ADA) dos Píeres em F, em L e de Passageiros (Figura 8.15), e descrevendo-se os afloramentos relevantes de sedimentos inconsolidados (Tabela 8.1.29). O Píer em T projetado está localizado dentro dos limites atuais do Porto, em zona totalmente modificada pela ação humana, não havendo exposição de feições geológicas neste local.

No dia 9 de junho executaram-se perfurações a trado em seis pontos de interesse para o projeto, onde se instalaram Poços de Monitoramento de água subterrânea (PM). No dia 13 de junho, foram coletadas amostras dos seis poços para realização de ensaios de qualidade de água (Laboratório TECLAB), cujos resultados serão apresentados no item Hidrogeologia Locais.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.15 - Imagem do Google Earth com indicação dos trajetos percorridos, pontos descritos (P00) e locais dos Poços de Monitoramento (PM-00).**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	446
RL-B00-H01-1001	0	

**Tabela 8.1.29 - Resumo dos pontos descritos em campo.**

Ponto GPS	Coordenadas (UTM Datum WGS-84)		Local		Descrição do local	Poço de Monitoramento
	N	E	Obra	Terreno		
01	7.176.641	751.744	ADA Complexo Náutico	Acesso para o Manguezal Oceania	Prainha na margem do Manguezal. Solo predominantemente arenoso com porções lamosas, e fragmentos de rocha e de concreto. Lixo jogado.	-
02	7.176.598	751.789	ADA Complexo Náutico	Margem do Manguezal Oceania	Prainha na margem do Manguezal. Solo predominantemente arenoso com porções lamosas avermelhadas; fragmentos de rocha e de concreto. Barranco de 1,5m de altura exposto (material predominantemente argiloso) - evidência de erosão.	-
03	7.176.459	751.809	ADA Complexo Náutico	Margem do Manguezal Oceania - Local próximo ao PM-01.	Banco arenoso que separa o Manguezal da prainha. Solo predominantemente arenoso.	-
04	7.176.464	751.804	ADA Complexo Náutico	Margem do Manguezal Oceania - Local exato do PM-01.	Barra marginal que separa o Manguezal da prainha. Solo predominantemente arenoso.	PM-01
05	7.176.876	748.079	Próximo ao Píer em L	Margem do Manguezal do Rocio (Zona do canal estuarino principal) - Local do PM-04.	Local elevado em relação ao mangue adjacente. Solo firme recoberto por vegetação gramínea.	PM-04
06	7.176.809	748.627	Próximo ao Píer em F	Margem do Manguezal do Rocio (Zona do canal estuarino principal) - Local do PM-05.	Local elevado em relação ao mangue adjacente. Solo firme. Vegetação de mata.	PM-05
07	7.176.306	751.050	ADA Complexo Náutico	Manguezal Oceania - Local exato do PM-02.	Local de mangue. Solo superficial argiloso. Vegetação típica de mangue com raízes aéreas. Água retida na superfície pela baixa permeabilidade do material.	PM-02
08	7.176.383	751.445	ADA	Manguezal Oceania -	Local de mangue. Solo superficial argiloso. Vegetação típica	PM-03

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	447
RL-B00-H01-1001	0	

Ponto GPS	Coordenadas (UTM Datum WGS-84)		Local		Descrição do local	Poço de Monitoramento
	N	E	Obra	Terreno		
			Complexo Náutico	Local exato do PM-03.	de mangue com raízes aéreas. Água retida na superfície pela baixa permeabilidade do material.	
09	7.176.843	748.316	Próximo aos Píeres em L e em F	Margem do Manguezal do Rocio (Zona do canal estuarino principal) - Local do PM-06.	Local elevado em relação ao mangue adjacente. Solo firme. Vegetação de gramínea. Próximo ao furo há um canal afluente do estuário principal. Na margem deste canal ocorre um barranco de um material arenoso (Fm. Alexandra?), exposto por erosão.	PM-06

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 448
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.4.5.2 Geologia dos poços de monitoramento

Os Poços PM-01, PM-02 e PM-03 foram instalados ao redor do Centro Náutico projetado, no domínio do Manguezal Oceania. O PM-01 está localizado à margem do canal estuarino, sobre um banco arenoso que o separa do manguezal (Figura 8.17 e Figura 8.18). Já os Poços PM-02 e PM-03 situam-se no próprio manguezal (Figura 8.20, Figura 8.21, Figura 8.23 e Figura 8.24), atravessando um perfil de solo com composição mais argilosa e contribuição orgânica nos níveis superiores.

Os Poços PM-04, PM-05 e PM-06 estão localizados nas proximidades das Áreas Diretamente Afetadas dos píeres em F e em L, em relevo plano e relativamente elevado, se comparado ao manguezal e à prainha adjacente (Figura 8.26, Figura 8.27, Figura 8.29, Figura 8.30, Figura 8.32 e Figura 8.33).

A seguir, são apresentados os Perfis Geológicos dos Poços de Monitoramento (Figura 8.16, Figura 8.19, Figura 8.22, Figura 8.25, Figura 8.28 e Figura 8.31) e algumas fotos dos locais.

As localizações dos seis poços de monitoramento são apresentadas na Tabela 8.1.30.

**Tabela 8.1.30 - Localização dos Poços de Monitoramento.**

Poço de Monitoramento	Coordenadas (UTM Datum WGS-84)		Obras próximas projetadas
	N	E	
<b>PM-01</b>	7.176.464	751.804	Complexo Náutico
<b>PM-02</b>	7.176.306	751.050	
<b>PM-03</b>	7.176.383	751.445	
<b>PM-04</b>	7.176.876	748.079	Píeres em L e F
<b>PM-05</b>	7.176.809	748.627	
<b>PM-06</b>	7.176.843	748.316	

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  449
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO					
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-01	<b>UTM Norte:</b> 751.804	<b>E.A.:</b> 0,30m				
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Início:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 7.176.464	<b>N.A.:</b> 0,15m				
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>				
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição			
0		0,00-0,50m	Areia Fina a Média	Areia fina a média com pouca argila na matriz, cinza.			
1,00		0,50m		<i>Paralisado</i>			
2,00							

Figura 8.16 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-01.



Figura 8.17 - Solo arenoso no local de execução do Poço PM-01.



Figura 8.18 - Local da execução do Poço PM-01 - barra arenosa adjacente ao manguezal.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  450
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO			
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-02	<b>UTM Norte:</b> 7.176.306	<b>E.A.:</b> 0,30m		
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Inicio:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 751.050	<b>N.A.:</b> 0,00m		
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>		
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição	
0		0,00-0,45m	Argila	Argila preta, orgânica, com restos vegetais.	
		0,45-0,60m	Areia	Areia fina a média com pouca argila na matriz, cinza escuro.	
1,00		0,60m		Paralisado.	
2,00					

Figura 8.19 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-02.



Figura 8.20 - Manguezal onde foi executado o Poço PM-02.



Figura 8.21 - Local de instalação do Poço PM-02 – solo superficial argiloso em manguezal.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  451
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO			
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-03	<b>UTM Norte:</b> 7.176.383	<b>E.A.:</b> 0,40m		
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Início:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 751.445	<b>N.A.:</b> 0,00m		
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>		
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição	
0		0,00-0,60m	Argila arenosa	Argila arenosa, marrom escuro.	
1,00		0,60m		<i>Paralisado.</i>	
2,00					

Figura 8.22 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-03.



Figura 8.23 - Manguezal onde foi executado o Poço PM-03.



Figura 8.24 - Local de instalação do Poço PM-03 – solo superficial argiloso em manguezal.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  452
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

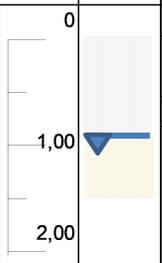
		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO			
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-04	<b>UTM Norte:</b> 7.176.876	<b>E.A.:</b> 1,00m		
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Inicio:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 748.079	<b>N.A.:</b> 0,89m		
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>		
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição	
0		0,00-0,15m	Argila arenosa	Argila arenosa, marrom, com restos vegetais.	
1,00		0,15-1,50m	Areia Fina	Areia fina, cinza claro.	
2,00		1,50m		Paralisado.	

Figura 8.25 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-04.



Figura 8.26 - Local onde foi executado o PM-04, à margem do canal estuarino, separado deste por porções de mangue.



Figura 8.27 - Local de instalação do PM-04 – solo arenoso cinza claro ao lado do Poço.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  453
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO			
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-05	<b>UTM Norte:</b> 7.176.809	<b>E.A.:</b> 0,90m		
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Inicio:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 748.627	<b>N.A.:</b> 0,685m		
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>		
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição	
0		0,00-0,15m	Argila arenosa	Argila arenosa, marrom, com restos vegetais.	
1,00		0,15-1,40m	Areia Fina	Areia fina, cinza claro.	
2,00		1,40m		Paralisado.	

Figura 8.28 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-05.



Figura 8.29 - Local onde foi executado o PM-05.



Figura 8.30 - Local de instalação do PM-05 – zona relativamente elevada adjacente ao estuário.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  454
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		FICHA / PERFIL INDIVIDUAL DE POÇO			
<b>Cliente:</b> Envex Eng. E Consultoria	<b>Furo:</b> PM-06	<b>UTM Norte:</b> 7.176.843	<b>E.A.:</b> 0,60m		
<b>Projeto:</b> Expansão do Porto	<b>Data Início:</b> 09/06/16	<b>UTM Leste:</b> 748.316	<b>N.A.:</b> 0,71m		
<b>Local:</b> Paranaguá	<b>Data Fim:</b> 09/06/16	<b>Cota:</b>	<b>Obs.:</b>		
Prof. (m)	Perfil	Intervalo	Classificação	Descrição	
0		0,00-0,20m	Argila arenosa	Argila arenosa, preta com restos vegetais.	
1,00		0,20-1,20m	Areia Fina	Areia fina, cinza claro.	
2,00		1,20m		<i>Paralisado.</i>	

Figura 8.31 - Perfil Individual do Poço de Monitoramento PM-06.



Figura 8.32 - Local onde foi executado o PM-06 - zona adjacente ao canal do estuário.



Figura 8.33 - Local de instalação do PM-06 – solo arenoso cinza ao lado do Poço.

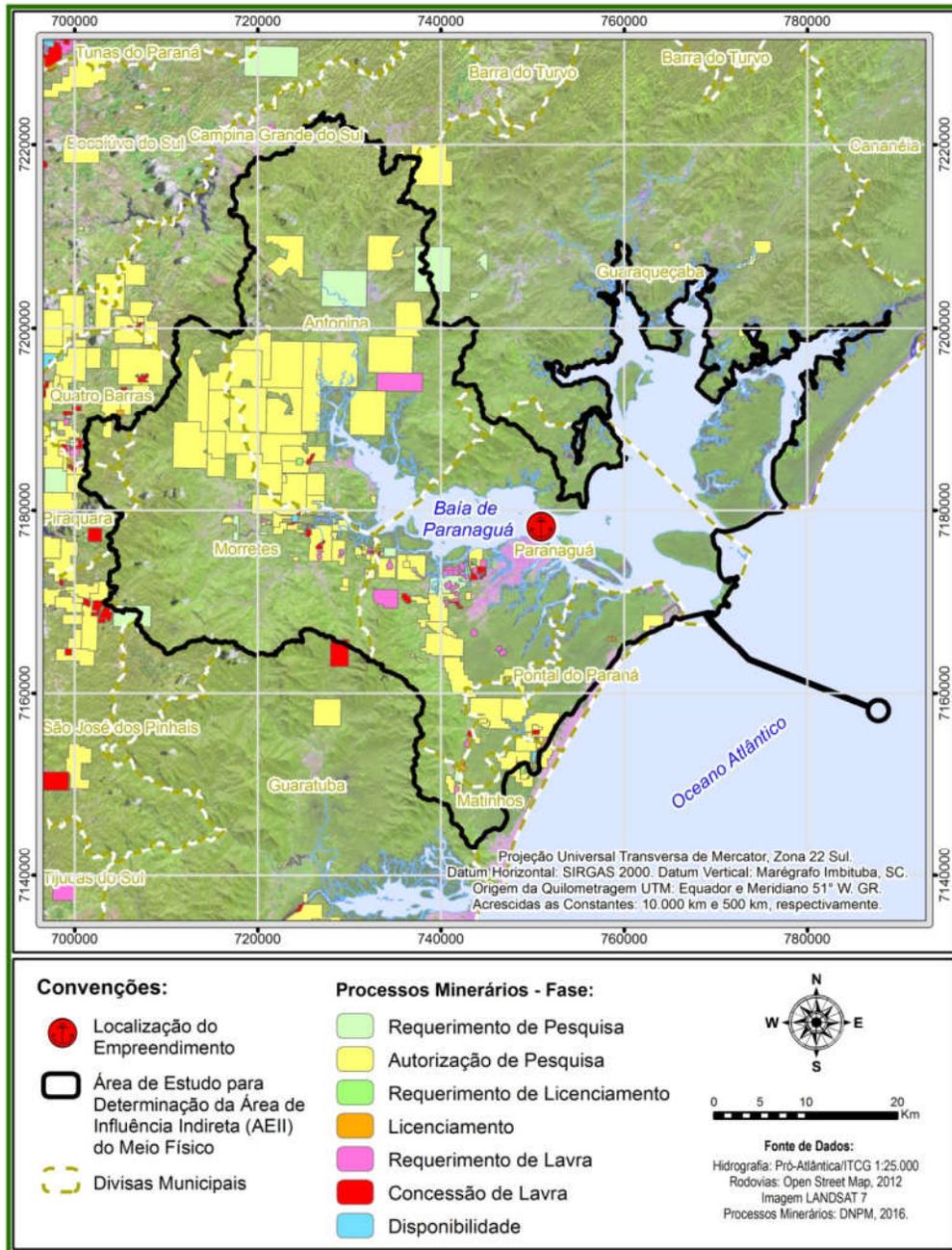
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 455
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.4.6 Direitos minerários

Foi realizado um levantamento de todos os processos minerários vigentes no dia 28 de junho de 2016 dentro dos limites das Áreas de Estudo para determinação da Área de Influência Direta (AEID) e Indireta (AEII) do meio físico. Os dados foram obtidos em arquivo *shapefile*, baixado pelo Sistema de Informações Geográficas de Mineração (SIGMINE), do site do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

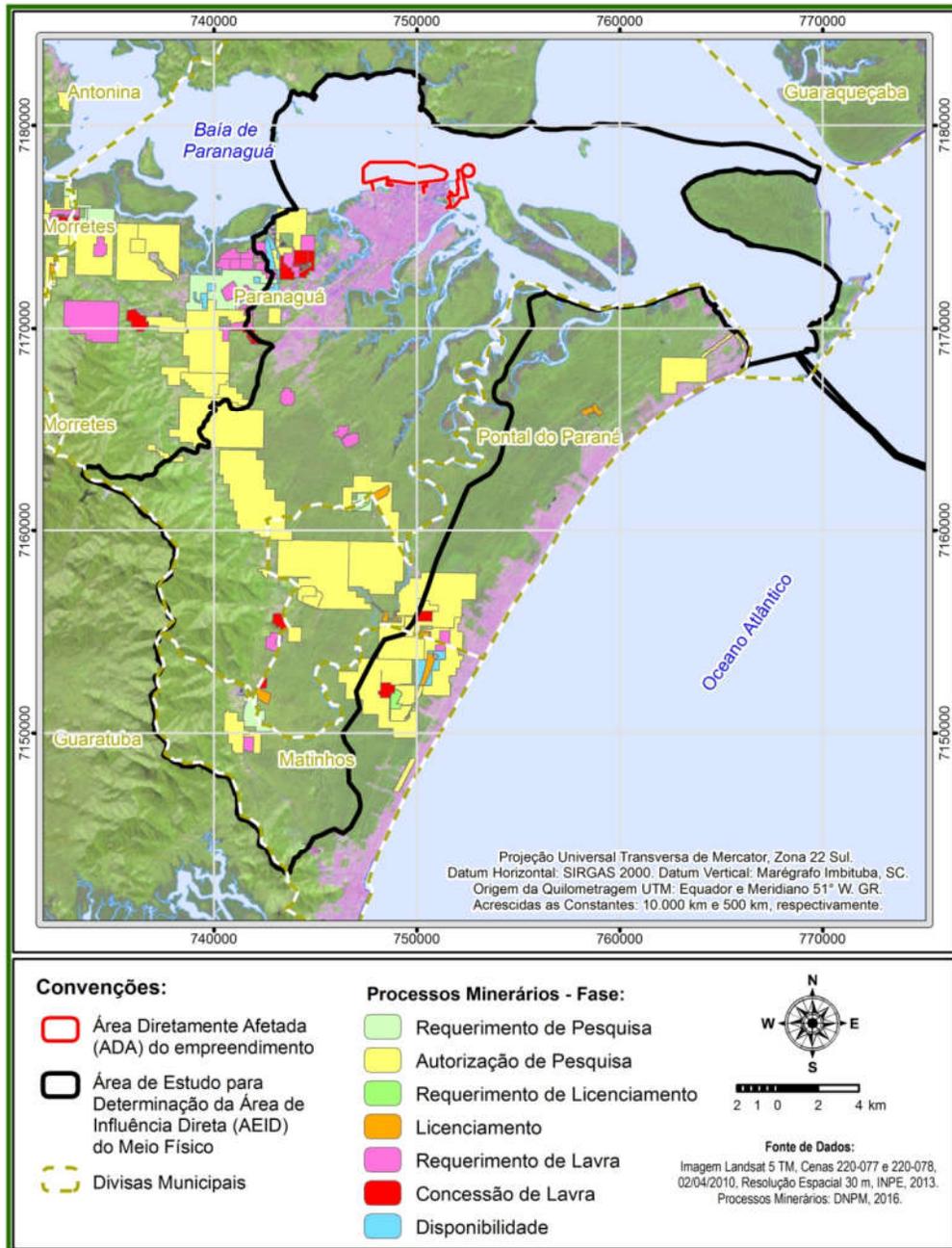
A AEII abarca 183 processos em diversas fases, os quais estão listados na Tabela 8.1.32. Destes, 65 também estão inclusos, total ou parcialmente, na AEID. A maior parte dos processos está em fases de Requerimento e de Autorização de Pesquisa. Não existem processos minerários na Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento.

A Figura 8.34 apresenta a distribuição espacial dos processos minerários presentes na AEII, enquanto a Figura 8.35 detalha estes processos que se inserem na AEID do empreendimento.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.34 – Processos Minerários encontrados na AEII do empreendimento.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.35 – Processos Minerários encontrados na AEID do empreendimento.**

A principal substância alvo é a Areia, que perfaz 54% em área dos processos na AEII e 83% na AEID. Cerca de 37% em área dos processos da AEII são para Minério de Ferro, mas todos estes se encontram fora dos limites da AEID. Outras substâncias minerais relevantes são a Argila e o Saibro, que somam cerca de 4% em área dos processos da AEII e 12% da

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  458
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

AEID. Os percentuais residuais contemplam minérios como Granito, Migmatito, Ouro, Ilmenita, Água Mineral, Caulim e Cascalho (Tabela 8.1.31).

**Tabela 8.1.31 - Relação de substância alvo dos processos minerários que ocorrem nas Áreas AEID e AEII, vigentes em 28/06/2016.**

Substância	Áreas DNPM - AEID		Áreas DNPM - AEII	
	(Km <sup>2</sup> )	%	(Km <sup>2</sup> )	%
Granito	0,2	0,3	6,8	1,2
Migmatito	0,4	0,7	0,9	0,2
Ouro			0,7	0,1
Ilmenita			10,0	1,8
Areia	49,2	83,2	295,4	54,1
Saibro	0,9	1,5	6,6	1,2
Água Mineral	0,6	1,1	1,6	0,3
Argila	5,8	9,9	15,4	2,8
Culim			0,0	0,0
Minério de Ferro			200,4	36,7
Minério de Ouro			5,0	0,9
Cascalho	1,6	2,7	1,6	0,3
Dado não Cadastrado	0,4	0,7	1,3	0,2
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>100</b>	<b>546</b>	<b>100</b>

**Tabela 8.1.32 - Lista de processos minerários que ocorrem na AEII, vigentes em 28/06/2016.**

Processo	Área (ha)	Fase	Substância	Uso
803380/1974	78,85	CONCESSÃO DE LAVRA	GRANITO	NÃO INFORMADO
820677/1981	2,63	CONCESSÃO DE LAVRA	MIGMATITO	NÃO INFORMADO
820723/1983	600	CONCESSÃO DE LAVRA	OURO	NÃO INFORMADO
820481/1984	1000	REQUERIMENTO DE LAVRA	ILMENITA	NÃO INFORMADO
820619/1985	489,9	REQUERIMENTO DE LAVRA	GRANITO	NÃO INFORMADO
826035/1989	39	CONCESSÃO DE LAVRA	MIGMATITO	NÃO INFORMADO
826101/1991	39,84	LICENCIAMENTO	AREIA	NÃO INFORMADO
826253/1992	49	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826295/1995	43,77	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826427/1996	26	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	NÃO INFORMADO
826494/1996	39,76	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826301/1997	49,53	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	NÃO INFORMADO
826215/1998	48,1	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826239/1998	43,25	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826364/1998	49,89	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826216/1999	11,25	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	NÃO INFORMADO
826400/1999	46,18	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826087/1993	28,57	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  459
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Processo	Área (ha)	Fase	Substância	Uso
826386/2001	41	CONCESSÃO DE LAVRA	ÁGUA MINERAL	INDUSTRIAL
826257/2002	8	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ARGILA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826335/2002	49,99	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826336/2002	49,93	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826369/2002	49	CONCESSÃO DE LAVRA	MIGMATITO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826617/2002	9,2	REQUERIMENTO DE LAVRA	ARGILA	NÃO INFORMADO
826254/2003	49,98	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826066/2004	314,67	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	CAULIM	INDUSTRIAL
826392/2005	2000	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826364/2006	49,23	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826274/2007	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826103/2008	47,5	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826471/2008	38,16	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826472/2008	27,8	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826470/2008	31,89	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826473/2008	33,15	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826476/2008	9,07	REQUERIMENTO DE LAVRA	GRANITO	BRITA
826393/2007	72,18	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ARGILA	INDUSTRIAL
826361/1997	17,99	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826176/2009	6,94	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826550/2009	143,71	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826690/2009	1920,51	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826170/2002	31,08	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826217/1999	10,1	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826226/2010	49,55	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826733/2010	49,8	CONCESSÃO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826638/2010	895,79	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826799/2010	425	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826080/2011	50	CONCESSÃO DE LAVRA	GRANITO	BRITA
826087/2011	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826090/2011	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826092/2011	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826135/2011	49,65	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826136/2011	49,69	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826358/2011	48,1	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826285/2006	35,4	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826546/2007	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826442/2011	575,01	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826450/2011	268,09	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826561/2011	329,85	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826044/2005	25,03	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826407/2007	49,63	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826088/2011	26,75	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826089/2011	45,92	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL

Processo	Área (ha)	Fase	Substância	Uso
826091/2011	41,43	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826283/2012	15,89	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826578/2012	48,08	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826460/2013	17,81	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826570/2013	49,95	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	NÃO INFORMADO
826572/2013	23,71	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826359/2013	968,06	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ARGILA	INDUSTRIAL
802308/1974	159,08	CONCESSÃO DE LAVRA	ARGILA	NÃO INFORMADO
826672/2013	959,43	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826349/2013	1,36	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826339/2013	3,78	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826350/2013	22,23	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826001/2007	46,1	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826175/2007	49,96	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826566/2010	50	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826102/2014	17,55	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826046/2014	1169,46	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826050/2014	939,67	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ARGILA	INDUSTRIAL
826416/2014	49,67	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826413/2014	5,09	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826129/2014	191,58	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826475/2008	7,38	REQUERIMENTO DE LAVRA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826474/2008	22,43	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826362/2014	48,11	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826361/2014	49,08	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826359/2014	355,38	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826632/2014	195,79	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826330/2014	25,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826332/2014	234,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826370/2014	119,96	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826469/2014	1894,32	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826468/2014	1574,33	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826077/2013	801,36	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826470/2014	945,64	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826467/2014	1949,94	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826384/2014	45,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826393/2014	646,93	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826676/2014	64,9	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826394/2014	979,25	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826441/2014	83,76	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826721/2014	11,97	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826788/2014	49,92	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826789/2014	44,25	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826791/2014	49,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  461
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Processo	Área (ha)	Fase	Substância	Uso
826790/2014	49,35	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826792/2014	45,49	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826808/2014	327,17	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826431/2013	344,87	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826817/2014	35,11	LICENCIAMENTO	ÁREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826356/2012	68,81	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826878/2014	16,27	LICENCIAMENTO	ÁREIA	NÃO INFORMADO
826991/2014	12,83	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826807/2014	317,88	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826063/2015	49,88	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁGUA MINERAL	ENGARRAFAMENTO
826086/2015	24,04	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826490/2014	10,51	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826088/2015	49,98	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826120/2014	684,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826894/2014	316,7	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826903/2014	1414,46	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826940/2014	168,29	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826942/2014	841,7	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826904/2014	1506,45	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826233/2015	5,03	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁGUA MINERAL	ENGARRAFAMENTO
826899/2013	44,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826316/2015	49,69	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826321/2015	48,78	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁGUA MINERAL	ENGARRAFAMENTO
826175/2015	479,42	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826323/2015	77,06	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826214/2015	797,21	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826236/2015	12,8	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ÁGUA MINERAL	ENGARRAFAMENTO
826317/2015	12,84	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826525/2015	46,76	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826524/2015	26,51	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826231/2015	740,32	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826413/2015	771,79	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826394/2015	118,32	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826999/1996	11,7	REQUERIMENTO DE LAVRA	SAIBRO	NÃO INFORMADO
826655/2015	101,41	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO	INDUSTRIAL
826637/2015	26,71	LICENCIAMENTO	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826705/2013	40,72	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826547/2015	50	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	GRANITO	BRITA
826566/2015	329,84	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826012/2016	49,36	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826013/2016	8,51	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826590/2015	44,49	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826712/2015	160,59	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	CASCALHO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826206/2016	1999,64	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL

Processo	Área (ha)	Fase	Substância	Uso
826782/2015	14,31	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826269/2016	148,04	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SAIBRO	CONSTRUÇÃO CIVIL
826297/2016	1555,28	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826311/2016	1971,26	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826127/2016	521,89	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826152/2016	29,71	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826174/2016	1805,06	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826175/2016	1867,25	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826292/2016	143,8	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826491/2014	22,13	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826390/2016	219,08	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826391/2016	113,89	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826211/2016	1957,5	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826415/2016	5,03	REQUERIMENTO DE PESQUISA	ÁGUA MINERAL	ENGARRAFAMENTO
826422/2016	45,31	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
826176/2016	1782,1	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO	INDUSTRIAL
826205/2016	1965,23	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826213/2016	1252,02	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826208/2016	1953,46	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826435/2016	977,33	REQUERIMENTO DE PESQUISA	ARGILA	INDUSTRIAL
826207/2016	1115,75	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826209/2016	1319,19	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826212/2016	1222,81	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826210/2016	1989,71	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AREIA	INDUSTRIAL
826477/2008	46,24	DISPONIBILIDADE	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL
300374/2014	19,84	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO
300136/2014	99,75	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO
300137/2014	3,4	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO
300375/2014	20,39	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO
826085/2007	43,96	DISPONIBILIDADE	AREIA	INDUSTRIAL
826491/1996	8,7	DISPONIBILIDADE	AREIA	NÃO INFORMADO
303051/2015	14,01	DISPONIBILIDADE	DADO NÃO CADASTRADO	DADO NÃO CADASTRADO
826618/2002	41,23	DISPONIBILIDADE	AREIA	CONSTRUÇÃO CIVIL

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  463
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

## 8.1.5 Geomorfologia

### 8.1.5.1 Metodologia aplicada

A geomorfologia constitui conhecimento específico, cujo objetivo refere-se à análise das formas do relevo. Estas formas, embora aparentemente estáticas, estão sendo modeladas há mais de quatro bilhões de anos, por meio de processos erosivos ou deposicionais, ambos decorrentes da ação de forças exógenas. Antagônicas às forças exógenas têm-se as forças endógenas, que podem promover soerguimentos e rebaixamentos da superfície terrestre. Deve-se considerar, ainda, a ação conjunta das duas forças e as implicações altimétricas geradas em decorrência das variações do nível do mar.

De acordo com Argento (1994), a geomorfologia serve de base para a compreensão das estruturas espaciais, não só em relação à natureza física dos fenômenos, como à natureza socioeconômica dos mesmos. Neste sentido, o mapeamento geomorfológico tem sido priorizado no desenvolvimento de projetos de gerenciamento ambiental, ou até mesmo numa concepção mais integradora, na gestão do território, como é caso do Macrozoneamento do Litoral Paranaense, descrito em IPARDES (1989).

Nesse contexto, a presente caracterização geomorfológica fundamenta-se em dados fornecidos pelo Macrozoneamento do Litoral Paranaense (IPARDES, 1989), descrevendo-se cada unidade geomorfológica existente na porção do território em análise, cuja dinâmica geomorfológica ou processos morfodinâmicos atuantes em função das amplitudes altimétricas e declividades predominantes, regem a modelagem da superfície da área de estudo.

Assim, análises espaciais em ambiente SIG foram empregadas em complementação ao trabalho desenvolvido pelo IPARDES (1989), extraindo-se parâmetros morfométricos de um Modelo Digital de Terreno (MDT), tais quais a hipsometria e a clinometria (declividade). A elaboração do MDT foi possível a partir de dados altimétricos provenientes das cartas topográficas em escala 1:25.000 produzidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2002).

Para a geomorfologia de fundo do estuário de Paranaguá, dados batimétricos provenientes de cartas náuticas e levantamentos primários foram empregados, cuja interação e produto final foi elaborado por meio de ferramentas de geoprocessamento.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  464
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.5.2 Macrozoneamento geomorfológico da área de drenagem da Baía de Paranaguá

No mencionado mapeamento os municípios litorâneos foram delimitados em Unidades Ambientais Naturais (UAN), sendo as mesmas definidas a partir de características geomorfológicas. Isto porque, estas características têm o potencial de integrar diversos aspectos da paisagem, tais como declive, forma e comprimento das vertentes, solos e vegetação. Conseqüentemente, as UAN apresentam uma dinâmica ambiental própria que condiciona não somente sua evolução natural, como também as formas de ocupação e potencialidades para as diversas atividades humanas.

Desta forma, a região litorânea foi dividida em três sub-regiões principais: Montanhosa Litorânea, Planícies Litorâneas e Planaltos. A partir deste mapeamento efetuou-se a confecção da carta geomorfológica e quantificação de suas unidades presentes na AEII e AEID do meio físico. A citada carta refere-se ao Anexo I – Mapa 11 - Mapa Geomorfológico Regional, no qual se observa a presença de 10 compartimentos geomorfológicos na AEII e três na AEID, cujas suas extensões territoriais estão indicadas na Tabela 8.1.33.

Tomando-se por referência IPARDES (1989) far-se-á na sequência a descrição de cada unidade geomorfológica existente na porção do território em análise, cuja dinâmica geomorfológica ou processos morfodinâmicos atuantes em função das amplitudes altimétricas e declividades predominantes, regem a modelagem da superfície da área de estudo.

Ainda, no que diz respeito à dinâmica geomorfológica e, portanto, à ocorrência de processos morfodinâmicos, uma caracterização acerca das suscetibilidades a deflagração de processos erosivos e de movimentos de massa é apresentada em tópico específico, complementando assim a caracterização geotécnica da área de estudo.

**Tabela 8.1.33 – Unidades geomorfológicas nas áreas de influência do meio físico.**

Unidade Geomorfológica	AEII		AEID	
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Serras	1.004,20	34,31	70,83	12,72
Áreas Colúvias Montanhosas	82,30	2,81	1,98	0,36
Planícies Aluviais (Não Significativas)	5,30	0,18	0,26	0,05
<b>Sub-Região Montanhosa Litorânea (Total)</b>	<b>1.091,80</b>	<b>37,30</b>	<b>73,07</b>	<b>13,12</b>
Planícies Aluviais	323,40	11,05	28,3	5,08
Planícies de Restingas	565,29	19,31	216,69	38,92

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  465
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Unidade Geomorfológica	AEII		AEID	
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Morros	62,00	2,12	2,94	0,53
Colinas	43,00	1,47	2,53	0,45
Áreas Coluviais	22,10	0,75	0,56	0,10
Mangues	110,30	3,77	33,75	6,06
<b>Sub-Região Planícies Litorâneas (Total)</b>	<b>991,10</b>	<b>33,86</b>	<b>284,77</b>	<b>51,15</b>
Área Urbana	34,30	1,17	19,91	3,58
Massa d'água	810,05	27,67	178,99	32,15
<b>Total Geral</b>	<b>2.927,25</b>	<b>100,00</b>	<b>556,74</b>	<b>100,00</b>

A sub-região Montanhosa Litorânea faz parte de uma feição orográfica maior, que abrange vários estados, denominada Serra do Mar. No Paraná essa serra apresenta características diferentes da dos outros estados, pois não constitui apenas uma serra de borda de planalto ou de escarpa, mas também possui setores originados por erosão diferencial. Desta maneira, nas áreas onde as rochas são resistentes, as serras sobressaem algumas centenas de metros do nível geral do planalto.

O primeiro compartimento desta sub-região refere-se às Serras, propriamente ditas, as quais possuem relevos muito energéticos com grandes desníveis, que podem alcançar mais de 1.800 metros (993 metros na área de estudo) e fortes declividades, geralmente superiores a 45%. Os solos são pouco desenvolvidos, ocorrendo grandes áreas com afloramentos rochosos. Os altos volumes de precipitação relegam alta potencialidade morfogenética, isto é, com capacidade de promover uma rápida evolução das vertentes. Por outro lado, a vegetação natural que cresce nas encostas da serra constitui o principal elemento ambiental de estabilização da paisagem. A ruptura desse frágil equilíbrio dinâmico por intervenções inadequadas deverá reproduzir de forma ampliada os processos erosivos ocorridos no passado. Este compartimento totaliza 34,31% da AEII.

No compartimento de Áreas Coluviais Montanhosas, que soma apenas 2,81% da AEII, foram incluídas as partes baixas das vertentes onde ocorrem processos de acumulação de sedimentos provenientes das partes altas. Esses sedimentos, diferentemente daqueles das áreas aluviais, não apresentam evidências de terem sido transportados por meio fluvial e sim por processos comandados pela gravidade. Ocorrem neste compartimento solos mais profundos e desenvolvidos e as declividades predominantes são de 10 a 45%.

Os rios da área serrana geralmente estão encaixados em vales com perfil transversal em forma de "V", devido a uma predominância de erosão vertical. Contudo, é frequente que, pela existência de rochas mais resistentes ao longo do percurso dos rios, se formem

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  466
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

pequenas planícies aluviais a montante dos pontos de estrangulamento de drenagem. Essas planícies originadas por sedimentação fluvial possuem relevo plano, às vezes dispostos em mais de um nível, configurando terraços. Em geral, os solos são profundos, sendo aqueles localizados na planície de inundação caracterizados por problemas de drenagem, além do risco de inundação. Para efeito de mapeamento este compartimento foi denominado de Planícies Aluviais Não-Significativas, já que suas extensões não superam 5,3 km<sup>2</sup>. Na área de estudo (AEII) identificou-se somente uma unidade com estas características, cuja área soma 0,18 km<sup>2</sup>.

A sub-região das Planícies Litorâneas possui relevo plano à suave ondulado, denotando altitude inferior a 40 metros. Dela sobressaem morros e colinas de tamanhos diversos. Para fins de mapeamento essa sub-região foi dividida em seis compartimentos.

As Planícies Aluviais são áreas compostas por diversas formas elaboradas pela ação fluvial, tais como planícies de inundação, terraços e rampas. Esta última apresenta sedimentos provenientes das encostas. O relevo em geral é plano, sendo que muitas áreas deste compartimento apresentam solos com problemas de drenagem, além de riscos de inundação. São correspondentes a 11,05% da AEII.

As Planícies de Restingas, que somam 565,29 km<sup>2</sup> (38,92% da AEID, 19,31% da AEII) referem-se ao mais importante compartimento em termos de área. Estas planícies são formadas por uma sucessão de cordões litorâneos e revelam constituição arenosa. Os solos associados são facilmente degradáveis e detêm horizonte sub-superficial impermeável, o que origina problemas de encharcamento.

Os Morros são elevações sustentadas por rochas do embasamento que sobressaem da planície. Em alguns aspectos, como declividade e tipo de solos, são semelhantes às Serras, porém têm extensão menor e estão circundados por terrenos de planície e/ou corpos d'água. Internamente à AEII correspondem a 2,12% da mesma.

As Colinas são elevações de perfil convexo e relevo mais suave que os morros. A declividade das encostas é geralmente inferior a 20% e a relação diâmetro médio da base/altura inferior a seis. O substrato geológico é formado por sedimentos ou pelas rochas mais friáveis do embasamento. Na AEII são referentes a 1,47% da área total. Os solos são relativamente profundos e bem desenvolvidos.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 467
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Os Mangues são áreas sujeitas aos fluxos e refluxos das marés, localizados nas áreas de baías. Sua vegetação é altamente especializada, sendo que na região está constituída por três espécies: *Rhisophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Este compartimento totaliza 6,06% da AEID e 3,77% da AEII.

O último compartimento da sub-região Planícies Litorâneas refere-se às Áreas Colúviais, o qual soma apenas 0,75% da AEII e apresenta as mesmas características das Áreas Colúviais Montanhosas, no entanto ocorrem nas planícies, geralmente entre morros e colinas.

Visando a caracterização geomorfológica das áreas de influência do meio físico do empreendimento, e somando-se o fato de se dispor de mapeamento topográfico em escala 1:25.000, optou-se pela realização da análise da hipsometria e da declividade da área de drenagem da baía de Paranaguá. Para tanto, a elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT) tornou-se imprescindível.

#### 8.1.5.3 Análise de hipsometria

A delimitação e análise da hipsometria da área de estudo possibilitam a observação do gradiente altimétrico do relevo da área, fator importante na análise da intensidade com que os processos erosivos se desenvolvem, uma vez que quanto maior a amplitude altimétrica de uma bacia hidrográfica, a velocidade do desgaste do relevo também é maior.

A partir do MDT (Modelo Digital do Terreno) foi confeccionada a Carta de Hipsometria (Anexo I – Mapa 12 - Mapa Hipsométrico Regional), na qual a distribuição das classes de altitudes varia de acordo com a amplitude altimétrica (ponto mais elevado e ponto menos elevado). A amplitude altimétrica verificada para a AEII é de zero a 1.877,32 m, representando em seu máximo altimétrico o cume do Pico Paraná. Na AEID, em função das nascentes do rio Guaraguaçu ocorrer na Serra da Prata, nota-se amplitude altimétrica de zero a 993 m, devendo-se ressaltar, contudo que 86% das cotas altimétricas apresentam valores inferiores à cota de 25 m. Na ADA essa amplitude também se demonstra reduzida variando de zero a 14 m.

#### 8.1.5.4 Análise de declividade

Dentre os elementos morfométricos do relevo a análise da declividade deve ser destacada por evidenciar a distribuição das inclinações das superfícies do relevo, sendo esta

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  468
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

característica muito importante quando da análise do uso e ocupação do solo de uma área, bem como do fluxo torrencial de superfície e os consequentes processos erosivos e deslizamento de materiais para o sistema de drenagem da bacia hidrográfica.

Quanto maior a inclinação das vertentes de determinada área, mais facilmente os processos erosivos se desenvolverão. A ausência de cobertura vegetal também contribuirá, neste caso, para a aceleração destes processos, além de contribuir para as perdas agrícolas e a ocorrência de deslizamentos de terreno.

Tanto a ADA quanto a AEID ocorrem em localidades de relevo exclusivamente plano. Na AEII predominam as áreas planas que somam 35,34% da área total, conforme representado no Anexo I – Mapa 13 - Mapa Clinométrico Regional e quantificado na Tabela 8.1.34. As áreas de relevo suave ondulado, cuja declividade abrange o intervalo de 3 a 8%, correspondem a 1,41% da AEII. As porções de relevo moderadamente ondulado e ondulado representam respectivamente 1,44% e 4,11% de toda a AEII. As vertentes com relevo forte ondulado e montanhoso correspondem a 18,75% e 11,29% da AEII, respectivamente.

**Tabela 8.1.34 - Classes de declividade existentes da área de drenagem da baía de Paranaguá.**

Declividade (%)	Relevo	AEII		AEID	
		Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
0 a 3 %	Plano	1.034,35	35,34	306,06	54,97
3 a 8 %	Suave Ondulado	41,16	1,41	5,79	1,04
8 a 13 %	Moderadamente Ondulado	42,11	1,44	3,45	0,62
13 a 20 %	Ondulado	120,41	4,11	7,52	1,35
20 a 45 %	Forte Ondulado	548,72	18,75	32,57	5,85
> 45 %	Montanhoso	330,45	11,29	21,15	3,80
Massa d'Água		797,4	797,4	27,24	180,2
<b>Total</b>		<b>2.927,25</b>	<b>100,00</b>	<b>556,74</b>	<b>100</b>

#### 8.1.5.5 Geomorfologia de fundo do Estuário de Paranaguá

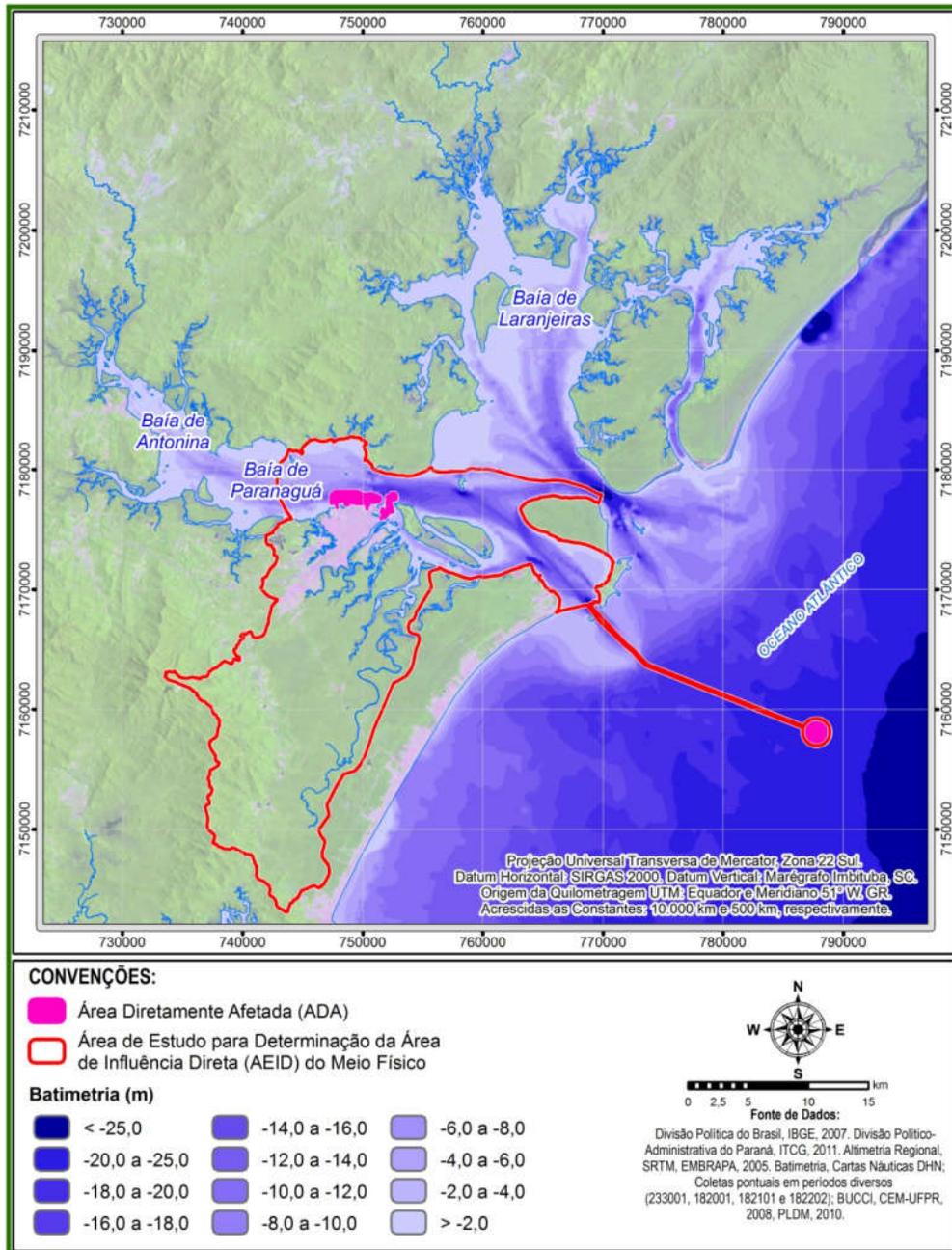
A geomorfologia de um estuário é o produto de interações entre os processos naturais (aporte sedimentar e as forças hidrodinâmicas), as atividades antrópicas e as respostas sedimentológicas para tais processos (PERILLO *et al.*, 2005; PRANDLE, 2009; PERILLO e SYVITSKI, 2010). Assim, mudanças na geomorfologia e sedimentologia são contínuas em ambientes estuarinos, e seus efeitos têm características específicas que dependem da sua evolução. Sendo assim, a posição atual e evolução futura de um estuário podem estar

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  469
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

relacionadas com as variações do nível relativo do mar, o suprimento de sedimentos e a atividade tectônica (BOYD *et al.*, 2006).

A batimetria é utilizada como parte da análise geomorfológica, pois é um fator importante que afeta a estabilidade das encostas e as taxas de circulação dos fluxos. Mapas batimétricos também podem ser úteis para auxiliar a interpretação dos dados biológicos (JEROSCH *et al.*, 2006), classificação e interpretação dos fundos marinhos. A interpretação dos processos de preenchimento dos ambientes marinhos decorre de uma caracterização geomorfológica preliminar, que considera cada estuário individualmente, pois respondem aos mecanismos de transporte, erosão e deposição de maneiras diferentes (PERILLO, 1995; BOYD *et al.*, 2006). A capacidade de retenção de sedimentos destes ambientes é dada pelas suas características geomorfológicas e dinâmicas, as quais são uma função do espaço disponível para a sedimentação e da quantidade de sedimentos recebidos no balanço sedimentar (PERILLO e SYVITSKI, 2010).

Verifica-se, com base no modelo digital de fundo do estuário segundo a Figura 8.36 (batimetria da AEID), criado com base nos dados batimétricos disponíveis, que a plataforma continental interna apresenta profundidades da ordem de 21,0 m com redução progressiva em direção à desembocadura do estuário. O canal de acesso aos portos se encontra bem representado com profundidades entre 15,0 e 10,0 m, estendendo-se até a área do terminal da Ponta do Felix, onde apresenta profundidades variando entre 6,0 e 9,0 m.



Fonte: PLANAVE, 2016

Figura 8.36 – Batimetria Atual da AEID.

### 8.1.5.6 Análise geomorfológica da área diretamente afetada

A análise geomorfológica da Área Diretamente Afetada (ADA), referindo-se à porção em terra portuária, especificamente para a área destinada à implantação prevista do complexo náutico, é centrada num primeiro momento no emprego de dados secundários. É prevista a

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  471
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

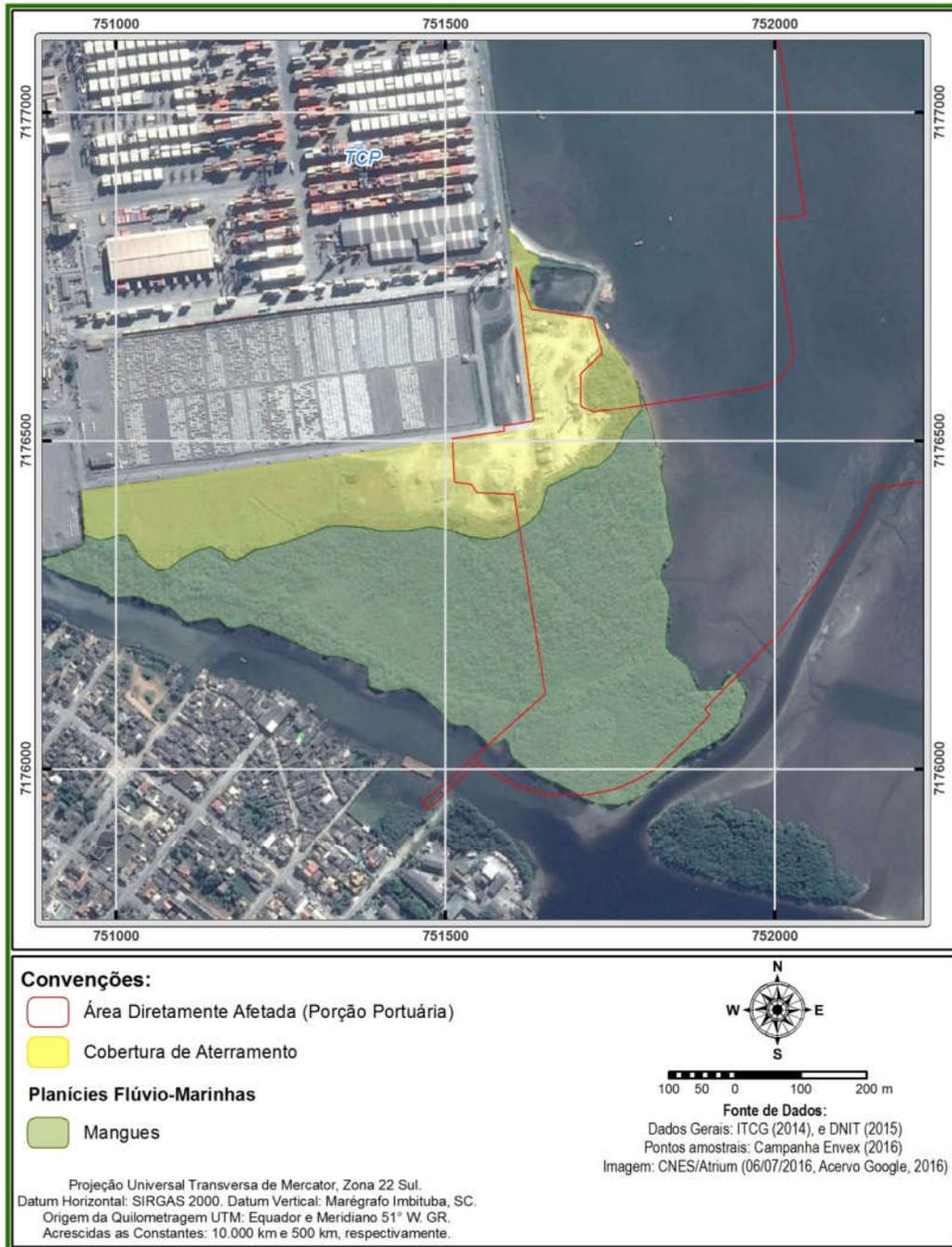
aquisição de dados primários a partir de levantamento planialtimétrico na área de interesse, cujos resultados permitirão atualizar e validar a caracterização atual.

Por tratar-se de área constituída em sua grande parte por cobertura de aterramento, a ADA mostra-se essencialmente plana em altitudes que variam de zero a 5 m. Conseqüentemente, a declividade predominante na ADA do empreendimento apresenta-se entre zero e 3%, caracterizando o relevo como plano. Importante destacar a formação de uma unidade geomorfológica natural no entorno da cobertura de aterramento, trata-se de uma planície fluvio-marinha composta essencialmente de manguezais. A Figura 8.37 ilustra a espacialização das unidades geomorfológicas incidentes na ADA.

No tocante à batimetria, a Figura 8.38 demonstra a situação atual das profundidades na porção estuarina que compõe a ADA. Observa-se que nos píeres em “L” e “F” a profundidade máxima está entre 12 e 14 metros, no píer em “T” a profundidade varia entre 10 e 12 metros, e o complexo náutico com profundidade máxima de apenas 2 metros.

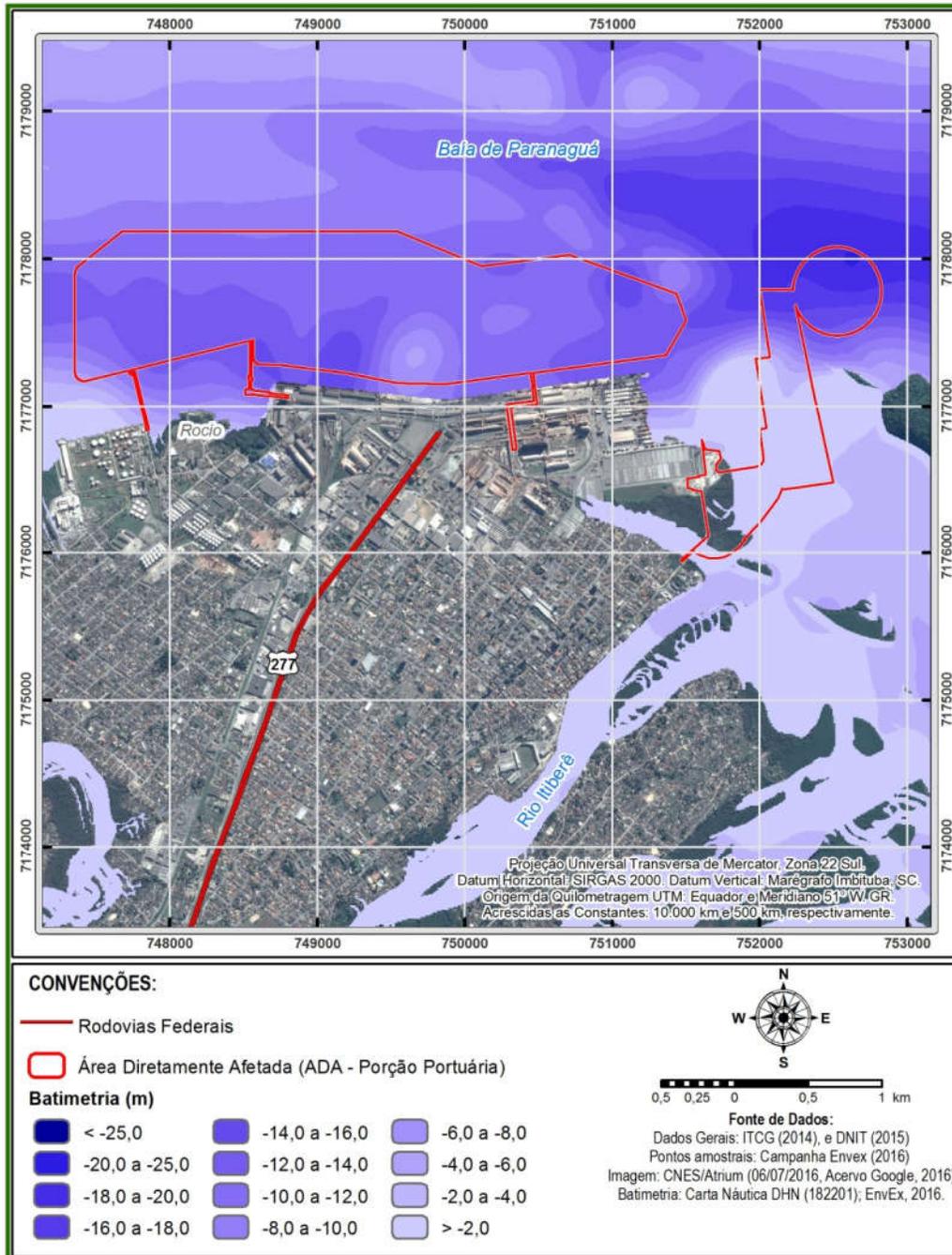
Nesse contexto, intervenções de aprofundamento da superfície de fundo são previstas para a implantação e ampliação de estruturas portuárias.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  472
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.37 – Unidades geomorfológicas presentes na porção continental da ADA do empreendimento.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.38 – Batimetria da Área Diretamente Afetada.**

### 8.1.5.7 Possíveis implicações para ampliação do empreendimento

Do ponto de vista geomorfológico e considerando as unidades geomorfológicas descritas, é cabível salientar que para a execução ou efetivação da ampliação do empreendimento

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  474
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

algumas implicações são previstas no tocante a modificações da paisagem. Tanto para os píeres quanto para o complexo náutico previstos, haverá necessidade de dragagem e até mesmo derrocagem, trazendo modificações à superfície submersa e à composição das margens do estuário.

De outra maneira, a implantação das estruturas previstas terá como consequência alterações na dinâmica sedimentar de maneira isolada assim como cumulativa, considerando as estruturas portuárias já existentes. Destaca-se que a caracterização da direção de fluxo sedimentar em diferentes cenários, considerando as estruturas de ampliação previstas e outras intervenções necessárias, é apresentada em tópico específico em atendimento ao termo de referência, a partir de modelagens hidrodinâmicas.

### **8.1.6 Pedologia**

Dentre os recursos naturais de nosso planeta os solos apresentam-se com significativa importância, entendendo que a produção de grande parte de nossos alimentos, de maneira direta ou indireta, necessita de campos para o cultivo e pastagens sobre eles implantados. Sua importância é dada também pela sustentação de fitofisionomias, tais quais os campos, cerrados e florestas, bem como possuem a função de retenção das águas das chuvas para posteriormente emergirem a partir de nascentes e mananciais (LEPSCH, 2002).

#### **8.1.6.1 Metodologia aplicada**

De modo geral, as cartas pedológicas podem ser definidas como a aplicação sintética das informações pertinentes à formação e distribuição geográfica dos diferentes solos existentes em uma determinada localidade. As cartas pedológicas podem ter diferentes graus de detalhe, o que depende tanto da intensidade dos trabalhos de levantamento, como da escala de publicação (LEPSCH, 2002).

Para a AEII do empreendimento, dispõe-se de mapeamento de reconhecimento de baixa intensidade, isto é, trata-se de um mapeamento cuja finalidade é identificar os solos existentes na região para o planejamento territorial considerando extensas áreas, no caso, o Estado do Paraná.

A representação espacial existente para as classes pedológicas que recobrem o estado paranaense e por consequência a AEII do empreendimento é dada na escala 1:250.000, conforme publicação do EMBRAPA/IAPAR (2008). Assim, não se faz possível sua utilização

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  475
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

em aplicações que exige maior nível de detalhamento, tal como para a ADA do presente estudo.

Em escala de maior detalhe (1:50.000), e especificamente para a planície litorânea do Paraná, tem-se o mapeamento realizado por Rauen *et al.* (1994), além do Levantamento Geomorfológico com Ênfase em Solos da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar / PR, apresentado por Rocha *et al.* (2002). Entretanto, ambos os mapeamentos contemplam parcialmente o litoral paranaense e não abrangem completamente a área de drenagem da Baía de Paranaguá, a qual representa a AEII deste estudo.

Diante disso, com o auxílio de recursos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), desenvolveu-se a elaboração de um mapa de solos considerando os dados pedológicos disponíveis para a área em análise, bem como os produtos cartográficos relativos aos fatores de formação dos solos, conforme maior importância para a região focada, a saber: i) geomorfologia (macrozoneamento geomorfológico e declividade) e, ii) de forma secundária, a geologia, a cobertura vegetal e o uso da terra.

Para tanto, tomou-se por referência o estudo técnico desenvolvido por Paula e Santos (2008), que a partir da definição das relações existentes entre pedologia e geomorfologia, confeccionaram e validaram a Carta Pedológica da Área de Drenagem da Baía de Antonina. A delimitação se mostrou imediata para as unidades geomorfológicas que apresentaram alta relação com uma única unidade pedológica. Entretanto, para os compartimentos geomorfológicos que denotaram relação com mais de uma unidade pedológica, efetuou-se o que se chamou de análise de contexto, ou seja, foram considerados os polígonos já classificados em seu entorno.

Para fins de caracterização pedológica da ADA do empreendimento, necessitando, portanto, de escala de maior detalhe para a identificação dos tipos de solos que compõem a área de estudo, efetuou-se trabalho de campo, no dia 11 de junho de 2016, para análise expedita de solos a partir de sondagens diretas com uso de trado manual para reconhecimento dos horizontes pedológicos em profundidade, coleta de amostras e análises físico-químicas. Este trabalho permitiu a validação dos corpos pedológicos com base em dados primários, assim como o refinamento da espacialização dos corpos pedológicos através de base cartográfica em escala 1:10.000 (PARANACIDADE, 2007), considerando novamente a morfometria do terreno e o uso e cobertura da terra, compreendendo as especificidades de tipos vegetacionais em relação aos tipos de solos.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  476
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.6.2 Caracterização pedológica das áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico

Ao todo, são reconhecidos dezoito diferentes tipos de solos na área de abrangência da AEII do empreendimento, identificadas em nove subordens e nove associações entre duas subordens pedológicas, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS) da EMBRAPA (2013).

A representação espacial dos tipos pedológicos presentes nas áreas de estudo para determinação das áreas de influência do meio físico pode ser verificada através do mapa do Anexo I – Mapa 14 - Mapa Pedológico Regional, enquanto que a quantificação dessas classes é apresentada pela Tabela 8.1.35.

**Tabela 8.1.35 – Tipos de Solos Existentes nas Áreas de Estudo para Determinação da Áreas de Influência do Empreendimento.**

Tipos de Solos	AEII		AEID	
	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
CX (Cambissolos Háplicos)	353,88	12,09	54,2	9,74
CX1 (Associação entre Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos)	236,88	8,09	14,17	2,55
CX2 (Associação entre Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelos)	392,55	13,41	6,09	1,09
CX3 (Associação entre Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos)	92,93	3,17	2,12	0,38
CY (Cambissolos Flúvicos)	91,77	3,14	10,57	1,90
EK (Espodossolos Humilúvicos)	489,94	16,74	202,33	36,34
EK1 (Associação entre Espodossolos Humilúvicos e Gleissolos Háplicos)	10,00	0,34	0,41	0,07
EK2 (Associação entre Espodossolos Humilúvicos e Organossolos Háplicos)	76,92	2,63	33,81	6,07
GJ (Gleissolos Tiomórficos)	82,55	2,82	9,2	1,65
GJ1 (Associação entre Gleissolos Tiomórficos e Neossolos Flúvicos)	31,95	1,09	24,53	4,41
GM (Gleissolos Melânicos)	5,88	0,20	5,24	0,94
GX (Gleissolos Háplicos)	147,22	5,03	2,77	0,50
GX1 (Associação entre Gleissolos Háplicos e Cambissolos Flúvicos)	65,87	2,25	-	-
GX2 (Associação entre Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos)	104,41	3,57	-	-
OO (Organossolos Fólicos)	7,99	0,27	-	-
RL (Neossolos Litólicos)	181,13	6,19	0,09	0,02
RQ (Neossolos Quartzarênicos)	13,39	0,46	6,93	1,24
RQ1 (Associação entre Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos Humilúvicos)	2,34	0,08	2,34	0,42
Demais Áreas (Corpos d'água, aterros, etc.)	527,00	18,00	1,2	0,22
<b>Total</b>	<b>2.927,25</b>	<b>100,00</b>	<b>556,74</b>	<b>100</b>

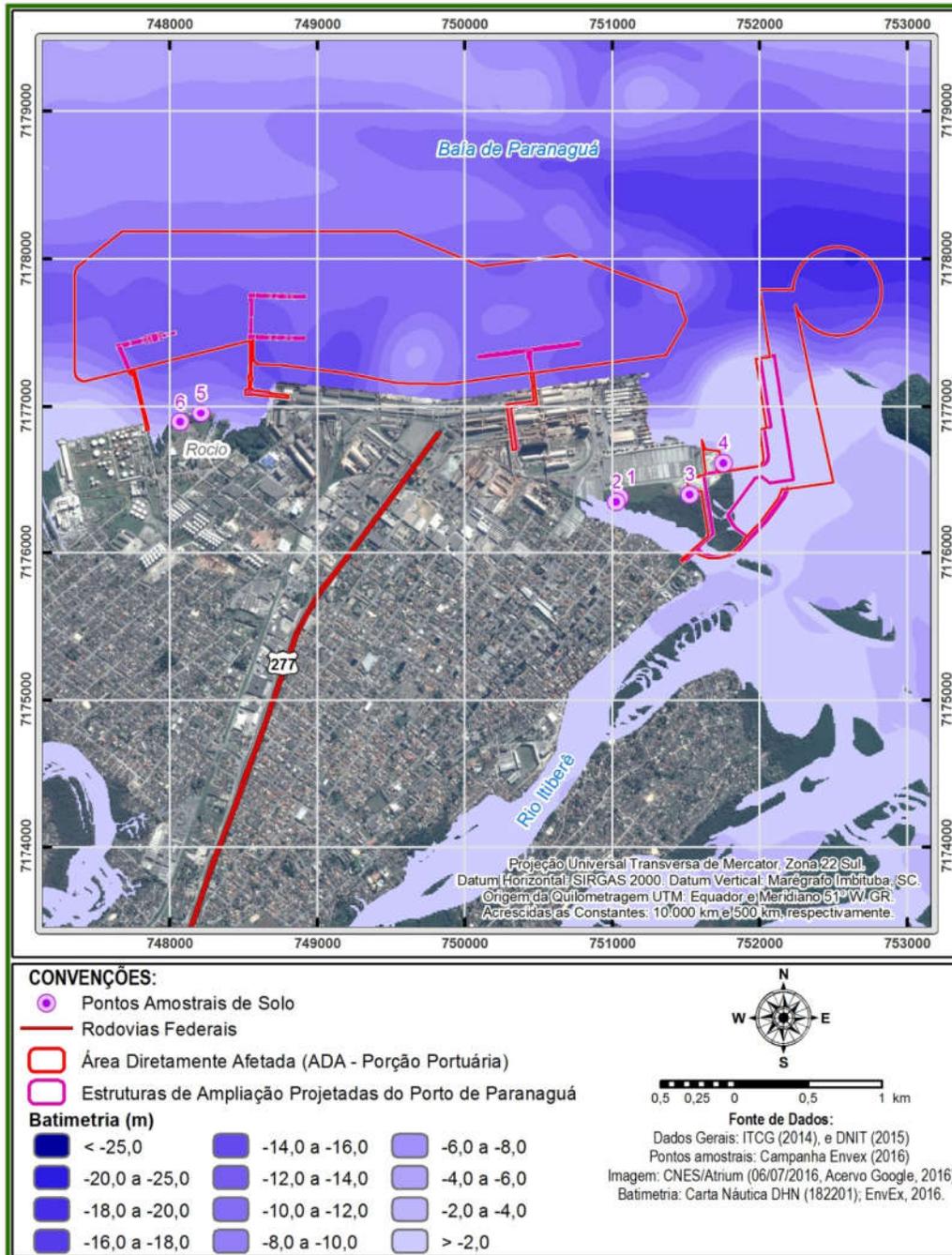
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  477
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Observa-se que predominam os Espodosolos Humilúvicos na AEII, compreendendo a aproximadamente 16,81% da área total. Ocupam as áreas de planícies litorâneas com amplitudes altimétricas de até 200m, caracterizados por relevo com inclinações menores que 3%.

O segundo conjunto de solos com significativo recobrimento sobre a AEII, representando solos de relevos caracterizados como sendo moderadamente ondulados a fortemente ondulados, refere-se às associações de Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelos, somando 13,47% da área total. Recobrem vertentes com inclinações entre 8 e 45%, isto é, em porções do terreno que apresentam declividades intermediárias de transporte e em sopés colúviais, com amplitudes altimétricas entre 200 e 900m.

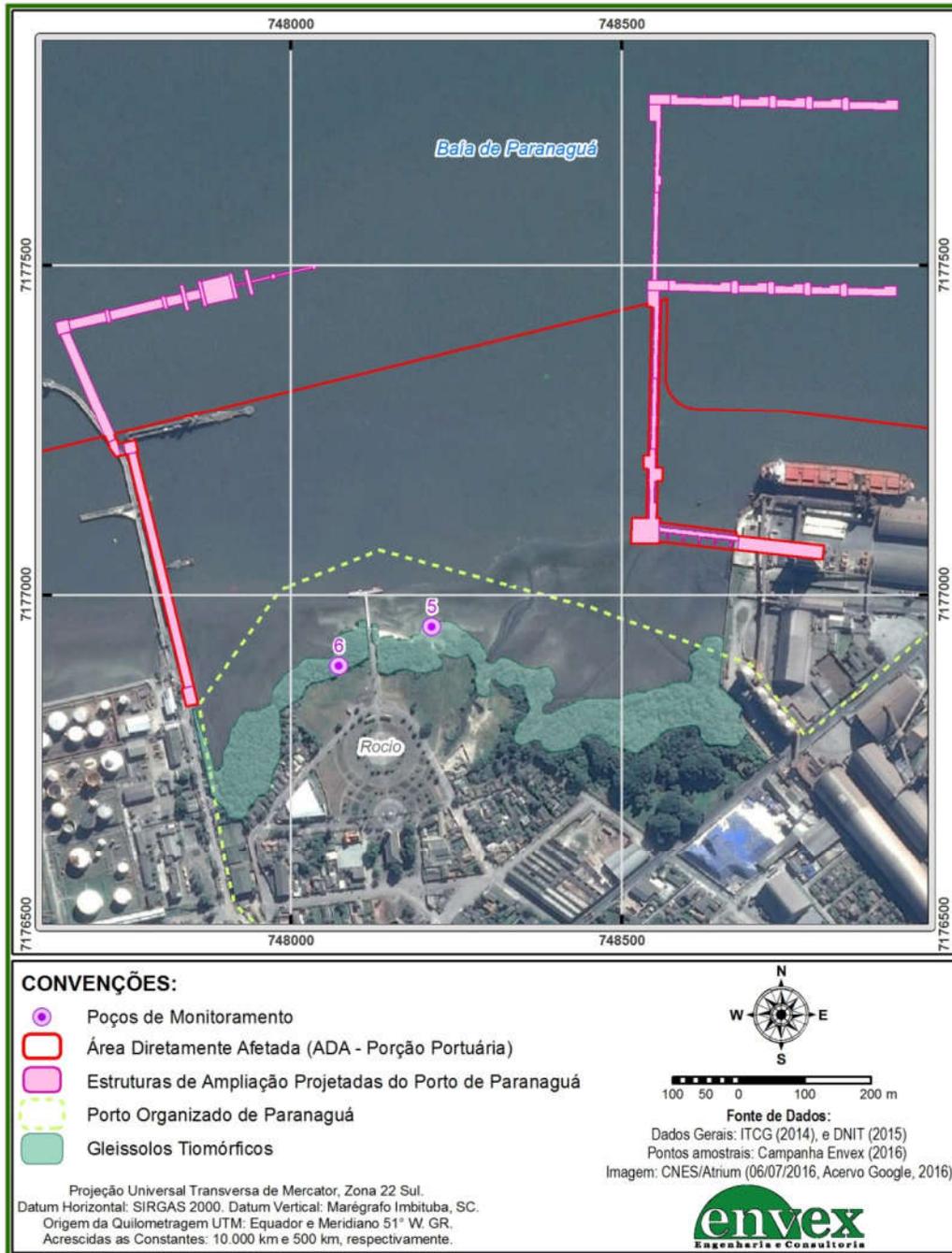
Para a validação dos dados secundários de solos existentes para a região, foram efetuadas prospecções com sondagens diretas em seis pontos (Figura 8.39) distribuídos de forma a recobrir o entorno da Área Diretamente Afetada (ADA), correspondente à porção portuária (excetuando-se então a área de descarte – ACE), a fim de abranger cada tipo de solo incidente no local, sendo encaminhadas as amostras para análises laboratoriais, cujos laudos são apresentados através dos Anexos.

Especificamente para a área diretamente afetada do empreendimento e seu entorno, dois tipos de solos são reconhecidos, como bem ilustram a Figura 8.40 e Figura 8.41, os Gleissolos Tiomórficos (GJ) e Antropossolos Sômicos.



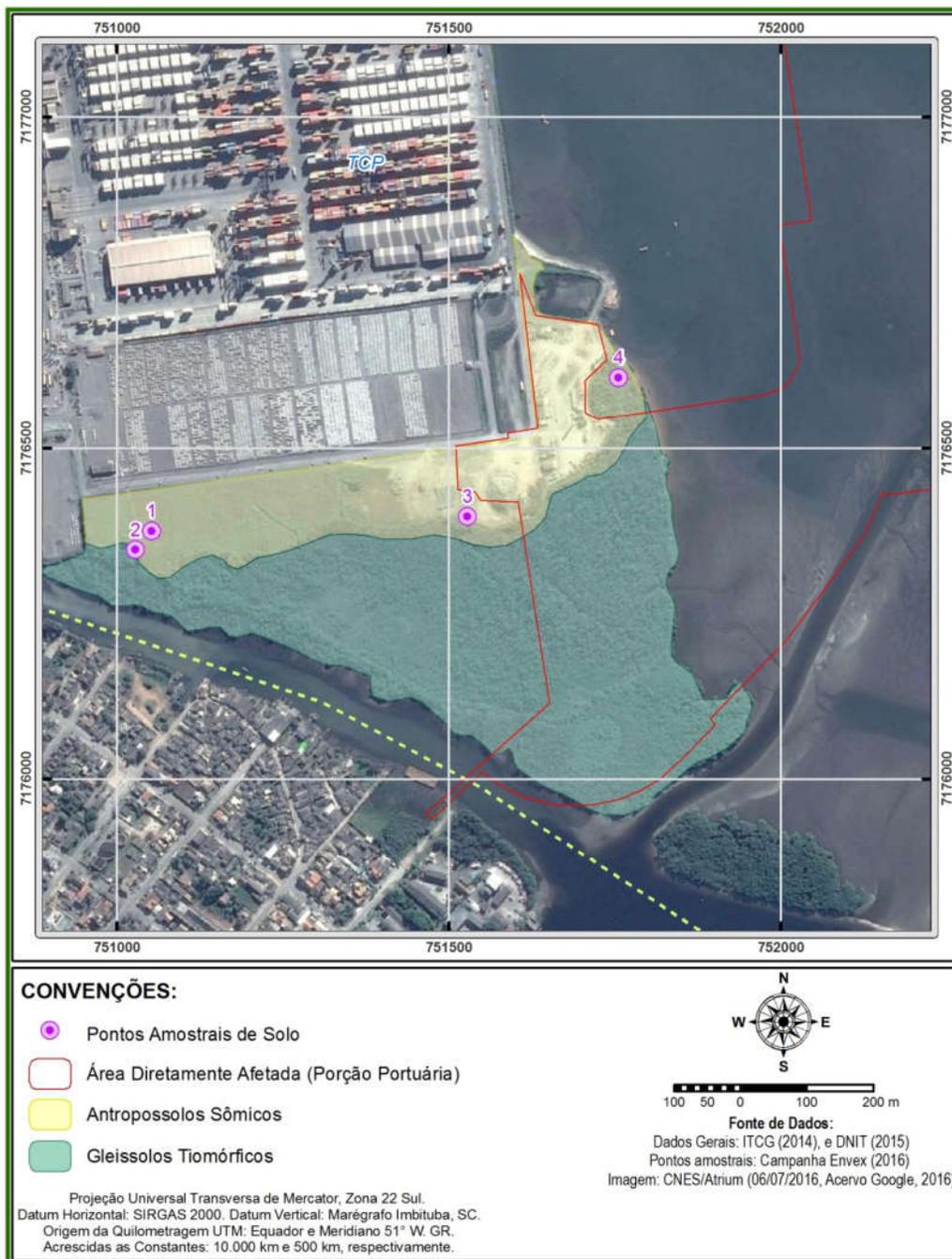
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.39 - Localização dos Pontos de Coleta de Amostras.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.40 - Caracterização Pedológica do entorno da Área Diretamente Afetada no setor dos píeres projetados do Rocío.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.41 - Caracterização Pedológica do entorno da Área Diretamente Afetada no setor da área projetada para embarque de passageiros.**

Uma breve descrição dos solos existentes na ADA do empreendimento é apresentada a seguir, respeitando as informações fornecidas por Rauen *et al.* (1994), Rocha *et al.* (2002) e EMBRAPA (2013).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  481
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.6.2.1 Gleissolos Tiomórficos (GJ)

Os Gleissolos ocorrem normalmente em regiões com clima permanentemente úmido, tanto em planícies ribeirinhas como na parte inferior das encostas adjacentes. Desenvolvem-se em materiais inconsolidados e muito influenciados por ocorrências de saturação hídrica por tempo prolongado. Assim, solos desta classe são permanentes ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água de saturação ou permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral do solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do mesmo.

De acordo com sua definição, são constituídos por material mineral, com horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície, ou entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou precedido por horizonte B incipiente, B textural ou horizonte C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos:

- i) ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei;
- ii) ausência de horizonte vértico ou plíntico acima do horizonte glei ou coincidente com este;
- iii) ausência de horizonte B textural com mudança textural abrupta;
- iv) ausência de horizonte hístico com 40 cm ou mais de espessura.

Para a ADA, identificou-se a ocorrência da subordem dos Gleissolos Tiomórficos órticos (GJo), que são solos com horizontes sulfúricos e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm da superfície do solo. Se drenados artificialmente tornam-se excessivamente ácidos e altamente tóxicos para as plantas. Não devem ser usados, mas preservados em estado natural.

Estão situados nas porções recobertas por manguezais, sustentando formações pioneiras de influência fluviomarinha, sendo identificado através das sondagens 02, 05 e 06, enviadas para análise e tendo a descrição dos horizontes reconhecidos através da Tabela 8.1.36 até a Tabela 8.1.38.

A Figura 8.42, a Figura 8.43 e a Figura 8.44 ilustram a paisagem do local de coleta das amostras. Por sua vez, o Gráfico 8.1.25, o Gráfico 8.1.26 e Gráfico 8.1.27 representam

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  482
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

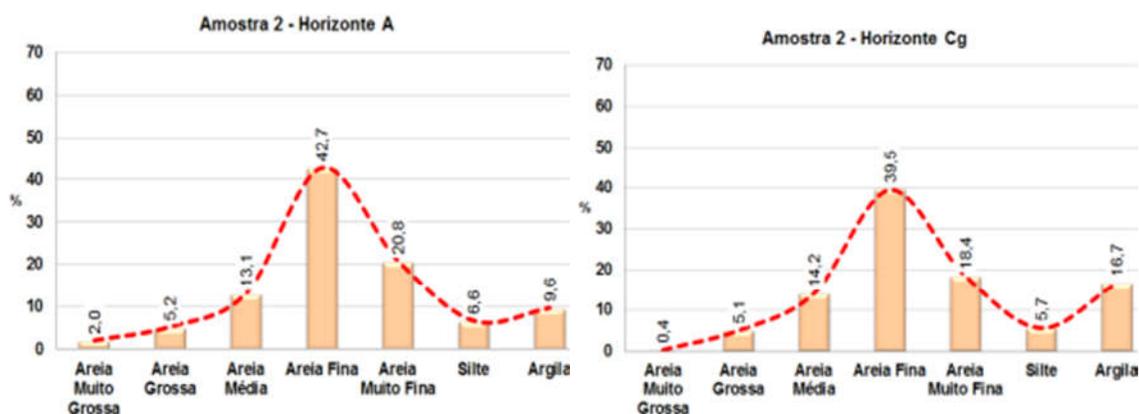
graficamente a distribuição granulométrica dos resultados obtidos pelo método de análise com pipeta seguindo parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04.

**Tabela 8.1.36 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 02.**

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
A	0 a 20 cm	Gley 1 2,5/10Y (Preto Esverdeado)	83,8	6,6	9,6	Areia Franca
Cg	50 a 70 cm	Gley 1 5/10Y (Cinza Esverdeado)	77,6	5,7	16,7	Franco-Arenosa



**Figura 8.42 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 02).**



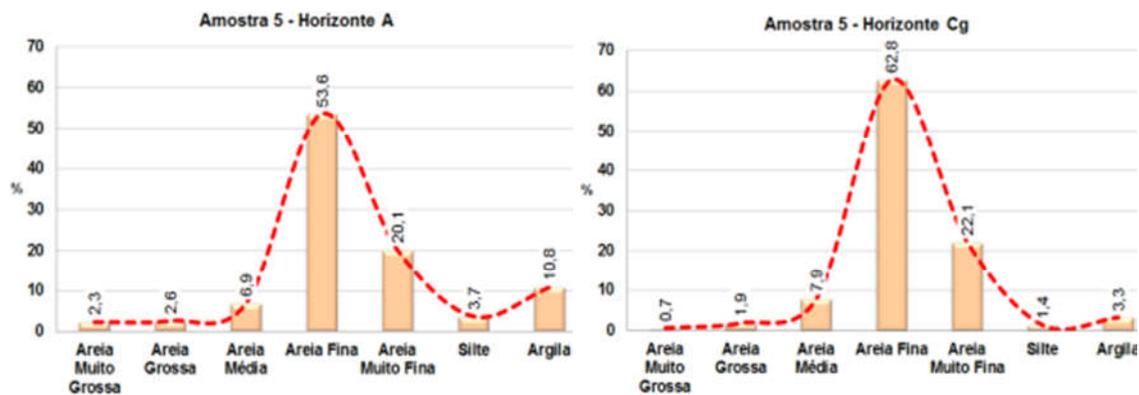
**Gráfico 8.1.25 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 02.**

**Tabela 8.1.37 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 05.**

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
A	0 a 20 cm	Gley 1 2,5/10Y (Preto Esverdeado)	85,5	3,7	10,8	Areia Franca
Cg	40 a 50 cm	Gley 1 5/10Y (Cinza Esverdeado)	95,3	1,4	3,3	Areia



**Figura 8.43 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 05).**



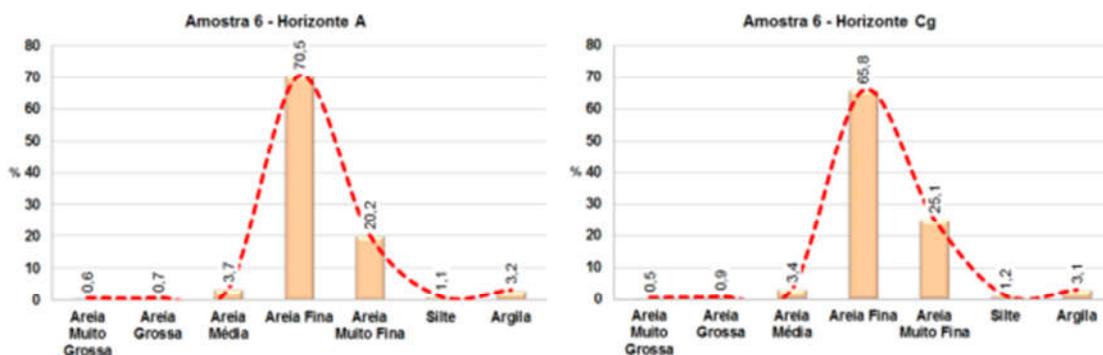
**Gráfico 8.1.26 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 05.**

**Tabela 8.1.38 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 06.**

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
A	 0 a 20 cm	2,5YR 6/1 (Cinzento-Avermelhado)	95,7	1,1	3,2	Areia
Cg	 40 a 50 cm	Gley 1 6/10Y (Cinza Esverdeado)	95,7	1,2	3,1	Areia



**Figura 8.44 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 06).**



**Gráfico 8.1.27 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 06.**

#### 8.1.6.2.2 Antropossolos Sômicos

Os Antropossolos são caracterizados como volumes formados por uma ou mais camadas de materiais de origem antrópica, sejam orgânicos ou inorgânicos, desde que se apresentem com espessura mínima de 40 cm (EMBRAPA, 2004). A morfologia e as condições de

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  485
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

drenagem desses volumes são bastante variáveis e estão diretamente relacionadas com a natureza dos materiais que os compõe (EMBRAPA, 2004).

Por definição, os Antropossolos Sômicos referem-se a volumes de constituídos especificamente pela ação antrópica direta, com a deposição de materiais em camadas ou misturados (aterro), podendo:

- i) ocorrer mistura de fragmentos e/ou saprolitos de rocha;
- ii) possuir adição de materiais antrópicos não nocivos ao ambiente.

Na região em análise encontra-se a subordem dos Antropossolos Sômicos Mésclícos, com incidência no setor destinado a receber as estruturas para o terminal de embarque de passageiros. Esta subordem é caracterizada como volumes sem a formação de camadas, contendo materiais de origens distintas depositados de maneira assistemática. Trata-se, portanto, de uma área de aterro, na qual volumes de materiais distintos foram depositados sobre a superfície original, cujo volume pedológico hoje é desconhecido.

Os pontos de amostragem que identificam esse tipo de solo na ADA referem-se aos pontos 01, 03 e 04, cuja descrição de seus horizontes é apresentada de forma resumida da Tabela 8.1.39 a Tabela 8.1.41, enquanto a Figura 8.45, Figura 8.46 e Figura 8.47 ilustram o local e cobertura vegetal existente, sendo ambas as amostras direcionadas para análises laboratoriais. Por sua vez, o Gráfico 8.1.28, Gráfico 8.1.29 e Gráfico 8.1.30 representam graficamente a distribuição granulométrica dos resultados obtidos pelo método de análise com pipeta seguindo parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04.

**Tabela 8.1.39 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 01.**

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural	
			Areia	Silte	Argila		
A1		0 a 10 cm	2,5Y 6/2 (Cinzento-Bruno-Claro)	88,6	5,2	6,2	Areia



Figura 8.45 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 01).

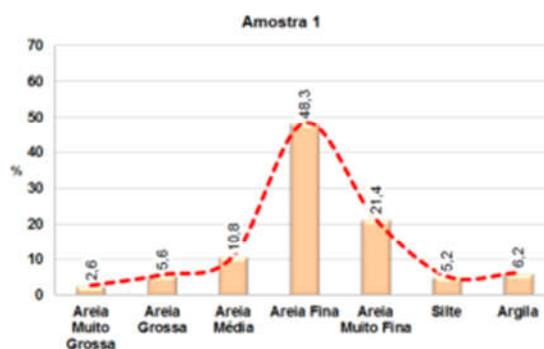
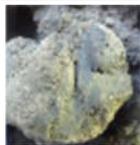


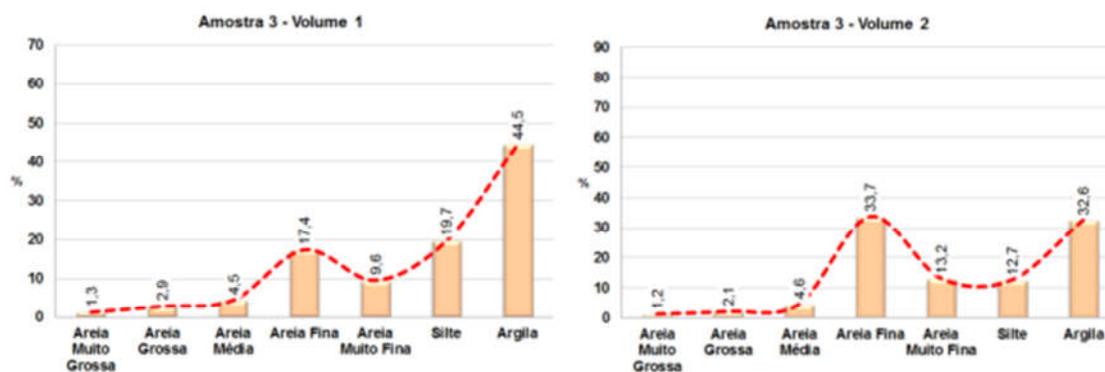
Gráfico 8.1.28 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 01.

Tabela 8.1.40 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 03.

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
A1	 0 a 20 cm	5YR 2,5/1 (Preto)	35,8	19,7	44,5	Argila
A2	 50 a 70 cm	7,5YR 5/2 (Bruno)	54,7	12,7	32,6	Franco-argiloarenosa



**Figura 8.46 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 03).**



**Gráfico 8.1.29 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 03.**

**Tabela 8.1.41 – Descrição Morfológica dos Horizontes Pedológicos para o Ponto de Coleta 04.**

Horizonte	Profundidade	Cor	Composição Granulométrica de Terra Fina (%)			Classe Textural
			Areia	Silte	Argila	
A1	0 a 5 cm	7,5YR 3/2 (Bruno-Escuro)	87,5	4,3	8,2	Areia-franca
A2	30 a 40 cm	7,5YR 7/2 (Cinzento-Rosado)	90,6	3,5	5,9	Areia
A3	50 a 70 cm	7,5YR 5/2 (Bruno)	90,4	3,8	5,6	Areia

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  488
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Figura 8.47 - Configuração da paisagem no local de coleta solos (Ponto 04).

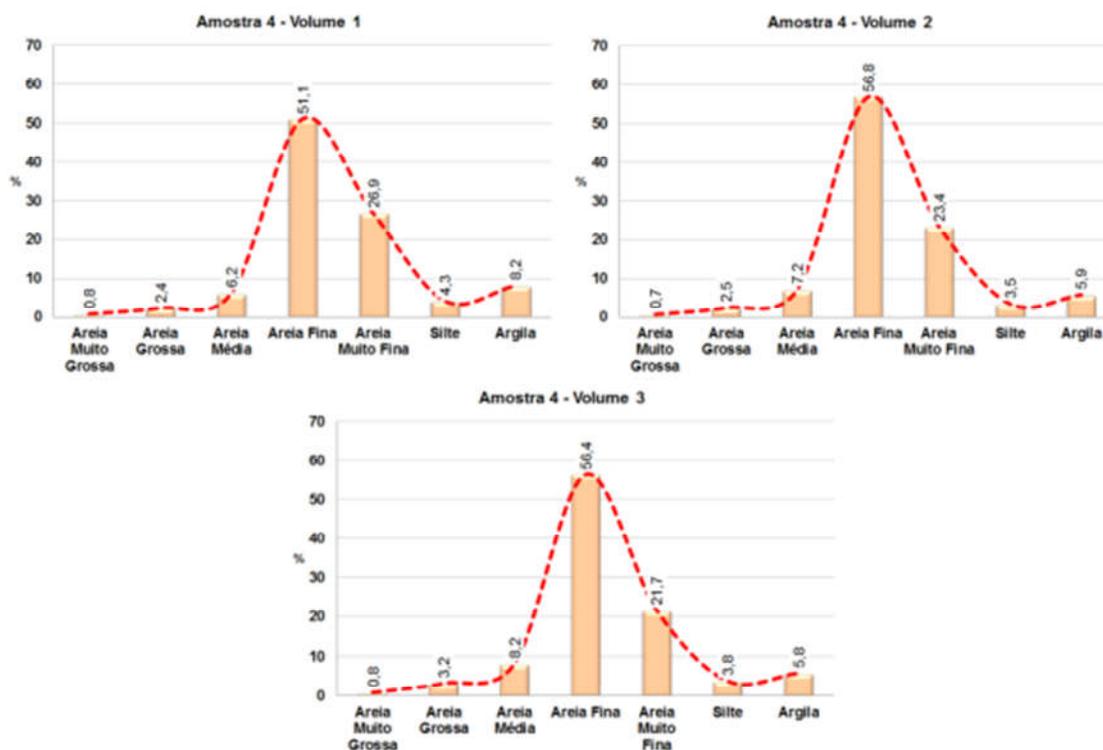


Gráfico 8.1.30 - Distribuição granulométrica no Ponto de Coleta 04.

### 8.1.6.2.3 Caracterização química dos solos

Para verificar a concentração de metais pesados nos solos incidentes na área do empreendimento e seu entorno, foram efetuadas análises laboratoriais em amostras de solos coletadas nos seis pontos de sondagem. Os ensaios foram executados pelo Laboratório de Análise Química de Fertilizantes e Resíduos do Instituto Agrônomo (IAC), localizado em Campinas no estado de São Paulo.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 489
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A Tabela 8.1.42 apresenta um resumo dos parâmetros analisados e valores máximos permissíveis (VMP) estabelecidos na resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade de solo e água quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

De acordo com os resultados, nota-se expressiva concentração de alumínio nas amostras coletadas, principalmente no ponto de coleta 03. Tal condição pode estar associada às grandes quantidades de matéria orgânica ou mesmo a fontes externas. Também se verificam altas concentrações de ferro, principalmente no ponto 03, cuja ocorrência pode estar associada aos materiais empregados na composição do aterro do terreno.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	490
RL-B00-H01-1001	0	

**Tabela 8.1.42 – Tipos de Solos Existentes nas Áreas de Estudo para Determinação das Áreas de Influência do Empreendimento.**

Amostra	Coleta 1	Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4			Coleta 5		Coleta 6		Valor Máximo Permitido		
		Única	A	Cg	Volume 1	Volume 2	Volume 1	Volume 2	Volume 3	A	Cg	A	Cg	Agrícola	Residencial
Alumínio	4446,0	3506,0	9135,0	13608,0	3337,0	1650,0	1970,0	1669,0	2775,0	1010,0	878,0	612,0	-	-	-
Cobre	19,1	9,4	7,5	9,6	4,4	4,7	5,3	4,6	16,2	2,6	2,7	3,8	200,0	400,0	600,0
Cromo	8,5	6,8	13,1	26,2	9,2	3,9	4,8	4,3	6,5	2,6	2,1	1,9	150,0	300,0	400,0
Ferro	7682,0	7421,0	11841,0	25699,0	7664,0	4129,0	4750,0	3858,0	3763,0	1770,0	988,0	2588,0	-	-	-
Manganês	100,0	44,7	110,0	122,0	114,0	132,0	49,4	36,2	17,8	19,4	11,3	27,6	-	-	-
Níquel	29,6	3,0	9,0	8,8	7,5	4,9	3,6	1,3	9,1	7,6	9,4	3,0	70,0	100,0	130,0
Zinco	45,8	10,1	20,9	52,4	11,6	13,0	18,3	15,1	56,8	6,3	6,0	8,5	450,0	1000,0	2000,0

OBS: mg/kg de peso seco

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  491
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.6.2.4 Considerações finais (Geopedologia)

Considerando o projeto proposto para implantação do empreendimento, as porções em que incidem os solos hidromórficos serão parcialmente preservadas. A ampliação com implantação de novos píeres não afetará diretamente esses tipos de solos.

É cabível salientar que os Gleissolos Tiomórficos possuem elevada suscetibilidade à contaminação do lençol freático devido à nula capacidade de filtro quando saturados. Essa composição pedológica também é reconhecida por sua fragilidade à deflagração de processos erosivos mesmo que se encontrem sobre superfície do terreno de baixa declividade (0 a 3%), sobretudo quando há supressão da vegetação, de maneira a expor a cobertura de solos aos eventos de escoamento superficial.

Dessa maneira, tanto os Gleissolos do setor do Rocio quanto do setor projetado para receber as instalações do terminal de embarque de passageiros, devem ser mantidos como Área de Preservação Permanente, respeitando assim a legislação vigente.

Por sua vez, ainda no setor do terminal de embarque projetado, o volume pedológico incidente refere-se aos Antropossolos Sômicos, área já modificada devido a deposição de materiais diversos (aterro), devendo-se, portanto, ter em consideração a capacidade de filtro e drenagem variados, justamente em função da natureza diversa dos materiais ali depositados.

### 8.1.7 Risco Geotécnico

#### 8.1.7.1 Introdução

No Brasil, os termos “carta de risco” e “carta de suscetibilidade” são comumente utilizados de forma indiscriminada, fazendo referência a documentos de mesma espécie. Entretanto, em cartografia geotécnica, há uma conceituação aceita internacionalmente que distingue tais documentos com base no tipo de informação que apresentam (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004). Neste trabalho, tentou-se seguir os conceitos internacionais para evitar eventuais equívocos de interpretação das cartas geradas.

Entende-se por “suscetibilidade” a propensão de uma região ao desenvolvimento de um certo fenômeno ou processo, que pode ocorrer de forma natural ou de forma induzida/

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  492
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

potencializada pela intervenção humana. Já o “risco” é uma medida da ameaça (fenômeno cuja dinâmica pode gerar consequência negativas aos elementos expostos) e dos danos que podem ser ocasionados por ela em um dado intervalo de tempo (IPT, 2005). Segundo VANES (1974) e HAYS (1991), “cartas de risco geotécnico” necessariamente relacionam “eventos perigosos”, “ocupação” e a “vulnerabilidade da ocupação diante de eventos perigosos”.

Outro termo importante na cartografia geotécnica é “atributo”, que pode ser entendido como o elemento básico que será inserido e operado sobre um documento cartográfico como informação que representa parte dos componentes do meio físico (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004). Assim, um atributo isolado é a informação que pode ser identificada (ato de reconhecer), caracterizada (ato de descrever) e classificada (ato de interpretar).

#### 8.1.7.1.1 Escala e atributos

É sabido que cada um dos três fenômenos analisados é condicionado por uma extensa gama de fatores naturais, podendo ser influenciado pela intervenção antrópica. Por exemplo, a suscetibilidade a inundações de uma determinada área está diretamente relacionada a aspectos de geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, hidrografia, vegetação, fatores climáticos etc. (DIAS et al, 2004).

Contudo, num processo de mapeamento geotécnico, raramente é possível levar em conta todos os fatores existentes. Os atributos a serem considerados dependem da extensão da área a ser estudada, que por sua vez condiciona a exequibilidade de obtenção de dados. Segundo ZUQUETTE & GANDOLFI (2004), para áreas com centenas de quilômetros quadradas, como é o caso da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta (AEID) do empreendimento, o mapeamento é feito de forma regional, com escala inferior a 1:50.000.

Desta forma, para o presente estudo, selecionaram-se os seguintes atributos, tomados como fundamentais para as respectivas análises:

- Suscetibilidade a inundações: altimetria, declividade e urbanização;
- Suscetibilidade a movimentos de massa – escorregamentos: declividade, orientação da encosta, uso e ocupação do solo e vegetação;
- Suscetibilidade a processos erosivos: declividade, forma da encosta, uso e ocupação do solo e vegetação.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  493
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.7.1.2 *Materiais e métodos*

Para obtenção dos parâmetros geomorfológicos foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT), gerado a partir das Cartas Topográficas elaboradas no âmbito do Projeto Pró-Atlântica (2002), de escala 1:25.000. A partir do MDT foram produzidos os mapas hipsométricos, de declividade, de orientação e de curvatura das vertentes.

Os dados de solos utilizados na análise de suscetibilidade à erosão foram obtidos a partir do Mapa Pedológico Regional, escala 1:50.000, de SANTOS et al. (2009). Os tipos de vegetação e os limites das áreas urbanizadas provém da Carta de Vegetação, escala 1:50.000, do Mapeamento Pró-Atlântica da SEMA (2001). Além disso, fez-se uso de imagens do Google Earth para identificar cicatrizes de deslizamentos, a fim de balizar a análise de suscetibilidade a movimentos de massa.

As análises e a elaboração dos mapas finais foram feitas com auxílio do programa ArcGIS 10.3, que é um software de sistema de informações geográficas (SIG) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem de terreno e gestão de banco de dados.

#### 8.1.7.2 **Suscetibilidade a inundações**

##### 8.1.7.2.1 *Tipos e condicionantes*

As inundações são eventos naturais que ocorrem devido ao extravasamento das águas do leito de um rio. São mais afetadas pelas inundações as áreas localizadas em relevos com baixa declividade e altimetria, como as planícies fluviais, onde há acúmulo de água e de sedimentos, segundo ENOMOTO (2004).

Inundações também se desenvolvem em regiões costeiras, podendo estar associadas a fenômenos climáticos, como chuvas tropicais e furacões; a tsunamis; a efeitos de maré; e ainda a rompimento de diques. No Brasil, geralmente está associado a chuvas fortes e efeitos de maré (LIMA, 2001).

Os condicionantes naturais que propiciam a ocorrência de inundações em uma bacia são as formas de relevo, taxa de infiltração do solo, fatores climáticos, influência das marés e

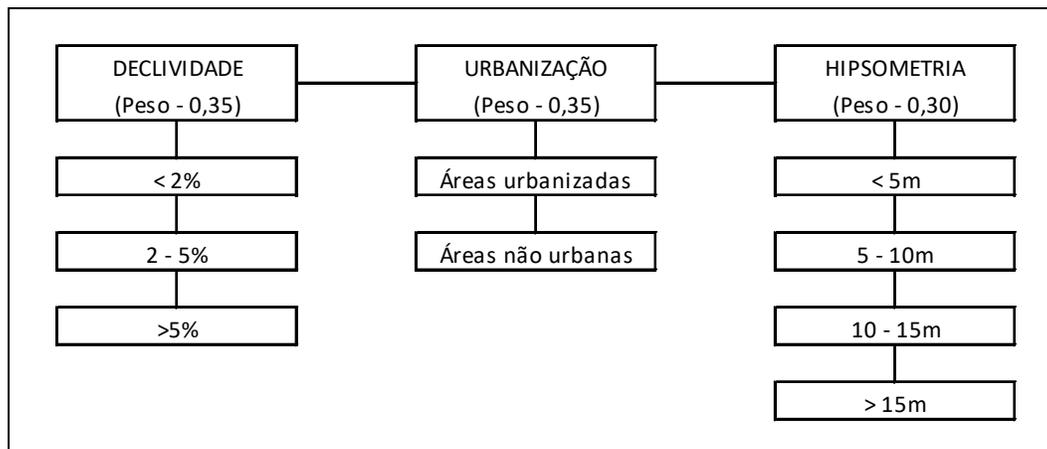
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  494
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

cobertura vegetal. Em geral, a vegetação reduz a velocidade de fluxo d'água e aumenta a capacidade de infiltração do solo, reduzindo o risco de inundação. Quando a vegetação é removida, a taxa de infiltração cai, aumentando o escoamento superficial de águas pluviais e consequentemente o potencial a inundações (LIMA, 2001).

No caso de regiões estuarinas, as inundações são normalmente causadas por uma combinação de marés altas e elevação do nível do mar por grandes ondas de tempestades, resultantes de fortes ciclones aquáticos (LIMA, 2001). Nestes ambientes, o transbordamento é maior quando o nível da maré alta é maior que o normal para condições de ocorrência de tempestades; ou quando grandes fluxos de águas doces são movidos ao longo de um estuário (SMITH e WARD, 1998); ou ainda pela combinação de tais fatores. Neste caso, a área de inundação aumenta, podendo atingir as terras baixas de rios que drenam para o estuário.

#### 8.1.7.2.1 Atributos e mapas base

A análise de suscetibilidade a inundações foi realizada a partir da sobreposição de mapas de declividade, hipsometria e urbanização, considerando que a implantação de infraestrutura urbana invariavelmente gera impermeabilização do solo. Para cada um destes fatores foi atribuído um peso proporcional ao seu grau de importância, de modo que a declividade e a urbanização foram considerados os fatores mais relevantes, e a hipsometria, um fator secundário para o desenvolvimento deste tipo de fenômeno (Figura 8.48).



**Figura 8.48 - Critérios adotadas para análise de suscetibilidade a inundações.**

A partir do MDT foi gerado um mapa de declividade no qual a AID foi dividida em três classes de declividade percentual: 0-2%, 2-5% e > 5%. A maior parte da AID apresenta

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  495
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

declividades de até 2%, sendo o relevo muito plano, o que favorece a ocorrência de inundações. Foi gerado também o mapa hipsométrico, no qual a área foi dividida em quatro intervalos altimétricos: <5m, 5-10m, 10-15m e >15m.

#### 8.1.7.2.1 Resultado

Zonas com altimetria inferior a 5m, e com declividade de 2 a 5% foram classificadas como Média e Baixa Suscetibilidade, a depender do cruzamento com áreas urbanizadas, e perfazem juntas cerca de 0,04% da porção emersa da AEID. A Tabela 8.1.43 apresenta de A álgebra de mapas realizada a partir dos dados de declividade, hipsometria e urbanização resultou na Carta de Suscetibilidade a Inundações (Anexo I – Mapa 16 – Mapa de Suscetibilidade de Inundações na Área de Estudo para Definição da Área de Influência Direta (AEID) do Meio Físico), a qual mostra que a maior parte da porção emersa da Área de Influência Direta (cerca de 65%) apresenta suscetibilidade média a esse tipo de fenômeno.

Suscetibilidades altas e muito altas, que perfazem cerca de 11,5% da AID, ocorrem, principalmente, na zona urbana de Paranaguá e, subordinadamente, em depressões localizadas junto a alguns setores de rios afluentes do canal estuarino.

Suscetibilidades baixas e muito baixas a nulas limitam-se ao setor sudoeste da AID, devido ao relevo acidentado que ocorre nessa porção.

Sobre o mapa de suscetibilidade a inundações foram lançados pontos de alagamentos frequentes na zona urbana de Paranaguá, de acordo com o Plano de Contingência Municipal de Proteção e Defesa Civil - Paranaguá (2017). Constatou-se que estes pontos ocorrem prioritariamente sobre zonas classificadas como “muito alta suscetibilidade” e subordinadamente sobre zonas classificadas como “alta suscetibilidade” (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

A Tabela 8.1.43 apresenta, de forma resumida, a subdivisão da AID em termos de suscetibilidade a inundações.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  496
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.43 – Resumo da Suscetibilidade a Inundações da porção emersa da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta.**

Suscetibilidade a Inundações	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Muito baixa a nula	73,19	19,5%
Baixa	16,86	4,5%
Média	242,23	64,5%
Alta	23,68	6,3%
Muito Alta	19,75	5,2%
<b>Total (Área Emersa da AEID):</b>	<b>375,7</b>	<b>100</b>

### 8.1.7.3 Suscetibilidade a movimentos de massa

#### 8.1.7.3.1 Tipos e condicionantes

Os movimentos de massa são comumente classificados em 4 tipos: escoamento ou rastejo, escorregamentos, movimentos de blocos e corridas (OLIVEIRA e BRITO, 1998).

Os rastejos são processos lentos e contínuos, caracterizados pelo movimento descendente da massa de solo de um talude, sem geometria e superfície de ruptura definida. Ocorrem geralmente em horizontes superficiais de solo e de transição solo/rocha, como também em rochas alteradas e fraturadas.

Escorregamentos são movimentos rápidos de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido, sendo que o centro de gravidade do material se desloca para baixo e para fora do talude, seja ele natural, de corte ou aterro. Esse processo está associado a ruptura de cisalhamento, devido ao aumento das forças de tensões ou a queda de resistência, em períodos relativamente curtos. De acordo com a geometria e natureza do material podem ser classificados como planares, circulares e em cunha.

Os movimentos de blocos são deslocamentos de blocos de rocha por gravidade, podendo ser divididos em queda, tombamento, rolamento e deslocamento.

Por fim, as corridas são movimentos de escoamento rápido, envolvendo grandes volumes de materiais. São classificadas quanto ao volume de material envolvido e à extensão do raio de alcance, apresentando alto poder destrutivo. Considerando o tipo de material mobilizado, as corridas podem ser de terra, de lama ou de detritos.

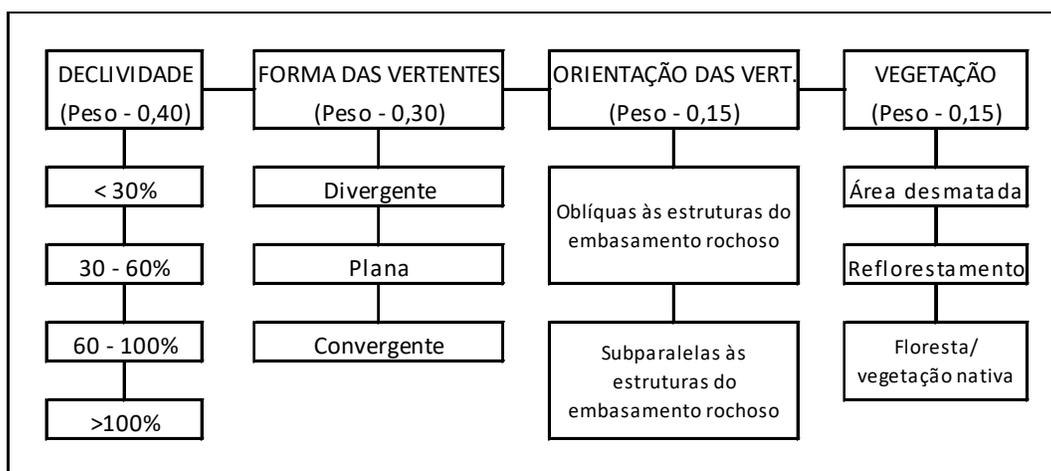
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  497
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Cada tipo de movimento se desenvolve em situações próprias, sendo condicionadas por fatores distintos. Por exemplo, rastejos tendem a ocorrer em encostas com inclinação intermediária, sobre perfis de solo/saprolito espesso. Já quedas de blocos ocorrem em vertentes rochosas, escarpadas, sendo geralmente condicionadas por descontinuidades de qualquer natureza (tectônica, atectônica), desde que signifiquem superfícies de fragilidade na rocha.

Dito isso, é extremamente complexo avaliar a suscetibilidade de uma área a todos os tipos de movimentos de massa existentes, ainda mais na escala do presente estudo. Por esse motivo, a análise foi feita de forma simplificada, com o intuito de identificar zonas potenciais para o desenvolvimento de escorregamentos.

#### 8.1.7.3.1 Atributos e mapas base

A análise de suscetibilidade a movimentos de massa do tipo escorregamentos foi realizada a partir da sobreposição de mapas de declividade, forma das vertentes em planta, orientação das vertentes e vegetação. Para cada um destes fatores foi atribuído um peso proporcional ao seu grau de importância, de modo que a declividade e a forma das vertentes foram considerados os fatores mais relevantes, enquanto a orientação das vertentes e a vegetação foram considerados fatores secundários para o desenvolvimento deste tipo de fenômeno (Figura 8.49).



**Figura 8.49 - Critérios adotados para análise de suscetibilidade a inundações.**

Com base no MDT, a AID foi setorizada em quatro classes de declividade: 0-30%, 30-60%, 60-100% e >100%. Considerou-se, de forma análoga ao trabalho de AMARAL et al. (2011), que a suscetibilidade a movimentos de massa é maior em terrenos de declividades de 60-

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  498
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

100%, seguidas de vertentes com 30-60%, depois vertentes com mais de 100% de declividade e, por fim, vertentes com menos de 30%, onde tais fenômenos são praticamente inexistentes. A menor suscetibilidade atribuída a vertentes com mais de 100% de declividade (em relação a vertentes de até 100%) decorre do fato de que nesta situação os solos tendem a ser cada vez mais rasos a inexistentes.

A partir do MDT também foi gerado o mapa de curvatura em planta das vertentes. Para declividades inferiores a 5%, que corresponde à maior parte da AID, o relevo é praticamente plano e essa classificação não se aplica a este tipo de morfologia. Para os setores de relevo ondulado a montanhoso, concentrados no sudoeste da área, considerou-se que a suscetibilidade a movimentos de massa é maior em vertentes convergentes, seguidas das vertentes planas e, por último, em vertentes divergentes.

Além disso, elaborou-se um mapa de orientação das vertentes, onde foram destacadas as direções de mergulho dos taludes naturais. Vertentes orientadas para sudeste ( $112,5^\circ$  -  $157,5^\circ$ ) ou noroeste ( $292,5^\circ$  -  $337,5^\circ$ ), teoricamente subparalelas às estruturas das rochas metamórficas que ocorrem no local (de acordo com o MAPA GEOLÓGICO DO PARANÁ – MINEROPAR, 2005), são mais propensas a escorregamentos, pois tais estruturas podem ser superfícies de fragilidade, ou ainda condicionar contato solo/rocha, por onde o processo pode se desenvolver.

A interferência antrópica - traduzida na forma de áreas desmatadas e reflorestadas (SEMA, 2001) - foi considerada fator agravante em cada uma das situações analisadas, aumentando o grau de susceptibilidade a movimentos de massa.

#### 8.1.7.3.1 Resultado

A análise resultou na Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa (Anexo I – Mapa 16 - Mapa de Suscetibilidade a Movimentação de Massa na Área de Estudo para Definição da Área de Influência Direta (AIED) do Meio Físico), mostrando que grande parte da porção emersa da Área de Influência Direta (cerca de 81%) não apresenta predisposição ao desenvolvimento de movimentos de massa. Isto ocorre basicamente porque o relevo (plano a suavemente ondulado) é estável a este tipo de processo físico natural.

As porções da AID suscetíveis a movimentos de massa concentram-se em seu setor sudoeste, onde o relevo é acidentado, condicionado pelo embasamento de rochas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  499
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

metamórficas. As áreas de baixa a média suscetibilidade somam cerca de 12% da porção emersa da AID. Zonas de alta suscetibilidade a movimentos de massa ocorrem prioritariamente nos setores intermediários de encostas convergentes com declividades entre 30% e 100%, que perfazem cerca de 6% da área. Zonas de muito alta suscetibilidade ocorrem pontualmente e correspondem a menos de 1% da AID.

**Tabela 8.1.44 – Resumo da Suscetibilidade a Movimentos de Massa da porção emersa da Área de Estudo para determinação na Área de Influência Direta.**

Suscetibilidade a Movimentos de Massa	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Muito baixa a nula	303,2	80,7%
Baixa	20,5	5,4%
Média	26,8	7,1%
Alta	23,6	6,3%
Muito Alta	1,6	0,4%
<b>Total (Área Emersa da AEID):</b>	<b>375,7</b>	<b>100%</b>

### 8.1.7.1 Suscetibilidade a processos erosivos

#### 8.1.7.1.1 Tipos

Na literatura são comumente reconhecidos 5 tipos de erosão hídrica: laminar ou em lençol, linear, intersulco, piping e marginal.

A erosão laminar é causada pelo escoamento difuso das águas de chuva, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo (BENNETT, 1939 apud SOUZA, 2001).

A erosão linear é causada pela concentração de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno. Esse tipo de erosão inicia na forma de sulcos e pode evoluir para ravinas e voçorocas (SALOMÃO e IWASA, 1995).

A erosão intersulco é causada pelo escoamento superficial que pode ocorrer em uma lâmina d'água de pequena espessura e extensão e que se concentra em determinadas áreas, tais como entre sulcos já existentes (MEYER et al., 1975).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  500
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O piping é uma erosão interna, condicionada pela remoção de partículas no interior do solo, formando canais que evoluem progressivamente no sentido contrário ao do fluxo d'água (CARSON e KIRKBY, 1975).

A erosão marginal é causada pelo escoamento concentrado nos cursos d'água. São formas erosivas transversais ao eixo do fluxo (MORGAN, 1995).

#### 8.1.7.1.1 Fatores condicionantes

Para RODRIGUES (1982), os fatores que influenciam o quadro erosivo são interdependentes e constituem um número relativamente elevado. São eles: fatores climáticos, natureza do terreno, relevo, cobertura vegetal, ação antrópica e ação da água. Diversas pesquisas apontam que a precipitação pluvial é a principal variável climática que interfere diretamente na ocorrência de processos erosivos. Uma parte da erosividade da chuva é devida ao impacto direto da chuva, e outra devida ao escoamento superficial. A capacidade da chuva em causar erosão do solo é atribuída à sua intensidade e ao tamanho de suas gotas, os quais determinam a energia da chuva (NASCIMENTO & CASTRO, 1976 e NISHIYAMA, 1995).

Maiores velocidades de erosão podem ser mais esperadas em relevos mais acidentados, como morros, do que em relevos suaves, como colinas amplas, pois declividades mais acentuadas favorecem a concentração e maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando sua capacidade erosiva. A declividade tem tanto maior importância quanto maior for o comprimento da encosta, ou seja, o trecho percorrido pela água.

Além da declividade e do comprimento das encostas, sua forma é bastante relevante. Estudos apontam que a maior parte das voçorocas se desenvolvem em encostas convexas coletoras (FIORI & SOARES, 1976). YOUNG & MUTCHLER (1969) assinalam que uma encosta retilínea perde mais solo que uma encosta côncava, mas menos que uma encosta convexa.

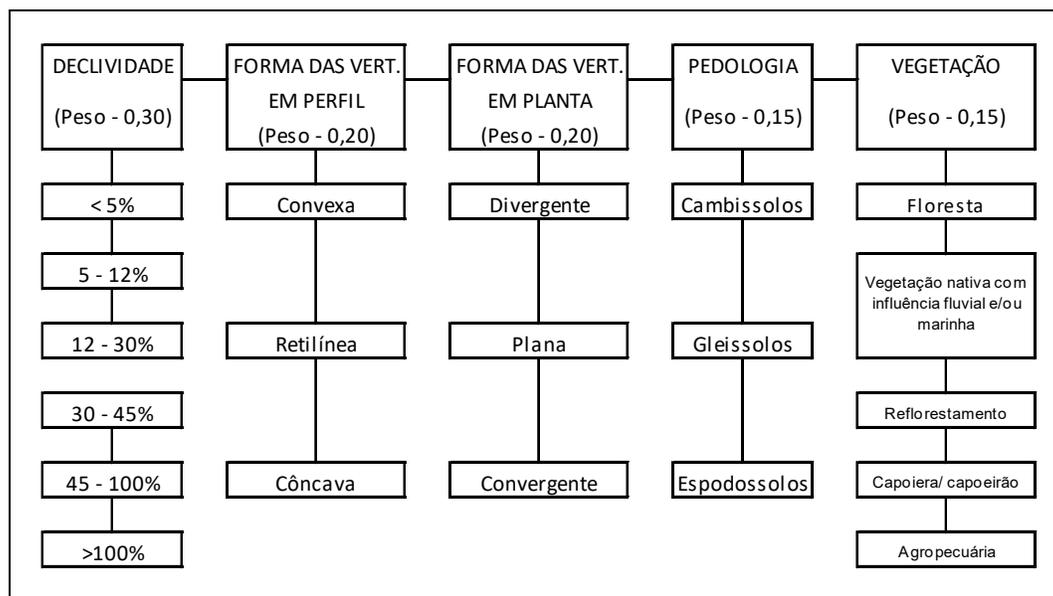
Segundo BERTONI & LOMBARDI (1993), a vegetação atua na proteção da encosta contra o impacto da chuva e na dispersão da água por evaporação antes de atingir o solo. Além disso, aumenta a infiltração e a capacidade de retenção de água no solo, diminuindo a velocidade de escoamento. Para BAILEY (1941) APUD RODRIGUES (1982), a vegetação ainda melhora os parâmetros de resistência do solo, como coesão e ângulo de atrito.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  501
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O tipo de solo e suas características também influenciam na suscetibilidade à erosão. A erodibilidade dos solos (k) é a propriedade do solo que reflete a sua maior predisposição à ação erosiva. Este fator depende de características do solo como: composição mineralógica, granulometria, textura, resistência, compactação, expansibilidade etc. A erodibilidade do solo (k) pode ser obtida por métodos diretos (observações em campo) ou através de cálculos estimativos.

### 8.1.7.1.1 Atributos e mapas base

A análise de suscetibilidade a erosão foi realizada a partir da sobreposição de mapas de declividade, forma das vertentes em perfil, forma das vertentes em planta, pedologia e vegetação. Para cada um destes foi atribuído um peso proporcional ao seu grau de importância, de modo que a declividade foi considerada o fator mais relevante, seguido da forma das vertentes, da pedologia e da vegetação (Figura 8.80).



**Figura 8.50- Critérios adotados para análise de suscetibilidade a erosão.**

A partir do modelo digital de terreno, a AID foi setorizada em seis classes de declividade: 0-5%, 5-12%, 12-30%, 30-45%, 45-100% e > 100%. Considerou-se, em analogia ao trabalho de DE BIASI (1970 apud IENSEN, 2006), que a suscetibilidade à erosão aumenta com o incremento da declividade. Assim como para a análise de suscetibilidade a movimentos de massa, adotou-se uma redução da suscetibilidade à erosão para declividade maiores que 100%, devido à tendência de solos cada vez menos espessos a inexistentes quanto mais íngreme for o terreno.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  502
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Elaborou-se também o mapa de curvatura em perfil das vertentes, onde o terreno foi subdivido em vertentes côncavas, convexas e retilíneas. As encostas côncavas foram consideradas mais propensas a processos erosivos concentrados do que encostas retilíneas e estas, mais do que as encostas convexas.

Além disso, a curvatura em planta das vertentes foi contabilizada na análise. Considerou-se que a suscetibilidade a processo erosivos concentrados é maior em vertentes convergentes, seguidas das vertentes planas e, por último, em vertentes divergentes.

Elaborou-se também o mapa de curvatura em perfil das vertentes, onde o terreno foi subdivido em vertentes côncavas, convexas e retilíneas. As encostas côncavas foram consideradas mais propensas a processos erosivos concentrados do que encostas retilíneas e estas, mais do que as encostas convexas.

Além disso, a curvatura em planta das vertentes foi contabilizada na análise. Considerou-se que a suscetibilidade a processo erosivos concentrados é maior em vertentes convergentes, seguidas das vertentes planas e, por último, em vertentes divergentes.

#### 8.1.7.1.1 Resultado

A análise resultou na Carta de Suscetibilidade à Erosão (Anexo I – Mapa 17 – Mapa de Suscetibilidade a Processos Erosivos na Área de Estudo para Definição da Área de Influência Direta (AEID) do Meio Físico), mostrando que a maior parte da porção emersa da Área de Influência Direta (76%) apresenta baixa suscetibilidade à erosão. Suscetibilidades médias, altas e muito altas concentram-se no setor sudoeste da área, condicionadas pelo relevo acidentado, e somam cerca de 23% da AID. As maiores suscetibilidades estão em vertentes inclinadas, côncavas e convergentes.

A Tabela 8.1.45 apresenta de forma resumida a subdivisão da porção emersa da AID em termos de suscetibilidade a erosão.

**Tabela 8.1.45 – Resumo da Suscetibilidade a Erosão da porção emersa da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta.**

Suscetibilidade a Erosão	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Muito baixa a nula	4,7	1,3%
Baixa	285,0	75,9%
Média	65,4	17,4%

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  503
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Alta	19,5	5,2%
Muito Alta	1,1	0,3%
<b>Total (Área Emersa da AEID):</b>	<b>375,7</b>	<b>100%</b>

### 8.1.7.1 Erosão em manguezais

Em etapas anteriores de estudo (Registro Diagnóstico Ambiental, 2011; 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA, 2015), foram identificadas feições erosivas nos Manguezais Oceania e Rocio, localizados nas proximidades do Terminal de Passageiros e dos Píeres F e L.

Neste trabalho, foi realizado um reconhecimento de campo na região para observar o estado atual de tais locais e fazer um comparativo com os dados pré-existentes, com os objetivos de: avaliar se houve evolução do processo erosivo; identificar as causas potenciais e interferência antrópica; e sugerir estudos complementares futuros.

#### 8.1.7.1.1 *Manguezal Oceania*

Durante o reconhecimento de campo foi observado uma feição erosiva pontual localizada na porção marginal do Manguezal Oceania, à beira do canal estuarino, junto à coordenada UTM 7.176.598 N, 751.789 E (Datum WGS-84).

Trata-se de um barranco com cerca de 1m de altura, que expõe predominantemente materiais argilosos avermelhados e, subordinadamente, porções arenosas e linhas de seixos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Aparentemente essa feição foi gerada por processo erosivo natural decorrente de subidas excepcionais da maré, possivelmente associadas a fenômenos de ressaca.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  504
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



**Figura 8.51 – Barranco erosivo no Manguezal Oceania, à margem do canal estuarino, dentro do limite da Área Diretamente Afetada do terminal de passageiros.**

No trecho percorrido não foram observadas evidências significativas de desmatamento que, se estivesse presente, favoreceria o desenvolvimento de erosão. A única interferência antrópica importante vista neste local é a presença de resíduos sólidos, como plástico, vidro, metal, etc.

Em comparação com os dados do Registro Diagnóstico Ambiental (2011) e do 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA (2015), ao que tudo indica não houve avanço dos processos erosivos anteriormente identificados, nem expansão da área afetada (Figura 8.52 e Figura 8.53).



**Figura 8.52 – Vista da praia adjacente ao Manguezal Oceania ao longo do tempo, dentro dos limites da ADA do complexo náutico. A) Fonte: Registro Diagnóstico Ambiental (2011); B) Fonte: 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA (2015); C) Atualmente – levantamento em junho de 2016.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	506
RL-B00-H01-1001	0	



**Figura 8.53 – Área afetada por erosão à margem do Manguezal Oceania ao longo do tempo, dentro da ADA do complexo náutico. A) Fonte: Registro Diagnóstico Ambiental (2011); B) Fonte: 4º Relatório Semestral de Monitoramento da APPA (2015); C) Atualmente– levantamento junho/2016.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  507
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.7.1.1 *Manguezal Rocio*

Durante o reconhecimento de campo não foram encontradas feições erosivas no Manguezal Rocio (Figura 8.54). Devido à proximidade com a comunidade, apresenta mais feições de interferência antrópica do que o Manguezal Oceania, como trilhas e grande quantidade de resíduos sólidos (Figura 8.55).



**Figura 8.54 - Vista da margem do Manguezal Rocio a partir do trapiche que existe no local.**



**Figura 8.55 – Praia adjacente ao Manguezal Rocio com grande quantidade de lixo. Não há evidências de erosão.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  508
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.7.1.1 Discussões e recomendações

A feição erosiva observada no Manguezal Oceania aparentemente não evoluiu em comparação com estudos anteriores, indicando uma estabilização do processo. Já no Manguezal Rocio não foi identificada nenhuma feição deste tipo, sugerindo um equilíbrio hidrossedimentológico nesta região.

A avaliação mais apurada do potencial erosivo das águas do estuário requer um programa de levantamentos hidrodinâmicos, levando-se em conta a variação espaço-temporal nestes ambientes. Para isso, devem ser definidas seções estratégicas para medição direta das velocidades das correntes atuantes no corpo d'água e para obtenção de maregramas (ARAÚJO et al., 2011). A integração de tais dados fornecerá interpretações - espacialmente distribuídas - para os padrões de fluxo hidrodinâmico e de índices de identificação de potenciais erosivos e deposicionais.

#### 8.1.8 Recursos Hídricos

O capítulo do diagnóstico dos Recursos Hídricos compreende os subcapítulos referentes à Hidrologia, Qualidade das Águas Superficiais, Hidrogeologia, e Qualidade das Águas Subterrâneas, conforme descrito na sequência.

##### 8.1.8.1 Metodologia aplicada

O diagnóstico dos Recursos Hídricos abrange a discussão da hidrologia superficial, qualidade das águas superficiais na Área de Estudo para determinação da Área de Influência Indireta (AEII) e Área de Influência Direta (AEID) do empreendimento e qualidade da água subterrânea. Para a caracterização dos recursos hídricos na AEII foram utilizados principalmente dados secundários e para a caracterização da AEID utilizou-se dados primários e secundários.

O recorte geográfico utilizado para a análise da hidrografia da AEII foi a Bacia Hidrográfica Litorânea. Foram abordados os usos da água nesta região de estudo, com base no Plano Estadual de Recursos Hídricos (SEMA, 2010), bem como demais publicações mais recentes oficiais do SEMA sobre o tema. Esta análise foi complementada com séries históricas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  509
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

obtidas do SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento (2014), apresentados em forma gráfica.

Com relação à AEID, a análise iniciou-se com a espacialização das bacias e sub-bacias hidrográficas que a compõe. Os dados utilizados no mapeamento são oriundos de bases oficial do ITCG, em escala de 1:25.000.

Para a AEID foi realizado também o levantamento das outorgas de captação, lançamento e usos insignificantes no banco de dados do Instituto das Águas do Paraná. Estes dados foram classificados por sub-bacia, e apresentados em forma de tabelas e gráficos.

Com relação à qualidade da água superficial, para o diagnóstico da área de estudo inicialmente foram empregados dados secundários, complementados por coleta de dados primários nas proximidades da ADA dos novos terminais objeto do licenciamento.

Os dados secundários são oriundos do monitoramento executado em cumprimento aos Programas Ambientais do Plano de Controle Ambiental do Porto Organizado de Paranaguá. O levantamento realizado no Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas (PMQA) é extenso e possuiu uma série temporal considerável: de Janeiro de 2010 e Dezembro de 2013 até Junho de 2016.

Os parâmetros contemplados neste conjunto de dados da qualidade da água superficial são todos aqueles listados na Resolução CONAMA 357/2005. Estes dados secundários foram disponibilizados em forma de um banco de dados digital.

Primeiramente, os dados foram classificados conforme sua salinidade. Então foi verificado o padrão de qualidade da água da Resolução CONAMA 357/2005 aplicável a cada amostra. Quase a totalidade das amostras foi caracterizada como água salobra.

A partir destes dados foram elaborados gráficos e tabelas dos resultados dos parâmetros que foram efetivamente detectados nas amostragens, privilegiando aqueles para os quais foi verificada ultrapassagem dos padrões da Resolução CONAMA.

Finalmente, para complementar os dados secundários, foi realizada a coleta de dados primários de qualidade da água superficial, de forma a proporcionar mais detalhes sobre a ADA da ampliação prevista do Porto de Paranaguá. Foram realizadas duas campanhas de amostragem, em junho de 2016 e setembro de 2016, a fim de permitir a avaliação da

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  510
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

sazonalidade. Em cada campanha foram contemplados 4 pontos amostrais, em dois dos quais foram coletadas amostras de superfície e meio da coluna d'água, totalizando 6 amostras. As análises foram realizadas em laboratório acreditado pelo Inmetro (TECLAB Laboratórios Ltda.)

Finalmente, os dados primários também são apresentados em forma de gráficos e tabelas que mostram a comparação dos principais parâmetros com os padrões da Resolução CONAMA 357, bem como uma discussão comparativa com os dados anteriores já mencionados.

Em termos de hidrogeologia, não havia dados secundários de monitoramento de lençol freático disponíveis. Assim, foi realizada a coleta de dados primários em 6 poços de monitoramento de nível freático ao longo de áreas impermeáveis dentro da ADA e AEID.

Nesses poços foi realizado o monitoramento do nível da água em duas campanhas, em junho (final do outono) e em setembro (início da primavera) de 2016, de modo a identificar as variações sazonais que possam ocorrer.

Com relação à qualidade das águas subterrâneas, este tema foi pouco estudado na região. Não foram encontrados dados secundários desta tipologia. No entanto, há poucas áreas permeáveis dentro da área da APPA nas quais seria teoricamente mais provável a contaminação da água subterrânea. Assim, foi realizado o levantamento de dados primários em campo, em duas campanhas de amostragem nos seis pontos nos quais foram instalados poços de monitoramento hidrogeológico (nível freático). Os parâmetros serão selecionados em função dos usos preponderantes da água, bem como em função da avaliação dos que possam ser influenciados pelo empreendimento projetado. Todos os dados foram comparados com os padrões legais, em especial com aqueles preconizados pela Resolução CONAMA 396/08

### **8.1.8.2 Hidrologia**

A unidade de estudo para a análise da hidrologia superficial é a bacia hidrográfica (Anexo – I Mapa 18 - Rede de Drenagem e Bacias Hidrográficas). As formas de uso, tipos de solo e relevo, a vegetação local existente, o desmatamento e a presença de cidades exercem grande pressão sobre os recursos naturais que compõem a bacia hidrográfica. Sendo que a qualidade e a quantidade das águas dos rios, desde suas nascentes até a sua foz são reflexos das atividades humanas existentes na bacia (SEMA, 2010).

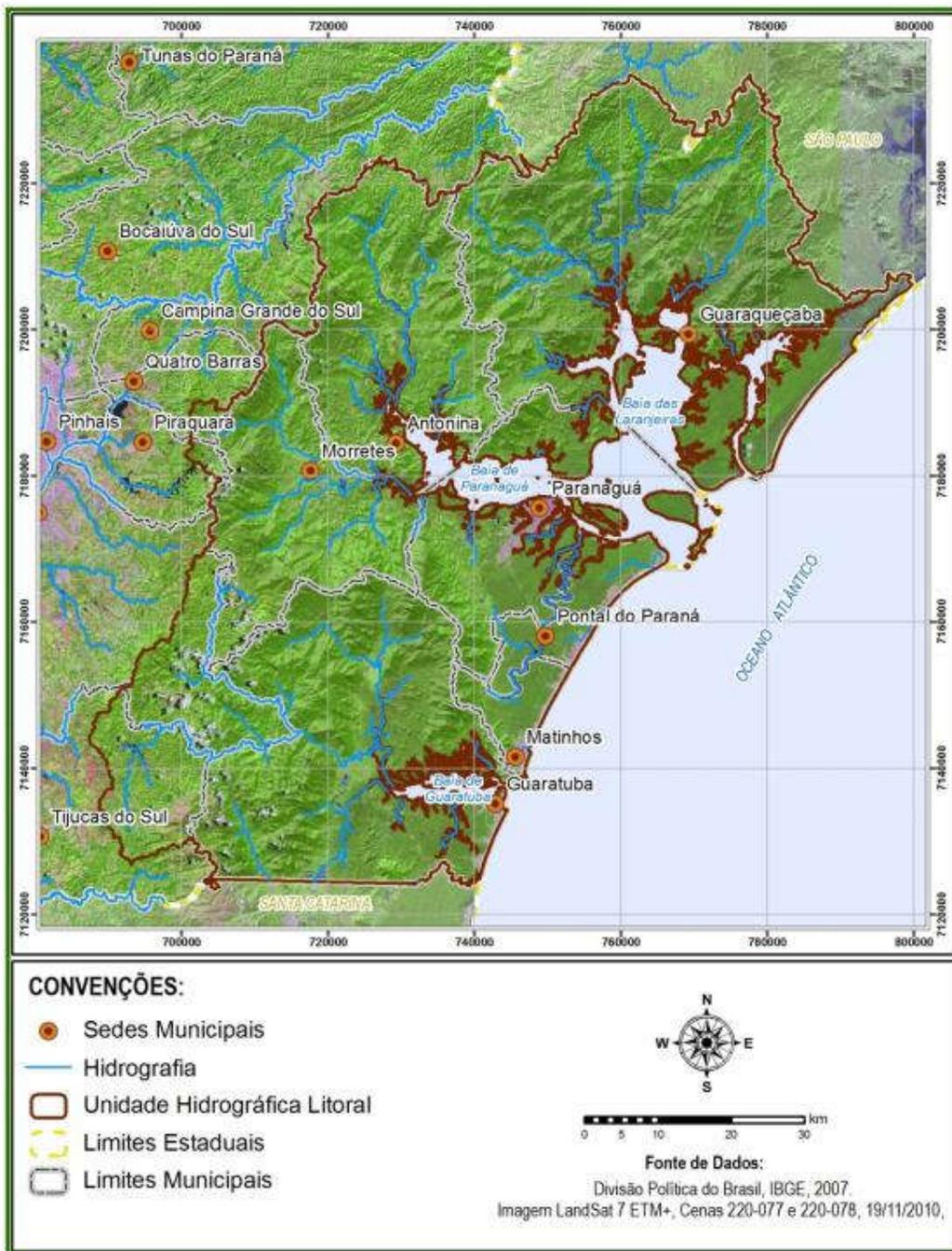
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  511
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.8.2.1 Considerações sobre a AEII do empreendimento na Bacia Litorânea Paranaense

A bacia litorânea paranaense (Figura 8.56) ocupa uma área de aproximadamente 5.950 km<sup>2</sup>, o que corresponde a quase 3% da área total do Estado, e é habitada por uma população de 283.028 habitantes. A mesma abrange os municípios de Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá, e partes de Piraquara, Pontal do Paraná, Quatro Barras, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul (SEMA, 2010).

A bacia litorânea paranaense é composta por duas grandes sub-bacias hidrográficas; a baía de Paranaguá com aproximadamente 3.882 km<sup>2</sup> de extensão que corresponde a cerca de 70% da área da bacia hidrográfica, e a da baía de Guaratuba, com área aproximada de 1.393 km<sup>2</sup>. Outras duas bacias presentes são a do mar do Ararapira e a do rio Saí-Guaçu. Também integram a bacia litorânea os rios Emboguaçu, Itiberê, dos Correias e dos Almeidas. Esses quatro rios formam a Área Incremental de Paranaguá e somam área de 116 km<sup>2</sup> e drenam para o canal da Cotinga. Essa área incremental apresenta a totalidade de sua extensão situada na planície litorânea, evidenciando, portanto, baixa energia (SEMA, 2010).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  512
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.56 – Bacia Litorânea Paranaense.**

#### 8.1.8.2.2 Uso da água na AEII

As informações contempladas para descrever o uso da água na AEII, foram extraídas do relatório denominado Diagnóstico das Demandas e Disponibilidade Hídricas Superficiais -

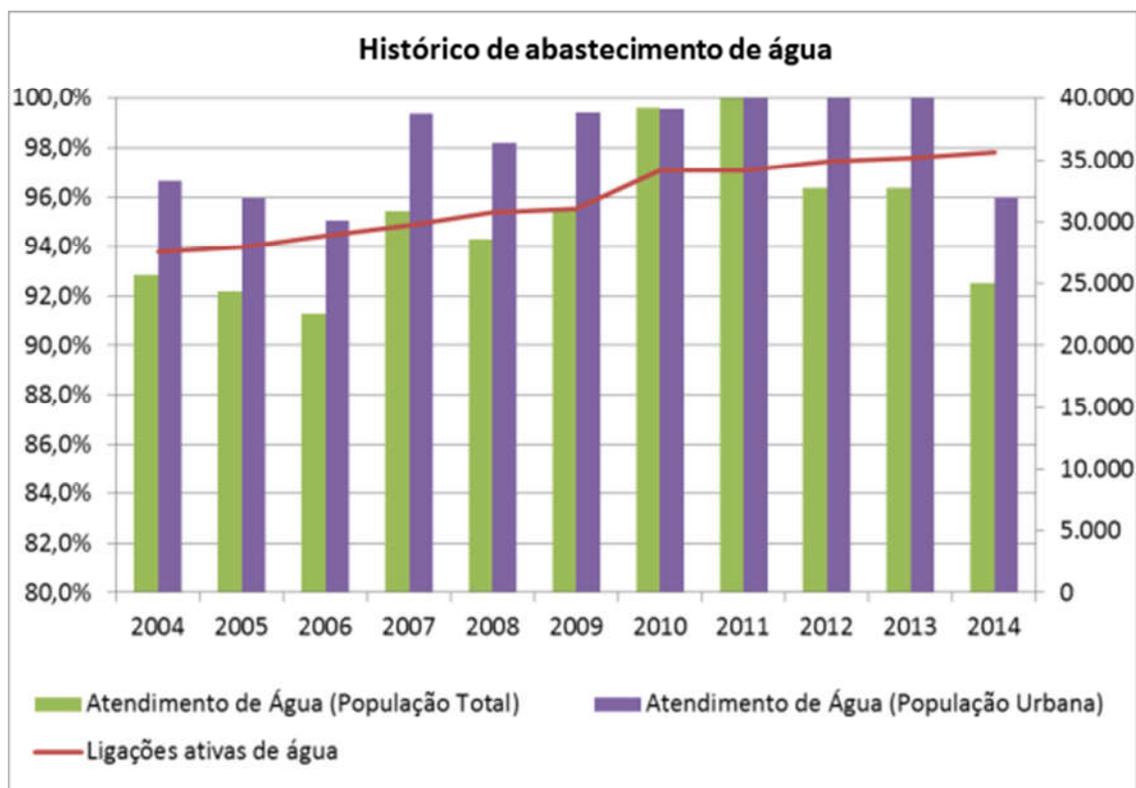
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  513
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Definição do Balanço Hídrico entre Disponibilidade e Demanda, divulgado pela SEMA (2010). Tal relatório constitui um dos produtos que compõe o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. Também se utilizou como base de informação, a revista Bacia Hidrográfica do Paraná- Série Histórica, 2ª edição, publicada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA (2013).

A demanda hídrica da bacia litorânea é de aproximadamente 1,2 mil L/s, o que representa somente 2% do total disponível. Desses, 98% provêm de mananciais superficiais e 2% de mananciais subterrâneos. Em relação à disponibilidade hídrica, 77 mil L/s é água superficial, o que representa 7% do total do Estado, enquanto que a disponibilidade hídrica subterrânea é de 3 mil L/s. Com relação às demandas de uso por atividade, 51% vão para o abastecimento público, 19% para uso industrial, 29% para o setor agrícola, 1% para a pecuária e menos 1% vai para o setor mineral (SEMA, 2010).

No que diz respeito ao abastecimento público e o esgotamento sanitário, aproveitou-se como base de dados, informações divulgadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2004 a 2014, e dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Estatística (IBGE) a partir do censo demográfico de 2010. O principal município de interesse (Paranaguá), contemplado pela bacia litorânea, é atendido pelas prestadoras de serviço de saneamento: CAB Águas de Paranaguá e Companhia de Água e Esgotos de Paranaguá (CAGEPAR).

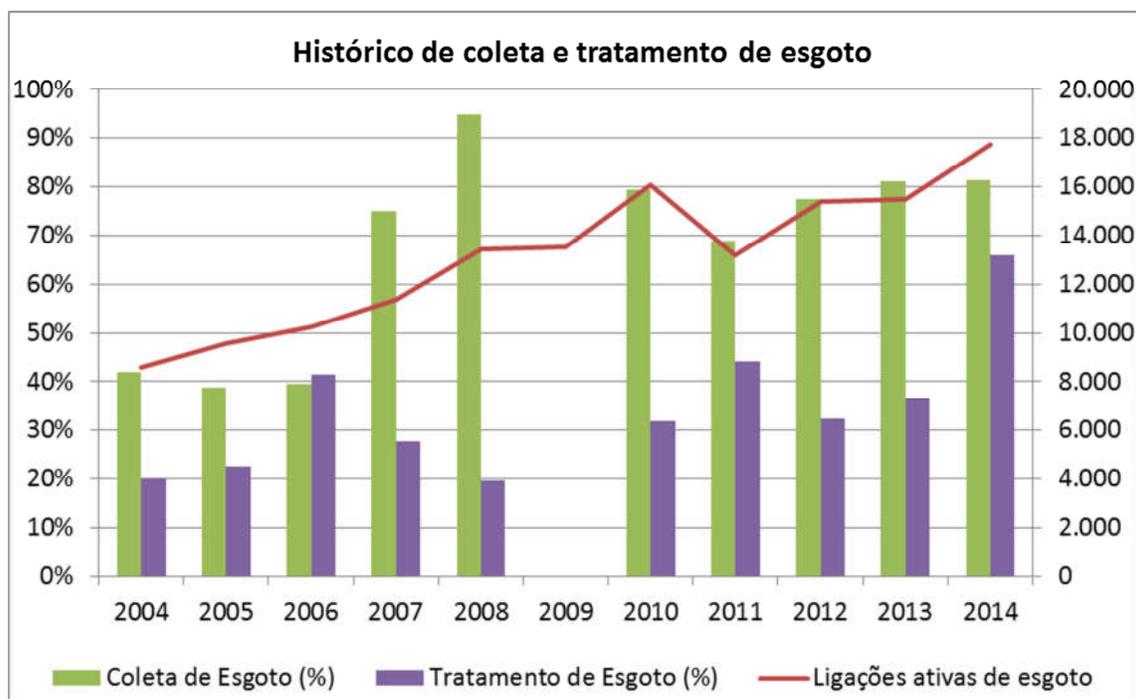
O Gráfico 8.1.31 mostra as principais informações referentes ao abastecimento de água no município de Paranaguá, onde é possível constatar que em 2014 houve uma ligeira queda no atendimento de água tanto na população urbana quanto na população total do município. No entanto, a quantidade de ligações ativas de água, continua acompanhando o crescimento da população de Paranaguá.



Fonte: SNIS, 2014.

**Gráfico 8.1.31 – Histórico do abastecimento de água em Paranaguá.**

Quanto ao esgoto sanitário, nota-se no Gráfico 8.1.32 abaixo que o município de Paranaguá dobrou o número de ligações ativas de esgoto durante os últimos dez anos com aumento expressivo do tratamento do esgoto coletado entre 2013 e 2014. Também é possível verificar a evolução ao longo do tempo dos índices percentuais de coleta e tratamento de esgoto.



Fonte: SNIS, 2014.

**Gráfico 8.1.32 – Histórico de indicadores básicos de esgoto**

Efluentes, cargas potenciais e remanescentes

Por meio da Tabela 8.1.46 observa-se que os usuários instalados na bacia litorânea paranaense apresentam produção de efluentes na ordem de 471,1 L/s, sendo que 31% dessa vazão recebem tratamento. Este é o menor índice de atendimento entre as bacias hidrográficas do estado. O baixo índice de atendimento ao tratamento de esgotos na Bacia Litorânea corrobora com a preocupação da sociedade em relação à qualidade da água dos rios e à balneabilidade, situação que é agravada na época de temporada de verão, devido ao aumento da população flutuante (SEMA, 2010).

Cerca 62% da produção de efluentes é atribuída ao setor doméstico (urbano e rural), sendo o setor industrial responsável por aproximadamente 37% do total produzido. Contudo, 90,8% dos efluentes industriais produzidos são tratados, enquanto que 54,4% dos efluentes domésticos recebem tratamento. De modo geral, 85,7% dos efluentes produzidos (incluindo tratados e não tratados) são lançados em corpos d'água superficiais (SEMA, 2010).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  516
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.46 – Caracterização dos efluentes produzidos na Bacia Litorânea Paranaense**

Setor Usuário	Produção de Efluentes (L/s)	Efluentes Tratados (%)	Lançamento Superficial (%)	Cargas de DBO (kg/dia)	
				Potencial	Remanescente
Doméstico	294,1	18,5	79,4	14.579,6	8.681,8
Indústria	172,9	52,5	96,2	331,6	70,9
Minerário	0,1	-	100	-	-
Agrícola	3,5	-	100	-	-
Pecuária	1,0	-	70	1.423,9	160,2

Fonte: SEMA, 2010.

A fim de estimar a eficiência no tratamento dos efluentes, utilizou-se da relação entre os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) potencial e remanescente para cada setor usuário. Os sistemas de tratamento de efluentes domésticos implantados na bacia litorânea apresentaram eficiência de 59,5% na redução do potencial poluidor dos efluentes, diminuindo para aproximadamente 8,6 t a carga diária original de 14,5 t. O tratamento dos efluentes oriundos da pecuária demonstrou eficácia de apenas 11,3%. Já o setor industrial apresentou sistemas de tratamento que, em conjunto, demonstraram eficiência próxima a 21% (SEMA, 2010).

#### Agropecuária e mineração

Os recursos hídricos destinados aos setores agropecuários e de mineração são os que menos apresentam consumo de água na bacia litorânea. A área colhida totaliza 0,19% em relação ao estado (SEMA, 2010). A Tabela 8.1.47 apresenta as características de tais setores.

**Tabela 8.1.47 – Características do sistema de saneamento - agropecuária e mineração.**

		Municípios	Antonina	Morretes	Paranaguá
Mineração	Captação (L/s)	Subterrânea	0	0,03	0,18
		Superficial	0	0,03	0,42
	Consumo	%	90	90	90
		Vazão (L/s)	0	0,05	0,54
	Efluentes	(L/s)	0	0,01	0,06
Agropecuária	Captação (L/s)	Subterrânea	0	1,6	0,88
		Superficial	1,46	0,56	0,31
	Consumo	%	93,5	93,4	89,4
		Vazão (L/s)	1,36	2,02	1,07
	Lançamento (L/s)	Superficial	0,07	0,11	0,09
Cargas Remanescentes	(kg/dia)	Urbanas	632,3	256,3	4.843
		Rurais	7,7	126,8	89,9

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  517
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

		Municípios	Antonina	Morretes	Paranaguá
de DBO		Industriais	17,1	20,3	33,6
		Pecuária	10,8	17,1	32,2

Fonte: SEMA (2010).

No setor de mineração, Paranaguá se destaca em relação aos outros municípios litorâneos, são captados 0,6 L/s de água em fontes superficiais, dos quais 0,54 L/s são consumidos e 0,06 L/s retornam ao corpo receptor. Para a agropecuária são captados 1,19 L/s de água, tanto em fontes superficiais, quanto em fontes subterrâneas, são consumidos 1,07 L/s e 0,12 L/s retornam ao corpo receptor.

### Setor industrial na AEII

As atividades industriais predominantes na bacia Litorânea, sendo a maioria das indústrias localizadas em Paranaguá, envolvem indústrias de óleos vegetais, papel, abatedouros de aves, pescado, recepção e processamento de fertilizantes. (SEMA, 2010). Conforme a Tabela 8.1.48, comparado com outros municípios que fazem parte da Bacia Litorânea, Paranaguá apresenta o maior consumo de água neste setor. São captados de fontes subterrâneas e superficiais 69 L/s, desses 47 L/s são tratados e lançados nos corpos receptores superficiais, e 6,7 L/s não são tratados. Paranaguá também apresenta potenciais de cargas poluidoras como DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e SS (sólidos em suspensão) de 18.409 Kg/mês, restando 4.780 Kg/mês depois dos devidos tratamentos.

**Tabela 8.1.48 - Características do sistema de saneamento - setor industrial.**

		Municípios	Antonina	Morretes	Paranaguá
<b>Captação</b>	(L/s)	Subterrânea	0	1,4	7,4
		Superficial	33,3	23,3	61,6
<b>Efluente</b>	(L/s)	Tratado	26,7	17,1	47
		Não Tratado	0	2,3	6,7
<b>Lançamento</b>	(L/s)	Superficial	26,7	19,5	47
		Outro	0	0	6,7
<b>Cargas Poluidoras</b>	Potenciais (Kg/mês)	DQO	8.532	6.348	10.567
		DBO	3.412	2.495	4.039
		SS	3.071	2.179	3.803
<b>Cargas Poluidoras</b>	Remanescentes (Kg/mês)	DQO	1.279	1.630	2.758
		DBO	511	608	1.007
		SS	460	481	1.015

Fonte: SEMA (2010).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  518
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### Geração de energia

O potencial hidrelétrico da bacia Litorânea é de 352 MW, sendo o mais baixo em relação às outras bacias no Paraná. A água aproveitada nesta atividade não atinge diretamente o consumo, pois as características das demandas de água para a geração de energia são diferentes das outras demandas. Nesta atividade a água não é consumida, apenas passa através da turbina para gerar energia. A existência de barragens e estruturas é que podem prejudicar o regime de vazões dos rios, e assim, afetar a quantidade ou a qualidade da água existente (SEMA, 2010).

### Pesca

Andriguetto (1999) explica que existem aproximadamente 60 comunidades pesqueiras distribuídas no litoral paranaense. As vilas pesqueiras se apresentam de várias formas, vão desde pequenos povoados exclusivamente pesqueiros, até bairros urbanos. O litoral paranaense apresenta grande diversidade de modalidade de pesca, predominando a pesca artesanal. O pescador artesanal participa diretamente da captura do pescado e faz dessa prática sua principal fonte de renda. Nas comunidades, alguns pescadores não realizam outras atividades complementares de renda, pois, tal prática não está ligada somente com o momento da pesca, mas também com a limpeza, o processamento e a venda dos pescados (AAT, 2009).

A pesca se limita à região estuarina e a plataforma continental rasa, pois parte das embarcações depende de condições meteorológicas propícias para realizar as pescarias. Nestas regiões, existem embarcações de diversos tamanhos e modelos, como por exemplo, canoas, voadeiras e bateiras. Dentre os instrumentos utilizados destacam-se a rede de emalhe, gerival, rede de arraste, malhadeiras e espinhel (SOARES NETO & GUERIOS, 2010).

### Navegação

O acesso aos portos paranaenses se dá pelo Canal da Galheta, situado entre a Ilha da Galheta e a Ilha do Mel. Possui extensão de aproximadamente 30 quilômetros, desde o início do canal na plataforma continental interna paranaense, até a bacia de evolução do Porto de Paranaguá (AAT, 2009). Através das normas de Tráfego Marítimo e Permanência nos Portos de Paranaguá e Antonina, as Autoridades Portuária (APPA) e marítima (Marinha do Brasil), estabeleceram setores para trechos específicos do canal de acesso denominados

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  519
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Alfa, Bravo Uno, Bravo Dois, Charlie Uno, Charlie Dois, Charlie Três, Delta Uno, Delta Dois e Echo. (LAMOUR e SOARES, 2008).

As embarcações mais comuns nos portos de Paranaguá e Antonina são navios graneleiros, navios cargueiros até 20.000 toneladas, navios frigoríficos de 5.000 até 7.000 toneladas de cargas congeladas, navios *Minibulkers* ou *Handybulker* para a exportação de barras de aço, navios *full*-contêineres que atendem o Terminal de Contêineres de Paranaguá, Navios Ro-Ro para transporte de automóveis, navios tanque para produtos inflamáveis, navios tanque para transportar óleos vegetais, navios químicos para transporte de produtos como ácido sulfúrico e navios gaseiros para o transporte de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

A partir da realização de um estudo estatístico com base nos boletins da APPA (Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina) constatou-se que no período de 1981 a 2005 houve aumento da presença de navios *full*-contêineres, que passou de 17 para 840 neste período. Já os navios convencionais diminuíram, o número máximo ocorreu em 1983 com 847 navios, e o número mínimo ocorreu em 2000 com 194 navios. De modo geral, o número de navios que acessaram os portos paranaenses aumentou de 1.538 em 1981, para 2.342 em 2008. (LAMOUR e SOARES, 2008).

### Turismo e lazer

A região turística do litoral paranaense tem seu polo econômico em Paranaguá, pois se trata de um município portuário com forte influência econômica. Os municípios litorâneos do Paraná se encontram em uma situação proveitosa no que diz respeito ao mercado turístico, pois, estão localizados próximos ao MERCOSUL (SOARES NETO e GUERIOS, 2010).

Em áreas litorâneas o setor de turismo e lazer apresenta problemas quando o assunto é a infraestrutura urbana e o sistema de esgoto sanitário. Na bacia litorânea este problema se dá principalmente no verão, quando há forte concentração de turistas. Nos meses de Janeiro e Fevereiro, a população flutuante chega a um milhão de habitantes. Em função dessa crescente demanda de pessoas no verão, o litoral paranaense sofre deficiências nos serviços de abastecimento de água, tratamento de esgoto e disposição dos resíduos, o que contribui para a contaminação das praias e rios (SEMA, 2010).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  520
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.8.2.3 Considerações sobre a AEID do empreendimento.

A Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta (AEID) possui 560 km<sup>2</sup>, sendo 371 km<sup>2</sup> situados em ambiente continental. Esta área é drenada por diversos rios e córregos que nascem na Serra do Mar e deságuam na Baía de Paranaguá. A porção continental da AEID pode ser subdivida em cinco sub-bacias principais: Guaraguaçu, Emboguaçu, dos Almeidas, dos Correias e Itiberê. Além das cinco sub-bacias, a ADA contempla áreas incrementais que drenam para o Canal da Cotinga ou diretamente para a Baía de Paranaguá conforme apresenta o Anexo I – Mapa 19 – Recursos Hídricos na Área de Estudo para Determinação da Área de Influência Direta (AEID) no Meio Físico.

A primeira e mais extensa sub-bacia da AEID é a sub-bacia do Rio Guaraguaçu que nasce nos limites ao sul da AEID e percorre a planície litorânea dividindo Matinhos, Pontal do Paraná e Paranaguá. A maioria dos afluentes do Rio Guaraguaçu, localiza-se em seu leito esquerdo, sendo os principais: Rio do Meio, Rio Cambará e Rio do Salto. O curso superior do rio localizado na área serrana e apresenta fortes declives, vales encaixados e padrão retilíneo de drenagem. O curso inferior, já na planície, possui amplo vale de fundo plano e padrão de drenagem. É caracteristicamente um rio de formas meândricas e de baixa energia, que serpenteia as margens e passagens entre os cordões, conferido pelas características dos sedimentos presentes da região.

Ao todo, esta sub-bacia compreende uma área de 266 km<sup>2</sup>, correspondendo a 69% da porção continental da AEID. No entanto, como grande parte dos cursos de água desta sub-bacia deságuam no Rio do Salto e posteriormente no terço médio do Rio Guaraguaçu, considera-se que esta área exerce menor influência no empreendimento se comparada com as demais.

A sub-bacia do Rio Emboguaçu encontra-se inteiramente inserida na AEID do empreendimento. Esta sub-bacia possui extensão aproximada de 21 km<sup>2</sup> e desagua na baía de Paranaguá. Em seu curso médio e inferior apresenta formas meândricas, revelando baixa energia no transporte de sedimentos, favorecendo a formação de cordões arenosos. Suas nascentes situam-se na porção extremo sudoeste da bacia hidrográfica, em altitudes próximas a 125 m.

As sub-bacias do Rio Itiberê e do Rio dos Correias são semelhantes e abrigam grandes porções de áreas urbanizadas de Paranaguá. Ambas as sub-bacias estão integralmente inseridas na AEID e têm suas cabeceiras próximas à localidade de Maria Luíza a montante da Rodovia Engenheiro Argus Thá Hein (PR-407). A sub-bacia do Rio Itiberê é densamente

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  521
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

ocupada, principalmente na margem esquerda do leito principal, que também é amplamente utilizado para navegação de embarcações de pequeno porte. Do mesmo modo, a sub-bacia do Rio dos Correias também possui ocupação concentrada na margem esquerda do baixo curso do rio principal, onde localiza-se a Ilha de Valadares. Nas áreas com ausência de ocupação urbana, as margens dos dois rios são repletas de manguezais.

Por fim, a sub-bacia do Rio dos Almeidas que possui quase que sua totalidade coberta por densa vegetação e manguezais, também está integralmente inserida na AEID do empreendimento. Assim como os Rios Itiberê e dos Correias, o Rio dos Almeidas nasce próximo da Rodovia PR-407 e segue com baixa energia sobre a planície litorânea, adquirindo formas meândricas até desembocar no Canal da Cotinga, próximo a Baía de Paranaguá. A Tabela 8.1.49 apresenta as áreas de cada sub-bacia existente na AEID.

**Tabela 8.1.49 – Áreas das sub-bacias e percentual dentro da AEID (porção continental).**

Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )	% da AEID (Continental)	% da AEID (Total)
Rio dos Almeidas	14,1	3,8%	2,5%
Rio dos Correias	22,7	6,1%	4,1%
Rio Emboguaçu	23,3	6,3%	4,2%
Rio Guaraguaçu	266,3	71,7%	47,5%
Rio Itiberê	27,4	7,4%	4,9%
Outras (A. Incrementais)	17,4	4,7%	3,1%
<b>Total</b>	<b>371,3</b>	<b>100%</b>	<b>560,8 km<sup>2</sup></b>

Fonte: Elaboração própria.

Conforme exposto na tabela, além das sub-bacias supracitadas a AEID do empreendimento possui outras sub-bacias incrementais que drenam diretamente para o Canal da Cotinga ou para a Baía de Paranaguá. Essas sub-bacias compreendem uma área de aproximadamente 17 km<sup>2</sup> o que corresponde a quase 5% da área continental da AEID.

#### 8.1.8.2.4 *Uso da água na AEID*

A caracterização dos usos da água na AEID do empreendimento teve como base o cadastro de outorgas de captações e lançamento de efluentes do Instituto das Águas do Paraná e do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). A outorga é instrumento de gestão dos recursos hídricos, que confere ao usuário o direito de uso do corpo hídrico condicionado à disponibilidade de água e consiste em assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água. Além do cadastro de outorga, foi considerado também, o cadastro de

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  522
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

usuários independentes de outorga que de acordo com a Resolução SEMA 39/2004, são, entre outros critérios, derivações e captações individuais de até 1,8 m<sup>3</sup>/h e lançamentos de efluentes em corpos d'água com vazão de até 1,8 m<sup>3</sup>/h.

A consulta foi realizada no mês de julho de 2016 e até a data de fechamento do documento, não havia registros de outorgas nacionais, ou seja, aquelas concedidas pela ANA, na área compreendida pela AEID. Já na esfera estadual, ou seja, no banco de dados do Instituto das Águas do Paraná, foram encontrados 64 pontos outorgados válidos ou em renovação na AEID do Empreendimento, sendo 88% pontos de captação e 12% pontos de lançamento de efluentes. Além dos pontos outorgados, há 28 cadastros de usos insignificantes para captação e apenas um de lançamento de efluentes. A Tabela 8.1.50 a seguir mostra o número de outorgas e cadastros de usos insignificantes em cada uma das sub-bacias que compõem a AEID do estudo, na qual é possível observar que a sub-bacia do Rio Emboguaçu concentra 50% dos pontos outorgados.

**Tabela 8.1.50 – Outorgas e Usos insignificantes em cada sub-bacia da AEID.**

Mananciais Sub-bacias	Captações		Lançamentos		Usos Insignificantes		Total de Outorgas	
	Vigentes	Vencidas	Vigentes	Vencidas	Captação	Lançamento		
Rio dos Almeidas	1	0	0	0	0	0	1	2%
Rio dos Correias	1	1	0	0	1	0	1	2%
Rio Emboguaçu	28	27	4	1	3	1	32	50%
Rio Guaraguaçu	6	36	0	0	7	0	6	9%
Rio Itiberê	0	1	3	0	4	0	3	5%
Outras	20	29	1	0	9	0	21	33%
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>94</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>64</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

### Captações de água

Com relação aos pontos de captação com outorga válida ou em renovação 9 (nove) são oriundos de mananciais do tipo rio ou córrego e 48 são de poços tubulares. Nos dados consultados não há outorgas válidas do tipo mina na área de estudo. No entanto, ao analisar os cadastros de usos independentes de outorga para captação, há 3 (três) usuários em minas, 5 (cinco) em rios e 20 em poços. O volume de água com outorga vigente para captação na AEID é de 85.312 m<sup>3</sup>/dia, sendo 72.468 m<sup>3</sup>/dia (85%) extraídos de rios e 12.844 m<sup>3</sup>/dia (15%) de poços. Embora a sub-bacia do Rio Emboguaçu concentre metade dos pontos outorgados, é na sub-bacia do Rio Guaraguaçu que é captada a maior quantidade de água, principalmente advinda de mananciais superficiais. Na Tabela 8.1.51 é possível verificar os volumes captados por tipo de manancial em cada uma das sub-bacias da AEID.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  523
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.51 – Volume de água captado por tipo de manancial.**

Captação Sub-bacias	Subterrânea		Superficial		Total	
	m³/dia	%	m³/dia	%	m³/dia	%
Rio dos Almeidas	240	1,9%	0	0,0%	240	0,3%
Rio dos Correias	0	0,0%	60	0,1%	60	0,1%
Rio Emboguaçu	10.628	82,7%	720	1,0%	11.348	13,3%
Rio Guaraguaçu	0	0,0%	71.088	98,1%	71.088	83,3%
Rio Itiberê	40	0,3%	0	0,0%	40	0,0%
Outras	1.936	15,1%	600	0,8%	2.536	3,0%
<b>TOTAL</b>	<b>12.844</b>	<b>100%</b>	<b>72.468</b>	<b>100%</b>	<b>85.312</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

Considerando o volume outorgado por tipo de uso, dos 85.312 m<sup>3</sup> que são captados diariamente pelos mananciais, cerca de 80% são destinados ao saneamento, principalmente abastecimento público da população e quase 8% para indústrias. A maior captação de água na AEID é a captação superficial da Companhia Paranaense de Saneamento (SANEPAR) na sub-bacia do Rio Guaraguaçu, que consome 66.432 m<sup>3</sup>/dia. Outra grande consumidora de água na ADA, mas desta vez em manancial subterrâneo, é a CAB - Águas de Paranaguá, que possui autorização para captação de 6.480 m<sup>3</sup>/dia do Poço Freático, localizado na sub-bacia do Rio Emboguaçu. A tabela a seguir mostra os volumes de água outorgados por tipo de uso nas sub-bacias da AEID.

**Tabela 8.1.52 – Volumes de água por tipo de uso em cada sub-bacia da AEID.**

Captação Sub-bacias	Agropecuária		Com./Serviços		Indústria		Outros		Saneamento	
	m³/d	%	m³/d	%	m³/d	%	m³/d	%	m³/d	%
Rio dos Almeidas	0	0	0	0	240	4	0	0	0	0
Rio dos Correias	0	0	60	6	0	0	0	0	0	0
Rio Emboguaçu	0	0	231	25	4.565	68	72	100	6.480	9
Rio Guaraguaçu	1.716	100	0	0	0	0	0	0	69.372	91
Rio Itiberê	0	0	40	4	0	0	0	0	0	0
Outras	0	0	608	65	1.928	29	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.716</b>	<b>100</b>	<b>939</b>	<b>100</b>	<b>6.733</b>	<b>1</b>	<b>72</b>	<b>100</b>	<b>75.852</b>	<b>100</b>

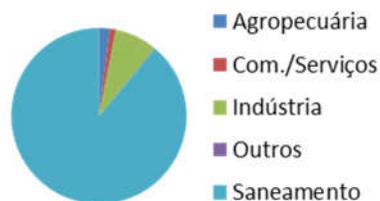
Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

Em resumo, conforme aponta o gráfico abaixo, quase 90% da água captada serve para o abastecimento público dos municípios de Paranaguá, Pontal do Paraná e Matinhos e aproximadamente 8% é destinada a usuários industriais.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  524
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.53 – Resumo dos volumes de água por tipo de uso.**

Tipo de usuário	m³/dia	%
Agropecuária	1.716	2,0%
Com./Serviços	939	1,1%
Indústria	6.733	7,9%
Outros	72	0,1%
Saneamento	75.852	88,9%
<b>TOTAL</b>	<b>85.312</b>	<b>100,0%</b>



Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

### Lançamento de efluentes

Dentro da Área de Estudo para determinação da Área de Influência Direta (AEID) do Empreendimento existem 8 (oito) lançamentos de efluentes outorgados vigentes e 1 (um) cadastro de usuário independentemente de outorga para lançamento em corpo hídrico receptor. Destes 9 (nove) pontos de lançamento, 5 (cinco) encontram-se na sub-bacia do Rio Emboguaçu, 3 (três) na do Rio Itiberê e 1 (um) em outras sub-bacias. O volume de efluentes lançado é de 23.611 m³/dia que demandam a disponibilidade de 48.338 m³/dia para diluição dos mesmos. A Tabela 8.1.54 apresenta estes dados.

**Tabela 8.1.54 – Informações gerais dos lançamentos de efluentes na AEID.**

Efluentes Sub-bacias	Lançamentos		Vazão Lançada		Vazão p/ Diluição	
	Registros	%	m³/dia	%	m³/dia	%
Rio Emboguaçu	5	56%	12.187	52%	12.530	26%
Rio Itiberê	3	33%	6.864	29%	35.808	74%
Outras	1	11%	4.560	19%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>23.611</b>	<b>100%</b>	<b>48.338</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

Todos os pontos de lançamento outorgados são de efluentes sanitários ou de sanitários e industriais. A CAB - Águas de Paranaguá é a responsável por seis pontos de lançamento, incluindo dois com a maior demanda bioquímica de oxigênio (DBO), conforme apresenta a tabela a seguir.

**Tabela 8.1.55 – Informações das outorgas de lançamento de efluentes na AEID.**

Usuário	Tipo de Lançamento	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Sub-bacias
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	125	50	Rio Emboguaçu
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	100	30	Rio Emboguaçu
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	100	30	Outras

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  525
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Usuário	Tipo de Lançamento	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Sub-bacias
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	100	30	Rio Itiberê
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	100	30	Rio Itiberê
CAB - Águas de Paranaguá	Sanitário	125	50	Rio Itiberê
PSC Empreendimentos LTDA	Sanitário	200	40	Rio Emboguaçu
BRF S.A.	Sanitário e Industrial	150	35	Rio Emboguaçu

Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

### Vazões específicas

Segundo dados do Instituto das Águas do Paraná, a AEID do empreendimento já teve ao longo dos anos, 5 (cinco) estações fluviométricas. No entanto, apenas uma encontra-se em funcionamento atualmente. A Tabela 8.1.56 apresenta algumas informações sobre estas estações, destacando a estação 82220000 que ainda encontra-se em funcionamento.

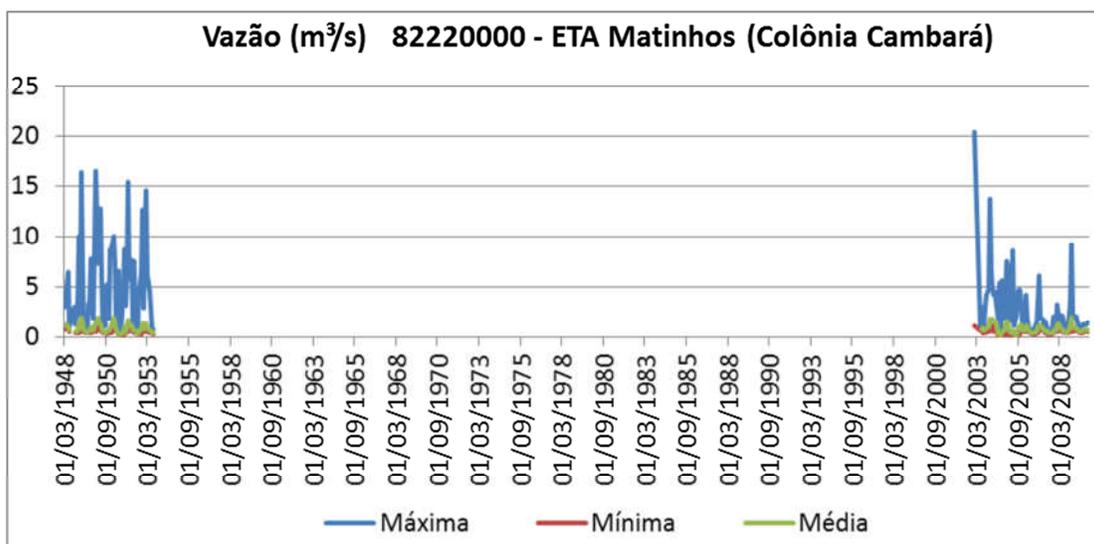
**Tabela 8.1.56 – Estações que já existiram ou existe na AEID.**

Código	Nome da Estação	Rio	Entidade	Tipo	Instalação	Extinção
82224000	Guaraguaçu III	Rio Guaraguaçu	Águas PR	F	08/04/1971	31/12/1972
82222100	ETA Cagepar - Paranaguá	Rio das Pombas	Águas PR	FQ	08/02/1985	12/05/1991
82222000	Montante Rio das Pombas	Rio Guaraguaçu	Águas PR	FQD	08/04/1971	20/02/2002
82223000	Paranaguá	Rio Guaraguaçu	Águas PR	FQD	01/01/1939	31/03/1981
82220000	ETA - Matinhos (Colônia Cambará)	Rio Cambará	ANA	FQDS	24/03/1948	-

Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

Embora instalada em 1948, os dados de vazão da estação 82220000 - ETA Matinhos (Colônia Cambará) são escassos e insuficientes para calcular uma vazão específica ao longo de um período razoável de tempo, pois conforme aponta o gráfico a seguir, não houve registro de dados durante vários anos que a estação esteve em funcionamento.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  526
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Elaboração própria a partir de Águas Paraná (2016).

**Gráfico 8.1.33– Ausência de dados na estação ETA Matinhos**

Diante da ausência de dados consistentes para cálculo de vazões específicas, optou-se por considerar valores apresentados em trabalhos anteriores realizados nas proximidades da AEID.

Assim, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Paranaguá, elaborado em 2009, Paranaguá encontra-se na região com escala de vazão mínima superior a 7 L/s/km<sup>2</sup> e de vazão média entre 18 e 20 L/s/km<sup>2</sup>. Já o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZPO) do Porto de Paranaguá, apresenta para a área correspondente a todas as sub-bacias da AEID deste empreendimento exceto a sub-bacia do Guaraguaçu, a vazão média de longo termo (Q<sub>mlt</sub>) de 8849,8 L/s (764.622 m<sup>3</sup>/dia) e a vazão presente no rio em pelo menos 95% do tempo (Q<sub>95%</sub>) de 2361,88 L/s (204.066 m<sup>3</sup>/dia). Além destes estudos, a disponibilidade hídrica apresentada em ottobacias pela ANA aponta vazões Q<sub>95%</sub> (m<sup>3</sup>/s) de 1,63 na área do baixo Guaraguaçu, 0,182 no Rio Pequeno e 0,1224 no Rio Itiberê do Correias.

### 8.1.8.3 Qualidade das águas superficiais

Conforme já abordado, para o diagnóstico da qualidade da água superficial na área de estudo, inicialmente foram empregados dados secundários, complementados por coleta de dados primários nas proximidades da ADA dos novos terminais objeto do licenciamento.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  527
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Os dados secundários são oriundos do monitoramento executado em cumprimento aos Programas Ambientais do Plano de Controle Ambiental do Porto Organizado de Paranaguá. O levantamento realizado no Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas (PMQA) é extenso e possuiu uma série temporal considerável, conforme descrito a seguir na Tabela 8.1.57.

**Tabela 8.1.57 - Dados secundários de qualidade da água do CEP (Complexo Estuarino de Paranaguá) obtidos pela APPA e utilizados neste diagnóstico.**

Parâmetros	Informações das campanhas de amostragem			
	Pontos	Frequência	Data	Campanhas
63 parâmetros físico-químicos	32 pontos e amostragem em três níveis da coluna d'água: superfície, meio e fundo (86 amostras no total)	Execução do PCA: Trimestral	jan/10, dez/13, mar/14, jun/14, out/14, dez/14, mar/15, jun/15, set/15, dez/15, mar/16, jun/16	12 campanhas
		Monitoramento da Qualidade da Água na Dragagem: Mensal	jan/2010, dez/2012, fev/2013, mar/2013, abr/2013, mai/2013, jun/2013, jul/2013, ago/2013, nov/2013, dez/2013, jan/2014, fev/2014, mar/2014, abr/2014	15 campanhas

Fonte: Adaptado de 6º Relatório Semestral: Programas Ambientais - Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, PCA Porto Organizado de Paranaguá, Ambiens Consultoria, Julho de 2016.

Para uso neste diagnóstico ambiental, foram escolhidos os dados do PCA, que apesar de terem frequência trimestral, possuem uma série temporal que inclui os anos mais recentes.

Os pontos amostrais são distribuídos em toda a área do CEP (Complexo Estuarino de Paranaguá), contemplando todos os canais de navegação dos Portos de Paranaguá e Antonina (Alfa, Bravo 1 e 2, Charlie 1, 2 e 3, Delta e Echo).

Os parâmetros contemplados neste programa de monitoramento da qualidade da água são apresentados na Tabela 8.1.58. Os parâmetros destacados em negrito são os que foram detectados em pelo menos uma das campanhas amostrais. Os demais parâmetros não foram detectados, ou por estarem ausentes ou por estarem presentes em concentração menor do que o limite de detecção dos métodos analíticos, que possuem uma capacidade compatível com o limite inferior de cada parâmetro segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  528
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.58 - Parâmetros de qualidade da água analisados nas campanhas de monitoramento da APPA.**

Parâmetros físico-químicos de qualidade da água		
2,4,5-T	Dodecacloro Pentaciclodecano	OD - Oxigênio Dissolvido
2,4,5-TP	Endossulfan	PCBs
2,4-D	Endrin	Pentaclorofenol
Aldrin+Dieldrin	Etilbenzeno	pH
Alumínio Dissolvido	Fenóis Totais	Potencial Redox
Arsênio	Ferro Dissolvido	Prata total
Bário Total	Fósforo Dissolvido	Salinidade
Benzeno	Fósforo total	Selênio
Berílio	Gutíon	Simazina
Boro	Heptacloro	Sólidos Dissolvidos Totais
Cadmio	Lindano	Sólidos Suspensos Totais
Carbaril	Malation	Surfactantes Aniônicos
COT - Carbono Orgânico Total	Manganês total	Tálio
Chumbo	Mercúrio	Tolueno
Clordano (Cis+Trans)	Metoxicloro	Toxafeno
Cobre dissolvido	Monoclorobenzeno	Tributilestanho
Condutividade	Níquel total	Triclorobenzeno
Cromo	Nitrogênio Amoniacal	Tricloroetano
DDT	Nitrogênio total Kjeldahl	Turbidez
DQO - Demanda Química de Oxigênio	Óleos e graxas (visual)	Uranio
Demeton	Óleos e graxas totais	Zinco

Fonte: 4º Relatório Semestral: Programas Ambientais - Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas, PCA Porto Organizado de Paranaguá, Ambiens Consultoria, Julho de 2015

Os resultados das campanhas de monitoramento da qualidade das águas do CEP referentes à execução do programa ambiental da APPA, bem como resultados de campanhas amostrais anteriores foram compiladas para compor um banco de dados uniformizado e atualizado permanentemente. Este banco de dados armazena informações como data da coleta, localização das estações amostrais, parâmetros analisados e seus respectivos resultados. Este banco de dados foi disponibilizado pela APPA para a equipe técnica deste EIA em julho de 2016, contendo os resultados das amostragens do PCA realizadas até junho de 2016.

Em resumo, a análise dos resultados das 12 campanhas de amostragem do PCA apontou que, nos pontos onde a água foi enquadrada como salina e salobra de Classe 1, a maioria apresentou ligeira alteração em relação ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para os parâmetros COT, NAT (Nitrogênio Amoniacal Total), OD, Fósforo, Ferro

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  529
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Dissolvido. A seguir são apresentados em um pouco mais de detalhe os resultados de dados secundários.

#### 8.1.8.3.1 *Resumo dos dados secundários de qualidade da água*

Para a análise dos dados secundários, usaram-se os resultados referentes ao monitoramento trimestral realizado pela APPA no período de janeiro de 2010 a junho de 2016, realizado na execução do PCA.

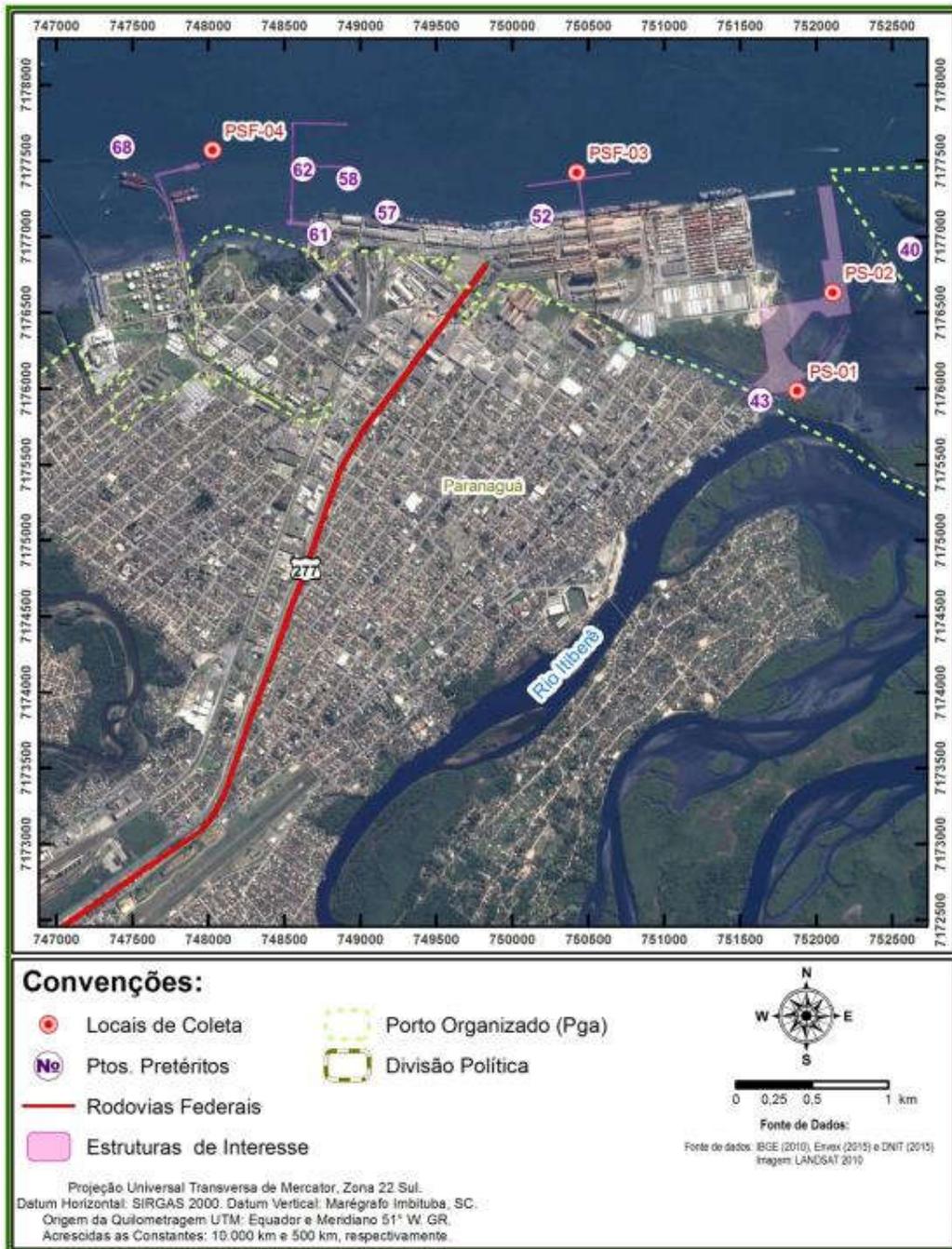
Dentre os 32 pontos de monitoramento, foram selecionados os pontos de amostragem mais próximos à ADA do empreendimento, para posterior comparação com os pontos de amostragem primários das campanhas deste diagnóstico. Estes pontos são apresentados na Tabela 8.1.59 e na Figura 8.57.

**Tabela 8.1.59 - Localização das estações amostrais de qualidade da água selecionadas para avaliação dos dados secundários da APPA (pontos pretéritos).**

Estação Amostral	Localização UTM SIRGAS 2000	
	E (m)	S (m)
<b>40</b>	752.592	7.176.911
<b>43</b>	751.632	7.175.914
<b>52</b>	750.195	7.177.130
<b>57</b>	749.178	7.177.154
<b>58</b>	748.922	7.177.375
<b>61</b>	748.731	7.177.011
<b>62</b>	748.623	7.177.438
<b>68</b>	747.435	7.177.584

Fonte: Elaboração própria a partir de AMBIENS CONSULTORIA (2015a).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  530
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.57 - Localização das estações amostrais de qualidade da água selecionadas para avaliação dos dados secundários da APPA (pontos pretéritos).**

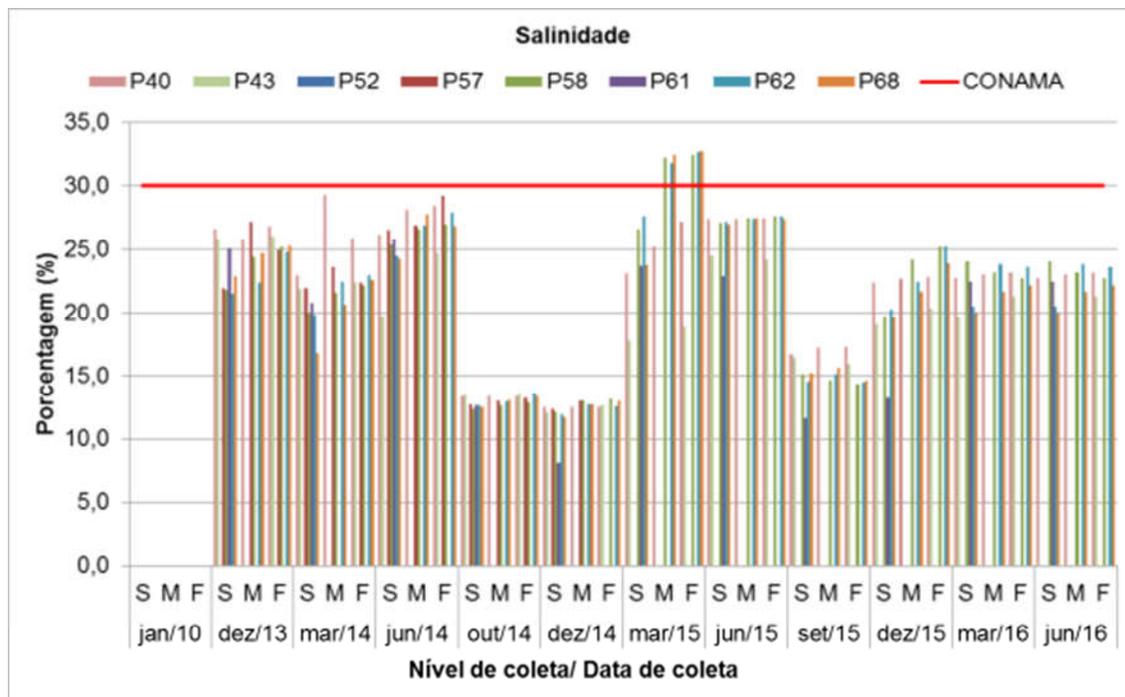
Os gráficos que se seguem apresentam os principais resultados destes dados secundários, e sua comparação e avaliação com o padrão da Resolução CONAMA 357/2005, quando pertinente.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  531
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O Gráfico 8.1.34 apresenta a salinidade e sua variação ao longo das campanhas de amostragem. Verifica-se que em quase todas as ocasiões, as amostras foram classificadas como águas salobras, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, por se encontrarem entre 0,5‰ e 30‰. Unicamente no mês de março de 2015, os pontos P52, P57, P58, P62 e P68 obtiveram resultados para águas salinas, com valores acima de 30‰.

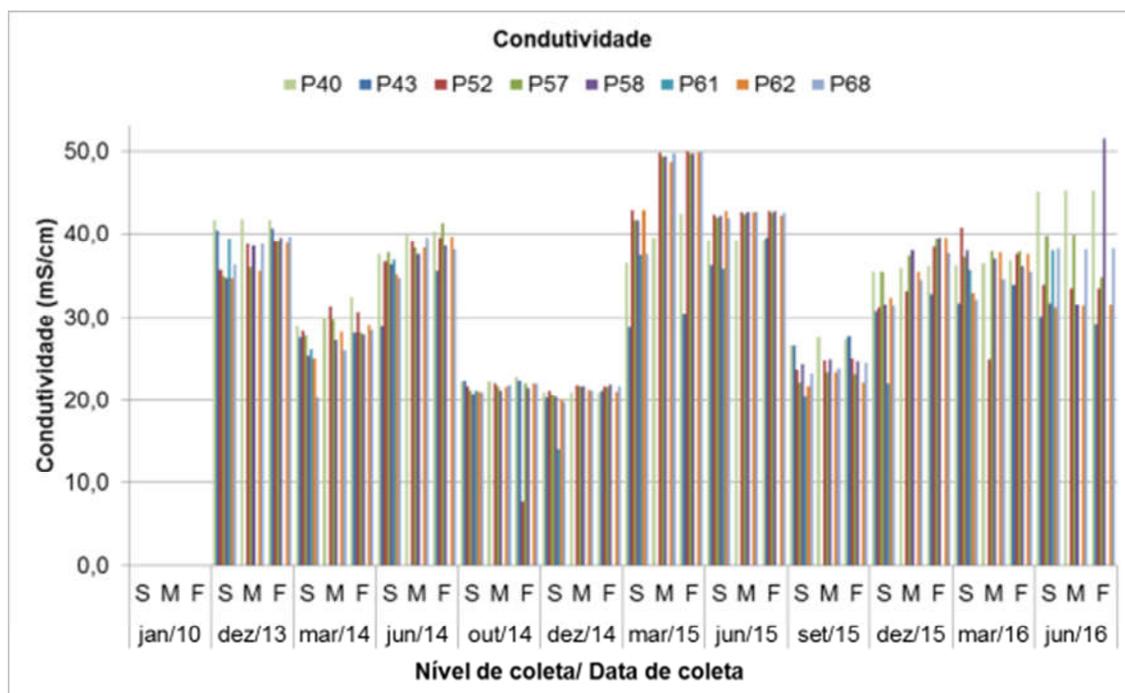
De acordo com a referida legislação, em seu Art. 42º, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas e salobras serão consideradas de Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinaria a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, o que não é o caso. Desta forma, serão usados os padrões para águas salobras e salinas Classe 1.

No Gráfico 8.1.35, é apresentado o resultado para condutividade. É notável a relação de influência e relação diretamente proporcional da salinidade sobre a condutividade, comparando-se os gráficos (Gráfico 8.1.34 e Gráfico 8.1.35).



Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.34 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Salinidade.**

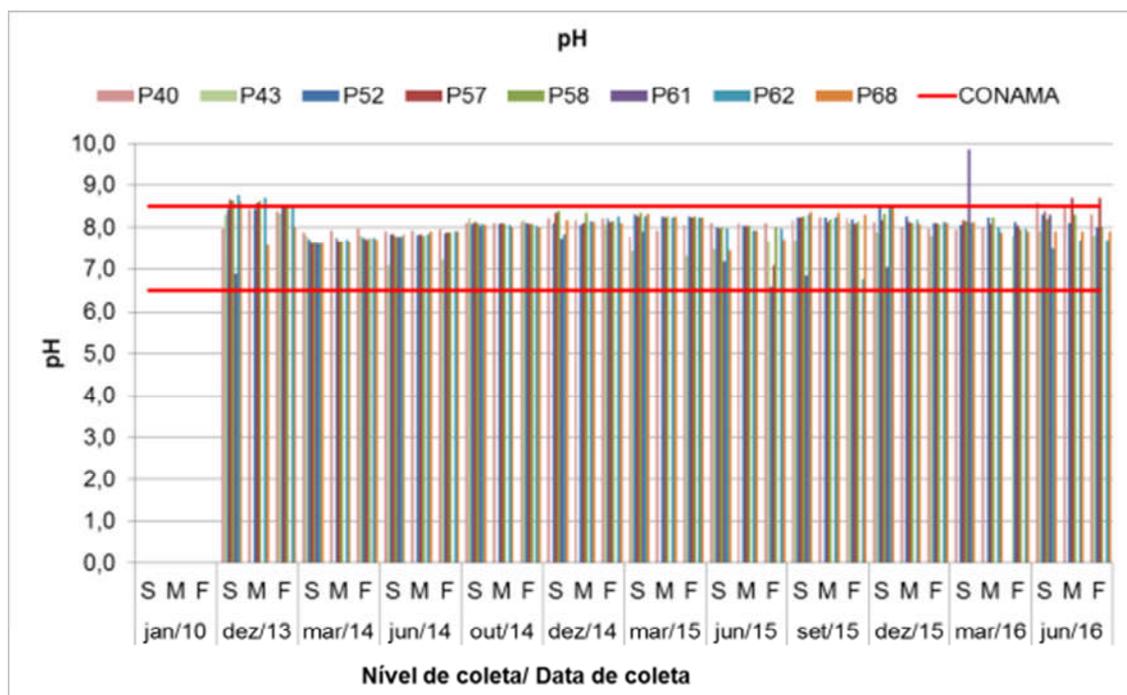


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.35 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Condutividade.**

A variação do pH é apresentada no Gráfico 8.1.36. A grande maioria das amostras apresenta resultados dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005, que é entre 6,5 e 8,5; algumas amostras, porém, tiveram pH um pouco mais elevado nas campanhas de dezembro de 2013, dezembro de 2015 e junho 2016. Já no mês de março de 2016, um único ponto obteve o valor do pH acima do limite, chegando a 9,87. Em geral o pH se encontrou próximo de 8.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  533
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

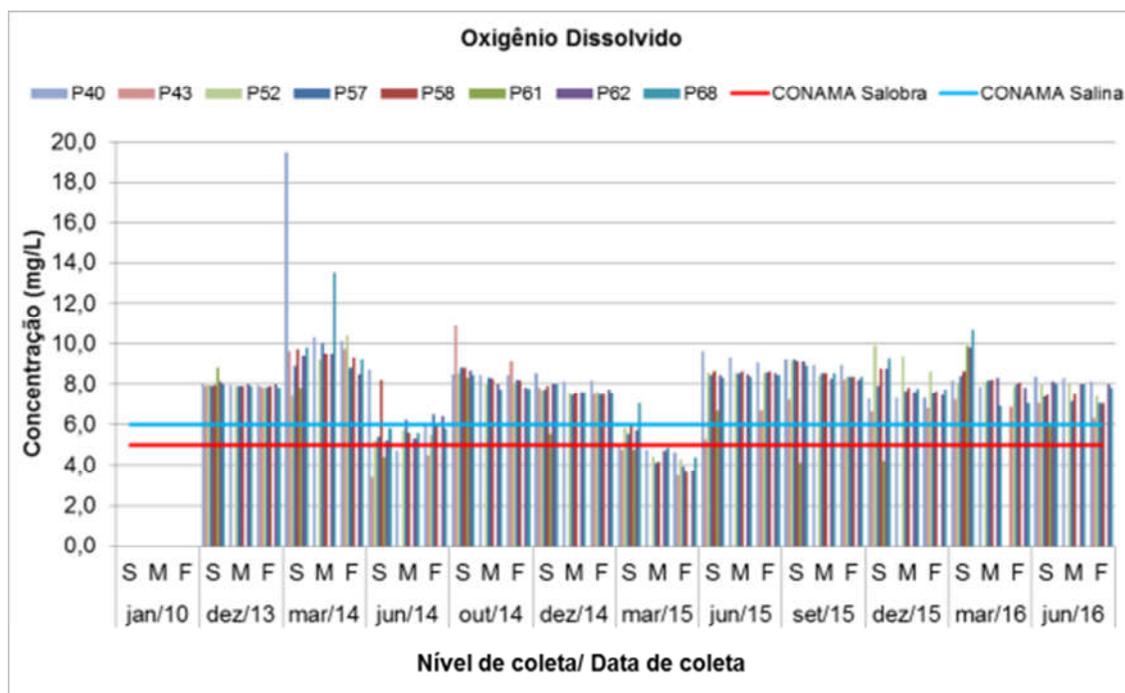


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.36 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro pH.**

Com relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), o Gráfico 8.1.37 mostra que, em geral, os resultados atenderam ao padrão mínimo de 5 mg/L, estipulado na Resolução CONAMA 357/2005 para a manutenção da vida aquática. Na campanha de junho de 2014 o resultado de quatro amostras ficou abaixo deste valor. Da mesma maneira, em março de 2015, a maior parte dos pontos, 15 amostras, resultaram em valores abaixo de 5 mg/L, e nas campanhas de setembro e dezembro de 2015, apenas uma amostra em cada uma das coletas estavam fora do padrão estabelecido na legislação.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  534
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

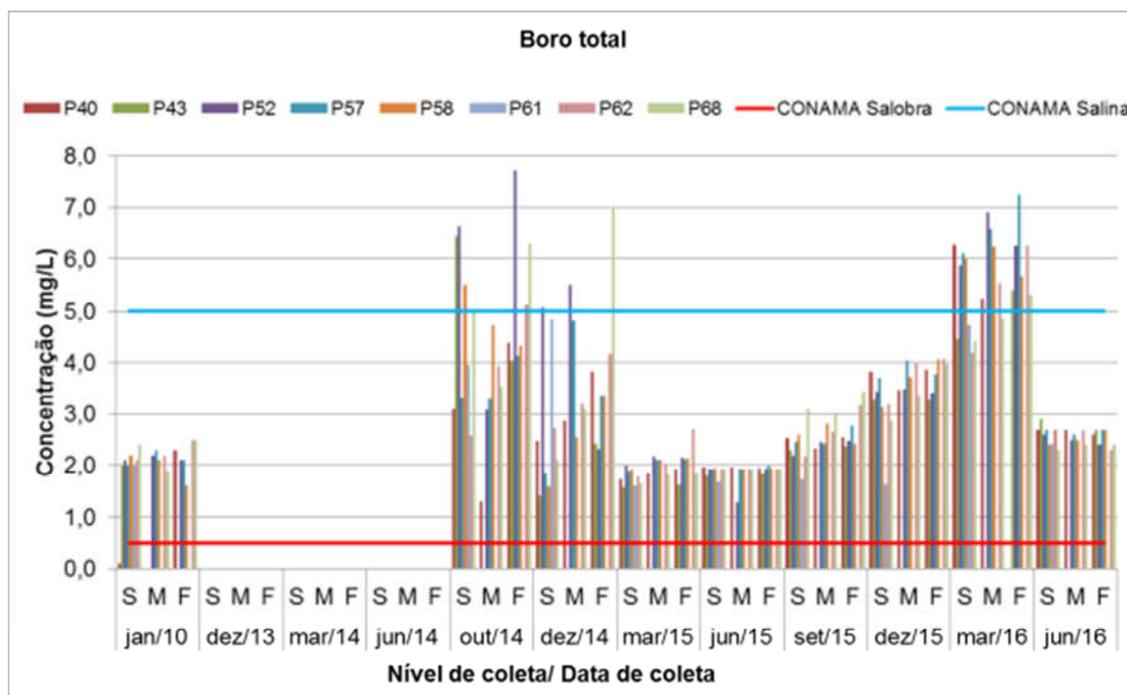


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.37 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD).**

Com relação ao Boro Total, o Gráfico 8.1.38 mostra que nas campanhas de dezembro de 2013, março e junho de 2014 este parâmetro ficou abaixo do limite de detecção. Por outro lado, nas demais campanhas, os níveis detectados para a água salobra foram elevados, superando o padrão de 0,5 mg/L em todas as amostras, com pico de quase 8 mg/L. Já para os seis pontos em que a água foi classificada como salina, em março de 2015, os valores estão dentro do estabelecido na legislação. O Boro pode ser indicativo da presença de esgoto doméstico bruto na água, por ser componente de detergentes; pode ainda ser oriundo dos fertilizantes movimentados no Porto.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  535
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

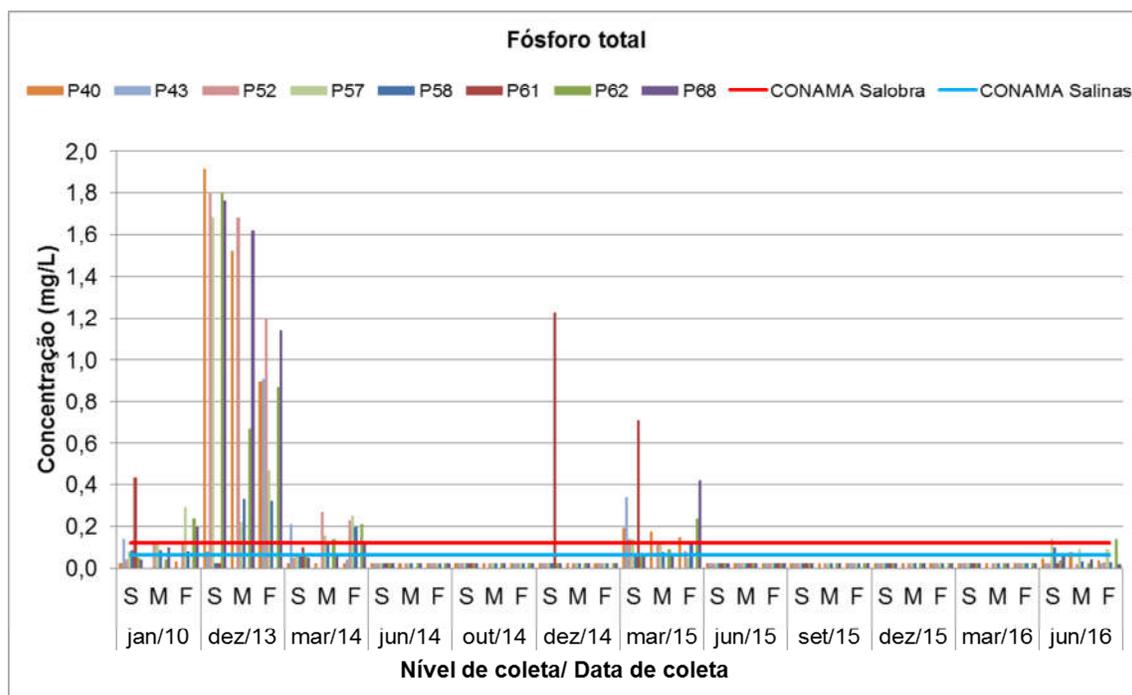


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.38 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Boro Total.**

Assim como o Boro Total, o Fósforo Total também pode ser um indicativo de presença de efluentes domésticos na água, por ser componente de detergentes. Segundo o Gráfico 8.1.39, as campanhas de dezembro de 2014 e junho de 2016 apresentaram um e dois resultados, respectivamente, para este parâmetro acima do padrão da Resolução CONAMA, que é de 0,124 mg/L para águas salobras e 0,062 mg/L para salinas. Já os meses de janeiro de 2010, dezembro de 2013, março de 2014 e março de 2015 apresentaram valores para fósforo total acima do regulamentado na maior parte dos pontos amostrais. Porém, nas outras amostragens, o resultado foi baixo ou não detectado.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  536
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

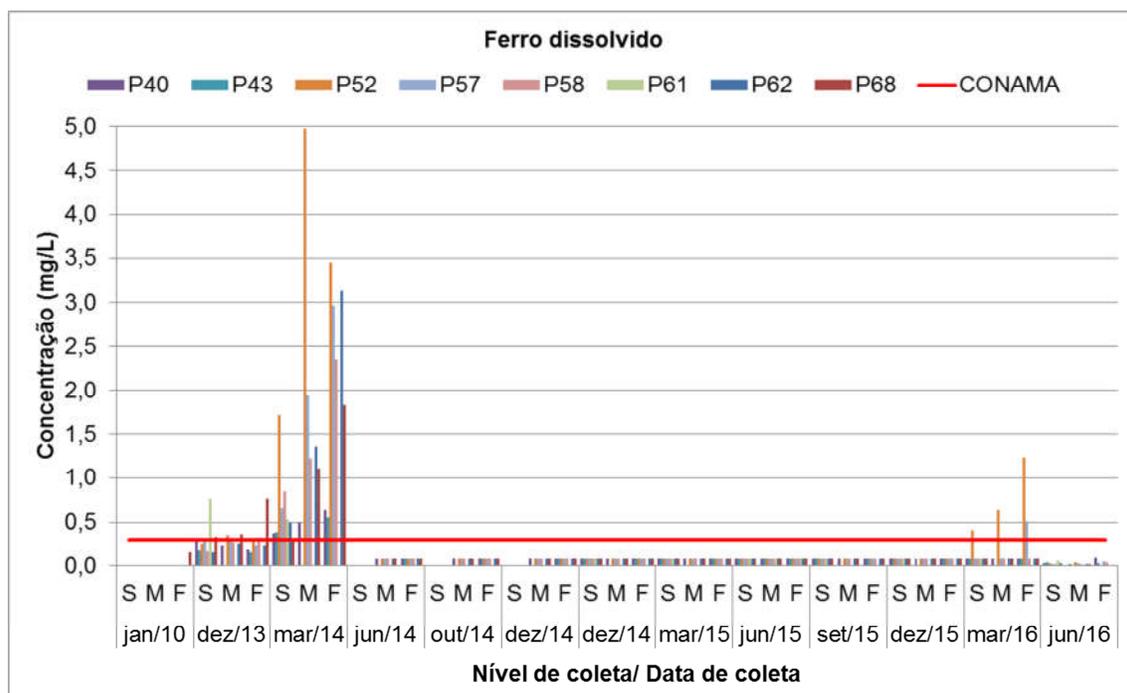


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.39 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Fósforo Total.**

No Gráfico 8.1.40 é mostrado o resultado do Ferro Dissolvido. A campanha de março de 2014 apresentou valores acima do padrão, atingindo o pico de 5 mg/L. Em adição a isso, os meses de dezembro de 2013 e março de 2016 também obtiveram resultados em que o padrão da Resolução CONAMA 357 foi ultrapassado. Entretanto, nas demais campanhas de amostragem, os resultados atenderam à legislação. Segundo os relatórios de monitoramento, a presença do Ferro Dissolvido nas águas pode estar associada naturalmente ao tipo de solo da região. Nas áreas portuárias, a corrosão de estruturas metálicas que compõem os navios, além de outras estruturas e equipamentos sucateados também pode contribuir para o teor de ferro nas águas (AMBIENS CONSULTORIA, 2015a).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  537
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

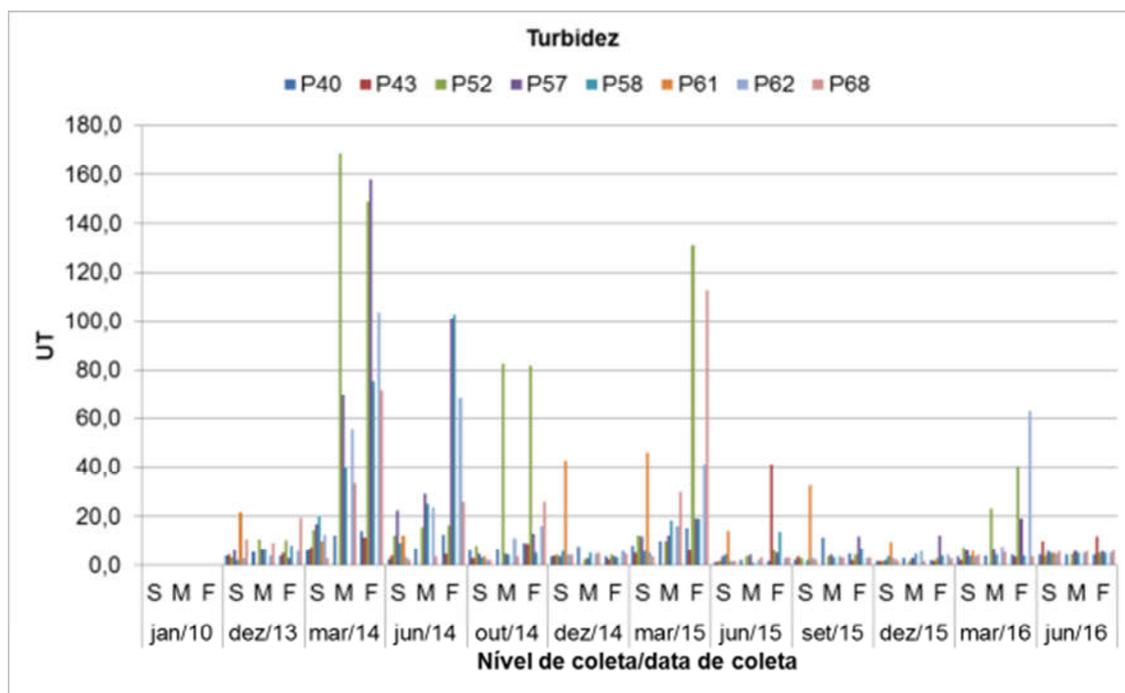


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.40 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Ferro Dissolvido.**

O resultado referente ao parâmetro Turbidez está disposto no Gráfico 8.1.41. Observa-se que este parâmetro apresenta marcante variação ao longo do tempo e entre os diferentes pontos de amostragem. A Turbidez é influenciada por diversos fatores, incluindo a variação das marés, a ocorrência de chuva anteriormente à amostragem, a variação no aporte de sedimentos dos rios para o estuário, dentre outros.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  538
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

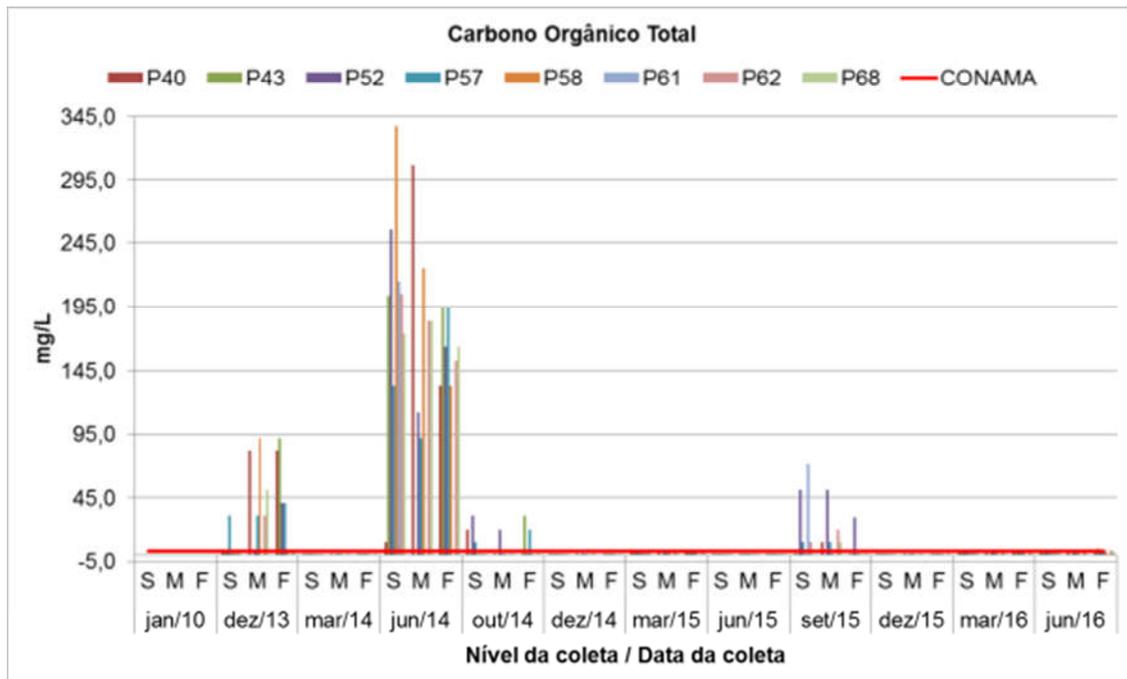


Fonte: Elaboração própria com base em 3º Relatório Semestral da do PCA da APPA (AMBIENS CONSULTORIA, 2015a)

**Gráfico 8.1.41 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Turbidez.**

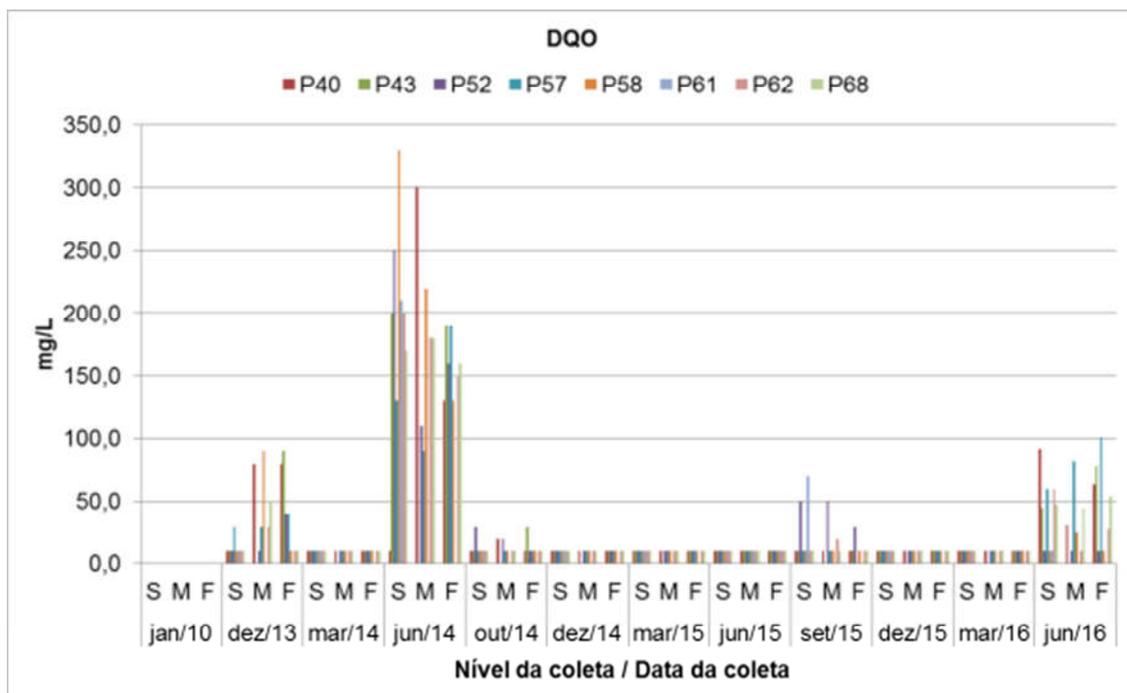
Em relação ao parâmetro do Carbono Orgânico Total (COT; Gráfico 8.1.42), percebe-se que existe uma certa sazonalidade desse parâmetro. Os resultados ficaram acima do padrão estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005, de 3 mg/L, nos meses de dezembro de 2013, junho de 2014, outubro de 2014 setembro de 2015 e junho de 2016. As maiores concentrações foram obtidas na campanha de junho de 2014, com picos da ordem de 200 a 300 mg/L. O carbono é um dos elementos considerados macropoluentes, por ocorrer em grande quantidade em meios aquáticos, e que pode ser considerado indicador de lançamento de efluentes domésticos.

Outro possível indicador de despejo de efluentes em corpos hídricos é a Demanda Química de Oxigênio (DQO), pois mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico. O Gráfico 8.1.43 mostra o histórico dos resultados desse parâmetro. Percebe-se que existe uma correlação dos valores entre a DQO e o COT. Os meses nos quais os valores de DQO aumentaram consideravelmente foram: dezembro de 2013, junho de 2014, setembro de 2015 e junho de 2016.



Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016).

**Gráfico 8.1.42 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Carbono Orgânico Total.**

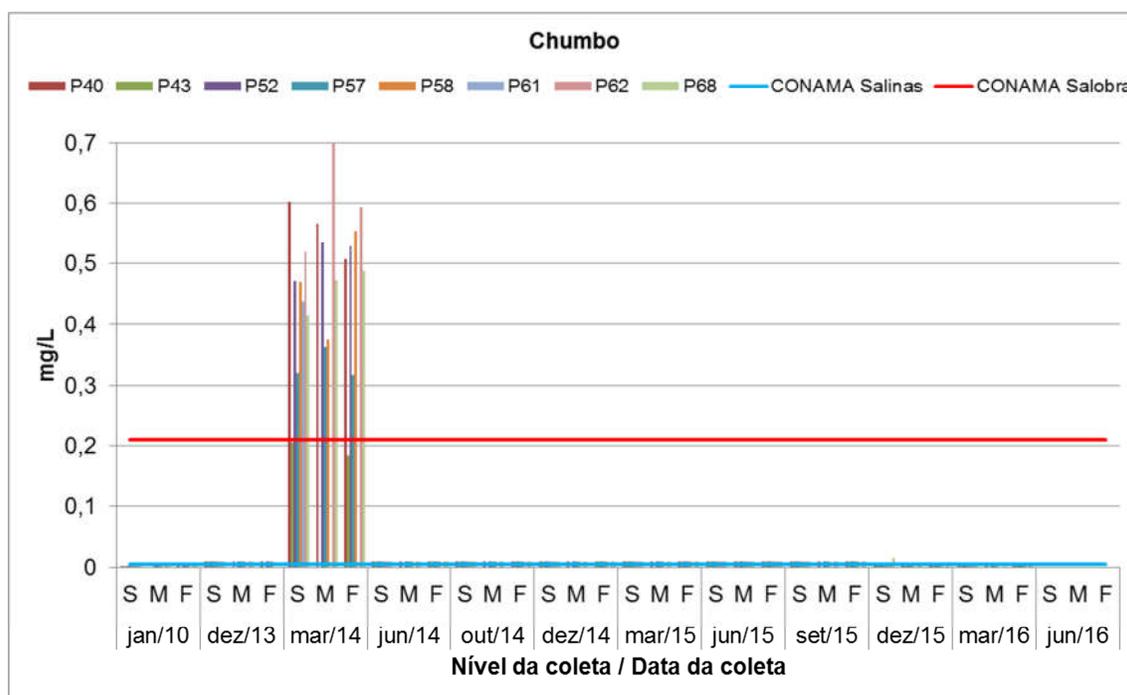


Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016).

**Gráfico 8.1.43 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Demanda Química de Oxigênio.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  540
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Considerando o parâmetro chumbo, na maior parte das campanhas, os resultados obtidos, atendem ao padrão determinado pela Resolução Conama 357/2005, que para as águas salobras é de 0,210 mg/L e para as águas salinas é de 0,005 mg/L. A exceção foi a campanha realizada no mês de março de 2014, na qual os valores atingiram altos patamares, como se pode observar no Gráfico 8.1.44. Esses valores podem ser atribuídos a algum evento atípico.



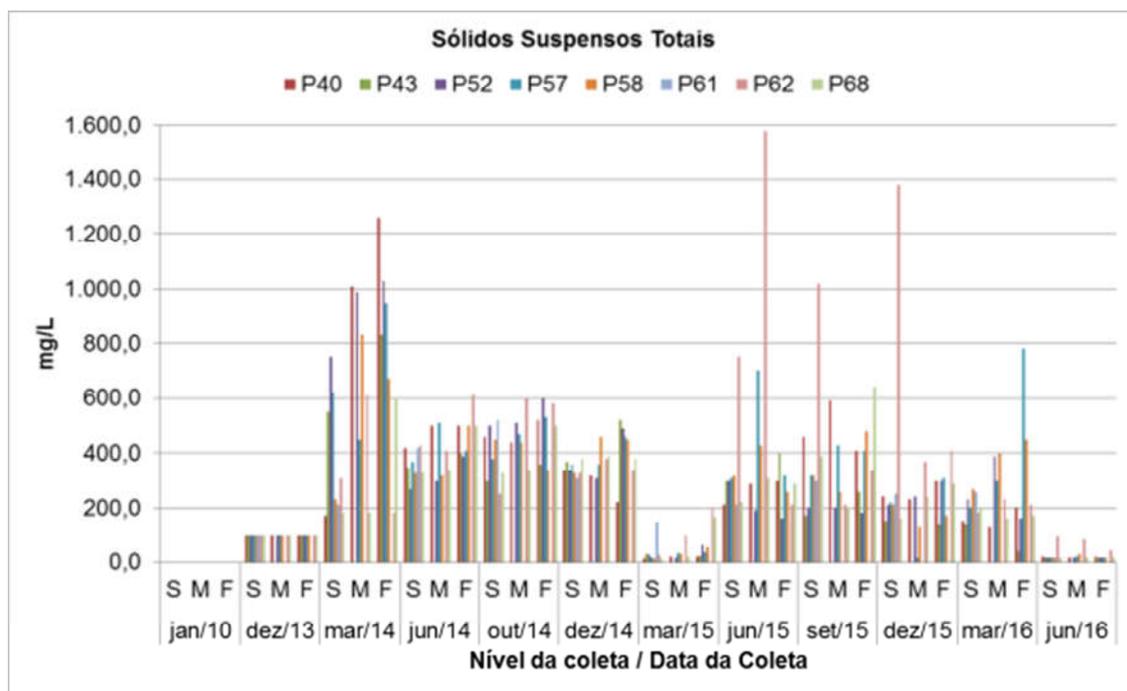
Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.44 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Chumbo.**

Os parâmetros de Sólidos Suspensos Totais, e Sólidos Dissolvidos Totais mostraram uma grande amplitude de variação entre as campanhas de amostragem. Para Sólidos Suspensos Totais, os resultados mais elevados foram registrados nos meses de março de 2014, e de junho, setembro e dezembro de 2015, além de março de 2016, conforme mostrado no Gráfico 8.1.45.

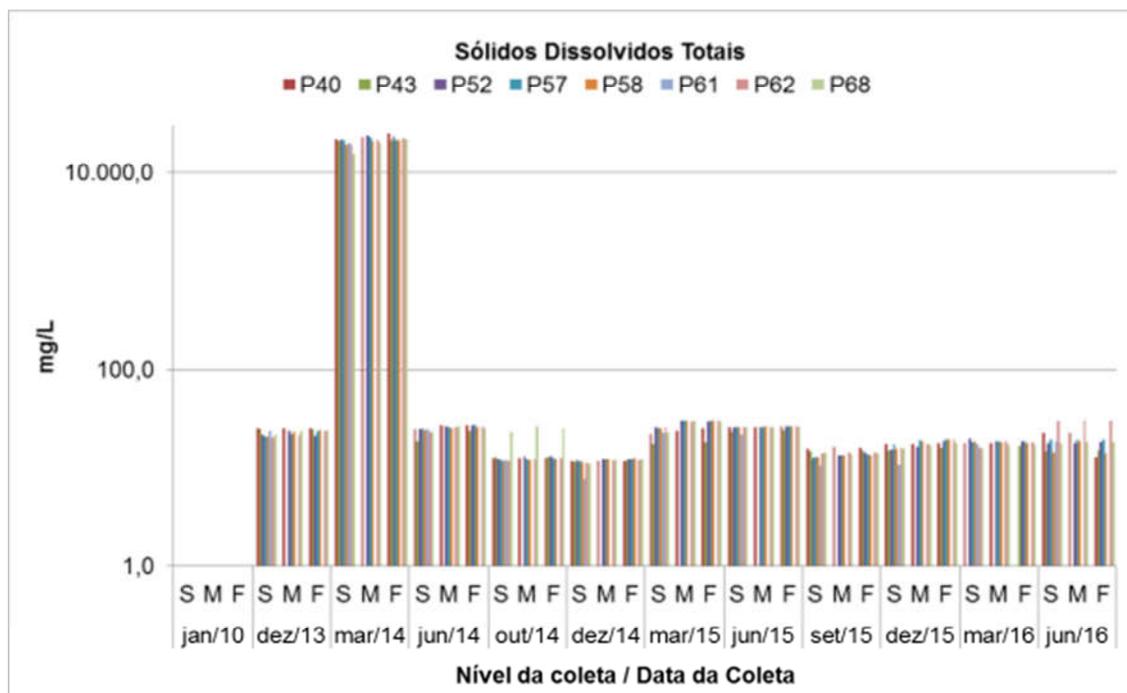
Os resultados das campanhas amostrais de Sólidos Dissolvidos Totais estão representados no Gráfico 8.1.46. Destaca-se o resultado da campanha realizada em março de 2014, quanto os teores destes sólidos atingiu mais de 10.000 mg/L. Estes altos níveis apontam para o aumento da turbidez, já mostrado no Gráfico 8.1.41, bem como a redução da penetração da luz na água.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  541
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.45– Resumo dos dados secundários para o parâmetro Sólidos Suspensos Totais.**



Fonte: Elaboração própria com base no Banco de Dados de Qualidade da Água da APPA (APPA, 2016)

**Gráfico 8.1.46 – Resumo dos dados secundários para o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais.**



 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  543
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A primeira campanha de amostragem para de qualidade da água foi realizada em 08/06/2016, na estação de inverno. A segunda campanha de amostragem ocorreu no dia 22/09/2016, representando a condição da estação de primavera. Durante ambas as campanhas de amostragem, a condição era de maré astronômica de sizígia, contemplando o período de vazante de maré para as estações amostrais #PS01 e #PS02 e maré enchente para as estações #PSF03 e #PSF04. Nas estações amostrais #PS01 e #PS02, foram coletadas amostras em superfície da coluna d'água. Já nos pontos de coleta #PSF03 e #PSF04 foram realizadas coletas em superfície e meio da coluna d'água.

Estas condições de amostragem foram definidas a fim de representar a situação mais crítica de cada local, já que os pontos #PS01 e #PS02 apresentam maior influência de águas continentais, pela proximidade de rios, enquanto os demais pontos tem maior influência das correntes marinhas.

A localização dos pontos de amostragem buscou representar a proximidade das futuras estruturas em licenciamento (terminais de carga e passageiros). As coordenadas dos pontos amostrais são apresentadas a seguir na Tabela 8.1.60, bem como a condição da maré durante as amostragens e as amostras coletadas em cada ponto.

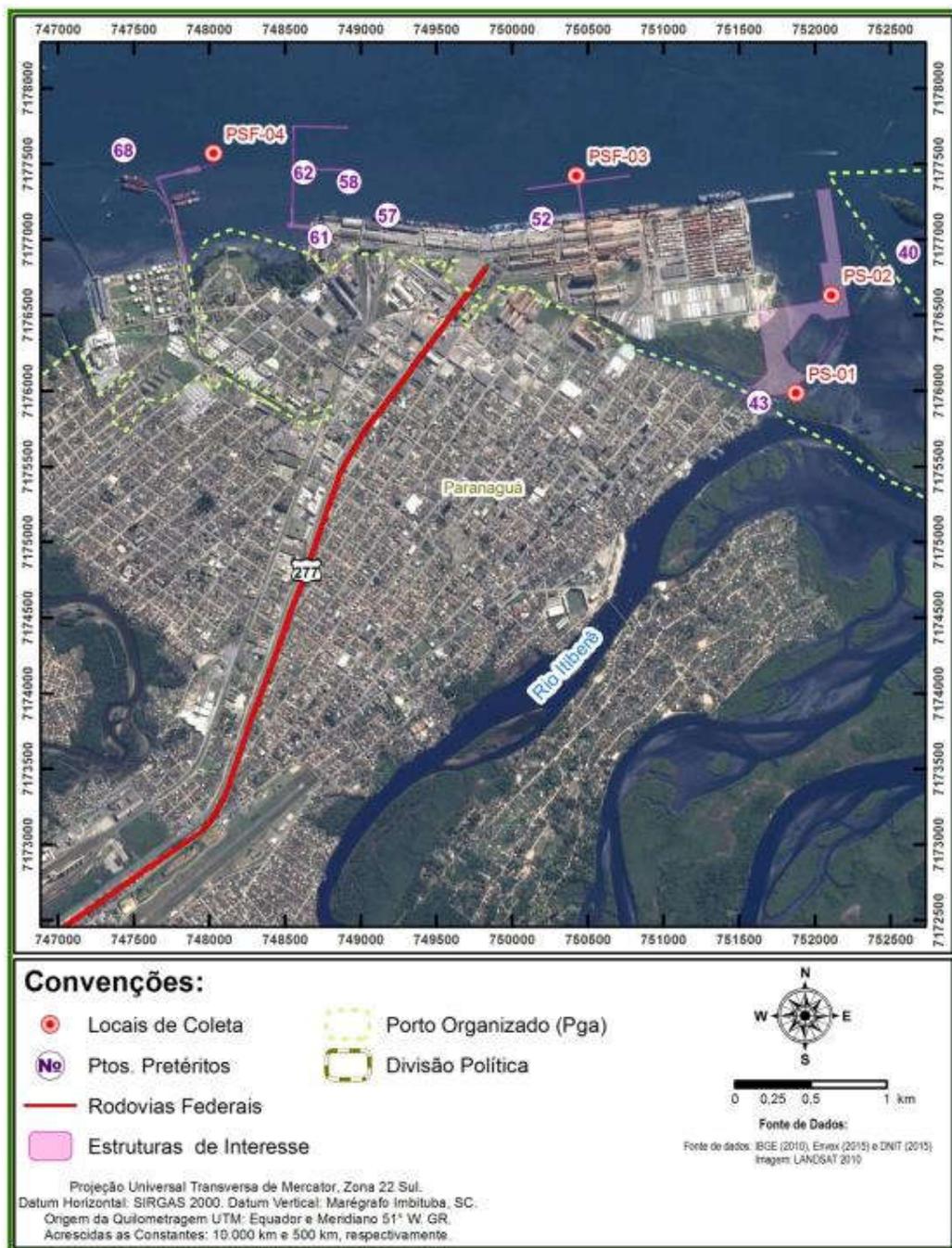
**Tabela 8.1.60 – Localização geográfica dos pontos amostrais de qualidade da água, referentes a coleta de dados primários deste diagnóstico ambiental.**

Ponto / Amostrai	Coord. UTM SIIRGAS 2000		Condição de Maré na 1ª e 2ª campanhas	Coleta de amostras
	X (m)	Y (m)		
<b>PS-01</b>	751.873	7.175.986	Vazante	Superfície
<b>PS-02</b>	752.106	7.176.634	Vazante	Superfície
<b>PSF-03</b>	750.422	7.177.424	Enchente	Superfície e fundo
<b>PSF-04</b>	748.027	7.177.571	Enchente	Superfície e fundo

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 8.58 apresenta a espacialização dos pontos amostrais (locais de coleta de dados primários), em comparação à ADA da ampliação do Porto de Paranaguá, objeto deste licenciamento. Para referência, também são mostrados os pontos pretéritos, cujos dados secundários já foram avaliados anteriormente neste estudo.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  544
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.58 – Localização dos pontos amostrais da coleta de dados primários da qualidade da água. Fonte: Elaboração própria.**

Durante a 1ª campanha, as atividades foram realizadas a bordo de uma embarcação de 10 metros de comprimento e equipada com motor de centro de 45 hp nomeada “JATAI”, (Figura

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  545
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

8.59). Na 2ª campanha, foi utilizada uma embarcação de 7 metros de comprimento e equipada com motor de popa de 115 hp nomeada “NATY” (Figura 8.60).



**Figura 8.59 – Embarcação utilizada na coleta de água da 1ª campanha**



**Figura 8.60– Embarcação utilizada na coleta de água da 2ª campanha**

Fonte: Acquaplan, 2016.

Na execução das amostragens, para o posicionamento da embarcação sobre as estações amostrais foi utilizado um GPS (*Global Positioning System*) da marca Garmin, e modelo Vista HCX com as coordenadas geográficas previamente gravadas.

As amostras coletadas em superfície e meio da coluna d’água foram obtidas utilizando-se uma garrafa amostradora do tipo *van Dorn* com 8 litros de capacidade de água (Figura 8.61).

As condições meteorológicas dos dias de amostragem foram semelhantes. No dia 08 de junho de 2016, no qual foi realizada a 1ª campanha, se caracterizou pela temperatura amena, com predominância de sol. O vento estava de quadrante leste durante todo o período amostral, com intensidade forte. Durante a 2ª campanha no dia 22 de setembro, também houve predominância de sol e vento forte.



**Figura 8.61 – Coleta de amostras de água com o emprego de garrafa a mostradora do tipo van Dorn, na estação amostral #PSF03, durante a 1ª campanha.**



Fonte: Acquaplan, 2016.

**Figura 8.62 – Coleta de amostras de água com o emprego de garrafa a mostradora do tipo van Dorn, na estação amostral #PSF01, durante a 2ª campanha**

No momento da coleta das amostras de água foram registrados *in situ* e nos respectivos estratos da coluna d'água os parâmetros físico-químicos:

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  547
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Temperatura;	Oxigênio Dissolvido (OD);
Salinidade;	Turbidez;
Potencial Hidrogeniônico (pH);	Transparência (m);
Condutividade (mS/cm);	Sólidos Totais Dissolvidos (g/l)

Para tal foi empregada uma sonda multiparamétrica da marca *Horiba* modelo U50 (Figura 8.63). A sonda possui um sistema *datalogger*, que permite o armazenamento de todos os parâmetros físico-químicos. Além, disso todas as informações foram anotadas em uma cadeia de custódia.



Fonte: Acquaplan, 2016.

**Figura 8.63 – Sonda utilizada na mensuração in situ dos parâmetros físico-químicos, na 1ª e 2ª campanhas.**

Os procedimentos amostrais, bem como acondicionamento e conservação das amostras observou as normas NBR 9.897/87 e NBR 9.898/87. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos disponibilizados pelo laboratório contratado.

Todas as amostras obtidas foram imediatamente conservadas sob temperatura abaixo de 4°C, e mantidas em caixas térmicas refrigeradas com gelo (Figura 8.64) e encaminhadas para o laboratório TECLAB Tecnologias em Análises Ambientais, para análise de todos os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005 conforme apresentado abaixo:

Acrilamida	Endossulfan (alfa - beta e sais)	Salinidade
Alaclor	Endrin	Selênio Total
Aldrin + Dieldrin	Estireno	Simazina
Alumínio Dissolvido	Etilbenzeno	Sólidos Dissolvidos Totais
Antimônio	Fenol Total	Sulfatos

Arsênio	Ferro Solúvel	Sulfeto
Atrazina	Fluoretos	Surfactantes
Bário Total	Fósforo Total	Temperatura
Benzeno	Glifosato + AMPA	Tetracloroeto de Carbono
Benzidina	Gosto	Tetracloroeteno
Benzo(a)antraceno	Gution	Tolueno
Benzo(a)pireno	Heptacloro e Heptacloro epóxido	Toxafeno
Benzo(b)fluoranteno	Hexaclorobenzeno	Tributilestanho
Benzo(k)fluoranteno	Indeno(1,2,3-cd) pireno	Triclorobenzeno
Berílio Total	Lindano	Tricloroeteno
Boro Total	Lítio Total	Trifluralina
Cádmio Total	Malation	Turbidez
Carbaril	Manganês Total	Urânio Total
Chumbo Total	Material Flutuante	Vanádio Total
Cianeto Livre	Mercúrio Total	Xilenos
Clordano	Metolacloro	Zinco Total
Cloreto	Metoxicloro	1,1 Dicloroeteno
Cloro Residual	Níquel Total	1,2 Dicloroetano
Cobalto Total	Nitratos	2,4 D
Cobre Dissolvido	Nitritos	2,4 Diclorofenol
Condutividade	Nitrogênio Amoniacal	2,4,5 T
Cor Verdadeira	Odor	2,4,5 TP
Corantes	Óleos e Graxas Totais	2,4,6 - Triclorofenol
Criseno	Oxigênio Dissolvido	2-Clorofenol
Cromo Total	Paration	Clorofila
DDT + DDD + DDE	PCBs - Bifenilas Policloradas	Coliformes Termotolerantes
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Pentaclorofenol	Densidade de Cianobactérias
Demanda Química de Oxigênio	pH	Dodecacloro Pentaciclodecano
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	Potencial de oxi-redução	Toxicidade Aguda com Vibrio fischeri
Dibenzo(a,h)antraceno	Prata Total	
Diclorometano	Resíduos Sólidos Objetáveis	

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  549
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Acquaplan, 2016.

**Figura 8.64 – Acondicionamento das amostras de água.**

#### 8.1.8.3.3 Resultados de dados primários de qualidade da água

A seguir são apresentados os resultados das análises laboratoriais das amostras de água coletadas em campo. A definição dos parâmetros e métodos de análise foi feita com base na Resolução CONAMA 357/2005. A tabela completa com todos os resultados é apresentada no Anexo IV, bem como os laudos.

Durante a amostragem nas duas campanhas, a condição era de maré astronômica de sizígia, contemplando o período de vazante de maré para as estações amostrais #PS01 e #PS02 e maré enchente para as estações #PSF03 e #PSF04. Nas estações amostrais #PS01 e #PS02, foram coletadas amostras em superfície da coluna d'água. Já nos pontos de coleta #PSF03 e #PSF04 foram realizadas coletas em superfície e meio da coluna d'água.

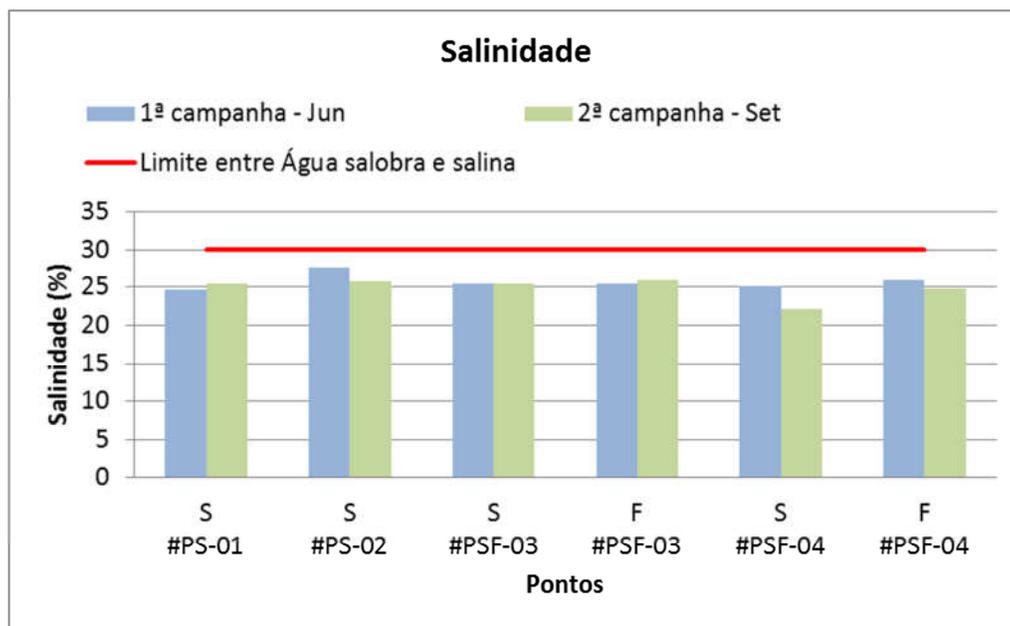
Estas condições de amostragem foram definidas a fim de representar a situação mais crítica de cada local; ou seja, maré vazante nos pontos #PS01 e #PS02, que apresentam maior influência de águas continentais, pela proximidade de rios; e na maré enchente nos demais pontos que sofrem maior influência das correntes marinhas.

O artigo 2º desta resolução define a classificação das águas com base em sua salinidade, em águas doces (salinidade abaixo de 0,5 ‰), salobras (salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰) e salinas (salinidade acima de 30 ‰). Esta informação é utilizada para a averiguação do

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  550
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

enquadramento e a definição dos padrões de qualidade para os demais parâmetros analíticos.

No caso das amostras analisadas, todas foram classificadas como salobras, com teores de salinidade variando entre 22,2 e 27,6 ‰, conforme apresentado no Gráfico 8.1.48. Este resultado condiz com o esperado, pois na região estuarina ocorre a mistura das águas continentais com as águas marinhas.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.48 – Resultados das campanhas de amostragem na ADA para o parâmetro salinidade.**

De acordo com a referida legislação, em seu Art. 42º, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas e salobras serão consideradas de Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinaria a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, o que não é o caso. Desta forma, serão usados os padrões para águas salobras Classe 1.

Desta forma, a Tabela 8.1.61 apresenta o resumo dos parâmetros que se encontraram em desacordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salobras Classe 1. Estes resultados estão consistentes com os valores obtidos nas campanhas anteriores realizadas na mesma região, conforme já apresentado.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  551
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.61 - Parâmetros das campanhas em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, Águas Salobras Classe 1.**

Ponto amostral	1ª campanha		2ª campanha	
	Profundidade da amostra		Profundidade da amostra	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
#PS-01	Boro total, Fósforo Total	-	Boro total	-
#PS-02	Boro total e Coliformes termotolerantes	-	Boro total, Fósforo Total	-
#PSF-03	Boro total e Coliformes termotolerantes	Boro total e Coliformes termotolerantes	Boro total	Boro total, Ferro Solúvel, Fósforo Total
#PSF-04	Boro total, Coliformes termotolerantes, e Fósforo Total	Boro total, Coliformes termotolerantes Fósforo Total	Boro total, e Fósforo Total	Boro total, Ferro Solúvel

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com esta tabela, verifica-se que os teores de Boro total se encontraram acima dos padrões em todas as amostras analisadas, considerando as duas coletas em diferentes estações do ano.

Na primeira campanha, o limite para Coliformes Termotolerantes também foi superado para a maioria das amostras, com exceção do ponto #PS-01. No ponto #PSF-04, nas amostras de superfície e fundo, o parâmetro Fósforo total também esteve em desacordo com o padrão da Resolução CONAMA 357/2005.

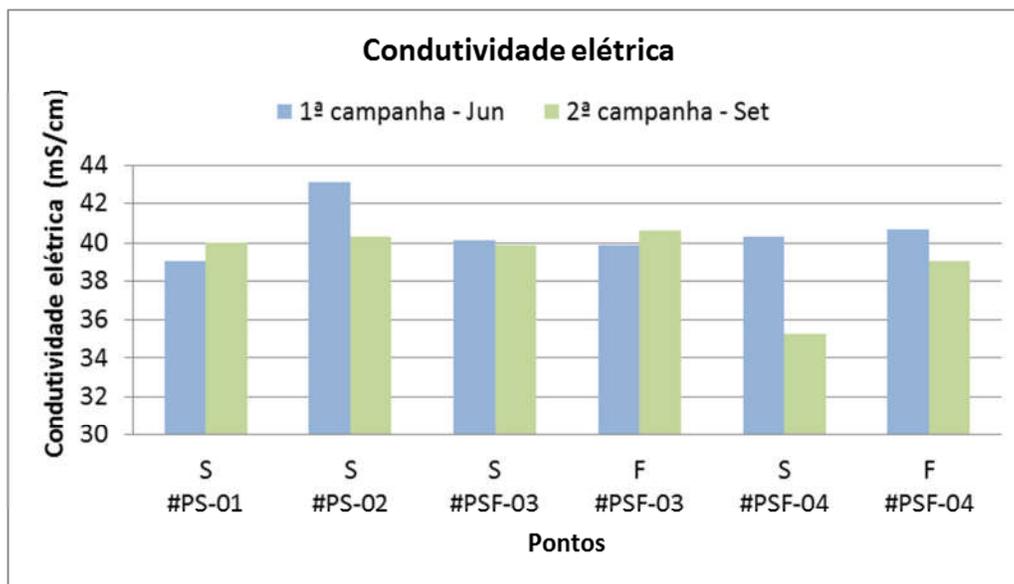
Na segunda campanha de amostragem, além do Boro Total, o Fósforo Total também ficou acima do padrão da Resolução CONAMA 357/2005 para águas salobras nas amostras #PS-02, #PSF-03 fundo, e #PSF-04 na superfície. O Ferro Solúvel excedeu o padrão nas duas amostras de fundo (#PSF-03 e #PSF04) da segunda campanha, o que não ocorreu na primeira campanha. Outra diferença é que os resultados de Coliformes Termotolerantes atenderam ao padrão em todas as amostras da segunda campanha.

Na sequência serão apresentados mais detalhes sobre os resultados obtidos para cada parâmetro.

A condutividade é a capacidade que a água tem de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro depende das concentrações iônicas, temperatura e quantidade de sais no corpo d'água. O Gráfico 8.1.48 apresenta os resultados obtidos na amostragem das águas do CEP

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  552
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

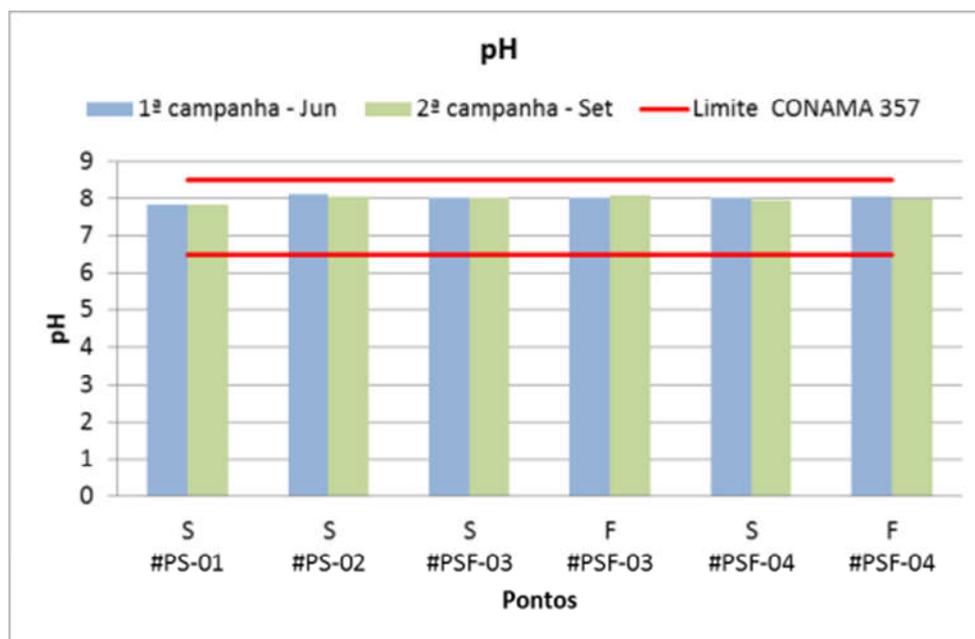
onde se observa que a condutividade máxima encontrada foi de 43,1 mS/cm no ponto #PS-02. Comparando o Gráfico 8.1.48 e o Gráfico 8.1.49, percebe-se a influência direta dos sais na condutividade.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.49 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro condutividade elétrica.**

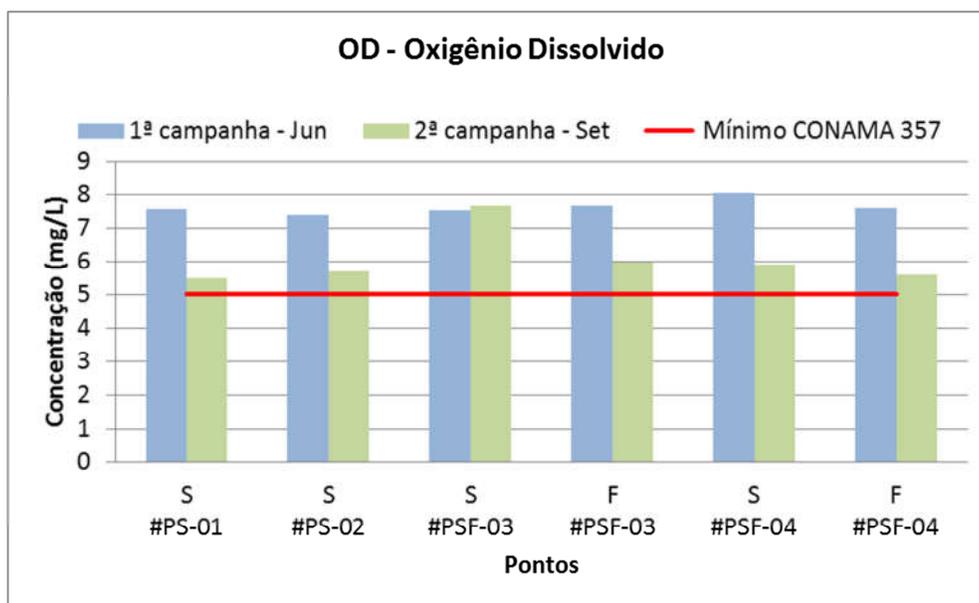
Com relação ao pH, a Resolução CONAMA 357/2005 estipula uma faixa aceitável entre 6,5 e 8,5. Conforme o Gráfico 8.1.50, todas as amostras se apresentaram dentro desta faixa, com valores próximos à 8.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.50 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro pH.**

Com relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), o Gráfico 8.1.51 mostra que os teores encontrados variaram entre 5,5 e 8 mg/L, atendendo ao padrão mínimo de 5 mg/L, estipulado na Resolução CONAMA 357/2005 para a manutenção da vida aquática. Em geral, o teor de OD foi um pouco mais baixo na 2ª campanha em relação à primeira.

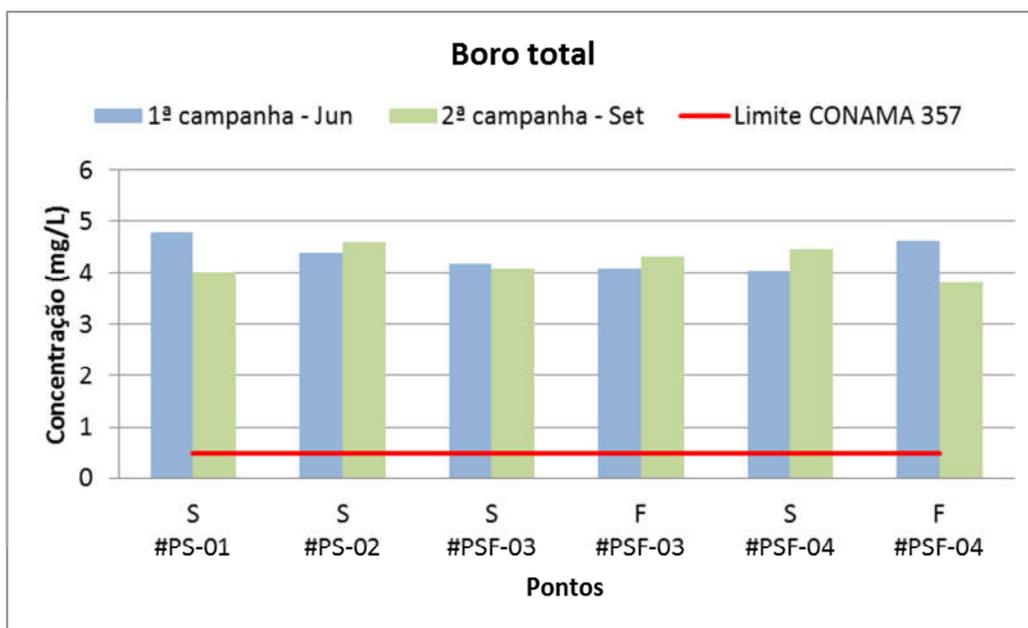


Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.51 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro OD – Oxigênio Dissolvido.**

Caso os níveis de OD estivessem baixos, isto poderia ser um indicador de excesso de matéria orgânica, a qual favorece a presença de bactérias, que consomem o oxigênio nos seus processos respiratórios, causando a escassez de oxigênio. Entretanto, este não é o caso dos resultados apresentados nesta campanha.

O Gráfico 8.1.52 apresenta os resultados do parâmetro Boro Total. Em todas as amostras de ambas as campanhas, o teor de boro superou o padrão da Resolução CONAMA 357/2007, que é de 0,5 mg/L. As concentrações oscilaram entre 3,81 e 4,78 mg/L. Não foi verificada significativa variação sazonal neste parâmetro.



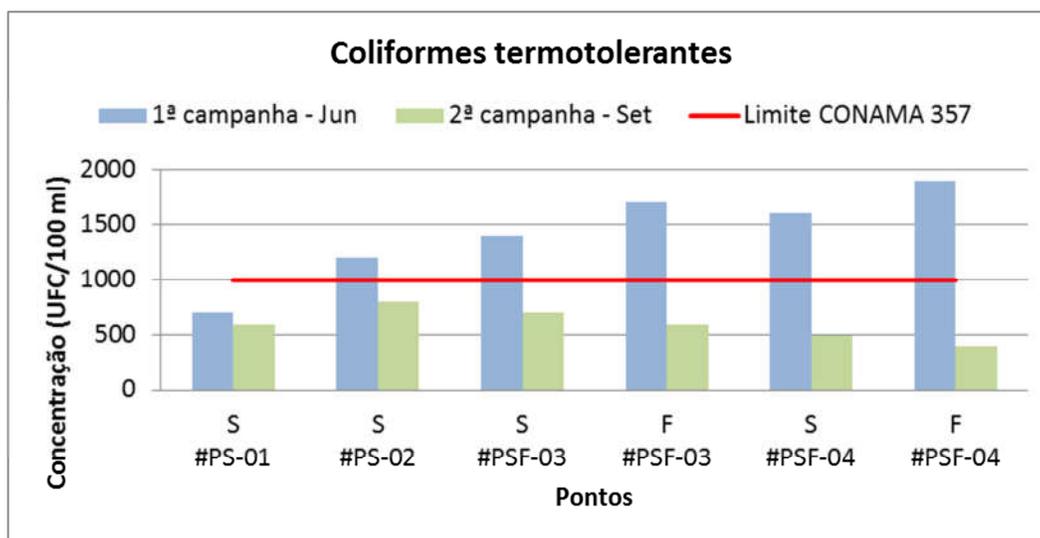
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.52 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Boro Total.**

Segundo a CETESB (2014), o boro é originado naturalmente da lixiviação de rochas com composição de boro e boro silicatos. Os valores presentes naturalmente no ambiente podem ser incrementados nas águas através do lançamento de efluentes domésticos brutos, devido à presença do boro na fórmula de detergentes e outros produtos de limpeza. Outra fonte em potencial deste composto são os fertilizantes, que são um produto bastante significativo na movimentação do Porto.

Vale ressaltar que na revisão da CONAMA 357/2005 pela 430/2011, o Boro, é classificado como um elemento não tóxico e que não apresenta características de persistência e bioacumulação em organismos vivos.

A seguir, no Gráfico 8.1.53, são mostrados os resultados para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Este é tido como um indicador de contaminação da água por esgoto doméstico, já que a principal origem deste tipo de micro-organismos é matéria fecal.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.53 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Coliformes Termotolerantes.**

No Gráfico 8.1.53 observa-se uma variação significativa entre os resultados da primeira e da segunda campanha. Na primeira amostragem, apenas a amostra coletada no ponto #PS-01 atendeu ao padrão da Resolução CONAMA 357/2005, que é de 1.000 UFC/100 ml para água salobra Classe 1. Este ponto se localiza no canal de navegação que deriva do Rio Itiberê, próximo à atual área de remanescente de vegetação localizada ao sul do TCP. As demais amostras apresentaram valores entre 1.200 e 1.900 UFC/100 ml, sendo que a máxima foi encontrada no meio da coluna d'água do ponto #PSF-04, localizado próximo ao futuro Terminal "L". Desta forma, verifica-se que nestes locais a água apresenta sinais de contaminação biológica por esgoto doméstico.

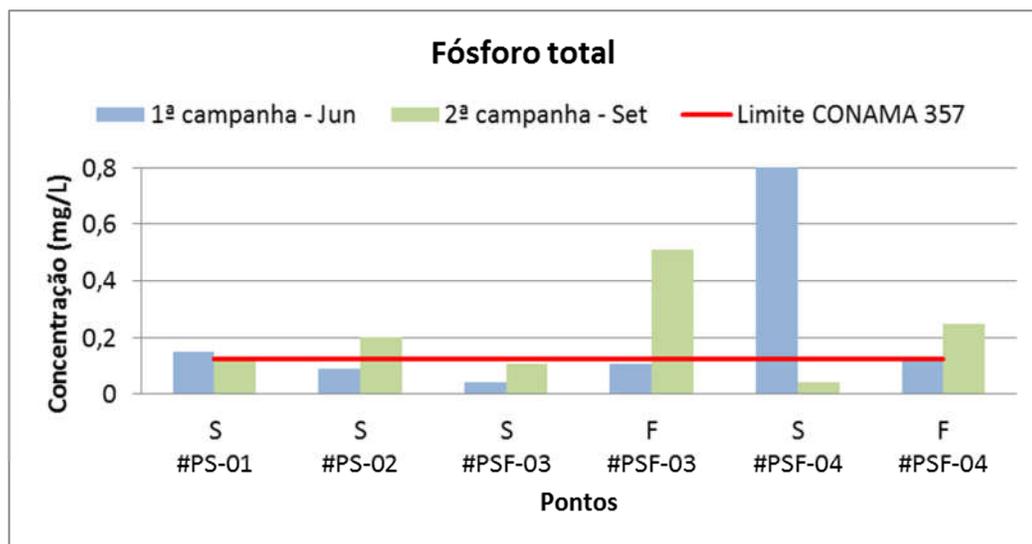
Por outro lado, na segunda campanha de amostragem, todas as amostras apresentaram valores que atendem ao referido padrão. Os resultados variaram entre 400e 800 UFC/100 ml. Apesar de as coletas terem sido realizadas nas mesmas condições de maré, ainda assim esta alteração pode ser relacionada à flutuação normal deste parâmetro devido à variação na diluição e dispersão de poluentes nos corpos hídricos estudados, em função da circulação do CEP.

Com relação ao parâmetro Fósforo Total, os resultados são apresentados no Gráfico 8.1.54 a seguir. Na 1ª campanha, o padrão de 0,124 mg/L P da Resolução CONAMA 357/2005 foi superado no #PS-01 e na amostra de superfície do ponto #PSF-04, cujo resultado foi 0,8 mg/L. Este ponto é localizado próximo do atual Píer de Inflamáveis, e do futuro Píer "L". Já

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 557
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

na segunda campanha de amostragem, os resultados se alternaram: o padrão legal foi ultrapassado nas amostras #PS-02, #PSF-03 (superfície) e #PSF-04 (fundo).

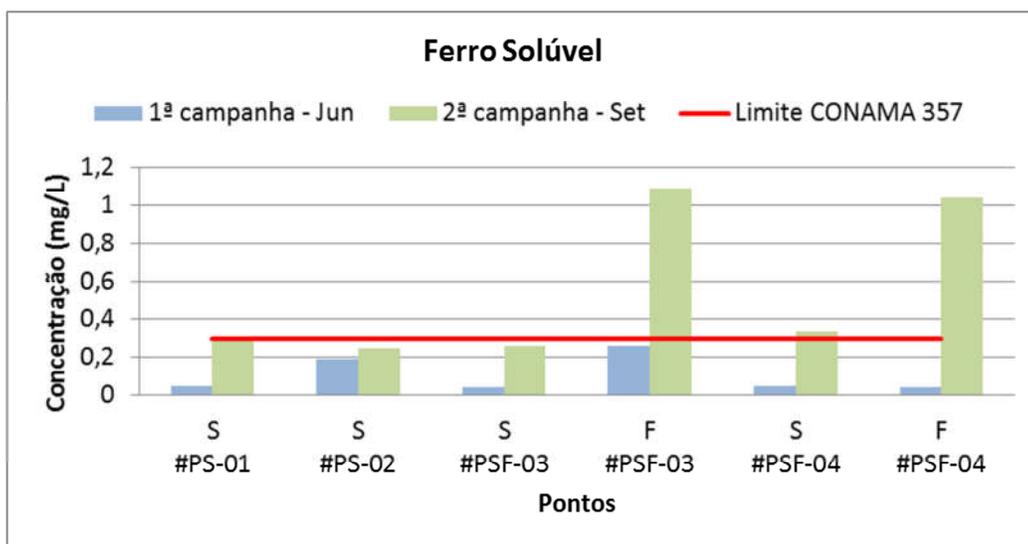
Segundo CETESB (2014), a principal causa de seu surgimento é o lançamento de esgoto *in natura* e detergentes, que carregam este macronutriente. Deve-se notar ainda que pode haver influência de fontes industriais, já que há significativa movimentação de fertilizantes fosfatados no Porto de Paranaguá.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.54– Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Fósforo Total.**

O Gráfico 8.1.55 apresenta o resultado do parâmetro Ferro Solúvel. Verifica-se que, na primeira campanha, todas as amostras atenderam ao padrão da Resolução CONAMA 357/2005, igual a 0,3 mg/L.

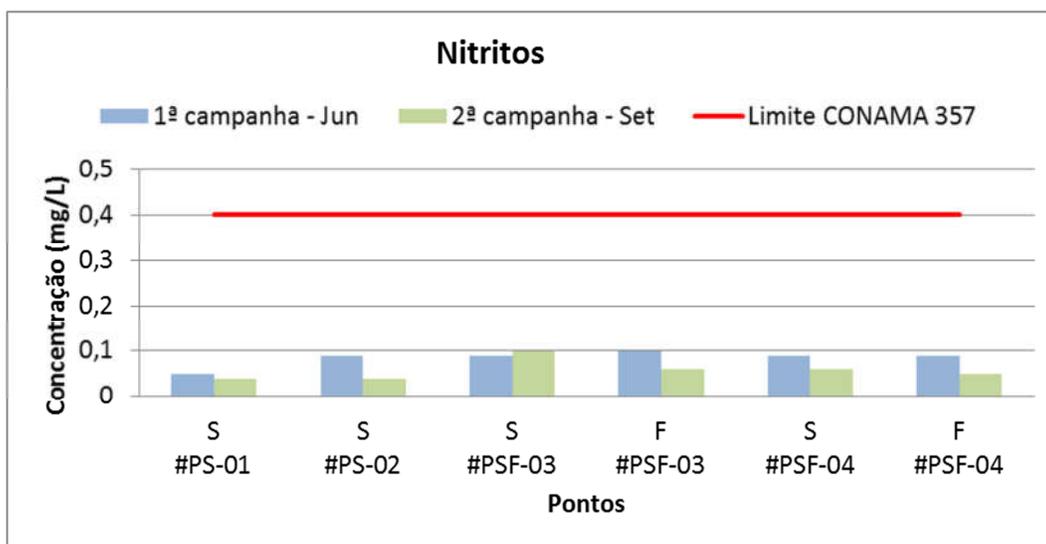


Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.55 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Ferro Solúvel.**

Entretanto, na segunda campanha, as duas amostras de fundo (ponto #PSF-03 e ponto #PSF-04) apresentaram resultados acima do padrão, com valores acima de 1 mg/L. A ultrapassagem ao padrão também foi verificada nas campanhas anteriores de amostragem realizadas nesta região do CEP, conforme apontado no Gráfico 8.1.55. A presença do ferro dissolvido nas águas pode estar associada naturalmente ao tipo de solo da região, bem como à corrosão de estruturas metálicas de navios e estruturas (AMBIENS CONSULTORIA, 2015a).

O Gráfico 8.1.56 apresenta os resultados do parâmetro Nitrito. O nitrogênio é originado, de maneira geral, por compostos orgânicos. O nitrito é uma decomposição do nitrogênio amoniacal (aquele recém-lançado no meio), encontrada na zona de recuperação, que ocorre numa etapa seguinte ao lançamento da matéria orgânica (CETESB, 2014). No caso do local de estudo, há a possibilidade da influência da movimentação de fertilizantes nitrogenados nos teores observados. Destaca-se, porém, que os resultados apontaram níveis baixos de nitrito, menores que 0,1 mg/L, atendendo ao padrão igual a 0,4 mg/L.



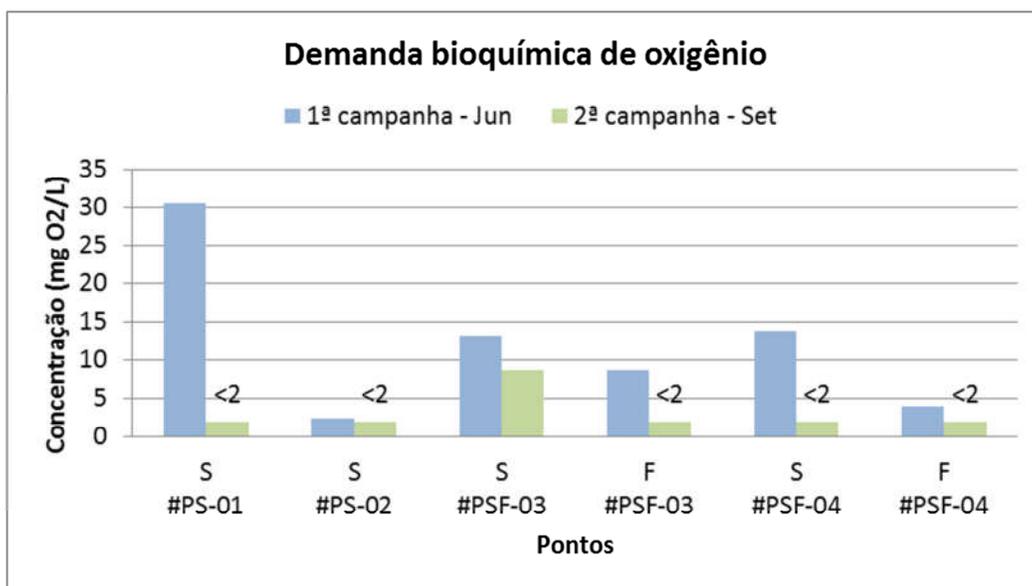
Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.56– Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Nitritos.**

O Gráfico 8.1.57 e o Gráfico 8.1.58 apresentam respectivamente os resultados de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio). Apesar de não haver padrão de qualidade para estes parâmetros no caso de águas salobras Classe 1, estes dados são indicativos da quantidade de matéria orgânica na água amostrada.

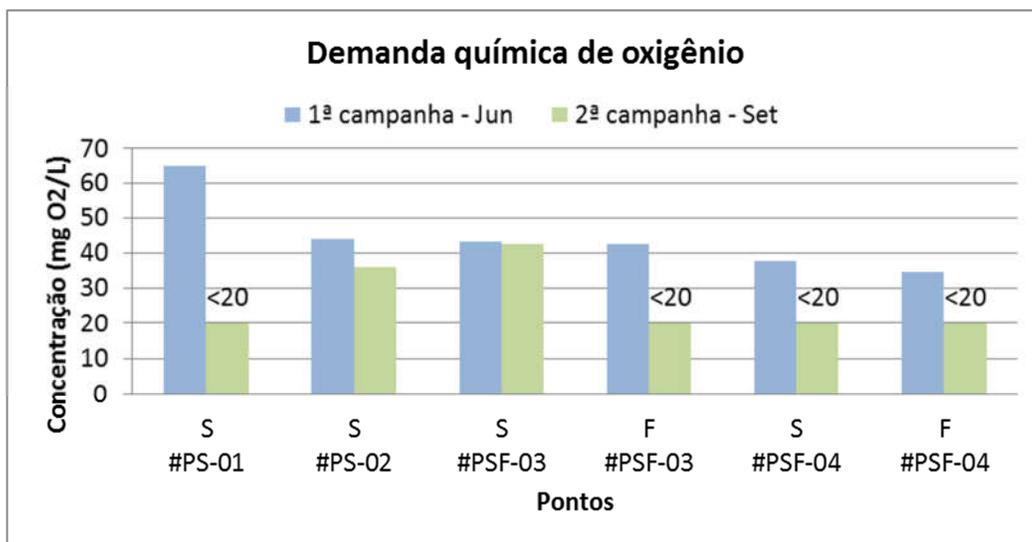
Na primeira campanha, em ambos os parâmetros, os maiores teores de DBO e DQO (30,5 e 65 mgO<sub>2</sub>/L, respectivamente) foram registrados no ponto #PS01, que se localiza em canal derivado do Rio Itiberê, próximo à área vegetada ao sul do TCP, conforme já mencionado. Neste local há provável influência de matéria orgânica de origem natural e antropogênica (esgotos brutos).

Ainda assim, a quantidade de matéria orgânica é baixa em todos os pontos, sendo inclusive significativamente mais baixa na segunda campanha de amostragem, se comparada à primeira. A maioria das amostras da segunda campanha ficou abaixo do limite de quantificação do método analítico (que é de 2 mg/L para DBO e 20mg/L para DQO). Ainda assim, os gráficos apresentam estes valores, sinalizados com o símbolo <2 mg/L para DBO e <20 mg/L para DQO.



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.57 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).**

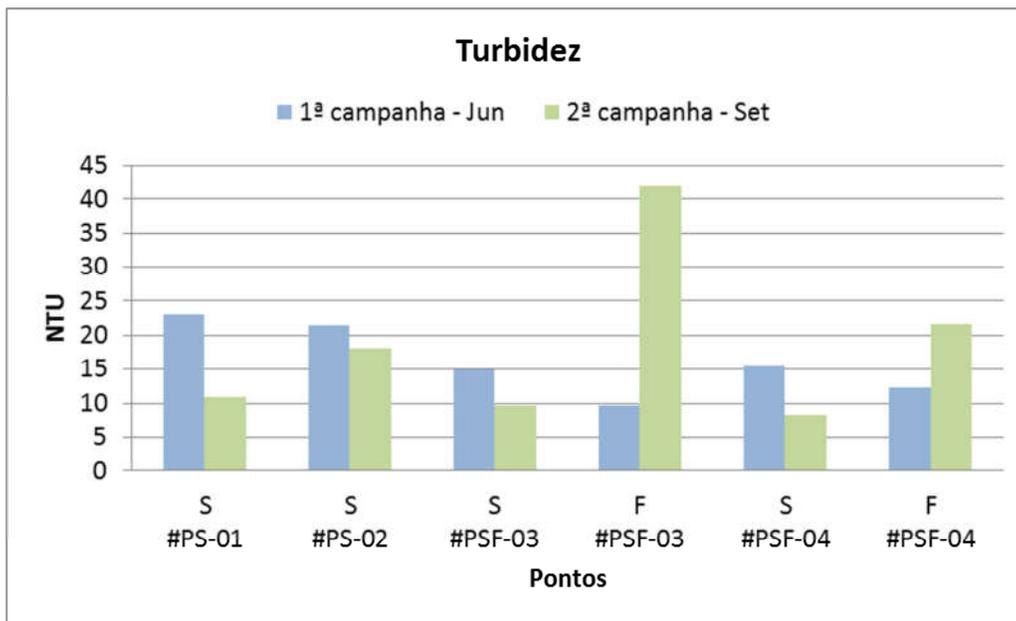


Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.58 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio).**

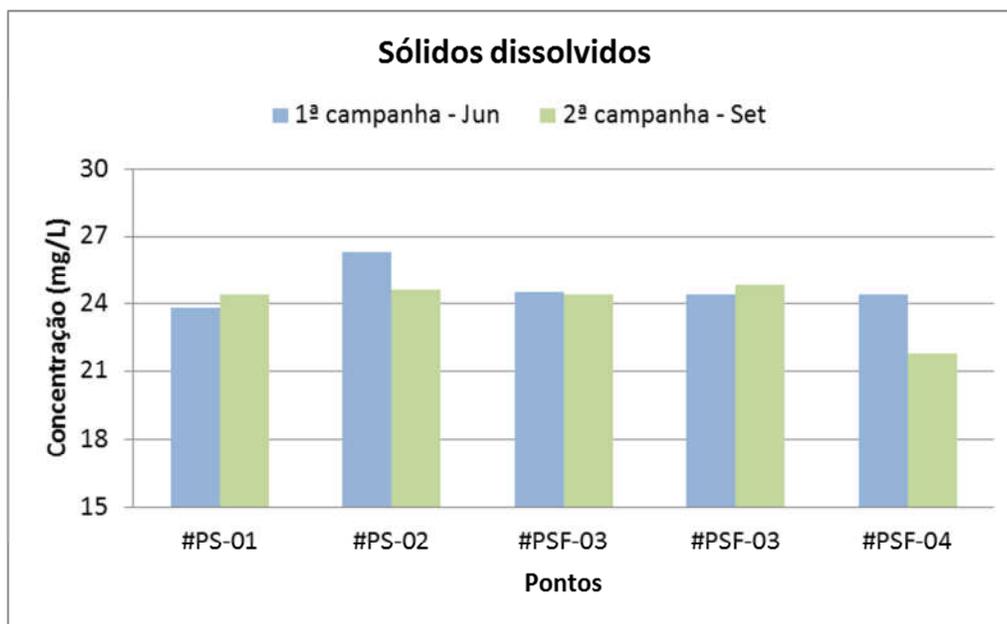
Com relação à Turbidez, o Gráfico 8.1.59 mostra que na 1ª campanha o índice foi maior nos pontos #PS01 e #PS02, que tem maior influência de águas continentais, como é de se esperar. Porém na 2ª campanha, o valor da turbidez foi máximo na amostra de fundo do ponto #PSF-03, localizado próximo ao futuro Terminal “T”, seguida da amostra de fundo do ponto #PSF-04. Quanto aos Sólidos Dissolvidos, houve pequena variação nos resultados entre as amostras, que ficaram em torno de 24 mg/L.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  561
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.59 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Turbidez.**



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 8.1.60 – Resultados da campanha de amostragem na ADA para o parâmetro Sólidos Dissolvidos.**

Os resultados aqui apresentados referentes ao levantamento de dados primários nas proximidades da ADA do empreendimento são condizentes com os levantamentos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  562
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

secundários já realizados e apresentados anteriormente. Em resumo, a qualidade da água atende aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/2005 para a maioria dos parâmetros, com exceção de Boro Total, Coliformes Termotolerantes, Fósforo e Ferro Solúvel, estes últimos detectados em maior nível nas amostras de fundo. Estes resultados corroboram com o que já é possível observar em campo: o lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos da região do Porto de Paranaguá, além de possível contaminação por ferro oriundo das estruturas ou navios.

#### 8.1.8.3.4 Fontes Poluidoras

Na área de estudo para determinação da área de influência indireta são observadas 45 potenciais fontes poluidoras, distribuídas nos municípios de Antonina, Morretes e Paranaguá. Destas 22 são localizadas no município de Paranaguá, considerado com área de estudo para determinação da área de influência direta. Estas fontes poluidoras podem ser identificadas na Tabela 8.1.62 e localizadas no Anexo I – Mapa 20 – Mapa de Localização de Potenciais Fontes Poluidoras nas Áreas de Estudo para determinação das Áreas de Influência Direta (AEID) do Meio Físico. Segundo os dados, verifica-se que a principal fonte poluidora de Antonina são os lixões, sendo responsável por praticamente metade das fontes verificadas na cidade. Já na cidade de Morretes, as principais fontes poluidoras verificadas foram os areais, seguido pelas fábricas de papel. Paranaguá é o município com o maior número de fontes poluidoras, 22 no total, e destas a maioria é de empresas de fertilizantes. Devido as características das principais fontes poluidoras é possível determinar as prováveis fontes de contaminação através dos potenciais usos da água.

**Tabela 8.1.62 – Identificação das Potenciais Fontes Poluidoras na AEID**

Número	Fonte Poluidora
<b>Antonina</b>	
01	Porto Barão de Tefé
02	Indústria de Ferro Gusa do Paraná
03	Fábrica de Papel São Marcos
04	Lixão da Esplanada do Areião
05	Futuro Aterro Sanitário
06	Lixão Atual – Estrada do lixão (Saivá)
07	Lixão de Antonina
08	Lixão Pinheirinho
09	Lixão do Mamboeiro
10	Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Sousa
11	Saibreira

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  563
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Número	Fonte Poluidora
12	Estração de seixos
<b>Morretes</b>	
01	Lixão a céu aberto de Morretes (Colônia Seis Marias)
02	Lixão Antigo de Morretes (Sapitaduva)
03	C.T.M. Papéis Ltda (recicladora)
04	Fábrica de Papel São Marcos 2
05	Fábrica de papel Kraft (Induspel)
06	Areal Berreiros
07	Areal Brustolin
08	Areal Bertazoni
09	Extração de Seixos
10	Areal do Hernesto
11	Roquelwe Comércio de Artes Metalizadas Ltda.
<b>Paranaguá</b>	
01	Fertipar Fertilizantes do Paraná Ltda.
02	União Vopak
03	Cotriguapu
04	Posto de Combustível (abandonado)
05	Catlini Terminais Marítimos Ltda.
06	Lava Car Santa Rita
07	Lava Car do Pedro
08	Anadali Operações Industriais Ltda.
09	Mosaic
10	Macrofértil Indústrias e Comércio de Fertilizantes Ltda.
11	Aubos Sudoeste Ltda.
12	Estiinave
13	MultiTrans Transportes e Armazenagens Gerais Ltda.
14	Lixão do Imbocuí
15	Península Internacional Ltda.
16	Fospar S.A.
17	Sadia S.A.
18	Delta Fertilizantes Ltda.
19	Heringer Fertilizantes Ltda.
20	Trans Aubos S.A.
21	Válvula Dutovia Araucária / Paranaguá (OLAPA)
22	Estação de Tratamento de Esgoto Emboguaçu

Fonte: ADEMADAN, 2006.

#### 8.1.8.4 Hidrogeologia

A hidrogeologia é o ramo da hidrologia que estuda a água subterrânea, levando em especial consideração a relação desta com o ambiente geológico, assim como com o uso do solo. Dessa forma, torna-se de importância muito grande o reconhecimento dos sistemas aquíferos, possibilitando verificar fatores como a recarga dos mesmos, direção do fluxo e a

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  564
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

composição química da água subterrânea, importantes para programar um monitoramento da água subterrânea e executar planos de controle ambiental.

A área do estudo assenta-se em Paranaguá, no litoral paranaense. Segundo Angulo (2004) a região compreende como principais domínios geológicos as rochas do embasamento ou escudo cristalino, e a cobertura sedimentar cenozoica. Nesse contexto incidem as áreas ADA e AEID.

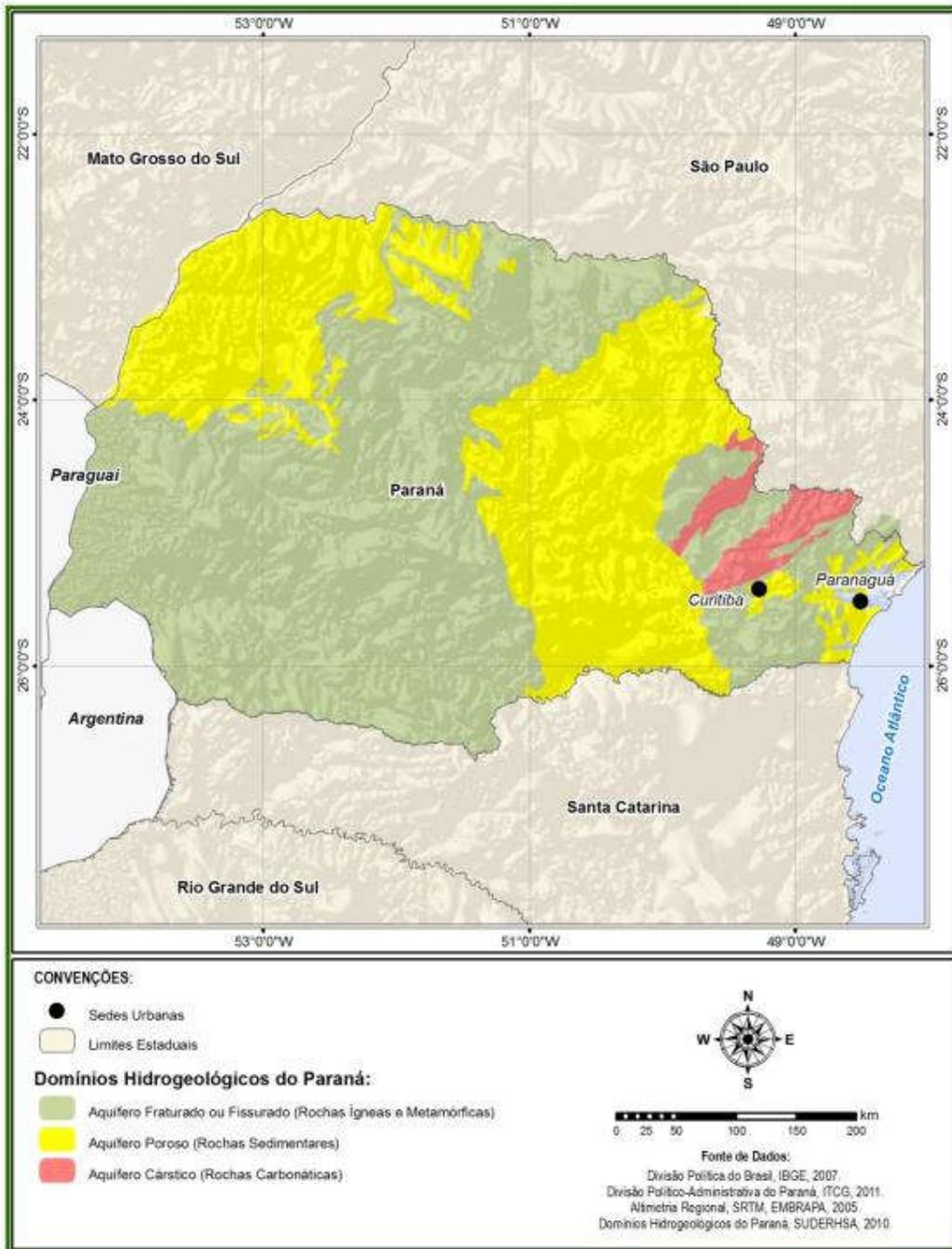
No estado do Paraná, o Instituto de Águas do Paraná (2010) utiliza como referência para classificação hidrogeológica regional, três tipos de aquíferos que levam em consideração a litologia e a capacidade de armazenamento de água. Dessa forma são constituídos os grandes domínios hidrogeológicos paranaenses, a saber, Figura 8.65.

*Aquíferos Fraturados* – Os aquíferos fraturados ou fissurados são representados por rochas ígneas e metamórficas, sem porosidade primária, onde a recarga, circulação e armazenamento da água ocorrem por aberturas ou descontinuidades originadas por eventos posteriores à formação da rocha, tais como fraturas, falhas e diaclases. Sua distribuição ocorre no Escudo Paranaense (leste do estado) sobre rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas e no centro-oeste do estado (Terceiro Planalto) sobre basaltóides do Juro-Cretáceo.

*Aquíferos Porosos* – Os aquíferos porosos são representados por rochas sedimentares que possuem porosidade primária, permitindo recarga e circulação hídrica pelos espaços entre os grãos constituintes da rocha. Sua distribuição ocorre na porção centro-leste do estado (Segundo Planalto) em rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Fanerozóico), rochas sedimentares no noroeste do estado (Cenozoico) e rochas sedimentares na Planície Costeira.

*Aquífero Cárstico* – o aquífero cárstico é representado especificamente por rochas carbonáticas onde a recarga, circulação e armazenamento da água ocorrem por estruturas de dissolução da rocha. Sua distribuição ocorre no Escudo Paranaense, em rochas do Grupo Açungui.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  565
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.65 – Domínios Hidrogeológicos do Paraná.**

A AEII do empreendimento abrange duas unidades aquíferas paranaenses como mostra o Anexo I – Mapa 21 - Mapa Hidrogeológico Regional, as unidades Pré-Cambriana e Costeira. A unidade Pré-Cambriana corresponde à porção constituída pelo embasamento cristalino, incidindo em rochas do complexo gnáissico-migmatítico, sendo o armazenamento das

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  566
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

águas subterrâneas condicionado à recarga em zonas de fraturas ou fissuras e, portanto, definido como sendo descontínuo, anisotrópico e semi-confinado.

A unidade costeira cobre os depósitos areno-argilosos de origem holocênica, constituídos por depósitos litorâneos indiferenciados e depósitos aluvionares, caracterizando um aquífero de permeabilidade homogênea (isotrópico), poroso e livre, implicando em alta vulnerabilidade da água a contaminações de origem superficial e subsuperficial.

A seguir apresenta-se a Tabela 8.1.63, com as correspondentes áreas de abrangência de cada unidade com relação às áreas de influência, ADA, AEID e AEII.

**Tabela 8.1.63 – Áreas de abrangência das unidades aquíferas em relação às áreas de estudo para determinação das áreas de influência.**

Unidade Aquífera	ADA		AEID		AEII	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Pré-Cambriana			29,9	5,3	914,9	31,3
Guabirota					10,3	0,4
Costeira	0,5	5,0	317,7	56,7	1.181,7	40,4
Corpo d'água	8,8	95,0	212,4	37,9	820,2	28,0
	<b>9,3</b>	<b>100,0</b>	<b>560,0</b>	<b>100,0</b>	<b>2.927,0</b>	<b>100,0</b>

#### 8.1.8.4.1 Aquífero fraturado

O aquífero fraturado (ou fissural) é representado por permeabilidade secundária instituída sobre rochas ígneas e metamórficas pertencentes ao Escudo Paranaense, mais especificamente relacionado ao empreendimento sobre rochas dos complexos Cachoeira, Gnáissico-Migmatítico e Metamórfico Indiferenciado (Embasamento Cristalino).

As características hidráulicas do aquífero são condicionadas pelo controle estrutural atuante. No caso da área do estudo são definidos dois *trends* estruturais gerais, um de direção NE, implantado em estruturas do embasamento, que tiveram diversos estágios de reativação ao longo da história geológica da região, e outro, de direção NW, implantado pelo enxame de diques de basaltóides do Juro-Cretáceo.

Os aquíferos fissurados em função das discontinuidades não apresentam parâmetros hidrodinâmicos constantes. A porosidade varia em função do sistema de aberturas existentes na rocha em sub-superfície. Em certos locais a porosidade pode ser zero, enquanto em outros locais pode ser alta. A condutividade também varia, não havendo

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  567
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

sentido em falar de transmissividade, pois se há condutividade ao longo de uma fratura não há coerência em extrapolar esse valor para uma determinada espessura do aquífero onde predominam zonas não fraturadas com comunicação incipiente ou mesmo inexistente.

Dessa forma, as características hidrodinâmicas do aquífero fraturado dependem de fatores como amplitude e abertura das fissuras, forma e rugosidade das paredes das fissuras, frequência ou espalhamento das fissuras, número de famílias ou sistemas de fissuras, orientação e posição das fissuras (direção e mergulho), porosidade e permeabilidade da matriz rochosa, além da distribuição da amplitude das fissuras no sistema, o que determina a heterogeneidade e a anisotropia do meio.

A quantidade e qualidade da água armazenada dependem de fatores exógenos (clima, relevo, hidrografia, vegetação, coberturas alóctones ou autóctones além da ocupação humana) e fatores endógenos (constituição litológica, soluções mineralizantes e estruturas geológicas).

A maioria dos poços perfurados nesse aquífero na região do estudo atingem profundidades superiores a 100 metros, e as principais contribuições de água são obtidas na faixa entre 30 e 100 metros de profundidade. As vazões são bastante variáveis, dependendo das estruturas que permitem conectividade hidráulica, seccionadas durante a perfuração. Melhores resultados em termos de vazão podem ser obtidos buscando-se local os poços em pontos onde alinhamentos estruturais possam representar padrões regionais, como comentado nos parágrafos anteriores.

Para Giusti (1996) as rochas do embasamento cristalino se caracterizam como os melhores aquíferos da região. Segundo o autor, este aquífero possui vazões da ordem de 1,8 a 25,3 m<sup>3</sup>/h e média de 6,7 m<sup>3</sup>/h. Ainda segundo o autor, os migmatitos pegmatíticos são melhores produtores de água em relação aos migmatitos apolíticos, tendo até mesmo uma grande quantidade de poços nulos sobre estes últimos na região.

No estado do Paraná, generalizadamente a recarga dos aquíferos subterrâneos ocorre de maneira difusa (SEMA - ÁGUAS PARANÁ, 2010), seja o aquífero do tipo fissural, granular ou de dissolução química.

A recarga difusa (ou recarga direta) ocorre sobre grandes áreas quando a água é adicionada ao reservatório subterrâneo por processos de percolação vertical através da zona não saturada do solo, descontando os déficits de umidade do solo e da

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  568
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

evapotranspiração. No Paraná a precipitação pluviométrica é sempre superior a 1.200 mm/ano.

A recarga desse aquífero fraturado ocorre, em maior parte, pela drenagem e infiltração da água armazenada nos sedimentos sobrepostos. A água de recarga também pode ocorrer infiltrando em áreas mais distantes, como na Serra do Mar, e percolando pelo meio fraturado. A água do mar também pode contribuir para a recarga do aquífero, infiltrando pelo meio fraturado e conferindo características de salinidade na composição da água do aquífero, principalmente nas proximidades da orla do mar.

Em relação ao aquífero poroso sobreposto, o aquífero fraturado apresenta menor vulnerabilidade quanto à contaminação superficial e subsuperficial, pois o aquífero poroso serve como uma espécie de filtro para a água que é drenada através dele em direção ao aquífero fraturado. De maneira similar, o intrincamento das estruturas que possibilitam conectividade hidráulica também permite certa depuração da água durante o percurso.

#### 8.1.8.4.2 Aquífero poroso

Este tipo de aquífero é constituído pela porosidade primária imposta durante a formação da rocha e armazena grande volume de água. Caracteristicamente a alta porosidade e isotropia permitem o fluxo da água em qualquer direção, dependendo apenas da pressão hidrostática ou potenciométrica.

Para os sedimentos da planície costeira, que representam o aquífero poroso no local do empreendimento, podemos incluir baseados em Angulo (1992) os sedimentos pertencentes à Formação Alexandra, os depósitos associados às vertentes (leques aluviais), depósitos de taludes e colúvios, sedimentos de origem fluvial (bacias de inundação, barras em pontal, meandros abandonados e diques marginais). Ainda para o autor, os sedimentos costeiros pertencem a dois tipos de sistemas: a) planície costeira em cordões litorâneos e b) estuarino. Os dois sistemas são formados por paleoambientes em épocas de mar relativamente alto, e ambientes atuais.

Para Flórez (2005) o aquífero formado pelos sedimentos de planície costeira é caracterizado por sedimentos continentais e marinhos. O autor relaciona a fácies continental à descrição feita por FUNPAR (1997), que caracteriza os sedimentos como subangulosos, mal a muito mal selecionados, compostos principalmente por areia argilosa, argila siltosa, argila arenosa

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  569
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

e areia silto-argilosa, com teores variáveis de grânulos e seixos, configurando um aquífero semiconfinado com permeabilidade de  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  cm/s.

Flórez (2005) relaciona também a fácies continental com a descrição feita por Angulo (1992) que, baseado na classificação de Folk (1954) diz que as principais classes granulométricas que compõem a fácies são lama arenosa pouca cascalhenta (25%), areia lamosa pouca cascalhenta (22%), areia lamosa cascalhenta e argila arenosa (14%). Para esta fácies, Flórez (2005) relaciona os dados de FUNPAR (1997) que afirmam vazões de 1,2 a 42,0 m<sup>3</sup>/h.

Na fácies marinha, Flórez (2005) relaciona a descrição de Angulo (1992) de que há um predomínio de sedimentos arenosos finos a muito finos, com diâmetro médio de 2,65 mm.

Flórez (2005) define o aquífero poroso como livre, com níveis potenciométricos variando de 0,3 a 12,1 metros, permeabilidade de  $10^{-3}$  cm/s e profundidades de até 28 metros. Caracteriza também o aquífero poroso como semiconfinado, quando as profundidades são superiores a 28 metros, sendo constituído, então, por sedimentos costeiros tanto de origem marinha como de origem continental. Importante ressaltar que por se tratar de um aquífero poroso e livre, possui alta vulnerabilidade a contaminações de origem superficial e subsuperficial.

Segundo FUNPAR (1997) os aquíferos que apresentam os melhores parâmetros para a exploração de água são os situados em sedimentos costeiros quaternários, existindo dois horizontes produtores principais. O primeiro é formado por areias médias a grossas, quartzosas, esbranquiçadas, mal selecionadas e subangulosas. Neste contexto apresentam-se camadas (bolsões) argilo-siltosos em meio às areias. Este horizonte possui vazões da ordem de 6 a 20 m<sup>3</sup>/h, sendo que para Flórez (*op cit.*) esta fácies corresponde a depósitos continentais de leques aluviais. O segundo horizonte produtor é composto por areias finas a médias, esbranquiçadas, quartzosas, mal selecionadas, com ocorrência esporádica de seixos de quartzo. Possui vazões da ordem de 4,4 a 9,0 m<sup>3</sup>/h. e para Flórez (*op cit.*) esta fácies corresponde a uma zona de transição entre sedimentos continentais e marinhos.

A potencimetria do aquífero livre para a região de Paranaguá é pequena, segundo FUNPAR (1997), da ordem de 0,5 a 5 metros.

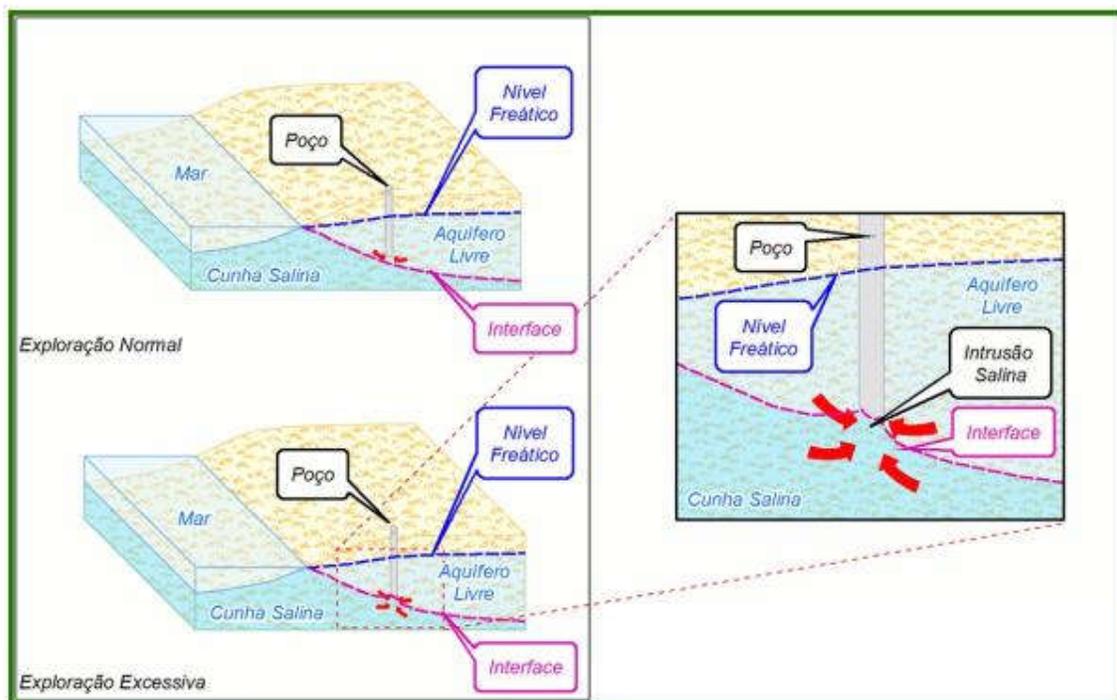
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  570
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.8.4.3 Caracterização hidroquímica do aquífero poroso

Para Giusti (1996) a composição química da água subterrânea no município de Paranaguá, diferencia-se em função das condicionantes litológicas, estruturais e, principalmente, em função de intrusões salinas e da ocupação urbana.

Segundo Flórez (2005) as mineralizações características de ambiente costeiro na água subterrânea são controladas pelas espécies iônicas  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{-2}$ . Para o aquífero da Ilha do Valadares, o autor afirma que a soma destes três íons correspondem a mais de 50% da composição iônica média das águas, aumentando na medida em que as análises se aproximam das margens da Ilha. Ainda segundo o autor, quanto mais elevada é a região (portanto mais exposta aos processos de lixiviação causados pelas águas pluviais) e mais afastada da costa, menor é a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água. Isto pode ser indicativo de uma salinização do aquífero por processos de dispersão hidrodinâmica das águas estuarinas. O autor cita ainda que a classe dominante nas águas da região da Ilha dos Valadares é a cloretada-sódica e que substâncias indesejáveis encontradas são  $\text{NO}_3^{-2}$  e coliformes totais e fecais. O autor cita ainda a possibilidade de ocorrência de uma maior concentração de cloreto e sódio em regiões mais próximas aos estuários.

As características apresentadas nesse tópico relacionam somente a água “doce” do aquífero livre, pois nesse ambiente pode haver o avanço subterrâneo da água do mar em direção ao continente. Nesse caso, existe a formação da denominada “cunha salina” caracterizada pela porção de água salgada que se posiciona abaixo da água doce, conforme exemplificado pela Figura 8.66. Existe um equilíbrio natural entre os dois tipos de água, de maneira que a exploração excessiva implica no rebaixamento do lençol freático e permite o avanço ou intrusão da água subterrânea enriquecida por sais provenientes do mar.



**Figura 8.66 – Representação do Processo de Intrusão Salina.**

Considerando o exposto acima, há influência de águas consideradas salobras, principalmente na região da orla do mar. Segundo Giusti (1996) as profundidades em que ocorre intrusão salina variam de 30 a 60 metros nas proximidades da orla do mar. Na região de Alexandra, essa profundidade pode chegar a 80 metros. Em análises de amostras da região, o autor constatou a influência da água do mar nos resultados em que o sódio e o cloreto predominam sobre os outros íons. Segundo ele, no perfil catiônico das amostras com alto teor de sal, ocorreu um domínio de sódio ( $Na > Mg > Ca > K$ ). Em relação ao perfil aniônico, o íon cloreto é dominante na água de maior salinidade.

#### 8.1.8.4.4 Caracterização hidrogeológica da área diretamente afetada

A área prevista para a instalação do empreendimento é constituída por sedimentos marinhos de planície costeira e sedimentos marinhos associados a manguezais, caracterizando um aquífero poroso.

Na área prevista para a instalação do Complexo Náutico ocorrem mangue e bancos arenosos. O primeiro possui solo lamoso com matéria orgânica e apresenta-se úmido e saturado permanentemente. O segundo ocorre em uma estreita faixa marginal que separa o

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  572
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

mangue do canal estuarino, possui solo arenoso a areno-argiloso, não se encontra saturado permanentemente. Nessa área observa-se o avanço da água do mar durante a maré alta.

As áreas previstas para a instalação dos píeres encontram-se, em zonas submersas do canal estuarino sobre sedimentos de fundo rasos atuais.

Foram instalados seis poços de monitoramento durante dos trabalhos. Os poços PM-01, PM-02 e PM-03 foram instalados na ADA do Complexo Náutico e os poços PM-04, PM-05 e PM-06 foram instalados nas proximidades da ADA referente a instalação dos píeres em F e em L.

#### 8.1.8.4.5 Caracterização do aquífero poroso

Para a caracterização do aquífero poroso foram instalados seis poços piezômetros com o intuito de permitir a medida da profundidade da água do aquífero, além de possibilitar a coleta de amostras para a caracterização da qualidade da água.

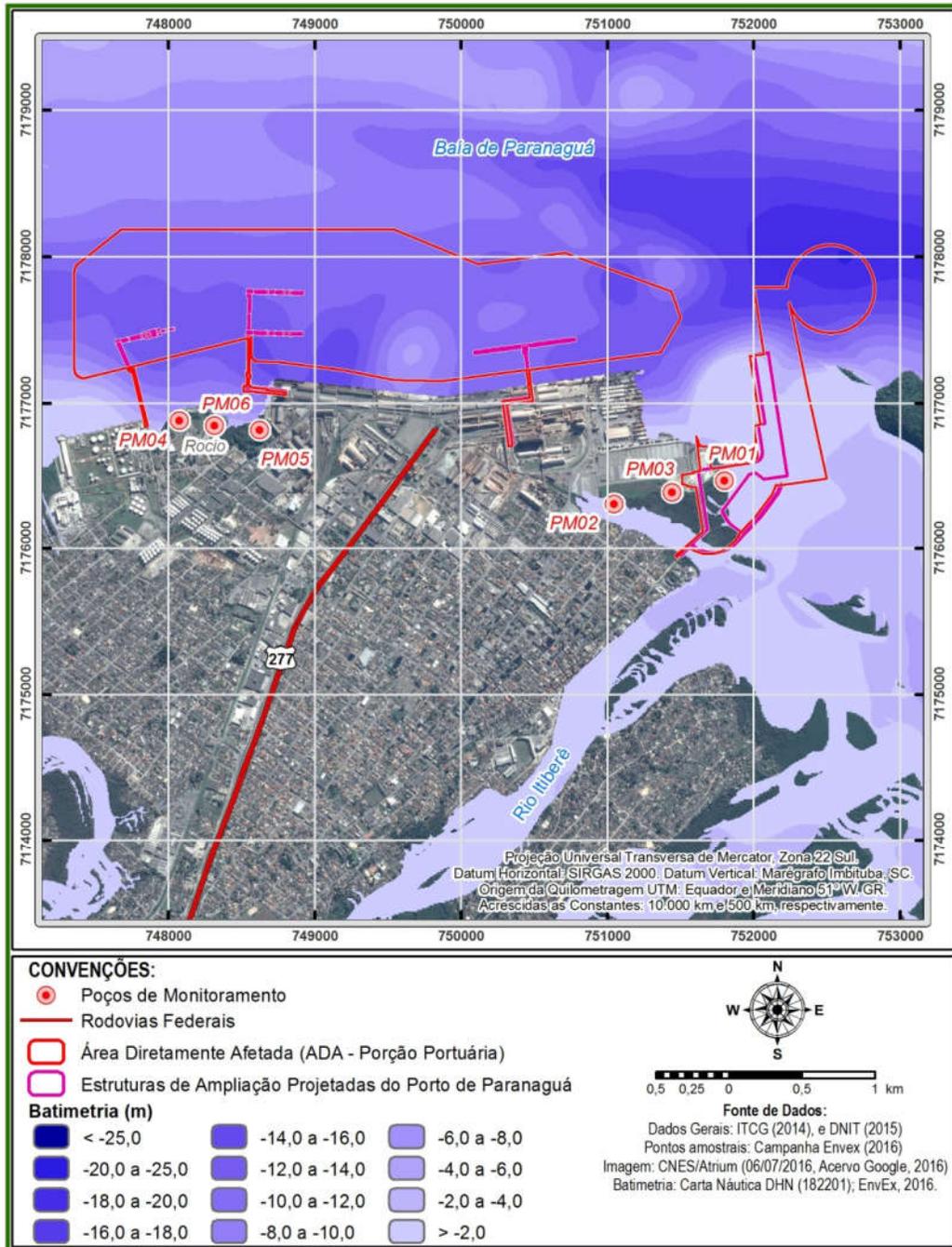
As perfurações para a instalação dos poços foram efetuadas utilizando-se trado helicoidal de 4", e foram executadas entre os dias 10 e 11 de junho de 2016. O espaçamento das sondagens visou possibilitar uma amostragem representativa de toda a área de estudo. Os poços de monitoramento foram instalados com canos de PVC simples, ranhurados a mão. A porção ranhurada do revestimento do poço (filtros) foi envolvida com manta de *bedin* para evitar o carreamento de sedimentos mais finos que o diâmetro da abertura das ranhuras dos filtros para dentro no poço. (Figura 8.67).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  573
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



**Figura 8.67 – Sequência de atividades desenvolvidas durante a instalação dos poços de monitoramento. Em (1) instalando coluna de revestimento do PM-01, pode-se perceber vegetação de mangue. Em (2) PM-01 já instalado. Em (3) perfuração com trado. Em (4) PM-05 sendo instalado.**

Preocupou-se em acessar somente o aquífero livre, não aprofundando demais a instalação dos poços para evitar que pudesse ser captada água oriunda da cunha salina existente. A localização dos poços pode ser observada por meio da Figura 8.68 apresentada a seguir



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.68 – Imagem do Google Earth com a localização dos Poços de monitoramento (PM) instalados.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  575
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Nos poços de monitoramento (PM) foram medidos os níveis da água utilizando medidor de nível com fita graduada e sensor eletrônico, tomando-se a precaução de obter as medidas no menor intervalo de tempo para minimizar os possíveis efeitos da oscilação da maré sobre os níveis da água dos poços. As leituras foram efetuadas no dia 13/06/2016 entre 16:30 e 18:00 horas.

Na perfuração das sondagens para a instalação dos poços constatou-se uma sequência superficial argila arenosa com restos de vegetais e matéria orgânica de coloração marrom escura a preta que recobre uma sequência de areia fina constituída por grãos de quartzo e coloração cinza clara. Na Tabela 8.1.64 são apresentadas as características obtidas para a instalação dos poços de monitoramento.

**Tabela 8.1.64 – Relação dos Poços Piezômetros Instalados na ADA do empreendimento.**

Poço	UTM E	UTM N	Descrição	Entrada de água (m)	Nível da água (m)
PM-01	7.176.464	751.804	0,00 a 0,50 m: Areia fina a média com pouca argila na matriz, cinza.	0,30	0,15
PM-02	7.176.306	751.050	0,00 a 0,45 m: Argila preta, orgânica, com restos vegetais. 0,45 a 0,60 m: Areia fina a média com pouca argila na matriz, cinza escuro.	0,30	0,00
PM-03	7.176.383	751.445	0,00 a 0,60 m: Argila arenosa, marrom escuro.	0,40	0,00
PM-04	7.176.876	748.079	0,00 a 0,15 m: Argila arenosa, marrom, com restos vegetais. 0,15 a 1,50 m: Areia fina, cinza claro.	1,00	0,89
PM-05	7.176.809	748.627	0,00 a 0,15 m: Argila arenosa, marrom, com restos vegetais. 0,15 a 1,40 m: Areia fina, cinza claro.	0,90	0,68
PM-06	7.176.843	748.316	0,00 a 0,20 m: Argila arenosa, preta com restos vegetais. 0,20 a 1,20 m: Areia fina, cinza claro.	0,60	0,71

Depois de instalados os poços de monitoramento foram efetuadas duas campanhas de amostragem de água. Uma em junho/2016 e outra em setembro/2016. Para as coletas foram utilizados *bailers* descartáveis, um para cada ponto de amostragem. Antes da coleta propriamente dita, foi efetuada a purga de cada um dos poços a fim de que a coleta fosse representativa do aquífero livre no local.

As amostras de água coletadas foram transferidas para frascos específicos referentes a cada análise a ser realizada. Os frascos foram acondicionados em caixas refrigeradas e

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  576
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

encaminhados ao laboratório no mesmo dia em que as coletas foram efetuadas (Figura 8.69).



**Figura 8.69 – Coleta de amostra sendo realizada no PM-01 (1) e frascaria utilizada no acondicionamento das amostras de água coletadas nos poços de monitoramento (2).**

O nível da água, ou superfície potenciométrica, considerado aqui como o nível estático para as condições hídricas prevalecentes na época do estudo, foi medido no dia 13/06/2016 entre 16:30 e 18:00 horas. Para a complementação do estudo foram ainda medidos os níveis da água em dois empreendimentos de Paranaguá:

1. COMBUSPAR COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS LTDA., localizado Av. Gabriel de Lara, 1037, Centro – Paranaguá / PR;
2. AKIRA TRANSPORTADOR REVENDEDOR RETALHISTA DE ÓLEO DIESEL LTDA, localizado na esquina da Rua Samuel Pires de Melo, com a BR 277 S/N, Vila Paranaguá.

Ressalta-se que o fluxo no local é influenciado por algumas variáveis, sendo uma das mais importantes a variação da maré. Por isso a medição dos níveis de água foram realizados no menor espaço de tempo, visando minimizar sua influência no resultado dos dados obtidos.

As medidas de nível d'água utilizadas estão resumidas na Tabela 8.1.65.

**Tabela 8.1.65 - Níveis d'água medidos.**

Leste-Oeste	Norte-Sul	Cota	N.A.	Carga Hidráulica	Poço
751.804,00	7.176.464,00	6,00	2,74	3,26	PM 01
751.050,00	7.176.306,00	6,00	2,40	3,60	PM 02
751.445,00	7.176.383,00	6,00	2,75	3,25	PM 03
748.079,00	7.176.876,00	3,00	2,93	0,07	PM 04
748.627,00	7.176.809,00	6,00	2,67	3,33	PM 05

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  577
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

748.316,00	7.176.843,00	3,00	2,44	0,56	PM 06
748.495,00	7.174.524,00	10,00	2,97	7,03	Hoshira
749.851,00	7.175.744,00	9,00	1,53	7,47	Combustar

A superfície potenciométrica obtida é ilustrada pela Figura 8.70.

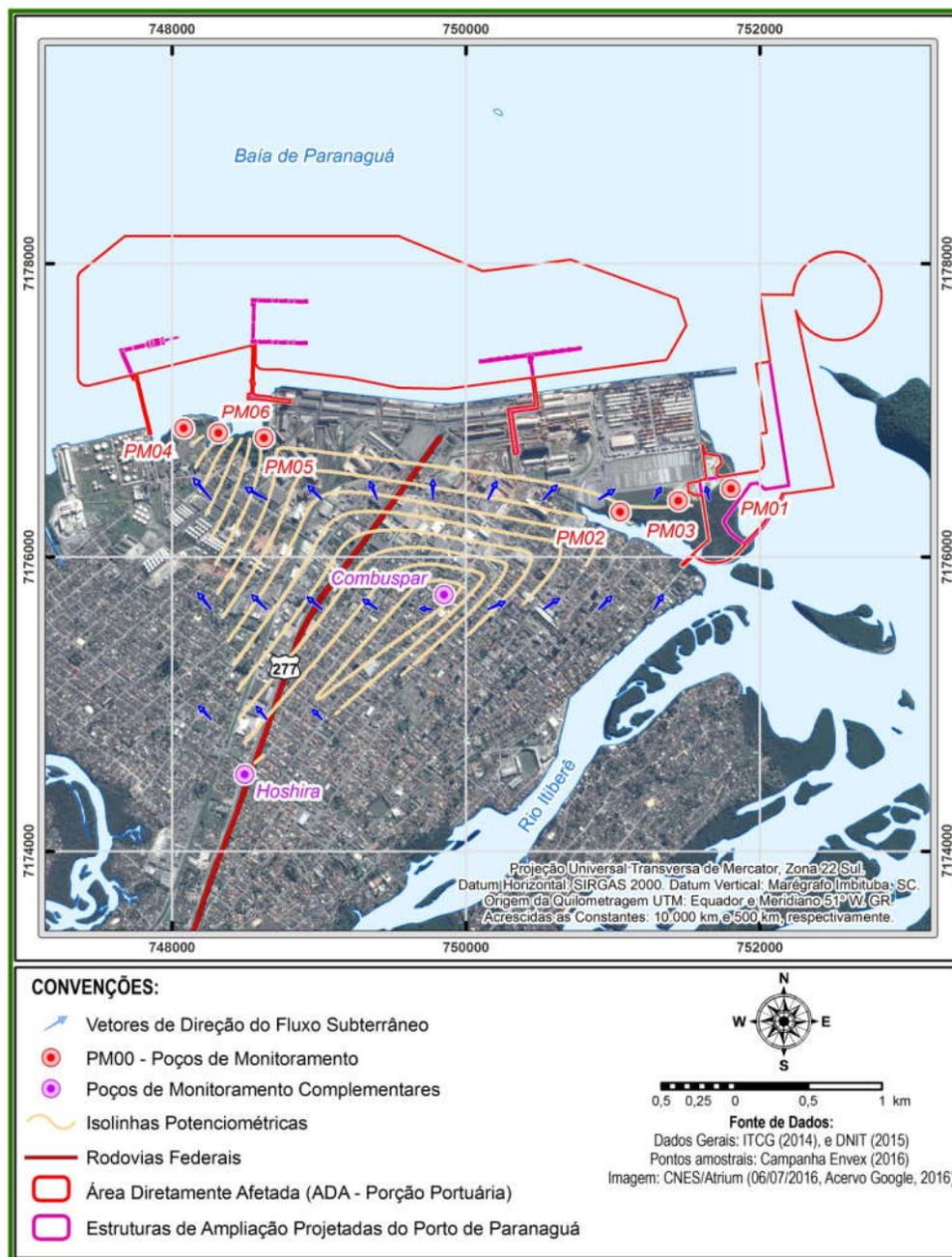


Figura 8.70 – Fluxo preferencial das água subterrânea conforme o nível verificado nos poços de monitoramento.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  578
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.8.5 Qualidade das águas subterrâneas

Para verificar a qualidade química da água freática na área do empreendimento, foram efetuadas duas etapas de coletas de amostras de água nos poços de monitoramento instalados. Na primeira coleta foram obtidas amostras de água dos seis pontos instalados e foi efetuada em 03/06/2016 entre 16:30 e 18:00 horas.

Na segunda coleta foram obtidas amostras de cinco pontos instalados e foi efetuada em 22/09 entre 10:00 e 15:00 horas nos poços PM-02, PM-04, PM-05 e PM-06. Os poços PM-01 e PM-03 haviam sido depredados não tendo sido possível coletar amostras de água nesses pontos na data de 22/09. Dessa forma, nesses pontos foram reinstalados os poços de monitoramento para poder efetuar nova coleta. Em 28/09 foi coletada água no PM-01 às 10:00 horas. A água no PM-03 não foi coletada porque havia, novamente, sido depredado.

As análises referentes às duas campanhas de amostragem foram efetuadas no laboratório TECLAB Ambiental, localizado em São José dos Pinhais, e deram entrada no laboratório na manhã dos dias seguintes às coletas. Desde a coleta até a entrada no laboratório as amostras ficaram acondicionadas sob refrigeração. Os laudos são apresentados no Anexo V.

A seguir é apresentada a Tabela 8.1.66 com o resumo dos parâmetros analisados e valores máximos permissíveis (VMP) estabelecidos na resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e na resolução CONAMA 420/2009 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade de solo e água quanto a presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

**Tabela 8.1.66 - Caracterização Química da Água Freática em Relação aos Poços Analisados.**

Parâmetros Analisados	Unidade	Resultados												Valor Máximo Permitido - VMP			
		Pm-01		PM-02		PM-03		PM-04		PM-05		PM-06		Consumo humano	Dessedentação de Animais	Irrigação	Recreação
		Coleta 13/06/2016	Coleta 28/09/2016	Coleta 13/06/2016	Coleta 22/09/2016												
Alumínio	µg/L	<20,0	17,0	20,0	520,0	60,0	-----	90,0	150,0	200,0	210,0	220,0	180,0	200	5.000	5.000*	200
Benzeno	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-----	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5 (3)	-	-	-
Cor Aparente	H <sub>z</sub>	80,0	32,0	350,0	55,0	150,0	-----	200	131,0	100	178,0	250,0	101,0	-	-	-	-
Cromo Total	µg Cr/L	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	-----	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	50	1.000	100	50
Cobre Total	µg Cu/L	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	-----	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	2.000	500	200	1.000
Etilbenzeno	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-----	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	300 (3)	-	-	-
Ferro Total	µg Fe/L	190,0	2.690,0	170,0	97.000	2.720	-----	450,0	15.800,0	330,0	13.600,0	630,0	58.000	300	-	5.000	300
Alaclor	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-0	3
Aldrin +Dieldrin	µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-----	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	-	-	1
Atrazina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2	5	10	-
Bentazona	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	300	-	-	400
Clordano	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	-	-	6
2,4D	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	30	-	-	100
DDT	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2	-	-	3
Endossulfan	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-	40
Endrin	µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-----	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,6	-	-	1
Hexaclorobenzeno	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1	0,52	-	-
Heptacloro + heptacloro epóxido	µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-----	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	-	-	3
Lindano	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2	4	-	10
Metolacoloro	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	10	50	28	800
Metoxicloro	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-	-
Molinato	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6	-	-	1
Pendimetalina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-	600
Pentaclorofenol	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	9	-	-	10
Permetrina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-	300
Propanil	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	-	-	1.000
Simazina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2	10	0,5	-
Trifluralina	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-----	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	45	-	500
Manganês Total	µg Mg/L	2.170,0	670,0	400,0	570,0	2.470	-----	2.390	930,0	180,0	770,0	700,0	3.210,0	100	50	200	100
m,p Xilenos	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-----	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	500 (3)	-	-	-
Amônia	mg NH/L	<0,10	0,66	<100,0	15,43	<0,1	-----	<100,0	3,47	<0,10	2,05	<100,0	2,49	-	-	-	-
Níquel Total	µg Ni/L	<10,0	<10,0	<10,0	<0,01	<10,0	-----	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	60,0	20	1.000	200	100
Nitrogênio Total	mg N/L	<1,0	2,85	<1,0	18,0	<1,0	-----	<1,0	5,6	<1,0	2,6	<1,0	3,0	-	-	-	-
Óleos e Graxas Totais	mg/L	<5,0	<5,0	<5,0	11,4	<5,0	-----	<5,0	8,9	<5,0	21,5	<5,0	17,1	**	-	-	-
o Xilenos	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-----	<1,0	<1,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	-	-	-	-
Fósforo Total	µg P/L	0,12	4,7	4.810	1,55	1.250	-----	2,09	0,71	9.000	1,2	3.300	7,45	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais	µg/L	27.470,0	18.084,0	15.300,0	10.220,0	13.320,0	-----	670,0	2.116,0	490,0	992.000,0	1.230,0	17.756,0	1.000.000	-	-	-
Tolueno	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-----	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	700 (3)	-	-	-
Turbidez	UT	414,2	27,4	983,82	15,2	861,16	-----	738,49	7,9	689,43	52,6	542,23	44,0	-	-	-	-
Zinco Total	µg Zn/L	60,0	60,0	<5,0	<0,05	0,08	-----	0,06	0,39	0,77	1,59	120,0	1,02	5.000	24.000	2.000	5.000
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	<100	1.100	2.300	400	1.200	-----	800	300	700	100	800	200	Ausentes em 100 mL	200/100 mL	-	1.000/100 mL

VMP - Valores Máximos Permitidos para cada um dos usos considerados como preponderantes e aceitáveis conforme RESOLUÇÃO CONAMA 396. \*\* - Virtualmente ausentes. (2) - Lista Holandesa de valores de qualidade do solo e de água subterrânea – valores de intervenção. (3) - Resolução CONAMA nº 420/09.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  580
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A cor, assim como a turbidez, está associada à presença de sólidos presentes na água. Esses sólidos podem ser tanto orgânicos como inorgânicos e causando o aumento da cor na água causam efeitos organolépticos indesejáveis. No caso das amostras analisadas para a água subterrânea, observa-se uma significativa associação entre o aumento da cor, quase que proporcionalmente ao aumento da turbidez, parecendo ambos relacionados com o aumento da quantidade de sólidos totais. A proporção desses parâmetros pode estar associada com a própria coleta nos poços de monitoramento, pois apesar da purga efetuada para aumentar a representatividade da água do aquífero, não foi efetuado bombeamento prolongado a fim de desenvolver a formação aquífera.

A constatação de alumínio próximo à faixa de limite de potabilidade pode estar relacionada a maiores proporções de matéria orgânica ou aporte de fontes externas que propiciam o aumento da acidez da água, ambos favorecendo o aumento de teores de alumínio. Teores acima do valor permissível para consumo humano (que não é o caso) foram detectados nos poços PM-02 e PM-05. No PM-02 o incremento foi bastante substancial entre o valor detectado na primeira coleta (jun/2016 = 20,0 µg/L) para a segunda coleta (set/2016 = 520,0 µg/L) e pode estar relacionado com a grande quantidade de matéria orgânica detectada durante a perfuração. No PM-05 o valor é aproximadamente o mesmo (200 µg/L na primeira coleta para 210 µg/L na segunda coleta). Já os valores detectados nos poços PM-04 e PM-06 variaram entre 150 e 180 µg/L. A ocorrência de alumínio nos poços PM-04, PM-05 e PM-06 pode estar relacionada com a presença de matéria orgânica oriunda da decomposição de restos vegetais detectados durante as perfurações para instalação dos poços nesses locais. A possibilidade de ter havido e continuar havendo aporte externo dessa substância, de acordo com o entorno imediato, parece muito remota.

O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais, sendo um nutriente essencial em baixas doses. O aporte na água subterrânea pode resultar a partir da infiltração de efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais.

O cromo ocorre na água subterrânea comumente em quantidades inferiores a 0,001mg/L e nas águas superficiais entre 0,01 e 0,1 mg/L. Na água coletada e analisada no presente trabalho, o teor de cromo total foi inferior a 0,05 mg/L, representando o "*background*" esperado para a água superficial e subterrânea na área. O ferro apresentou teor acima do valor permissível em quatro amostras analisadas.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  581
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O ferro ocorre naturalmente na água subterrânea - principalmente pela dissolução dos minerais de ferro presentes no solo - na forma de carbonato ferroso solúvel. Não apresenta toxicidade, mas traz diversos problemas para o abastecimento público de água, pois confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Dessa forma, os limites permissíveis de concentração para o ferro são estabelecidos por critérios organolépticos. Nas águas superficiais os teores de ferro podem aumentar em épocas chuvosas pelo carreamento de solo e aumento de erosão nas margens dos rios, dessa forma podendo contribuir localmente - em função da infiltração - no aumento dos teores na água subterrânea. Outras fontes de aporte pontuais de ferro para a água subterrânea podem ser oriundas de indústria metalúrgica ou de materiais constituídos por ligas de ferro armazenados na superfície do terreno. A oxidação desses materiais permite liberação de ferro para o solo e por infiltração para a água subterrânea no local, podendo constituir anomalias pontuais. O ferro apresentou teor acima do valor permissível para consumo humano (que não é o caso) em todas as amostras analisadas. Provavelmente a concentração desse elemento na água ocorre por causas naturais.

Na análise laboratorial obteve-se valores entre 0,00012 e 9 mg/L para a concentração de fósforo na área. O fósforo aparece em águas naturais devidos, principalmente, às descargas de esgotos sanitários, sendo que a matéria orgânica fecal e os detergentes em pó domésticos se constituem na principal fonte de aporte para a água subterrânea.

A ocorrência natural também é devida a dissolução de rochas, carreamento de solo e decomposição de matéria orgânica. Por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais. Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05 mg/L. A resolução CONAMA 396 e Portaria 2.914 do Ministério da Saúde não relacionam valores de restrição para o fósforo presente na água para consumo humano.

O manganês na área foi quantificado com teores acima de 1 mg/L, sendo que raramente isso ocorre em águas naturais. Sua ocorrência nas águas superficiais e subterrâneas é natural, entretanto, atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Fontes de aporte de manganês podem vir de materiais usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outras.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  582
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O níquel não foi detectado na análise das amostras coletadas nos poços de monitoramento. Óleos e graxas não são encontrados naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas, e nas amostras analisadas não foram detectados. A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L, sendo que em águas subterrâneas ocorre de forma natural entre 10<sup>-40</sup> µg/L. Na área, foi detectado nos poços de monitoramento variando entre os teores de 0,08 e 120 µg/L. Fontes de aporte podem resultar de compostos usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus etc. É um elemento essencial ao corpo humano em pequenas quantidades, tornando-se prejudicial somente em concentrações muito elevadas, neste caso pode acumular-se em tecidos do organismo humano.

Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos são compostos orgânicos que provém da gasolina, e não foram detectados nas amostras analisadas. HPA são hidrocarbonetos poli aromáticos que representam o óleo diesel e também não foram detectados nas amostras analisada.

O nitrogênio pode ocorrer naturalmente nas águas superficiais e subterrâneas em diferentes estados de oxidação como nitrogênio amoniacal, nitrogênio albuminoide, nitrito e nitrato. Nas amostras de água analisadas não foram detectados amônia e nitrogênio total. Defensivos agrícolas, devido à alta toxicidade daqueles constituídos por substâncias inorgânicas como enxofre, flúor, mercúrio, entre outros, foram substituídos por orgânicos sintéticos classificados como clorados (DDT, HCH, Aldrin, Dieldrin, Lindano, entre outros) que possuem longo efeito residual, fosforados (com toxicidade aguda ao homem), carbamatos, piretróides. Nas análises efetuadas não foram detectadas substâncias relativas a defensivos agrícolas.

Coliformes termotolerantes são microrganismos cujo principal representante é o *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Podem ocorrer em altos teores quando há aporte de matéria orgânica (como em efluentes industriais e matéria vegetal, por exemplo). No caso do *E. coli*, sua presença pode possibilitar a ocorrência de microrganismos patogênicos. Na legislação, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica das águas. Nos laudos laboratoriais das amostras de água analisadas, somente no poço PM-01 cuja coleta foi efetuada na primeira campanha, não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes. Em todas as outras análises foram detectados teores acima dos valores permissíveis para consumo humano (que não é o caso). A origem da ocorrência de coliformes termotolerantes no local, possivelmente é função da quantidade de matéria

		Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  583
		Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

orgânica verificada nas camadas superficiais do solo onde foram instalados os poços de monitoramento, cujo exemplo pode ser observado na (Figura 8.71).



**Figura 8.71 – Visualização da camada de argila com matéria orgânica que foi identificada na perfuração para instalação do poço de monitoramento PM-02.**

## 8.1.9 Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira

### 8.1.9.1 Ondas

O regime de ondas no litoral do Paraná é composto por dois trens preferenciais de ondas, provenientes das direções N74° e N174° (ENE e SSE/SE, respectivamente), com ondas mais altas provenientes do quadrante de SE (PORTOBRÁS, 1983). Os swells que afetam as praias na costa do estado do Paraná são mais frequentes nos meses de outono, quando as direções predominantes de ondas são dos quadrantes S-SE (28%), seguidas pelas SE (25%), S (21%) e E-SE (16%) (NEMES, 2011).

Estas frentes de ondas têm origem em dois sistemas distintos: a direção de ENE está relacionada ao anticiclone tropical do Atlântico Sul (centro de alta pressão), com ondas regulares de tamanho intermediário, enquanto que direção SSE/SE está associada à passagem de sistemas meteorológicos com “ondas de tempestades” (PORTOBRÁS, 1983).

As alturas significativas ( $H_s$ ) na isóbata -18 m, nas imediações das ilhas Currais é de 1,6 m, com um máximo significativo de 4,8 m e período ( $T_p$ ) de 8,4 s, alcançando um máximo de 17,8 s (NEMES, 2011). A energia mais alta na costa, está associada com os ventos de S-SE

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  584
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

causando um aumento no nível do mar e, portanto, ondas maiores que as descritas o que tende a intensificar as correntes costeiras (ANGULO *et al.*, 2016)

**Tabela 8.1.67 - Características principais das ondas no litoral do Paraná entre agosto e dezembro de 1983.**

Parâmetros	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Altura máxima (m)	2,3	3,9	3,2	2,6	3,5
Altura significativa (m)	1,6	2,5	2,0	1,5	2,1
Período médio (s)	16,5	10,7	12,0	9,8	12,0
Direção	-	112°	133°	140°	123°

Fonte: Portobrás (1983).

Portanto, a deriva longitudinal no litoral do Paraná ocorre no sentido de N-NE (MARONE *et al.*, 1995), apesar de serem observadas células de menor magnitude com orientações diferentes destas ao longo das praias do litoral do Paraná (ALVES e LAMOUR, 2011). Tais mudanças de padrão de propagação, coincidem com diversas modificações morfológicas na linha de costa, a tornando vulnerável aos processos erosivos (NOVAK *et al.*, 2016), o que oferece risco a propriedade e as áreas importantes para a conservação ambiental.

Na plataforma rasa adjacente a desembocadura sul do CEP, o padrão de ondas mensurado descreve uma altura significativa média de 1,11 m, alcançando um máximo de 5,44 m (ALBERTI, 2010). Segundo Marone *et al.* (1997), o padrões das ondas na região da ilha da Galheta, apresentam alturas significativas que variam entre 0,5 e 0,25 m, com períodos de 7 a 12 s e direção predominante do quadrante SE, durante os meses de verão. Para os meses de inverno as ondas apresentam alturas significativas menores que 0,3 m, com período médio de 5 s, sendo provenientes do quadrante S-SE.

Sendo assim, no interior de corpos estuarinos, como o CEP, as ondas oceânicas apresentam um padrão bastante restrito de propagação, sendo mais ativas nas regiões de desembocaduras dos estuários. Considera-se desta forma que as suas direções e formas de propagação são influenciadas fortemente pelos pontais rochosos, bem como pela batimetria irregular e progressivamente mais rasa em direção do continente.

Diversos autores (MARONE *et al.*, 1997; LAMOUR, 2000; 2007; LAMOUR e SOARES, 2008) ressaltam que o delta de maré vazante formado na desembocadura sul do CEP, funciona como um redutor de energia para as ondas que atingem o litoral do Paraná, devido presença de inúmeras áreas rasas que resultam no desgaste energético. Portanto, o atrito gerado pela interação das ondas com o fundo chega a criar períodos em que as ondas não

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  585
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

adentram ao estuário, contudo em períodos de preamares sob influência meteorológicas, pode ocorrer a penetração do *swell* para áreas internas do estuário (MARONE *et al.*, 1997).

O efeito direto da ação destas ondas evidencia-se pelas constantes variações da posição da linhas de costa na área de desembocadura do CEP, as quais tem mostrado evidências de erosão progressiva desde a década de 1950 (Soares et al., 1994; LAMOUR *et al.*, 2007).

Nas regiões internas do CEP, considera-se que ondas geradas por padrões locais de vento sejam as mais frequentes, onde as suas dimensões (altura significativa e período) são menores se comparadas com as das oceânicas, em função da complexidade da batimetria e da pista de ventos reduzida. Os resultados se refletem em escalas tempo/espço bastante reduzidas, sendo observadas principalmente nos espraiamentos nas planícies de maré que bordejam este complexo estuarino. Os processos de transporte gerados, tendem a movimentar apenas partículas finas de sedimentos, que acabam sendo barrados frequentemente pela vegetação de pequeno porte.

### 8.1.9.2 Correntes

No contexto geral Castro et al. (2005), consideram que a circulação da plataforma continental SE pode ser dividida em três regiões de acordo com a combinação das forçantes (Castro, 1996), sendo: a) correntes na plataforma externa associadas ao fluxo em direção ao sul da corrente do Brasil; b) circulação na região mediana da plataforma, gerada principalmente pelo vento com mudanças de direção durante a passagem de sistemas frontais (sul para norte) e; c) circulação na plataforma interna, devido às desembocaduras de estuários.

Neste último caso, o gradiente de pressão baroclínico próximo à costa força as correntes em sentido norte, especialmente durante os meses de inverno devido à passagem de sistemas frontais. Essa direção predominante nas correntes pode ser invertida pela ação persistente do Anticiclone Tropical com seus ventos de direção E e NE (CASTRO *et al.*, 2005). Segundo Alberti (2010) as correntes na plataforma rasa do litoral do Paraná apresentam variabilidade significativa mensal na sua direção e intensidade, com velocidades médias mensais variando de 0,90 m.s-1 (dezembro de 2006) a 0,50 m.s-1 (outubro de 2007) e direção de incidência das correntes ocorrendo principalmente no quadrante N/NE.

O CEP apresenta características de um estuário parcialmente misturado do tipo B, com heterogeneidades laterais (MARONE *et al.*, 1997), onde as profundidades são pequenas e a

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  586
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

salinidade aumenta na direção da desembocadura. As marés apresentam regime semi-diurno, onde ocorrem duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar (24h 50min) com desigualdades diurnas. De acordo com Knoppers et al. (1987) e Marone *et al.* (1995) o CEP exibe um padrão de estratificação salina somente em situações de fortes marés vazantes, que ocorrem principalmente durante a ocorrência de chuvas intensas.

O eixo E-W do CEP apresenta-se como um estuário hipsíncrono, onde o efeito de convergência excede o de atrito, resultando numa amplificação na variação da maré em direção à sua cabeceira (MANTOVANELLI, 1999). Esta amplificação da maré é controlada, basicamente, pela ressonância, que depende da frequência de oscilação da onda de maré e do comprimento do estuário (CAMARGO e HARARI, 1994). O range médio da maré é de  $\approx 2,0$  m, com um prisma de  $\approx 1,3$  km<sup>3</sup> e intrusão de  $\approx 12,6$  km. As maiores velocidades de correntes atingem 0,8 – 0,85 m.s-1 na enchente e 1 – 1,4 m.s-1 na vazante (FUNPAR 1997; MARONE *et al.*, 2007).

A variação média da altura da maré é de 1,74 m na sizígia e 1,30 m na quadratura na região da desembocadura (Ilha da Galheta); de 2,09 m na sizígia e 1,70 m na quadratura na porção mediana do estuário (na região do município de Paranaguá); e de 2,7 m na sizígia e 2,0 m na quadratura na porção interior do estuário, próximo à cidade de Antonina. A onda de maré percorre a distância entre a Ilha da Galheta e Antonina em 2,2 a 2,52 h durante a quadratura e entre 1,67 a 1,83 h durante a sizígia (MARONE e JAMIYANAA, 1997).

As velocidades máximas das correntes de maré em superfície na porção externa da desembocadura sul do CEP atingem os 0,32 m.s-1 na maré enchente e 0,87 m.s-1 na maré vazante. Na porção interna da desembocadura as velocidades chegam aos 0,59 m.s-1 na maré enchente, e 0,97 m.s-1 na maré vazante (MARONE *et al.*, 1997). No Saco do Limoeiro as correntes de maré mais intensas ocorrem durante as marés vazantes, com média de 0,31 m.s-1 enquanto que nos períodos de maré enchente a média observada atingiu os 0,26 m.s-1 (ARAÚJO *et al.*, 1999).

Ueda (2008) observou junto a desembocadura sul do CEP uma grande estratificação da coluna de água de acordo com a fase da maré, com diferença de salinidade entre o fundo e a superfície chegando a 7,6 g.kg-1 durante as marés de quadratura. As correntes neste período apresentaram uma variação nas suas velocidades entre 0,90 m.s-1 durante as enchentes e 1,05 m.s-1 nas vazantes. Durante os estófos de maré o mesmo autor observou um fluxo bi-direcional bem formado, com correntes orientadas estuário acima nas camadas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  587
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de superfície. Em períodos de sizígia a estratificação diminuiu devido aos processos turbulentos criados pela alta intensidade das correntes de maré.

Souza e Lamour (2011) avaliando as relações campos de correntes de maré e o transporte de sedimentos na desembocadura do CEP, delimitaram as velocidades críticas de cisalhamento em diferentes setores desta área, com maiores valores em torno dos 0,43 m.s<sup>-1</sup> nas maiores profundidades. Estes autores ainda identificaram que velocidades das correntes foram superiores nos períodos de vazante quando comparados com os de enchente.

Já na porção mediana do eixo E-W do CEP, próximo à Ilha dos Gererês, Zem (2008) efetuou medidas de velocidade e direção de correntes de maré junto ao fundo. Os resultados delimitaram dois períodos sazonais distintos: um no período chuvoso (verão austral) e outro no período seco (inverno austral), em marés de quadratura e sizígia, para os anos de 2005 e 2006 (Tabela 8.1.68).

**Tabela 8.1.68 - Principais informações das correntes de marés ao longo do eixo E-W do Complexo Estuarino de Paranaguá.**

Amostragem	Maré	Corrente de maré	Direção	Velocidade (m.s <sup>-1</sup> )
Período chuvoso (Primavera/verão) 2005	Quadratura	Vazante	ENE e E	0,31 a 0,4
		Enchente	WNW e W	
	Sizígia	Vazante	ENE	0,21 a 0,3
		Enchente	WNW e NW	
Período seco (inverno) 2006	Quadratura	Vazante	SE	0,11 a 0,2 e 0 a 0,1
		Enchente	W e WSW	
	Sizígia	Vazante	ESE	0,11 a 0,2
		Enchente	WNW	

Fonte: Zem (2008).

### 8.1.9.3 Turbidez

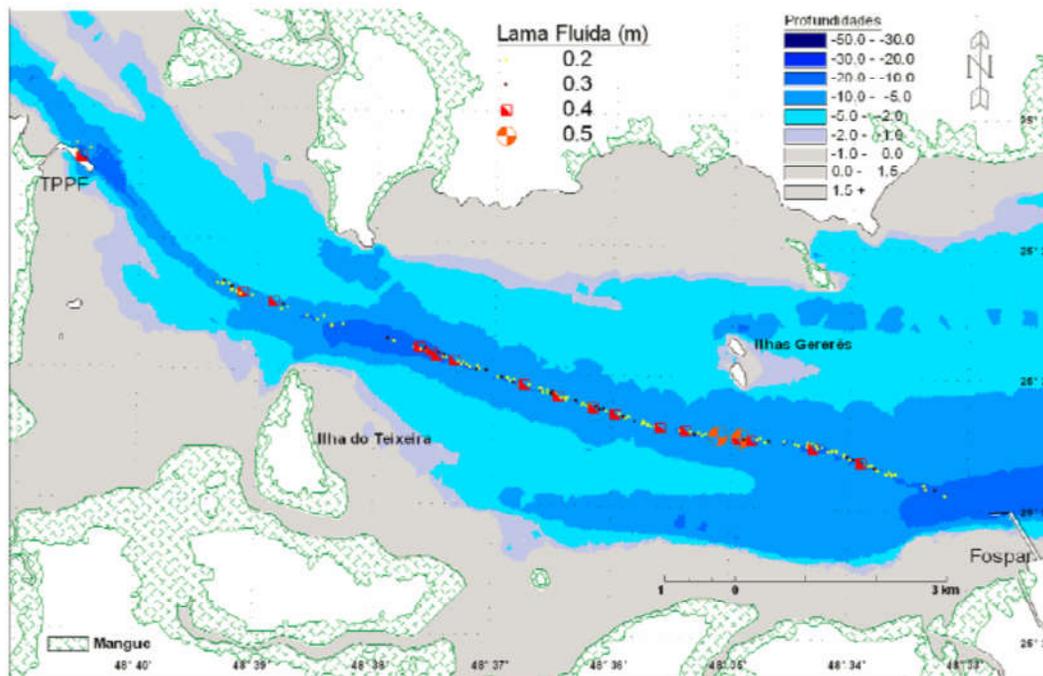
A baía de Paranaguá apresenta uma Zona de Máxima Turbidez (ZMT) na região entre a ilha do Teixeira e o porto de Paranaguá, tendo sido observada a sua migração longitudinal durante o ciclo de maré (MANTOVANELLI, 1999; NOERNBERG, 2001). Mantovanelli (1999) verificou a baixa correlação linear entre a pluviosidade e a vazão das bacias de drenagem da região, caracterizando a dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão (MPS), nas estações seca e chuvosa. A mesma autora, demonstrou a dependência da variação

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  588
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

espacial e temporal da precipitação na variabilidade e a complexidade dos processos de aporte sedimentar para os estuários.

Portanto, a concentração dos sedimentos em suspensão na ZMT varia em função da descarga dos sedimentos trazidos pelos rios, além da ação diferenciada das correntes de maré de sizígia e de quadratura (NOERNBERG, 2001). Neste sentido, a concentrações de Material Particulado em Suspensão (MPS), observadas em 1997 e 1998, variaram junto ao fundo entre 80 e 250 mgL<sup>-1</sup>, com a variabilidade temporal e espacial relacionadas à intensidade das correntes de maré, aos processos de advecção e ressuspensão e às características das partículas em suspensão (MANTOVANELLI, 1999).

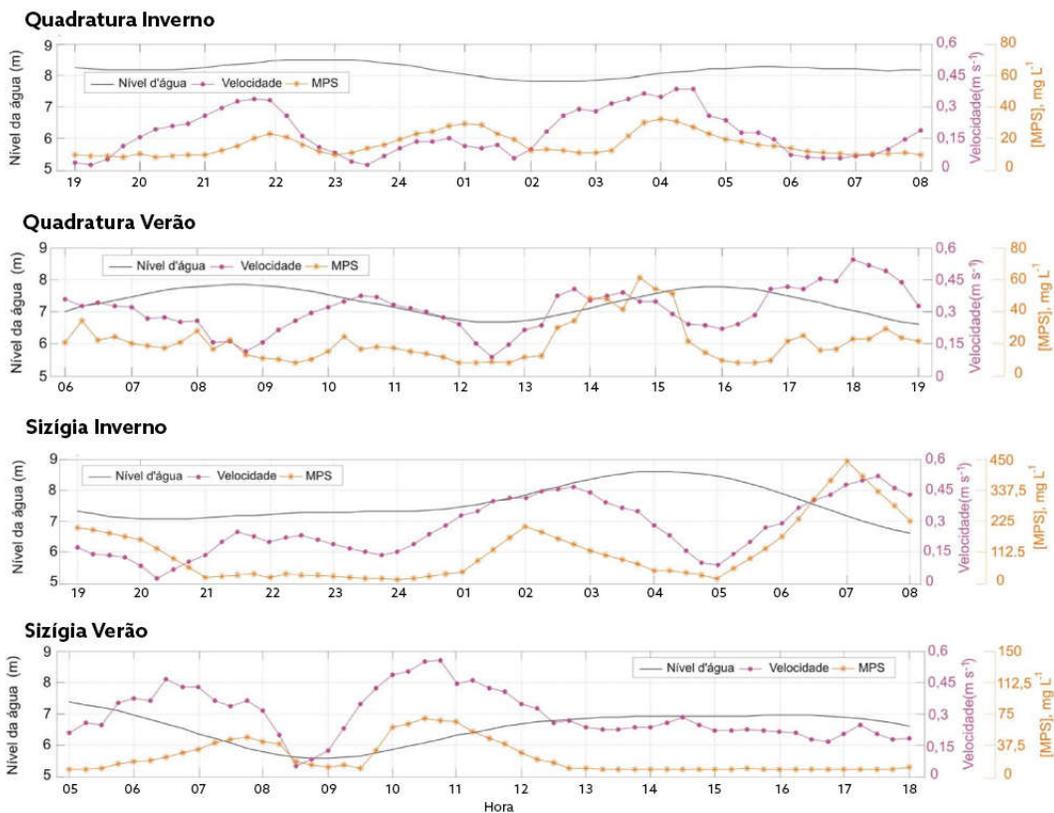
Soares e Noernberg (2007) identificaram e o mapearam a camada de lama fluída no fundo Baía de Paranaguá, que coincidiu geograficamente com a região de ocorrência da ZMT identificadas por Mantovanelli (1999) e Noernberg (2001). As maiores espessuras ocorreram próximo as ilhas Gererês (0,5 m), apesar da predominância de espessuras menores (0,2 – 0,3 m) que se distribuem ao longo de todo trecho analisado. Apesar destas variações, a batimetria permaneceu sem grandes variações, exceto junto a ilha do Teixeira onde as profundidades aumentaram substancialmente (Figura 8.72). Portanto, a hipótese é que esta lama fluída resulta da intensificação de mecanismos estuarinos como os processos de floculação, sedimentação e aprisionamento do MPS junto ao fundo do estuário, sem um aparente controle batimétrico dos processos.



Fonte: SOARES E NOERNBERG, 2007.

**Figura 8.72 – Mapeamento e espessura das camadas de lamas fluídas identificadas no canal de acesso aos terminais portuários de Antonina**

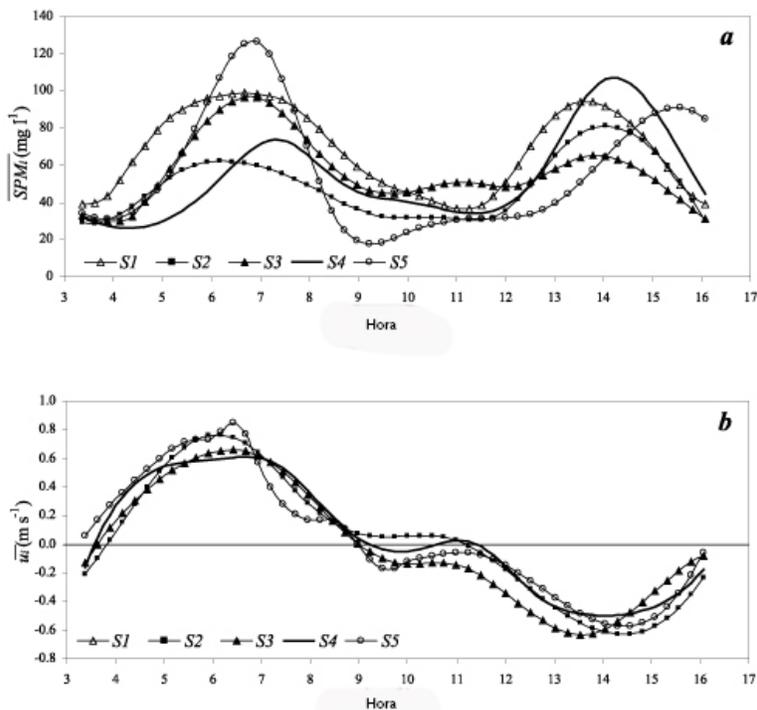
Zem (2008) determinou que as concentrações de MPS variaram conforme as velocidades das correntes, principalmente para a região próxima as ilhas Gererês, pois observou o aumento diretamente proporcional da concentração de MPS e das velocidades das correntes. Nos períodos de verão em sizígia, as concentração de MPS alcançaram os 47 mgL<sup>-1</sup> na maré vazante e 69 mgL<sup>-1</sup> na enchente. As maiores concentrações foram observadas próximo ao fundo com valores de 118 mgL<sup>-1</sup> na enchente e 444 mgL<sup>-1</sup> na vazante, para o período de sizígia de inverno (Figura 8.73). As baixas concentrações de MPS (entre 8 e 10 mgL<sup>-1</sup>) foram observadas por um longo período na maré enchente, concomitantemente ao período em que as correntes apresentaram velocidades entre 0,3 m.s<sup>-1</sup> e 0,15 m.s<sup>-1</sup>. Embora a maior concentração de MPS de maré enchente tenha sido superior à observada na maré vazante, as concentrações médias destes períodos foram similares (22 mgL<sup>-1</sup> e 23 mgL<sup>-1</sup>), respectivamente.



Fonte: Modificado de ZEM, 2008

**Figura 8.73 – Variação da concentração de material particulado em suspensão para os períodos de maré de Sizígia e Quadratura em períodos de verão e inverno**

Através de medições realizadas em uma seção transversal à baía de Paranaguá em frente ao porto de Paranaguá, Mantonvanelli et al. (2004) verificaram a de estratificação vertical do MPS, onde os menores valores de concentração estão na superfície e mais elevadas no fundo. Segundo a mesma autora, este comportamento pela ressuspensão gerada pelo atrito dos fluxos com o fundo. Durante as sizíguas, as concentrações de MPS perto do fundo aumentaram em um fator de 2 para 10 vezes, daquelas medidas durante os períodos de quadratura. As concentrações máximas de MPS nos períodos de sizígia junto ao fundo variaram entre os 60 e os 250 mgL-1, exceto durante um ciclo quando, quando foi registrado um máximo de 511 mgL-1 (S5) (Figura 8.74).



Fonte: Modificado de MANTOVANELLI et al, 2004

**Figura 8.74 – Variações durante a condição de Sízizia de verão (27/03/98/ de (A) a concentração de material particulado em suspensão (MPS) e (B) a velocidade longitudinal (UI) em cada estação (S1 e S5)**

Carrilho et al. (2003) determinaram que a carga do material particulado em suspensão transportada durante marés vazantes, aumenta entre a foz dos rio Embocuí e a extremidade do cais Oeste do porto de Paranaguá, diminuindo progressivamente até a região do Terminal de Contêineres de Paranaguá (TCP). Durante as marés enchentes a carga transportada de material particulado em suspensão decresce no sentido contrário, voltando a aumentar entre o cais Oeste e a foz do rio Embocuí. No balanço final do aporte de MPS que circula pelas seções analisadas, predomina a direção E. A conclusão apresentada por esses mesmos autores, indica que durante as marés vazantes, nem todo o MPS é dispersado para além do limite do TCP. Aparentemente, grande parte desses sedimentos se deposita novamente no interior do estuário, contribuindo provavelmente para o assoreamento da bacia de evolução do porto de Paranaguá.

#### 8.1.10 Caracterização dos Sedimentos

Os sedimentos costeiros pertencem a dois tipos de sistema principais: o de planície costeira com cordões litorâneos, e o estuarino. Ambos são representados tanto por ambientes antigos formados durante períodos em que o nível relativo do mar tinha estava mais altos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  592
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

que o atual, como recentes (praias, planícies de maré, deltas de maré e dunas frontais) (ANGULO, 1992b).

Segundo Angulo *et al.* (2016) a fonte dos sedimentos no litoral paranaense pode ser analisado em duas escalas. Na regional (centenas de km) ao longo do Período Quaternário (~2,6 Ma) devem ser consideradas as mudanças no nível relativo do mar. Neste caso, os sedimentos costeiros provieram do intemperismo das rochas Arqueanas, que foram transportados para costa pelo sistema de drenagem, e que posteriormente foram depositados em deltas, estuários, praias, dunas eólicas e na plataforma. Inúmeros ciclos transgressivos/regressivos durante o Quaternário os retrabalharam, resultando em sedimentos policíclicos com uma textura madura que atualmente estão em circulação na costa.

Segundo os mesmos autores, no presente a deposição dos sedimentos fluviais arenosos ocorre principalmente na região de cabeceira do estuário. Enquanto que na sua porção média, coincidente com a zona de máxima turbidez, ocorrem os sedimentos lamosos sugerindo que as areias não são transportadas para as regiões de costa aberta. Com isso, o aporte na região externa do estuário é uma função da dinâmica costeira, onde os sedimentos plataformais adentram o estuário, concentrando sedimentos arenosos ricos em fragmentos carbonáticos (LAMOUR *et al.*, 2007).

Assim, a distribuição dos sedimentos no CEP pode ser entendida como um misto de partículas de diferentes históricos, onde as maduras estão distribuídas principalmente na zona de desembocadura enquanto que as mais jovens estão em processo contínuo de deposição entre as regiões de cabeceira e média do estuário.

A caracterização da cobertura sedimentar continental, costeira e marinha é amplamente discutida na seção 8.1.4.4 (Cobertura Sedimentar Cenozoica) no diagnóstico geológico elaborado para as áreas de estudo.

### **8.1.10.1 Características dos sedimentos de fundo recentes (Dados primários)**

#### *8.1.10.1.1 Malha amostral para os sedimentos*

A distribuição dos sedimentos atuais ao longo do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) caracteriza-se pelo controle direto dos processos hidrodinâmicos, da geometria do corpo estuarino, da ação biológica e do aporte terrígeno a partir das bacias de drenagem litorânea.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  593
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Sendo assim, as características mencionadas neste tópico dizem respeito aos primeiros centímetros do substrato sedimentar da área, que mostram um equilíbrio momentâneo no tempo geológico, quando consideradas as escalas do Período Quaternário. Como os fatores controlantes dos processos estuarinos variam com a sua geografia, torna-se difícil o estabelecimento de um único intervalo de tempo de representação, contudo, pode-se afirmar que o estado atual representa ao menos uma década de evolução.

Assim, em novembro de 2016 foram coletadas 84 amostras recentes (até 10 cm) em uma malha irregular (Figura 8.75) considerando que há uma imprevisibilidade de ambientes submersos modernos, que mudam sutilmente ao longo de cada evento de inversão de marés (enchente e vazante). Neste sentido, cada amostra tem uma representatividade de aproximadamente 180 m de diâmetro, o que nesta escala de mapeamento condiz com a representação da variabilidade da paisagem dos ambientes estuarinos. As amostras foram distribuídas principalmente na ADA das possíveis obras a serem realizadas, considerando que haverá a necessidade de dragagens de canais de acesso, áreas de manobra (bacias de evolução) e berços de atracação. Apesar das dragagens terem sido consideradas, o estudo visou verificar apenas a sua viabilidade, uma vez que seu licenciamento será realizado de forma independente.

As amostras de sedimentos recentes foram obtidas com o auxílio de uma draga busca-fundo do tipo Petersen (Alfa Kit), que foi lançada repetidas vezes de uma embarcação, em pontos geográficos pré-determinados e que penetrou em torno de 10 cm no substrato, obtendo as amostras. A malha amostral foi planejada considerando o melhor recobrimento da área de interesse, visando o mapeamento das características dos sedimentos de fundo atuais. Nesta fase foram coletadas 50 amostras que foram então destinadas à análises granulométricas por difração laser, para a obtenção dos seus principais parâmetros estatísticos granulométricos (Diâmetro médio e Grau de seleção). Outras 34 amostras foram obtidas a partir do acervo do Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo/UFPR), as quais foram coletadas e tratadas em laboratório da mesma forma que as demais, com o intuito de melhorar o recobrimento deste mapeamento.

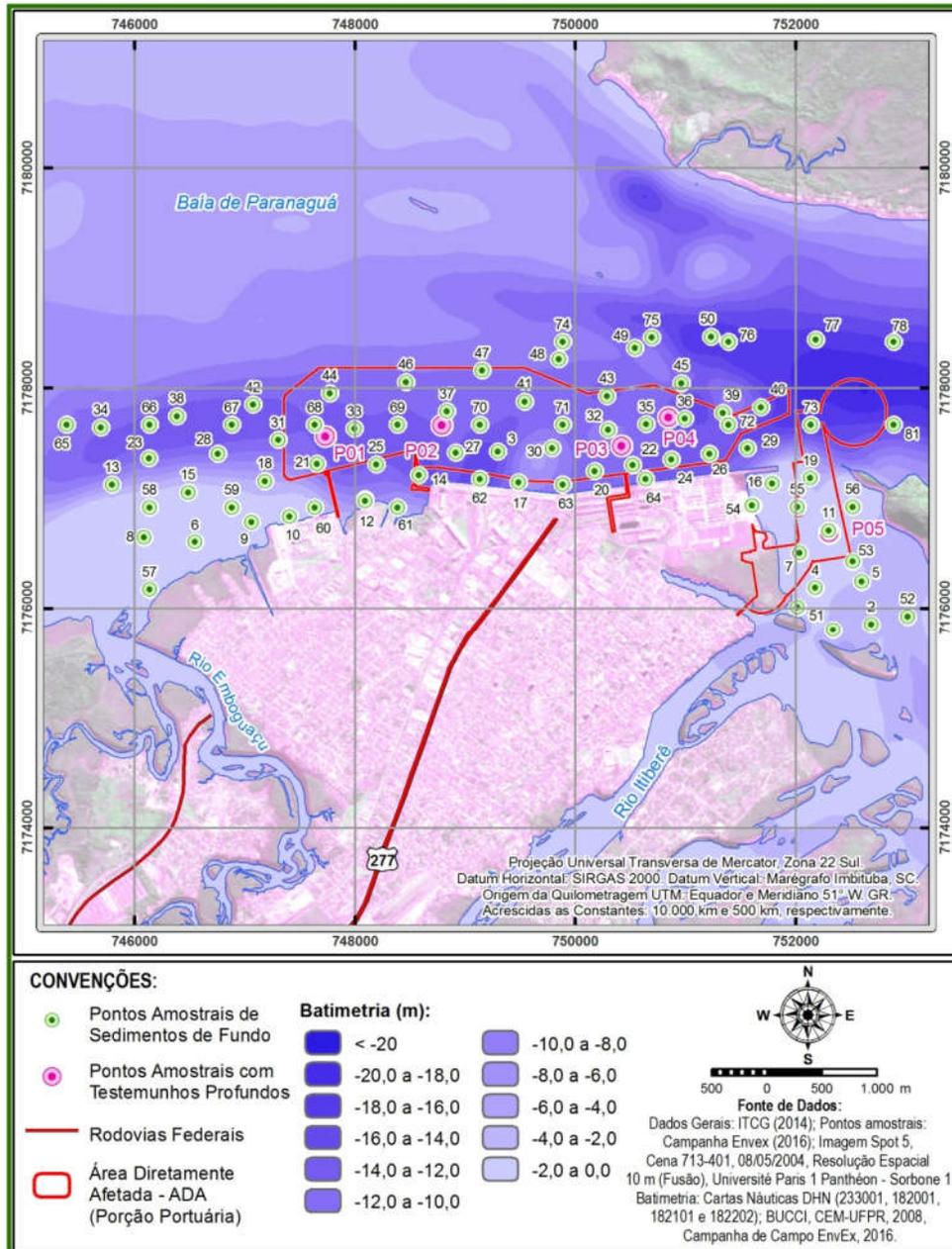
Outras amostras foram coletadas com perfurações de pequena penetração que foram realizados em 4 localizações diferentes (Figura 3), considerando uma distância de até 100 m com o cais atual do Porto de Paranaguá nos intervalos espaciais entre as perfurações de maior profundidade. A ideia principal da aplicação deste métodos de obtenção de amostras, foi a observação do comportamento granulométrico dos sedimentos recentes pela comparação deste resultados com os obtidos nas análises das amostras de sedimentos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  594
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

superficiais. Desta forma, em cada ponto de amostragem foram coletadas três amostras, no primeiro, segundo e terceiro metros de penetração, resultando em um total de 12 amostras de sedimentos. Mediante as taxas de sedimentação descritas pela literatura (CATTANI e LAMOUR, 2016), estima-se que estes 3 m de penetração representam aproximadamente um século de deposição sedimentar.

No sentido de analisar o substrato sedimentar das áreas a serem dragadas especificamente para os berços de atracação, foram executadas testemunhagens por percussão com o intuito de uma maior penetração. As amostras obtidas por este método foram submetidas às análises previstas na Resolução CONAMA 454/12, gerando dados primários e atuais sobre o estado ambiental da ADA do empreendimento proposto. O alcance para penetração considerou a capacidade de penetração do equipamento utilizado, bem como as características batimétricas de cada local escolhido e a sua representatividade quanto a cota batimétrica exigida pela eventualidade das dragagens.

Portanto, o planejamento da amostragem foi baseado na Tabela I do Anexo da Resolução CONAMA 454/12, considerou um volume acima dos 2.000.000 m<sup>3</sup> de sedimentos a serem dragados, que estipula um número superior a 30 amostras a serem avaliadas quanto a qualidade dos sedimentos. Neste caso específico, o histórico de análises efetuadas quanto a qualidade dos sedimentos no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), bem como a distribuição das suas características, tanto vertical quanto horizontalmente, auxiliaram na argumentação e decisão pela análise de um número menor de amostras. Desta forma, os dados primários que estão sendo apresentados neste relatório, somaram-se aos dados secundários, complementando o banco de dados sobre o CEP. Ambos foram considerados na sua totalidade, no sentido do diagnóstico sobre a qualidade ambiental dos sedimentos a serem dragados para este empreendimento.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.75 - Mapa de localização das amostras de sedimentos de fundo recentes, coletadas na ADA da expansão do cais do Porto de Paranaguá.**

A qualidade geoquímica e granulométrica dos sedimentos foi efetuada com base nas amostras coletadas com penetração por percussão, de média penetração (até 20 m), onde as amostras foram coletadas no primeiro metro de penetração (topo), na porção média de cada penetração e no limite de penetração (base). Estas perfurações foram executadas em

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  596
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

cinco pontos diferentes da ADA, considerando principalmente as áreas onde serão efetuadas as dragagens, o que fez em 15 amostras no total.

Portanto, os sedimentos coletados nas três modalidades de amostragem avaliam escalas de tempo (recente e médio prazo), dimensões espaciais (horizontal e vertical) e características de distribuição em toda a ADA do empreendimento pretendido.

#### 8.1.10.1.2 Método para análise granulométrica

A preparação das amostras in natura para as análises granulométricas consistiu na sua homogeneização em laboratório, com a sua divisão posterior em três parcelas. A primeira foi submetida a ataque químico por ácido clorídrico (HCl) diluído a 10% e a peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que visou a eliminação completa da matéria orgânica (MO) e dos carbonatos (CO<sub>3</sub>) das amostras. Desta forma, a composição das amostras passou a ser apenas de sedimentos siliciclásticos, que foram imediatamente submetidos a análise por difração laser, reduzindo assim erros nos resultados pela variabilidade morfológica dos grãos.

As outras duas parcelas das amostras in natura, foram utilizadas para a quantificação dos teores de MO e CO<sub>3</sub> contidos nos sedimentos, já que estes são influenciadores da interpretação do seu comportamento dinâmico e dos resultados granulométricos. Para tanto, uma das parcelas foi submetida apenas ao ataque por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e a outra somente ao ataque de HCl. Os teores de cada um destes compostos contidos foram obtidos pela comparação dos pesos das parcelas, antes e depois do ataque químico, sendo assim obtida uma porcentagem para cada amostra.

Posteriormente, os resultados das análises das 84 amostras recentes foram utilizados para a elaboração de mapas de isolinhas por interpolação matemática. Assim, cada uma destas características está representada por um mapa específico, que foi interpretado integradamente com os demais, servindo para a descrição da distribuição dos valores na área de interesse. Os resultados desta análise foram associados às suas características batimétricas, o que balizou a análise ambiental integrada do substrato sedimentar atual da área de interesse desta caracterização.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  597
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.10.1.3 Granulometria dos sedimentos recentes

Os resultados das análises granulométricas estão expressos em mm (Tabela 8.1.69), com os diâmetros médios (DM) e os seus graus de seleção (GS), que representam respectivamente a média e o desvio padrão estatístico. Estas duas características granulométricas foram classificadas perante os limites descritos por Folk e Ward (1964), onde o DM foi dividido em areias (muito finas/AMF, finas/AF e médias/AM) e em siltes (muito finos/SMF, finos/SF, médios/SM e grossos/SG). Por sua vez, o GS foi dividido em muito bem selecionado (MBS), bem selecionado (BS), moderadamente selecionado (MS) e pobremente selecionado (PS) onde o primeiro representa amostras com diâmetros médios diferentes entre si com baixa representatividade do DM; e o último onde as partículas tem DM muito parecidas entre si o que representa sedimentologicamente uma boa representatividade do valor de DM.

**Tabela 8.1.69 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos de fundo da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51)**

ID	X (m)	Y (m)	DM (mm)		GS		% MO	% CO3
1	752340,9	7175804,2	0,110	AMF	0,460	BS	3,0	19,5
2	752687,1	7175855,7	0,151	AF	0,260	MBS	2,5	3,6
3	749301,3	7177429,9	0,133	AF	0,970	MS	14,2	13,5
4	752179,8	7176188,2	0,156	AF	0,380	BS	2,6	13,8
5	752599,7	7176243,5	0,108	AMF	0,650	MS	6,9	1,5
6	746554,0	7176604,7	0,111	AMF	0,670	MS	8,6	6,7
7	752034,6	7176503,3	0,079	AMF	0,650	MS	10,8	7,8
8	746091,2	7176647,3	0,170	AF	0,730	MS	3,9	6,3
9	747063,7	7176788,6	0,014	SF	0,120	MBS	8,6	6,4
10	747409,9	7176840,1	0,061	SG	0,600	MS	8,4	10,2
11	752298,7	7176712,4	0,091	AMF	0,660	MS	7,2	5,8
12	748102,3	7176943,0	0,176	AF	0,610	MS	7,8	1,3
13	745800,5	7177126,5	0,152	AF	1,000	PS	9,1	1,6
14	748580,7	7177214,1	0,024	SM	0,170	MBS	16,7	15,0
15	746492,9	7177057,5	0,110	AMF	0,650	MS	5,1	9,8
16	751788,8	7177137,5	0,070	AMF	0,540	MS	10,5	9,4
17	749487,0	7177149,0	0,058	SG	0,630	MS	11,5	10,5
18	747185,3	7177160,5	0,079	AMF	0,590	MS	6,4	7,9
19	752134,9	7177189,0	0,168	AF	0,390	BS	2,0	7,0
20	750179,4	7177252,0	0,103	AMF	0,630	MS	7,3	7,5
21	747660,0	7177315,0	0,171	AF	0,690	MS	2,7	4,9
22	750525,6	7177303,5	0,082	AMF	0,680	MS	8,5	6,9
23	746133,8	7177366,2	0,028	SM	0,230	MBS	17,1	15,5
24	750871,8	7177355,0	0,033	SG	0,340	MBS	12,0	10,5

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  598
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

ID	X (m)	Y (m)	DM (mm)		GS		% MO	% CO3
25	748199,6	7177313,6	0,079	AMF	0,640	MS	4,9	4,6
26	751218,0	7177406,4	0,143	AF	0,730	MS	2,2	2,6
27	748916,2	7177418,0	0,090	AMF	0,700	MS	4,2	4,0
28	746762,5	7177409,5	0,089	AMF	0,900	MS	3,4	4,4
29	751564,2	7177457,9	0,177	AF	0,540	MS	2,1	3,1
30	749791,2	7177457,4	0,031	SM	0,230	MBS	11,9	15,0
31	747306,9	7177532,4	0,088	AMF	0,850	MS	4,6	5,5
32	750301,0	7177623,9	0,095	AMF	0,640	MS	3,7	6,5
33	747999,3	7177635,4	0,089	AMF	0,530	MS	9,1	8,6
34	745697,5	7177646,9	0,034	SG	0,450	BS	9,7	10,2
35	750647,2	7177675,4	0,167	AF	0,540	MS	1,9	3,3
36	750993,4	7177726,9	0,149	AF	0,700	MS	3,9	4,8
37	748837,2	7177791,3	0,016	SM	0,110	MBS	13,0	15,8
38	746389,9	7177749,9	0,079	AMF	0,850	MS	4,8	8,1
39	751339,6	7177778,4	0,170	AF	1,370	PS	1,3	10,0
40	751685,8	7177829,9	0,254	AM	1,020	PS	2,3	11,0
41	749542,8	7177881,1	0,108	AMF	0,760	MS	4,0	6,0
42	747082,3	7177852,9	0,013	SF	0,080	MBS	8,3	7,3
43	750288,1	7177931,1	0,145	AF	0,720	MS	3,1	5,1
44	747774,7	7177955,9	0,086	AMF	0,720	MS	4,0	6,2
45	750967,2	7178047,3	0,146	AF	0,580	MS	3,0	15,2
46	748467,1	7178058,9	0,158	AF	0,530	MS	1,8	2,6
47	749159,5	7178161,8	0,026	SM	0,200	MBS	8,6	12,6
48	749851,8	7178264,8	0,191	AF	0,800	MS	1,7	6,3
49	750544,2	7178367,8	0,162	AF	0,450	BS	2,4	5,7
50	751236,6	7178470,8	0,128	AF	0,780	MS	25,7	22,7
51	752018,0	7176013,4	0,147	AF	0,318	MBS	4,7	11,5
52	753018,0	7175926,0	0,215	AF	0,449	BS	4,0	4,5
53	752518,0	7176426,0	0,126	AF	0,456	BS	5,9	1,2
54	751518,0	7176926,0	0,034	SG	0,201	MBS	8,5	6,9
55	752018,0	7176926,0	0,052	SG	0,269	MBS	5,0	1,9
56	752518,0	7176926,0	0,168	AF	0,487	BS	2,4	2,5
57	746139,0	7176171,0	0,141	AF	0,691	MS	7,8	17,8
58	746139,0	7176921,0	0,301	AM	0,241	MBS	3,0	15,2
59	746889,0	7176921,0	0,337	AM	0,319	MBS	9,6	14,6
60	747639,0	7176921,0	0,023	SM	0,218	MBS	9,1	7,2
61	748389,0	7176921,0	0,057	SG	0,210	MBS	1,3	4,8
62	749139,0	7177180,4	0,013	SF	0,202	MBS	10,3	9,8
63	749889,0	7177126,7	0,013	SF	0,247	MBS	8,3	7,3
64	750639,0	7177180,4	0,110	AMF	0,347	MBS	5,5	6,3
65	745389,0	7177671,0	0,040	SG	0,212	MBS	9,6	5,0
66	746139,0	7177671,0	0,113	AMF	0,405	BS	7,4	6,8
67	746889,0	7177671,0	0,019	SM	0,321	MBS	14,0	8,3
68	747639,0	7177671,0	0,234	AF	0,260	MBS	4,3	3,8
69	748389,0	7177671,0	0,192	AF	0,325	MBS	2,8	4,9
70	749139,0	7177671,0	0,022	SM	0,251	MBS	8,2	7,9

ID	X (m)	Y (m)	DM (mm)		GS		% MO	% CO3
71	749889,0	7177671,0	0,087	AMF	0,287	MBS	3,6	5,2
72	751389,0	7177671,0	0,069	AMF	0,183	MBS	7,4	3,6
73	752139,0	7177671,0	0,263	AM	0,447	BS	2,5	7,7
74	749889,0	7178421,0	0,183	AF	0,494	BS	2,8	7,0
75	750696,0	7178462,0	0,009	SF	0,390	BS	6,8	10,0
76	751389,0	7178421,0	0,007	SMF	0,363	BS	18,5	15,1
77	754389,0	7176921,0	0,207	AF	0,360	BS	4,9	3,8
78	752185,0	7178441,0	0,115	AMF	1,500	PS	3,4	7,8
79	752889,0	7178421,0	0,030	SM	1,250	PS	15,4	11,9
80	753730,0	7178459,0	0,190	AF	1,130	PS	2,8	5,1
81	754389,0	7178421,0	0,160	AF	2,420	EMS	7,6	8,1
82	752889,0	7177671,0	0,060	SG	1,120	PS	1,7	3,1
83	753639,0	7177671,0	0,123	AMF	0,970	MS	1,8	3,1
84	754389,0	7177671,0	0,050	SG	1,830	PS	5,0	5,9

X – Distância cartesiana até o MC da quadrícula; Y – Distância cartesiana até o Equador do sistema; DM – Diâmetro médio de grão; GS – Grau de seleção dos grãos; %MO – Porcentagem de matéria orgânica contida nos sedimentos; %CO3 – Porcentagem de carbonatos contidos nos sedimentos.

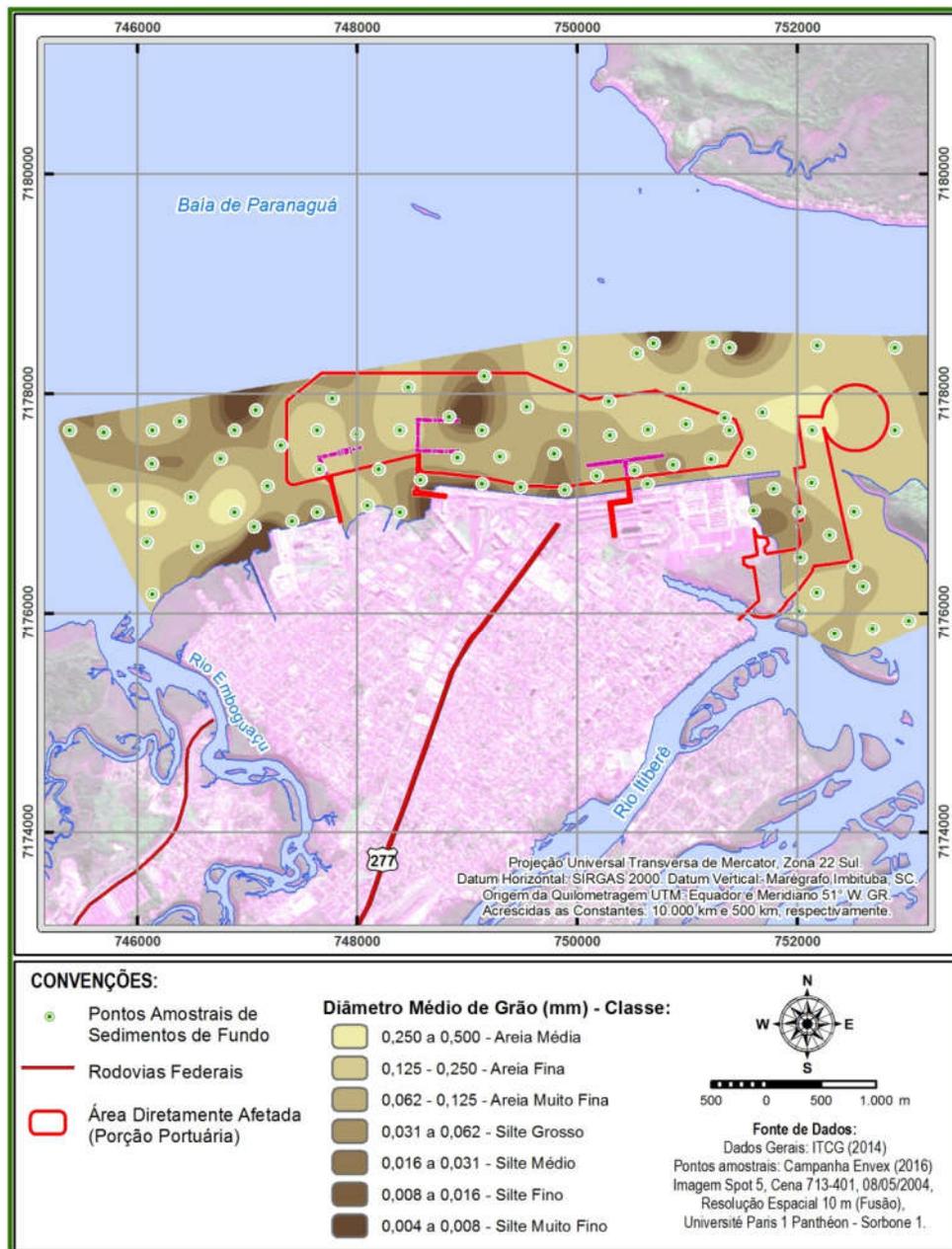
O diâmetro médio dos sedimentos recentes da ADA do empreendimento, caracteriza-se principalmente pela ocorrência das areias muito finas a finas (0,062 – 0,250 mm) que ocorrem em quantidades bastante significativas (66%). Acessoriamente (23%) ocorrem os siltes médios e grossos (0,016 – 0,062 mm), com raras parcelas (11%) do substrato constituídas pelos siltes muito finos e finos (0,004 – 0,016 mm) e as areias médias (0,250 – 0,500 mm) (Tabela 8.1.69).

A distribuição destes valores de diâmetros médios ocorre de forma irregular no substrato sedimentar, com os sedimentos mais finos (siltes) dispostos em forma de concentrações esparsas (manchas) ao longo da fronteira norte da área de amostragem. Junto a margem sul do CEP e a W do cais junto aos berços de atracação, foram observadas ocorrências destes sedimentos finos. As areias muito finas e finas preenchem os intervalos entre os agregados de sedimentos finos, dominando a paisagem submersa (Figura 8.76).

O grau de selecionamento na ADA do empreendimento apresenta predomínio de sedimentos muito bem (31%) e moderadamente selecionados (41%), com ocorrências esparsas de sedimentos bem selecionados (17%) e pobremente selecionados (11 %) (Tabela 8.1.67). Os sedimentos muito bem, bem e moderadamente selecionados distribuem-se em toda a área mapeada, principalmente na porção frontal ao cais do porto de Paranaguá (Figura 8.77). As ocorrências dos sedimentos pobremente selecionados localizam-se junto a Ponta da Cruz, na ilha da Cotinga.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  600
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

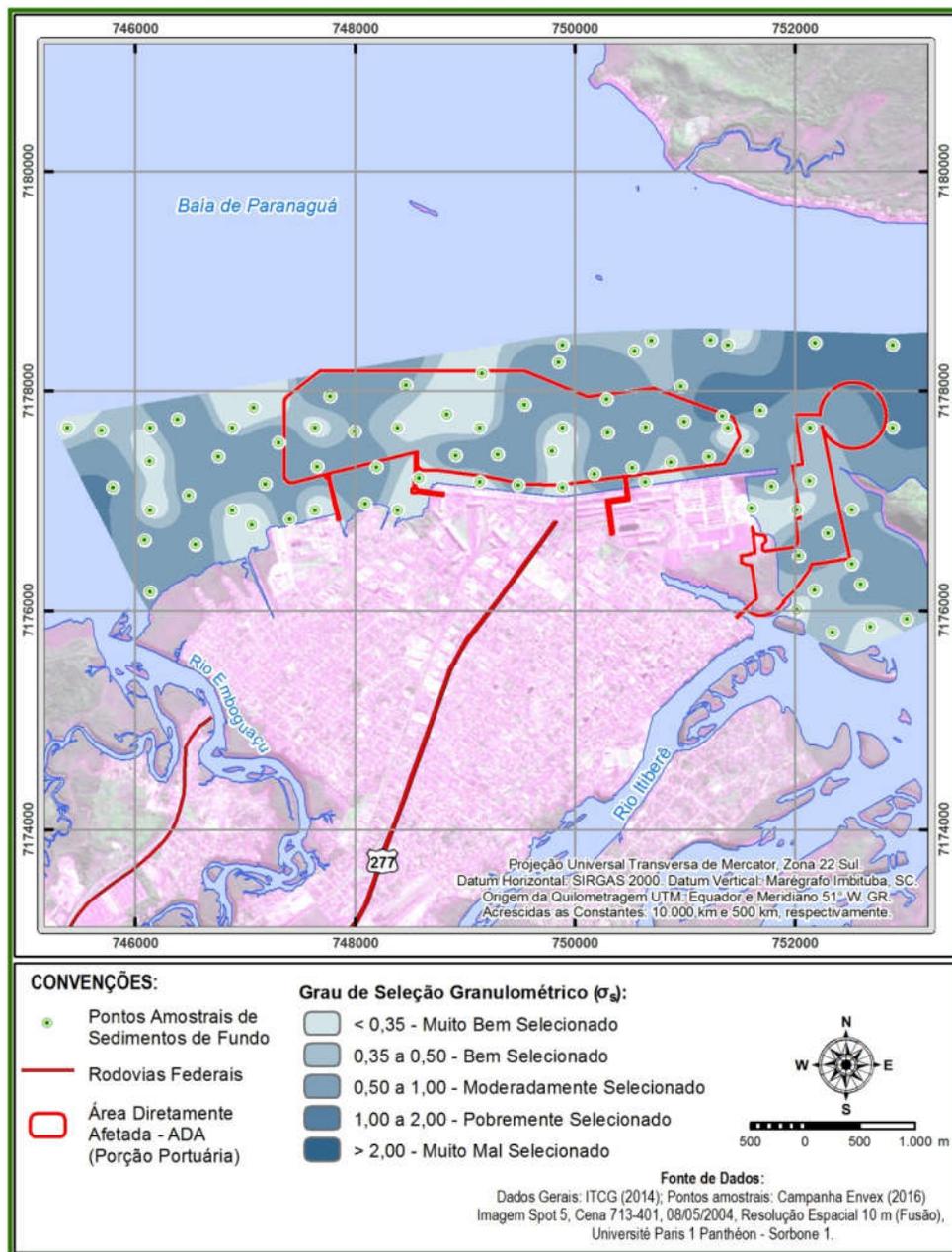
Os teores de matéria orgânica contida nos sedimentos na ADA do empreendimento, apresentaram valores máximos de 25,7% (ponto #50) e mínimos de 1,3% (pontos #39 e 61). Aproximadamente 53% das amostras mostram valores próximos aos 5% e outros 33% das amostras mostrou valores entre os 5% e os 10%, sendo que os demais (14%) apresentam valores entre 10% e 18% (Tabela 8.1.69).



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.76 - Mapa da distribuição dos valores de diâmetro médio dos grãos na ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  601
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.77 - Mapa da distribuição dos valores de grau de selecionamento dos grãos na ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais.**

A distribuição dos valores de matéria orgânica contida nos sedimentos apresenta uma predominância de valores inferiores aos 10% (Figura 8.78), o que para um substrato estuarino são bastante baixos. Os valores superiores aos 10% apresentam-se dispersos na área amostral, sem a possibilidade de delimitação de setores específicos de agregação. A

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  602
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

porcentagem extrema de 25,7% está localizada justamente na região das “Pedras Palanganas” onde a ação biológica, provavelmente incorre em uma maior produção de matéria orgânica.

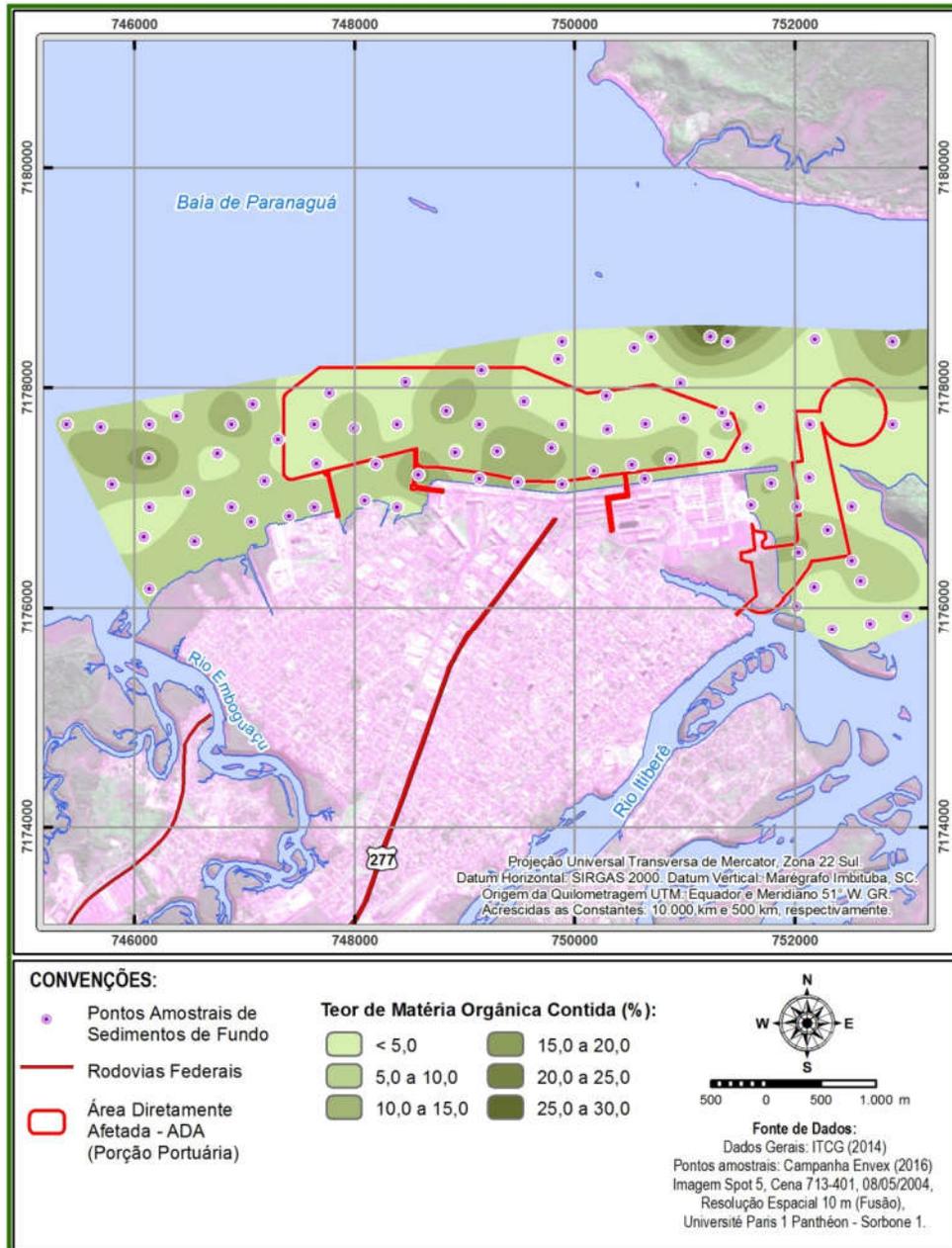
Os carbonatos contidos nos sedimentos de fundo recentes da ADA, apresentaram valores máximo de 22,7% (ponto #50) e mínimo de 1,2% (ponto #53), contudo 73% das amostras apresentaram teores inferiores aos 10% (Tabela 8.1.69). Os teores mais frequentes estão distribuídos ao longo de toda a área de amostragem, com exceção da área das Pedras Palanganas, onde foi verificado o maior valor (Figura 8.79).

#### 8.1.10.1.4 Conclusões

Portanto, os sedimentos da ADA do empreendimento são compostos majoritariamente por areias muito finas a finas de bem a muito bem selecionadas, onde os teores mais frequentes de matéria orgânica e carbonatos são de 5% e 10%, respectivamente.

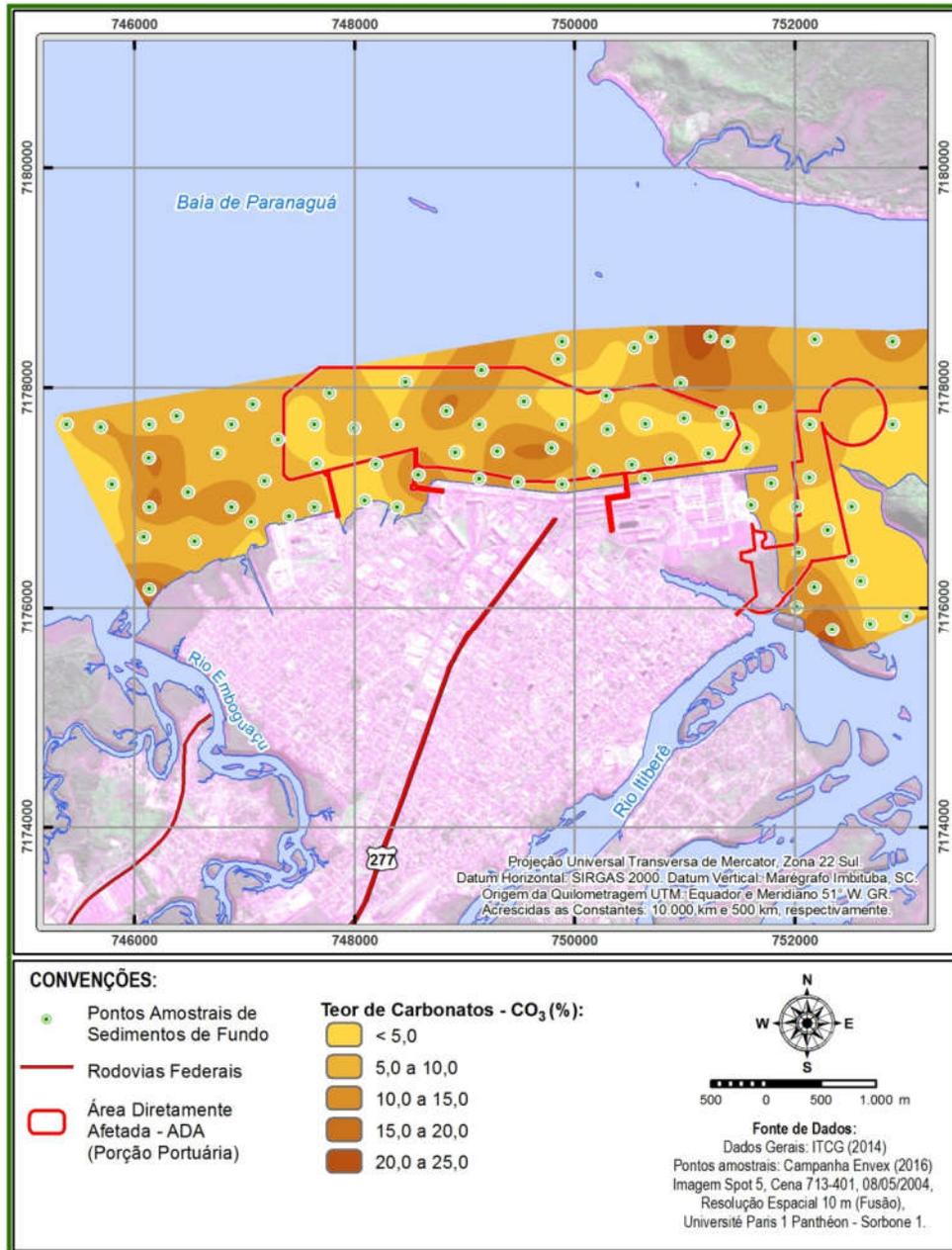
No geral, não foram observados padrões de distribuição sedimentar, principalmente vinculados às forçantes hidrodinâmicas, o que seria esperado em um ambiente estuarino como a área de amostragem. Uma possibilidade para este fato pode estar vinculado às obras de dragagem, que tem sido executadas na área ao longo do tempo, as quais podem ter modificado o padrão natural de distribuição granulométrica da área de amostragem.

Os teores contidos de matéria orgânica nos sedimentos são relativamente baixos, que associados aos sedimentos arenosos, como neste caso, implicam em uma baixa tendência de agregação de contaminantes.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.78 - Mapa da distribuição dos valores de matéria orgânica contida nos sedimentos da ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.79 - Mapa da distribuição dos valores de carbonatos contidos nos sedimentos da ADA do empreendimento, onde pode ser observada a disposição dos pontos amostrais.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  605
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.10.2 Características dos sedimentos das testemunhagens rasas (Dados primário)

As amostras provenientes dos testemunhos rasos mostraram que há homogeneidade nos valores do diâmetro médio dos grãos até os três metros de penetração (Tabela 8.1.70), quando a granulometria permaneceu nas classes areia ou silte em cada um dos testemunhos. As maiores mudanças no diâmetro médio dos grãos foram verificadas no testemunho #2, onde a 1 m de profundidade foram observados siltes grossos que passaram a areias finas no segundo e terceiro metros.

Os valores de grau de selecionamento das partículas apresentaram sedimentos moderadamente selecionados, com pequenas flutuações tanto para muito bem quanto para bem selecionados. A única ocorrência de sedimentos pobremente selecionados ocorreu no testemunho #3, que estão associados às areias médias observadas no início do terceiro metro de penetração.

Os valores de matéria orgânica contida apresentaram uma redução gradativa do primeiro para o terceiro metro de penetração, sendo que os valores mais altos estão nas áreas destacadas do cais do porto de Paranaguá onde ocorrem os sedimentos mais finos (siltes).

Os carbonatos contidos nos sedimentos apresentaram valores relativamente baixos para um ambiente estuarino como este, contudo foram observados teores altos no testemunho #4, onde a atividade biológica foi maior, já que foram observadas extensas áreas cobertas por conchas e material biodetrítico. Nos testemunhos #2 e #3 houve uma inversão de comportamento, já que no primeiro os teores diminuíram do topo para a base, enquanto que no segundo isso se inverteu.

**Tabela 8.1.70 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos coletados nos testemunhos rasos da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51).**

ID	X (m)	Y (m)	Prof. (m)	DM (mm)	GS (mm)	%MO	%CO3		
#1	748197,3	7177254,8	1,00	0,015	SF	0,060	MBS	7,9	6,4
			2,00	0,050	SG	0,480	BS	4,0	4,9
			3,45	0,060	SG	0,590	MS	3,9	5,4
#2	749282,2	7177217,6	1,00	0,048	SG	0,510	MS	4,3	5,5
			2,00	0,155	AF	0,510	MS	1,5	1,5
			2,45	0,171	AF	0,660	MS	1,8	1,5
#3	750773,7	7177298,7	1,10	0,164	AF	0,710	MS	2,2	2,1
			2,00	0,084	AMF	0,680	MS	1,7	2,9

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  606
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

ID	X (m)	Y (m)	Prof. (m)	DM (mm)		GS (mm)		%MO	%CO <sub>3</sub>
			2,37	0,319	AM	1,820	PS	1,5	4,2
#4	751992,9	7177393,4	1,00	0,017	SM	0,090	MBS	10,2	10,9
			2,00	0,043	SG	0,420	BS	6,5	9,3
			3,19	0,059	SG	0,690	MS	5,3	22,0

X – Distância cartesiana até o MC da quadrícula; Y – Distância cartesiana até o Equador do sistema; DM – Diâmetro médio de grão; GS – Grau de seleção dos grãos; %MO – Porcentagem de matéria orgânica contida nos sedimentos; %CO<sub>3</sub> – Porcentagem de carbonatos contidos nos sedimentos.

#### 8.1.10.2.1 Conclusões

No geral, os sedimentos recentes perpetuam as suas características até os três metros de penetração a partir do substrato, sendo assim não foram observadas variações relevantes do ponto de vista sedimentológico. Os teores de matéria orgânica tiveram uma redução progressiva dos valores, enquanto que os carbonatos ficaram sujeitos às atividades biológicas e a própria profundidade locais. Nos testemunhos #1 e #4 os teores de CO<sub>3</sub> foram maiores, justamente onde não houveram atividades de dragagem e as profundidades da lâmina de água permitiram a formação de bancos de conchas.

#### 8.1.10.3 Características dos sedimentos das testemunhagens profundas (Dados primário)

Os sedimentos obtidos a partir das testemunhagens profundas (Figura 8.80) mostraram que os sedimentos tendem ao ganho do DM com o aumento da profundidade, exceto no testemunho #5, onde esta característica permaneceu inalterada (Tabela 5). As maiores mudanças no DM foram verificadas no testemunho #3, onde houve a variação das areias finas para médias e retorno as finas do topo para a base do testemunho, o que se deve provavelmente a lentes de carbonatos, como pode ser verificado na Tabela 5.

Os valores de GS das partículas apresentaram sedimentos moderadamente a bem selecionados na sua maioria, com pequenas flutuações tanto para muito bem. Os sedimentos pobremente selecionados ocorreram no testemunho #3, onde foram verificadas quantidades maiores de carbonatos na porção média do testemunho.

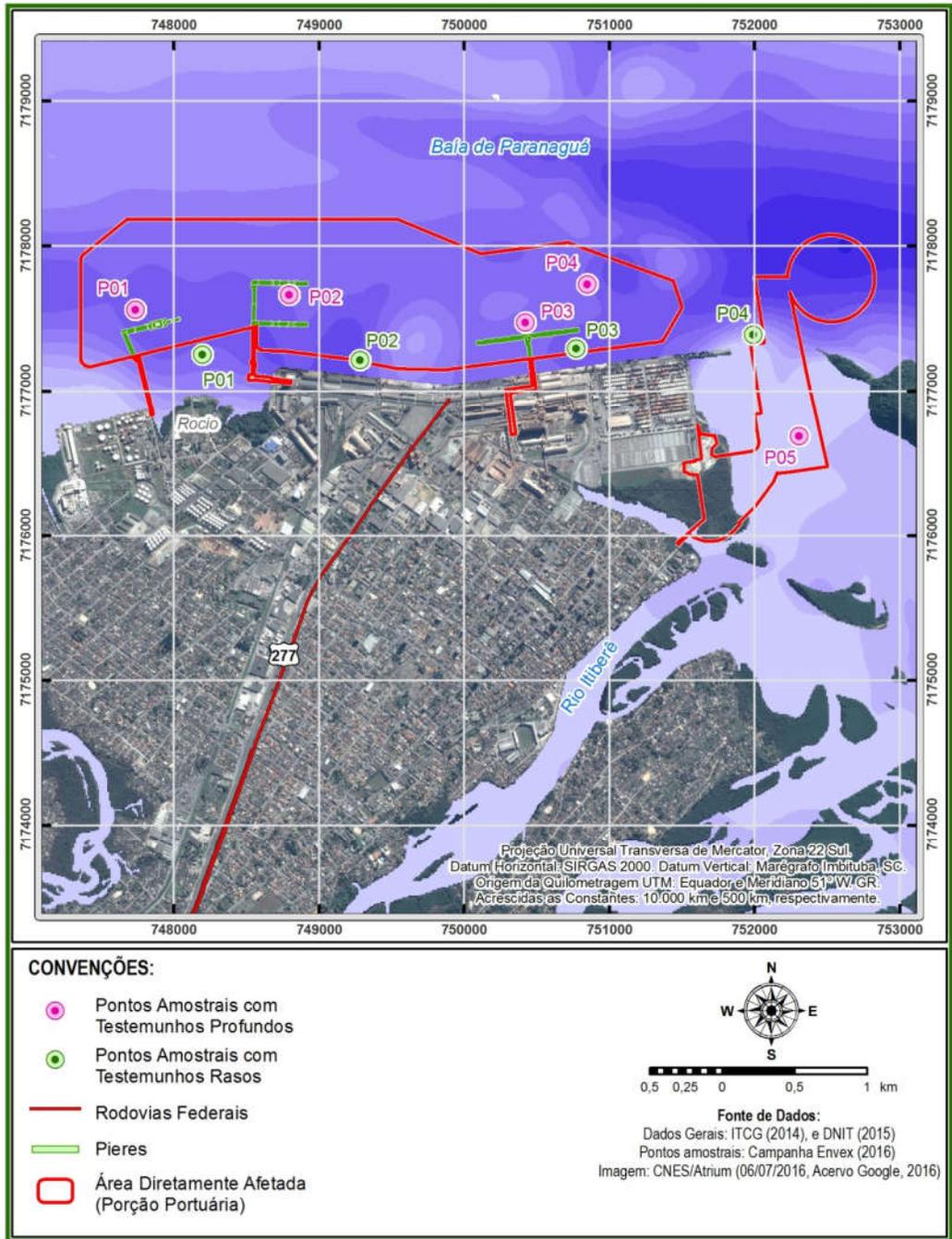
Os valores de matéria orgânica contida apresentaram uma redução gradativa do topo para a base dos testemunhos, exceto no #5 onde a porção média apresentou valores superiores aos observados no topo e na base. No geral, os valores máximo de MO contida ficaram restritos ao topo dos testemunhos (exceto no #5), com um valores máximos de 10,2% no #4

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  607
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

e 8,0% no #1 sendo que os demais apresentaram valores em torno dos 5%, o que é relativamente baixo para os padrões estuarinos.

Os carbonatos contidos nos sedimentos apresentaram valores relativamente baixos para um ambiente estuarino como este, contudo foram observados teores altos no testemunho #4 (Tabela 8.1.71), onde a atividade biológica provavelmente foi um fator determinante, já que nesta área ocorrem rochas submersas as quais agregam organismos incrustantes que são formadores de carapaças carbonáticas. Os testemunhos #1, 2 e 5 apresentaram um padrão de comportamento de redução dos teores contidos, do topo para a base do testemunho. As exceções a este comportamento foram observadas nos #3 e 4, onde a porção média destes testemunhos apresentaram valores maiores que os demais (Tabela 8.1.71).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  608
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.80 - Mapa de localização das testemunhagens profundas e rasas executadas na ADA da expansão dos cais do Porto de Paranaguá.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  609
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

**Tabela 8.1.71 - Lista dos resultados das análises granulométricas dos sedimentos coletados nos testemunhos profundos da área pretendida para a expansão portuária da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), com as suas respectivas coordenadas de localização (UTMS/MC -51).**

ID	Prof. (m)	X (m)	Y(m)	DM (mm)		GS (mm)		%MO	%CO3
#1	0,40	747735,3	7177565,0	0,013	SF	0,060	MS	8,0	6,4
	5,40			0,135	AF	0,350	BS	2,4	1,7
	6,45			0,133	AF	0,478	BS	1,8	0,1
#2	0,50	748793,8	7177666,5	0,050	SG	0,512	MS	4,3	5,5
	3,45			0,171	AF	0,660	MS	1,8	1,5
	5,45			0,157	AF	0,430	BS	1,0	0,4
#3	0,80	750064,7	7177535,0	0,144	AF	0,708	MS	2,2	2,0
	3,50			0,319	AM	1,820	PS	1,5	4,2
	6,45			0,150	AF	1,060	PS	1,3	1,3
#4	0,60	751286,0	7177646,9	0,019	SM	0,089	MBS	10,2	11,0
	3,40			0,059	SG	0,690	MS	5,3	22,0
	4,45			0,225	AF	0,597	MS	1,6	2,6
#5	0,80	752306,1	7176687,4	0,174	AF	0,470	BS	2,7	6,4
	8,45			0,129	AF	0,839	MS	4,5	5,2
	18,45			0,188	AF	0,810	MS	1,8	2,1

X – Distância cartesiana até o MC da quadrícula; Y – Distância cartesiana até o Equador do sistema; DM – Diâmetro médio de grão; GS – Grau de seleção dos grãos; %MO – Porcentagem de matéria orgânica contida nos sedimentos; %CO3 – Porcentagem de carbonatos contidos nos sedimentos.

#### 8.1.10.3.1 Conclusões

Os sedimentos obtidos a partir dos testemunhos profundos mostrou que a subsuperfície da ADA do empreendimento é composta por areias finas de moderadamente a bem selecionadas, ocorrendo acessoriamente siltes de finos a médios. A matéria orgânica e os carbonatos contidos apresentam porcentagem baixas para os padrões estuarinos, sendo que as principais anomalias nestes valores estão associadas a maciços rochosos submersos (Pedras Palanganas), as quais aumentam a agregação destes compostos por conta do obstáculo hidrodinâmica que representam.

#### 8.1.10.4 Qualidade dos sedimentos

A qualidade dos sedimentos dos ambientes estuarinos e costeiros é um dos principais condicionantes dos organismos ali existentes. Essas características respondem a fatores como aportes de água doce do continente, lançamento de efluentes, granulometria e teor de matéria orgânica, batimetria e morfologia do ambiente. Alterações provocadas, por exemplo, pelo tráfego de embarcações, dragagens, aterros, construções de barragens, normalmente resultam em modificações das características físico químicas dos sedimentos estuarinos.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  610
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

As operações de dragagem de sedimentos podem causar a liberação de compostos orgânicos e metais estocados nesta matriz para a coluna d'água. Uma vez que as operações de dragagens resultam na remobilização do material depositado no leito estuarino, faz-se necessário a caracterização do sedimento, em atendimento à Resolução Conama 454/12.

A partir da caracterização química dos sedimentos, é possível estabelecer o estado de qualidade ambiental da zona estuarina, fornecendo subsídios para entendimento dos possíveis impactos gerados por atividades que venham a ser desenvolvida na área de influência de um empreendimento. Para subsidiar ações de controle da qualidade ambiental e auxiliar na tomada de decisões, a avaliação periódica e monitoramento da qualidade das águas são fundamentais.

Os parâmetros que devem ser avaliados na caracterização da qualidade de sedimento na área de implantação de um empreendimento em ambientes estuarinos são definidos na resolução CONAMA no 454/2012. Neste caso, os dados primários mais significativos e que atendem aos requisitos da resolução correspondem aos contaminantes orgânicos: (i) hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, acenaftileno, acenafteno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno, naftaleno e pireno); (ii) pesticidas organoclorados (Alfa-HCH (BHC), Beta-HCH (BHC), Gama-HCH (BHC), Delta-HCH (BHC), DDT (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), DDE (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), DDD (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), Dieldrin, Endrin, Alfa-clordano, Gama-clordano), e; (iii) somatório de 7 congêneres de bifenilas policloradas (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180).

#### 8.1.10.4.1 Níveis de Pesticidas Organoclorados e Bifenilas Policloradas (PCBs)

No trabalho mais recente envolvendo contaminantes organoclorados em sedimentos do CEP (SOUZA, 2015), os valores de pesticidas totais ( $\Sigma 25$  OCPs) encontrados variaram entre <0,05 e 4,41 ng g<sup>-1</sup> de sedimento seco. Os pesticidas detectados apresentaram o seguinte gradiente de concentração: Alfa-HCH > p,p'-DDD > p,p'-DDT > p,p'-DDE > o,p'-DDT > Gama-HCH > Beta-HCH > o,p'-DDD. KOIKE (2007) realizou um estudo pretérito na região e seus resultados indicaram concentrações parecidas com as obtidas nesse trabalho (0,71 – 3,65 ng g<sup>-1</sup>), havendo diferenciação apenas nos pesticidas encontrados. Considerando o somatório de todos os metabólitos do DDT (DDT+DDE+DDD), esse foi o pesticida que apresentou as maiores concentrações (13,7 ng g<sup>-1</sup>). Os DDTs também foram os mais encontrados no trabalho de KOIKE (2007).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  611
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Entre os 50 congêneres de PCBs analisados no trabalho de SOUZA (2015), apenas 12 foram detectados (PCB 8, PCB 18, PCB 31, PCB 28, PCB 33, PCB 52, PCB 49, PCB 74, PCB 70, PCB 66, PCB 95, PCB 101), sendo que as concentrações nos pontos amostrados variaram entre <0,05 e 4,78 ng g-1 de sedimento seco.

Se comparados com dados de PCBs obtidos em outros estudos do CEP, as concentrações desse trabalho foram ligeiramente maiores que às encontradas por CHOUERI et al. (2009) ( $\Sigma$ PCBs <0,03 - 1,47 ng g-1) e menores que os valores obtidos por KOIKE (2007) ( $\Sigma$ PCBs 1,12 - 8,14 ng g-1. COMBI et al. (2013) observaram uma concentração máxima de PCBs igual a 6,65 ng g-1, associada aos sedimentos depositados no ano de 1972, aproximadamente, e 0,68 ng g-1 associado aos sedimentos mais recentes, verificando uma diminuição na concentração de PCBs totais da região. Os valores encontrados em todos os trabalhos foram baixas, podendo indicar que o CEP não possui um histórico de aportes significativos de PCBs.

As concentrações de PCBs e pesticidas organoclorados encontradas por SOUZA (2015) quando comparadas com os níveis de contaminação determinados na Resolução CONAMA nº. 454/2012 indicaram que alguns compostos (Gama-HCH, Alfa-HCH, DDD e DDT) ultrapassaram o nível 1 de contaminação para água salina/salobra, sendo que o  $\alpha$ -HCH, ultrapassou o nível 2 em alguns pontos estudados. O maior valor (1,68 ng g-1) ocorreu próximo à cidade de Paranaguá, que pode estar sujeito à introdução de esgoto, influência do porto e dos pequenos rios próximos, como o Itiberê. Pontos localizados na Baía de Antonina, próximo da cidade de Antonina, na desembocadura dos rios Cachoeira e Faisqueira, também tiveram valores de  $\alpha$ -HCH acima do nível 2 (1,37 e 1,37 ng g-1) associado ao aporte de contaminantes provenientes das regiões costeiras, principalmente dos vários rios que deságuam próximos ao local.

Em um panorama geral, os níveis de PCBs e pesticidas organoclorados na maior parcela dos sedimentos analisados no CEP se encontram historicamente, abaixo do nível 1 de contaminação, sendo que contaminações pontuais podem ocorrer.

Os baixos níveis de PCBs e pesticidas organoclorados encontrados no CEP podem estar relacionados com a proibição do uso desses contaminantes a partir de 1971. Além disso, mesmo que na região estejam presentes algumas cidades importantes e um dos principais portos do Brasil, a maior parte das áreas industriais, agrícolas e urbanas do estado do Paraná é drenada pelo rio Paraná que não deságua no CEP (KOIKE, 2007). Os processos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  612
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de remoção de contaminantes desse ambiente também devem influenciar nas baixas concentrações. As constantes dragagens para aprofundamento e manutenção do canal navegável da Galheta juntamente com a dinâmica local elevada, devido à variações da amplitude de maré, renova as águas do CEP em menos de 48 h e gera processos advectivos e correntes de maré que podem ressuspender e carrear o material sedimentado para mar aberto (KOIKE, 2007).

#### 8.1.10.4.2 Níveis de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

No trabalho mais recente envolvendo HPAs em sedimentos do CEP (CARDOSO et al. 2016), as concentrações de HPAs totais (16 HPAs), variaram de 0,59 a 63,8 ng g<sup>-1</sup> de sedimento seco (média = 24,7 ± 21,8). As maiores concentrações relativas ocorreram nos pontos próximos a cidade de Antonina e na Zona de Máxima Turbidez do CEP, na face oposta ao porto de Paranaguá. Nos demais pontos estudados ao longo do CEP, vale notar as baixas concentrações, ou seja, aqueles localizados nas regiões mais externas do estuário.

ABREU-MOTA et al. (2014) estudaram amostras de sedimentos coletadas em dois períodos do ano, sendo que para as amostras de inverno, as concentrações variaram de < LD a 37,3 ng.g<sup>-1</sup> e nas amostras de verão, as concentrações desses compostos variaram de 12,5 a 57,2 ng.g<sup>-1</sup>, na região do entorno da cidade de Paranaguá e sub-estuário da Cotinga.

FROEHNER et al. (2010), em um estudo sobre os níveis e toxicidade dos HPAs em diversos pontos do CEP, encontraram um valor máximo igual a 406,8 ng.g<sup>-1</sup>. Por outro lado, BET et al. (2015) encontrou concentrações de HPAs totais variando entre <LD a 14,4 ng.g<sup>-1</sup> em sedimentos da desembocadura do CEP e plataforma rasa paranaense.

Em geral, as concentrações de HPAs nos pontos estudados no CEP são caracterizados como áreas de baixo impacto antrópico, quando comparadas com os níveis de contaminação determinados na Resolução CONAMA nº. 454/2012.

#### 8.1.10.4.3 Caracterização dos sedimentos (dados primários)

As análises que compõem este tópico foram executadas no Laboratório de Geoquímica Orgânica e Poluição Marinha (LaGPoM), coordenado pelo Prof. Dr. César de Castro Martins, pertencente ao Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para análise de contaminantes orgânicos (compostos organoclorados) nos sedimentos. A análise

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  613
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de elementos traço e constituintes da matéria orgânica (carbono orgânico, nitrogênio e fósforo totais) foi realizada no Laboratório de Química Inorgânica Marinha (LabQIM), coordenado pelo Prof. Dr. Rubens Cesar Lopes Figueira, pertencente ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO/USP). Justifica-se esta escolha pelo fato de que ambos os laboratórios possuem os perfis adequados e satisfazem as exigências de qualidade analítica preconizadas pela Resolução 454/12.

A qualidade dos laboratórios executores das análises dos contaminantes orgânicos e inorgânicos pode ser comprovada pela avaliação de qualidade analítica, conforme apresentados a seguir, e pela conceituação internacional destes grupos avaliada em função do número de publicações científicas de alto impacto em revistas internacionais.

#### 8.1.10.4.3.1 Carbono orgânico, nitrogênio e fósforo totais

##### Procedimento analítico

As amostras de sedimentos foram recebidas pelo Laboratório de Química Inorgânica Marinha (LabQIM) da USP para a determinação das características composicionais da matéria orgânica no sedimento, segundo os seguintes descritores: teor de carbono orgânico total (COT); concentração de nitrogênio total (NT) e de fósforo total (PT).

O teor de carbono orgânico total foi determinado em alíquota de sedimento submetido à remoção do CaCO<sub>3</sub>. Aproximadamente 10 mg de sedimento foram acondicionados em cartuchos de estanho (5 x 9 mm) e submetidos a análise elementar no analisador elementar *Costec Instruments Elemental Combustion System* acoplado ao detector de espectrometria de massas com razão isotópica *Thermo Scientific Delta V Advantage Isotope Ratio MS* (EA-IRMS).

As concentrações de nitrogênio total foram determinadas em alíquota de 10 mg sedimento sem a remoção de CaCO<sub>3</sub> acondicionados em cápsula de estanho, sendo submetidas a análise elementar no EA-IRMS.

Para a remoção do carbonato de cálcio no sedimento, uma alíquota de sedimento de aproximadamente 500 mg foi atacada com 2 mL de HCl 1 mol L<sup>-1</sup> e homogeneizada, permanecendo em ácido por 24h. Foram adicionados duas a três gotas de HCl concentrado (P.A.) a fim de certificar a total eliminação do CaCO<sub>3</sub> e em seguida água Milli Q até um

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  614
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

volume de 9 mL e centrifugadas a 2500 rpm durante 12 minutos. O sobrenadante foi descartado e a lavagem das amostras foi repetida por cinco ou seis vezes até a total eliminação do HCl. As amostras foram secas em estufa a 60°C e submetidas a análise do teor de carbono orgânico e nitrogênio total.

As concentrações de fósforo total foram determinadas através da queima em forno mufla seguida de extração ácida. Os teores de fósforo total foram obtidos através de um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

Resultados de carbono orgânico total, nitrogênio e fósforo totais nos sedimentos analisados

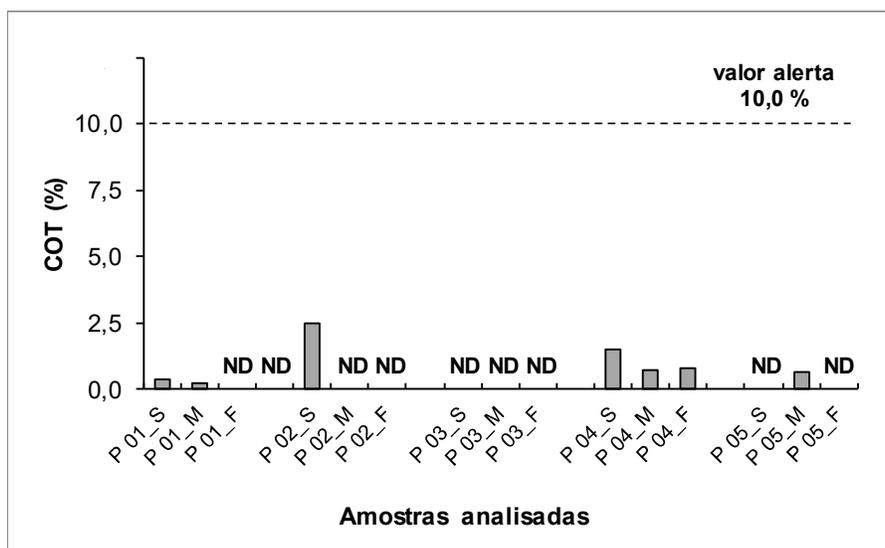
Os teores de carbono orgânico total (COT, %) e concentrações de nitrogênio (NT, mg Kg<sup>-1</sup>) e fósforo totais (PT, mg Kg<sup>-1</sup>) nos sedimentos na área estudada são apresentados na Tabela 8.1.72 e nos Gráfico 8.1.61 a Gráfico 8.1.63.

**Tabela 8.1.72- Teores de carbono orgânico total (COT) e concentrações de nitrogênio total, (NT) e fósforo total (PT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

	Valor Alerta	P 01 S	P 01 M	P 01 F	P 02 S	P 02 M	P 02 F	P 03 S	P 03 M	P 03 F
COT (%)	10	0,36	0,24	ND	2,45	ND	ND	ND	ND	ND
NT (mg Kg <sup>-1</sup> )	4800	452	316	ND	1366	212	214	268	213	243
PT (mg Kg <sup>-1</sup> )	2000	84	94	26	322	29	55	60	91	32
	Valor Alerta	P 04 S	P 04 M	P 04 F	P 05 S	P 05 M	P 05 F			
COT (%)	10	1,52	0,74	0,76	ND	0,65	ND			
NT (mg Kg <sup>-1</sup> )	4800	1287	839	681	ND	583	298			
PT (mg Kg <sup>-1</sup> )	2000	333	554	60	12	248	56			

ND: não detectado.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  615
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



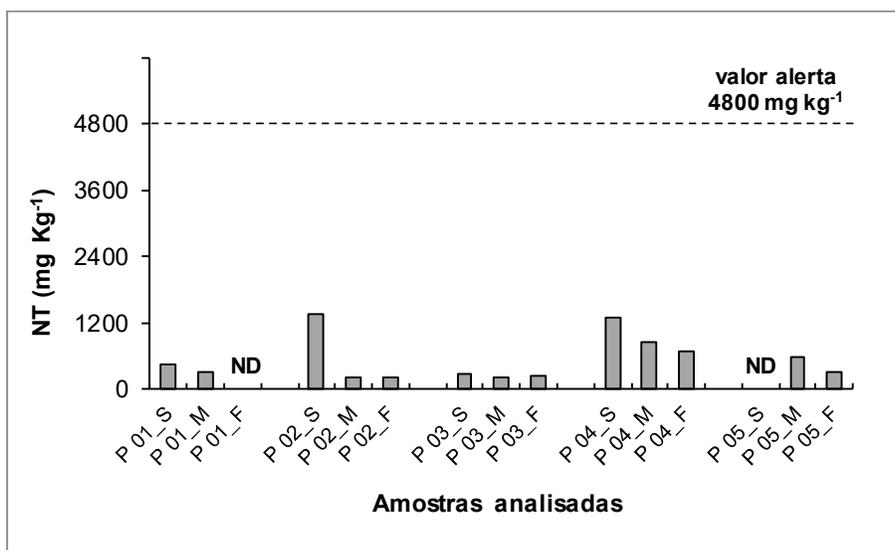
ND: não detectado.

**Gráfico 8.1.61 - Distribuição do teor de carbono orgânico Total (COT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

Os teores de COT registrados não violaram o valor alerta preconizado pela Resolução Conama 454/12. Em comparação com a área situada na Ponta do Poço (Angulo et al., 2009), investigada em 2007, o valor foi similar. A granulometria foi o fator preponderante para os resultados encontrados, uma vez que os sedimentos da área de estudo são predominantemente constituídos de frações arenosas.

As concentrações de NT registrados para os sedimentos superficiais não violaram o valor alerta preconizado pela Resolução Conama 454/12 e estão abaixo de valores reportados para sedimentos marinhos costeiros, de áreas próximas a área do empreendimento, como Ponta do Poço (Angulo et al., 2009), ou ainda, em relação ao trabalho de Martins et al. (2007), que analisou 41 amostras de sedimentos superficiais distribuídos nos diferentes setores da Baía de Paranaguá.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  616
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

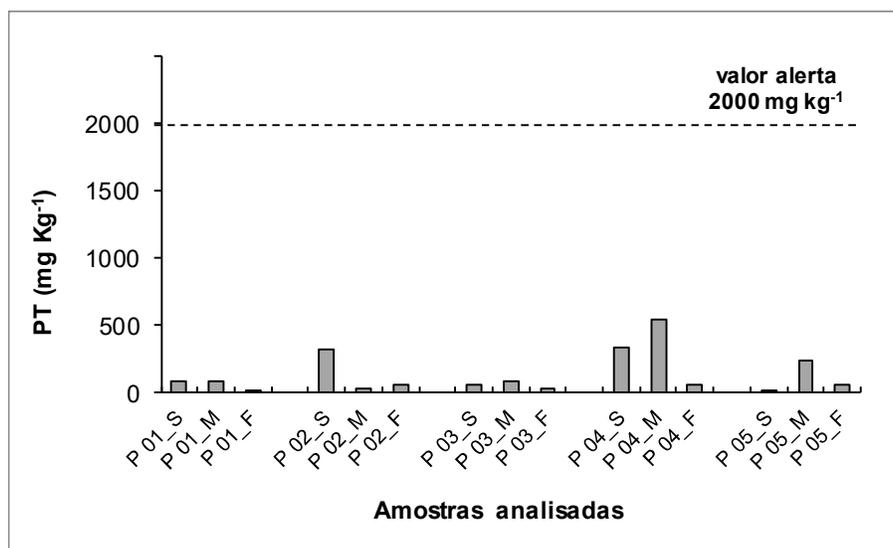


ND: não detectado.

**Gráfico 8.1.62 - Distribuição da concentração de nitrogênio total (NT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

As concentrações de PT também não ultrapassaram os valores alerta preconizados na Resolução Conama 454/12. Os níveis estiveram abaixo ou na faixa de valores reportada para o fósforo total nos sedimentos superficiais da área de desembocadura da Baía de Paranaguá (ANGULO *et al.*, 2009; CAZATI, 2010), e bem abaixo dos teores encontrados nos sedimentos superficiais da área portuária de Rio Grande, no estuário da Lagoa dos Patos (BAISCH e MIRLEAN, 2001).

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 617
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



ND: não detectado.

**Gráfico 8.1.63 - Distribuição da concentração de fósforo total (PT) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

Os maiores valores de COT, NT e PT foram encontrados nos pontos P2 e P4, nos sedimentos superficiais onde a análise do sedimento mostrou ser o local onde ocorre granulometria mais fina e os maiores valores de matéria orgânica preservada.

#### 8.1.10.4.3.2 Elementos traço

##### Procedimento analítico

As amostras de sedimentos foram recebidas pelo Laboratório de Química Inorgânica Marinha (LabQIM) da USP, sendo analisadas quanto a presença dos elementos traços Zinco (Zn), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg) e Arsênio (As).

Para a determinação dos elementos traço, foi utilizada a fração total dos sedimentos como recomendado pela Resolução Conama 454/12. Os sedimentos foram liofilizados por 72hs (exceto para mercúrio), sendo então pulverizados em almofariz e pistilo e as determinações seguiram o método USEPA 3050B. As análises de Mercúrio (Hg) foram efetuadas pelo método USEPA 6471. As concentrações dos elementos metálicos foram obtidas segundo os procedimentos descritos no método USEPA 6010C, em um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  618
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

O controle da qualidade analítica foi efetuado utilizando branco de reagentes materiais de referência certificado com concentrações conhecidas dos elementos investigados. Para avaliação da qualidade analítica relacionada ao Mercúrio (Hg), foi utilizado o material de referência ERM CC580, enquanto os demais elementos foram avaliados através da determinação do material de referência SS-2. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.1.73.

**Tabela 8.1.73 - Resultados da avaliação da qualidade analítica através da análise de material de referência certificado.**

	Valor obtido	Valor de referência	Intervalo de confiança	Intervalo de tolerância
(mg Kg <sup>-1</sup> )				
<b>As</b>	76,6 ± 0,7	75	65 - 85	25 - 125
<b>Cd</b>	1,92 ± 0,40	2	ND	ND
<b>Cr</b>	24,1 ± 0,6	34	30 - 38	14 - 54
<b>Cu</b>	168,2 ± 0,8	191	182 - 200	139 - 243
<b>Ni</b>	43,9 ± 0,5	54	50 - 58	33 - 75
<b>Pb</b>	92,5 ± 0,8	126	116 - 136	68 - 184
<b>Zn</b>	430,2 ± 0,6	467	444 - 490	337 - 597
<b>Hg</b>	3,4 ± 0,1	3,4	2,9 - 3,9	ND

ND: não disponível.

Os resultados do branco de reagente mostraram a ausência de interferentes, sendo a concentração de elementos traços nestas amostras inferiores ao limite de quantificação do método. Em relação à análise dos materiais de referências, os valores obtidos pelo LabQIM, estiveram próximos a concentrações estabelecidas pelo intervalo de confiança e dentro da faixa de tolerância para todos os elementos analisados.

#### Resultados dos elementos traço nos sedimentos analisados

Os resultados (Tabela 8.1.74, Gráfico 8.1.64) indicam que todos os elementos apresentaram concentrações inferiores aos valores estabelecidos na Resolução CONAMA 454/12 para o Nível 1 de águas salinas-salobras.

As concentrações dos elementos metálicos e As são menores do que os níveis encontrados nos sedimentos superficiais da área da Ponta do Poço, por ocasião do diagnóstico elaborado para o EIA-RIMA do porto de Pontal do Sul (ANGULO *et al.*, 2009). Ainda, os valores obtidos foram menores ou similares aqueles encontrados por Martins *et al.* (2012)

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  619
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

em sedimentos da Baía das Laranjeiras, PR, região do Complexo Estuarino de Paranaguá considerada pouco impactada pela atividade antrópica, onde os elementos metálicos encontrados foram associados a fontes naturais, como a drenagem continental.

Apenas os pontos P2 e P4 apresentaram concentrações de elementos traços relativamente mais elevadas em relação aos demais pontos estudados, justificado em função do tipo de sedimento encontrado neste local (granulometria mais fina) e no total de matéria orgânica preservada, relativamente maior do que nos demais pontos analisados. Entretanto, como todos os valores obtidos estiveram bem abaixo do Nível 1 estabelecido na Resolução CONAMA 454/12, podendo dizer que não há contaminação por estes elementos na área estudada.

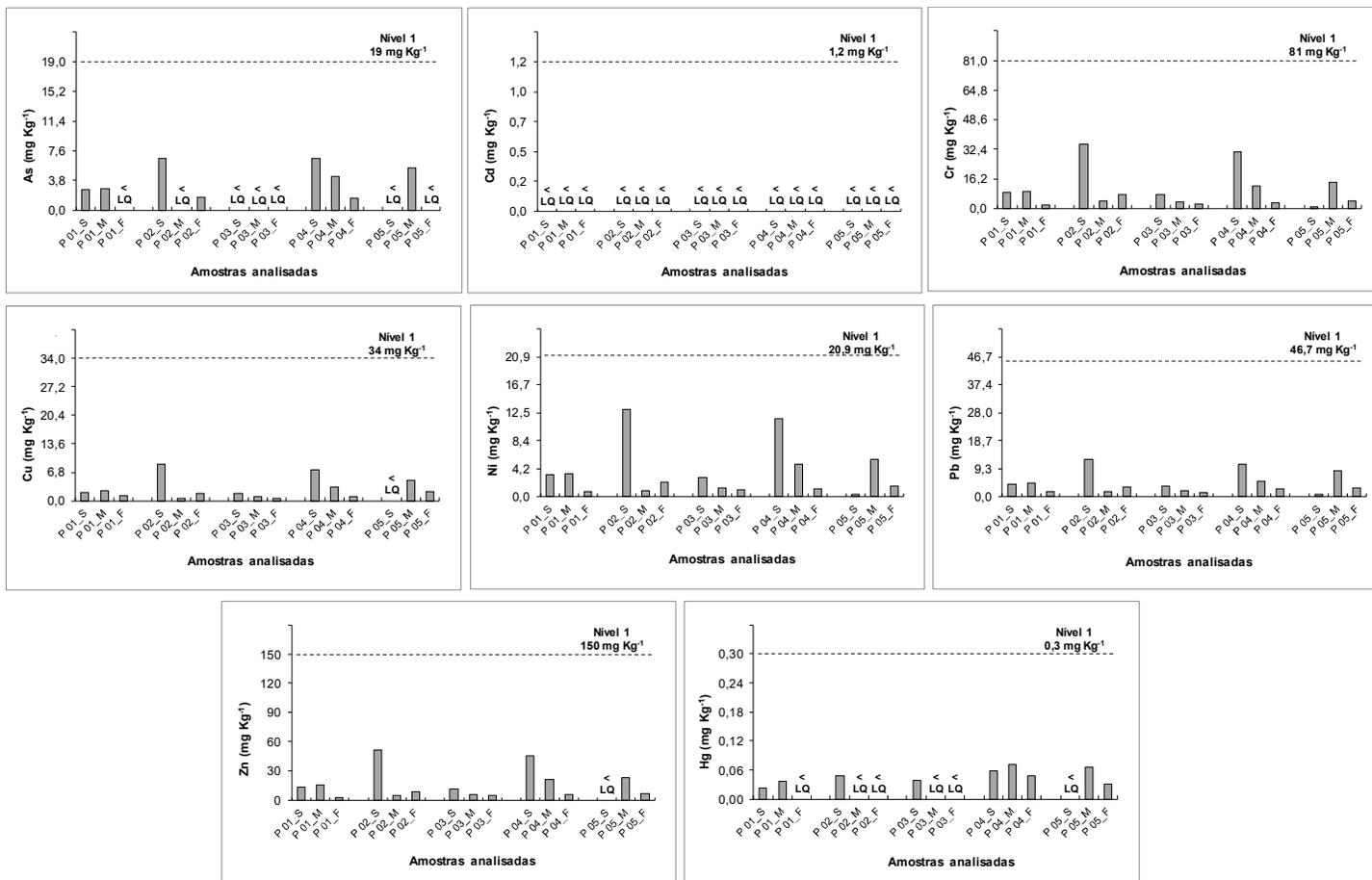
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	620
RL-B00-H01-1001	0	

**Tabela 8.1.74 - Concentrações de elementos traços Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Mércurio (Hg) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

	Nível 1	Nível 2	P 01_S	P 01_M	P 01_F	P 02_S	P 02_M	P 02_F	P 03_S	P 03_M	P 03_F
As (mg Kg <sup>-1</sup> )	19	70	2,59	2,76	<LQM	6,65	<LQM	1,60	<LQM	<LQM	<LQM
Cd (mg Kg <sup>-1</sup> )	1,2	7,2	<LQM								
Cr (mg Kg <sup>-1</sup> )	81	370	8,89	9,39	1,82	35,3	3,90	7,47	7,49	3,29	2,52
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	34	270	2,05	2,45	1,25	8,76	0,68	1,71	1,70	0,96	0,69
Ni (mg Kg <sup>-1</sup> )	20,9	52	3,27	3,41	0,71	13,0	0,92	2,19	2,83	1,28	1,08
Pb (mg Kg <sup>-1</sup> )	46,7	218	4,14	4,49	1,57	12,4	1,50	3,12	3,53	1,88	1,47
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	150	410	13,7	15,3	2,88	51,0	4,82	8,98	11,4	6,19	4,93
Hg (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,30	1,00	0,02	0,04	< LQM	0,05	< LQM	< LQM	0,04	< LQM	< LQM
	Nível 1	Nível 2	P 04_S	P 04_M	P 04_F	P 05_S	P 05_M	P 05_F			
As (mg Kg <sup>-1</sup> )	19	70	6,60	4,34	1,55	<LQM	5,37	<LQM			
Cd (mg Kg <sup>-1</sup> )	1,2	7,2	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM			
Cr (mg Kg <sup>-1</sup> )	81	370	31,1	12,6	3,13	1,08	14,3	4,11			
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	34	270	7,47	3,28	0,98	<LQM	4,91	2,09			
Ni (mg Kg <sup>-1</sup> )	20,9	52	11,7	4,83	1,21	0,36	5,56	1,52			
Pb (mg Kg <sup>-1</sup> )	46,7	218	10,8	5,13	2,69	0,81	8,51	2,85			
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	150	410	46,0	21,5	5,29	<LQM	22,8	6,78			
Hg (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,30	1,00	0,06	0,07	0,05	< LQM	0,07	0,03			

< LQM: inferior ao limite de quantificação do método.

**Gráfico 8.1.64 - Distribuição da concentração de elementos metálicos e arsênio, nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**



 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  622
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.10.4.3.3 Contaminantes orgânicos

##### Procedimento analítico

As amostras de sedimentos foram recebidas pelo Laboratório de Geoquímica Orgânica e Poluição Marinha (LaGPoM) da UFPR, sendo analisadas quanto a presença de compostos organoclorados (pesticidas clorados e bifenilas policloradas - PCBs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs).

Os sedimentos foram processados conforme método analítico descrito em UNEP (1992) e Bicego et al. (2006). Aproximadamente 100g de sedimento foram secos em um liofilizador, desagregados utilizando almofariz e pistilo de porcelana, homogeneizados e armazenados em frascos de vidro. Durante as análises, aproximadamente 20 g de sedimento seco recebeu 100  $\mu$ L de uma mistura de padrões subrogados para a determinação de compostos organoclorados (PCB 103 (C-103N) e PCB 198 (C-198N), AccuStandard, USA) e HPAs (naftaleno-d8, fenantreno-d10 e criseno-d12 (Z014-J), AccuStandard, USA). Posteriormente, foi extraído em aparato Soxhlet durante 8 h com 80 mL de n-hexano e diclorometano (1:1) (J. Baker, México). Os extratos foram concentrados a 4 mL em evaporador rotatório, separados em duas alíquotas 2 mL. Uma alíquota foi submetida à purificação por cromatografia de adsorção em coluna de alumina, com eluição de 15 mL de uma mistura 30% diclorometano em n-hexano para a obtenção da fração contendo os compostos organoclorados. A segunda alíquota do extrato foi purificada por cromatografia de adsorção em coluna de sílica e alumina, com eluição de 15 mL de uma mistura 30% diclorometano em n-hexano para a obtenção da fração contendo os HPAs. Ambos extratos resultantes foram concentrados a 500  $\mu$ L.

Os PCBs e pesticidas organoclorados foram identificados e quantificados em um cromatógrafo a gás da Agilent Technologies 7890A equipado com detector de captura de elétrons 63Ni (GC-ECD) e injetor automático, conforme USEPA 8081b e USEPA 8082. A coluna capilar utilizada possuía as seguintes características: fase estacionária de 5% fenilmetil-siloxano, 30m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25  $\mu$ m de espessura do filme. A injeção de 1  $\mu$ L do extrato da amostra foi sem divisão de fluxo (splitless). A programação de temperatura do forno teve início em 100 °C (1min) com aumento à taxa de 5 °C min<sup>-1</sup> até 140 °C (1min), aumentando a 1,5 °C min<sup>-1</sup> até 250 °C (1min) e 10 °C min<sup>-1</sup> até 300 °C permanecendo isotérmico por 5 min. A temperatura do injetor foi mantida a 300 °C e do detector a 320 °C. Hidrogênio e nitrogênio foram utilizados como gás de arraste

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  623
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

(pressão constante de 13,2 psi) e gás make-up (30 mL min<sup>-1</sup>), respectivamente (Combi et al., 2013).

As amostras de sedimento superficial foram analisadas para Alfa-HCH (BHC), Beta-HCH (BHC), Gama-HCH (BHC), Delta-HCH (BHC), DDT (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), DDE (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), DDD (somatório dos isômeros p,p'- e o,p-), dieldrin, endrin, Alfa-clordano, Gama-clordano e o somatório de 7 congêneres de PCBs (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180) em sua fração total, conforme na Tabela III do Anexo da Resolução Conama 454/12. A identificação dos pesticidas clorados e PCBs foi baseada nos tempos de retenção de padrões autênticos.

A quantificação foi realizada contra padrões externos através das curvas analíticas de cada analito e os padrões subrogados PCB103 e PCB198. A recuperação da metodologia foi avaliada utilizando 2,4,5,6-tetracloro-m-xileno (TCMX, M-8082-SS-10X, AccuStandard, USA) como padrão interno e o desempenho analítico através da análise de matrizes fortificadas com padrões, replicatas e brancos analíticos. A confirmação de alguns compostos encontrados foi realizada em um cromatógrafo a gás (Agilent GC System 7890A Series) acoplado a um espectrômetro de massa (GC-MS Agilent Mass Selective Detector 5973 Network).

Os HPAs foram analisados pela injeção de 1 µL da amostra em um cromatógrafo a gás (Agilent GC System 7890A Series) acoplado a um espectrômetro de massa (GC-MS Agilent Mass Selective Detector Network). A coluna capilar utilizada possuía as seguintes características: fase estacionária de 5% fenil-metil-siloxano, 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme.

A rampa da temperatura foi a seguinte: (1) 40 oC por 1 min, (2) 20 °C min<sup>-1</sup> até 60 °C, (3) 5 °C min<sup>-1</sup> até 290 °C, (4) 10 °C min<sup>-1</sup> até 300 oC, e (5) isotérmico por 10 min. A temperatura do injetor foi mantida a 280 °C no modo splitless (fluxo do split 50:1 após 1min). A linha de transferência foi mantida a 250 °C e a fonte do detector a 190 °C com energia de 70 ev. Foi utilizado He como gás carreador em um fluxo de 1,5mL min<sup>-1</sup>.

A análise foi feita no modo SIM (*System Ion Monitoring*), sendo registrados apenas os picos relacionados aos dois principais fragmentos (m/z), característicos de cada um dos compostos analisados. Os HPAs foram quantificados através da injeção de soluções de padrões externos, de massas conhecidas. Os picos obtidos no GC/MS foram integrados por um sistema de aquisição de dados (*HP Enhanced Chemstation 3365*), determinando o fator

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  624
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de resposta, os tempos de retenção e a curva de calibração utilizando-se os padrões subrogados deuterados e padrões externos. A recuperação do método foi avaliada utilizando o benzo(b)fluoranteno-d12 (AccuStandard, USA) como padrão interno e o desempenho analítico através da análise de matrizes fortificadas com padrões, replicatas e brancos analíticos.

As amostras de sedimento foram analisadas para benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, acenaftileno, acenafteno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno, naftaleno e pireno em sua fração total conforme na Tabela III do Anexo da Resolução Conama 454/12.

#### Resultados dos pesticidas organoclorados e PCBs nos sedimentos analisados

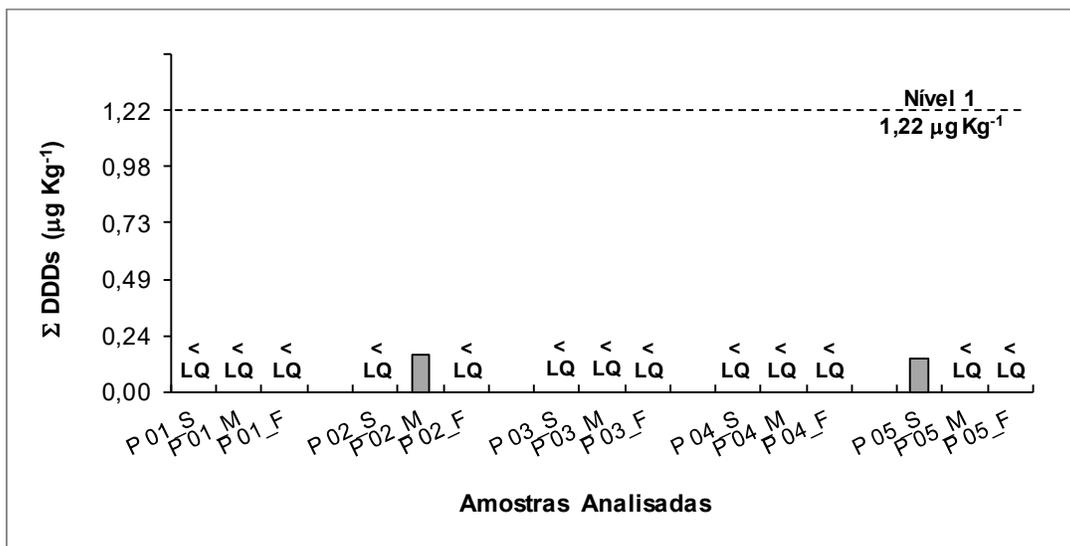
Os resultados dos 11 pesticidas organoclorados e o somatório de PCBs (7 congêneres) analisados nas amostras de sedimento estão expressos em  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (peso seco de sedimento) na Tabela 8.1.75.

Os resultados indicaram que nenhuma das amostras de sedimento avaliadas apresentaram níveis dos pesticidas organoclorados e PCBs acima do valor limite para o nível 1 (água salina/salobra) da Resolução Conama 454/12.

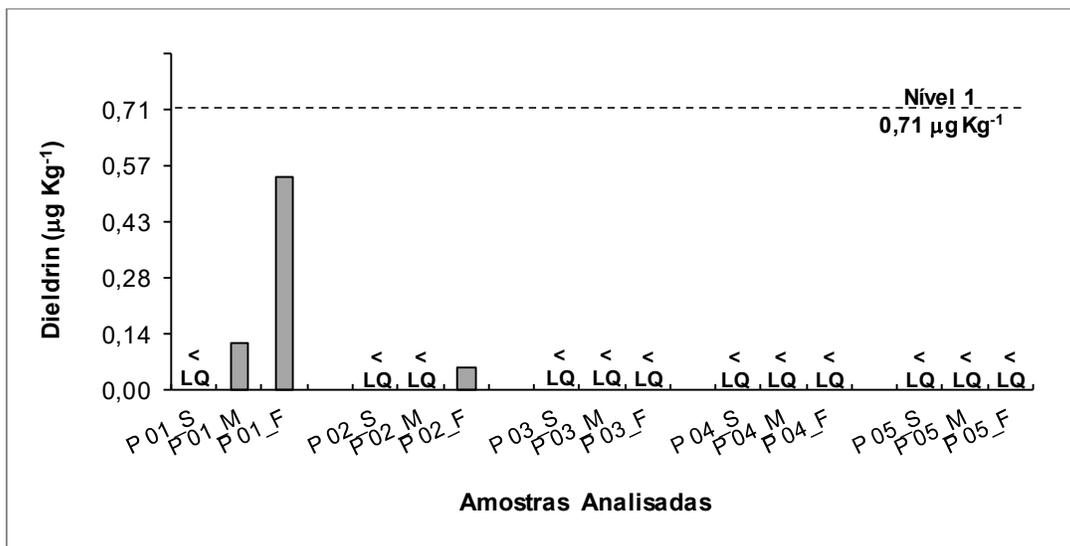
As concentrações de PCBs totais (7 compostos) estiveram abaixo do limite de detecção do método ( $0,17 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) nas amostras coletadas na área de estudo.

Em relação aos pesticidas organoclorados, apenas três compostos foram identificados. Os DDDs (o,p'-DDD + p,p'-DDD) foram detectados apenas nas amostras, P02\_M e P05\_S, com concentrações variando entre 0,14 e 0,16  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (média =  $0,15 \pm 0,01$ ), Dieldrin foi detectado em 3 das 15 amostras analisadas com concentrações variando entre 0,06 e 0,54  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (média =  $0,24 \pm 0,21$ ) e os DDTs (o,p'-DDT + p,p'-DDT) foram detectados apenas na amostras P03\_F ( $0,07 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Todas as concentrações detectadas são inferiores ao Nível 1 para águas salina-salobras estabelecido pela Resolução Conama 454/12 (Gráfico 8.1.65 a Gráfico 8.1.67). Todos os resultados apresentados são consistentes uma vez que os limites de detecção do método estão próximos daqueles apresentados em diversos trabalhos desta natureza, as recuperações dos padrões estiveram entre 80 e 97% e a análise dos brancos não apresentou nenhum dos compostos organoclorados estudados.

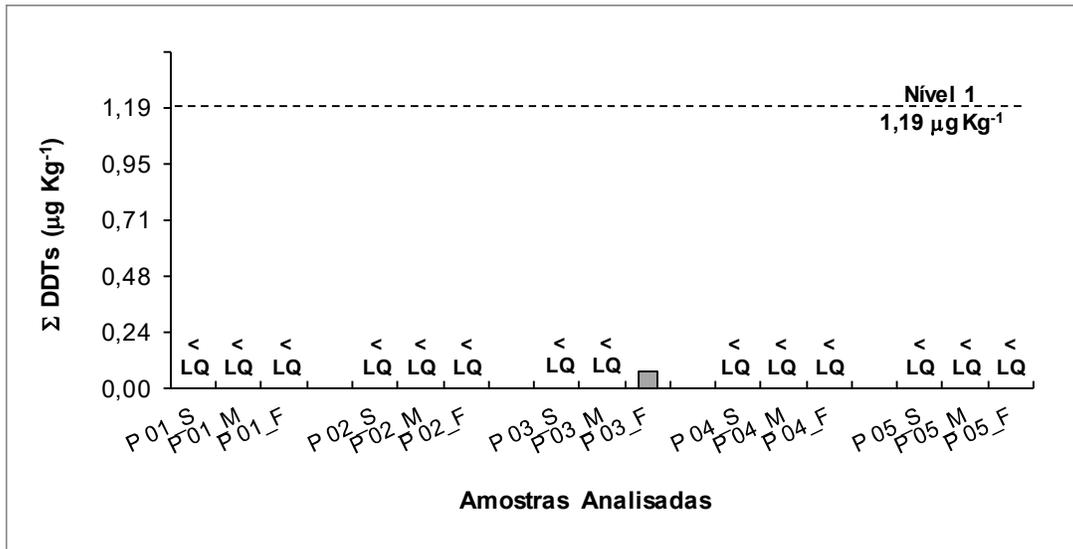
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 625
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



**Gráfico 8.1.65 - Distribuição da concentração de DDDs totais nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**



**Gráfico 8.1.66 - Distribuição da concentração de Dieldrin nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**



**Gráfico 8.1.67 - Distribuição da concentração de DDTs nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

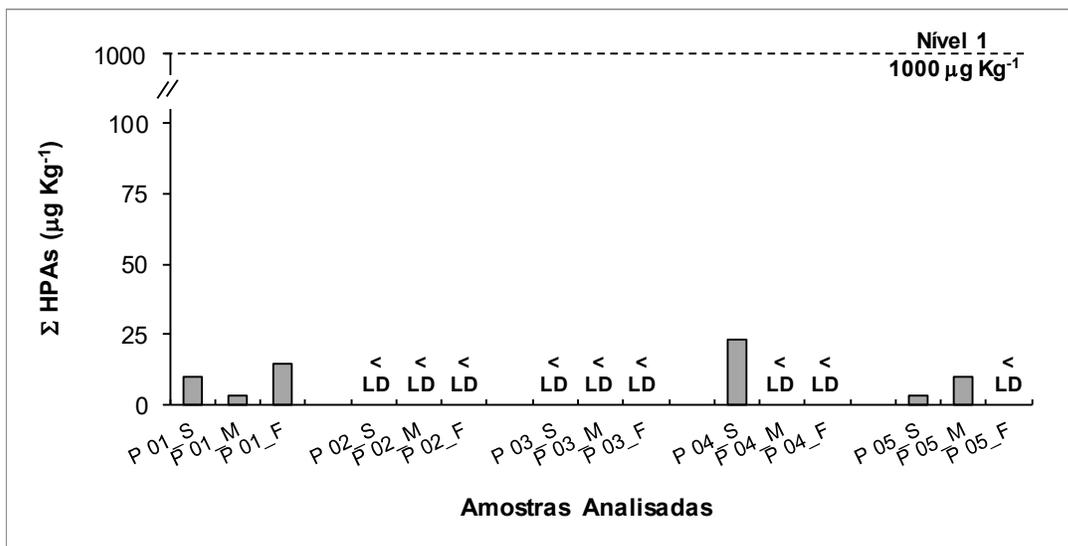
**Tabela 8.1.75 - Concentração de pesticidas organoclorados e PCBs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12. O valor LDM indica o limite de detecção do método enquanto LQM indica o limite de quantificação do método. Valores sublinhados indica que estiveram acima do LDM, mas abaixo do LQM (não considerados na representação gráfica).**

	LDM	LQM	Nível 1	Nível 2	P 01_S	P 01_M	P 01_F	P 02_S	P 02_M	P 02_F	P 03_S	P 03_M	P 03_F
BHC (Alfa-BHC)	0,04	0,13	0,32	0,99	< LD	< LD	< LD	< LD					
BHC (Beta-BHC)	0,03	0,10	0,32	0,99	< LD	< LD	< LD	< LD					
BHC (Delta-BHC)	0,06	0,20	0,32	0,99	< LD	< LD	<u>0,15</u>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
BHC (Gama-BHC/Lindano)	0,03	0,10	0,32	0,99	< LD	< LD	< LD	< LD					
Clordano (Alfa)	0,04	0,14	2,26	4,79	< LD	< LD	< LD	< LD					
Clordano (Gama)	0,02	0,07	2,26	4,79	< LD	< LD	< LD	< LD					
DDDs	0,03	0,10	1,22	7,81	< LD	<u>0,06</u>	< LD	< LD	0,16	<u>0,05</u>	< LD	<u>0,03</u>	<u>0,06</u>
DDEs	0,06	0,21	2,07	374	< LD	< LD	< LD	< LD					
DDTs	0,02	0,06	1,19	4,77	< LD	< LD	<u>0,05</u>	0,07					
Dieldrin	0,02	0,05	0,71	4,30	< LD	0,12	0,54	< LD	< LD	0,06	< LD	< LD	< LD
Endrin	0,02	0,07	2,67	62,4	< LD	< LD	< LD	< LD					
$\Sigma$ 7PCBs	0,05	0,17	22,7	180	< LD	< LD	<u>0,07</u>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	LDM	LQM	Nível 1	Nível 2	P 04_S	P 04_M	P 04_F	P 05_S	P 05_M	P 05_F			
BHC (Alfa-BHC)	0,04	0,13	0,32	0,99	< LD								
BHC (Beta-BHC)	0,03	0,10	0,32	0,99	< LD								
BHC (Delta-BHC)	0,06	0,20	0,32	0,99	< LD								
BHC (Gama-BHC/Lindano)	0,03	0,10	0,32	0,99	< LD								
Clordano (Alfa)	0,04	0,14	2,26	4,79	< LD								
Clordano (Gama)	0,02	0,07	2,26	4,79	< LD								
DDDs	0,03	0,10	1,22	7,81	<u>0,03</u>	< LD	< LD	0,14	< LD	<u>0,03</u>			
DDEs	0,06	0,21	2,07	374	< LD								
DDTs	0,02	0,06	1,19	4,77	< LD	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>	< LD	< LD	< LD			
Dieldrin	0,02	0,05	0,71	4,30	<u>0,04</u>	< LD							
Endrin	0,02	0,07	2,67	62,4	< LD	<u>0,03</u>	< LD	< LD	< LD	< LD			
$\Sigma$ 7PCBs	0,05	0,17	22,7	180	< LD	< LD	< LD	<u>0,05</u>	<u>0,05</u>	< LD			

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  628
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Resultados dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) nos sedimentos analisados

Os resultados dos 13 HPAs analisados nas amostras de sedimento estão expressos em  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (peso seco de sedimento) na Tabela X5. As concentrações de HPAs totais variaram entre  $< \text{LD}$  a  $23,3 \mu\text{g kg}^{-1}$  (P04\_S), com média de  $10,7 \pm 6,9$  nas amostras analisadas (Gráfico 8.1.68).



**Gráfico 8.1.68 - Distribuição da concentração de HPAs totais nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores orientadores da Resolução Conama 454/12.**

Os resultados demonstraram que não houve HPAs presentes em concentrações acima dos valores estabelecidos na Legislação CONAMA 454/2012 para os Níveis 1 e 2 de águas salina-salobras. Nas amostras onde HPAs foram detectados, os compostos estiveram próximos ao limite de detecção e quantificação do método analítico. Portanto as concentrações de HPAs totais não violaram o nível 1 da Resolução Conama 344/04.

Notar et al. (2001), ao analisar sedimentos de regiões costeiras do Golfo de Trieste (Mar Adriático), caracterizada por ser uma área portuária de intensa atividade industrial, estipulou que um sedimento pode ser considerado contaminado quando a HPAs totais atinge valores superiores a  $500 \mu\text{g kg}^{-1}$ , enquanto um sedimento moderadamente poluído apresenta concentrações entre 250 e  $500 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Foi possível notar que os valores encontrados neste trabalho foram inferiores a estes limites estabelecidos.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:
Nº PLANAVE	REV. PLANAVE	629
RL-B00-H01-1001		0

**Tabela 8.1.76 - Concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (µg kg<sup>-1</sup>) nas amostras de sedimento dos testemunhos (P01\_S a P05\_F), em comparação com os valores para águas salina-salobras (Nível 1 e 2) da Resolução CONAMA 454/12. O valor LDM indica o limite de detecção do método enquanto LQM indica o limite de quantificação do método. Valores sublinhados indica que estiveram acima do LDM, mas abaixo do LQM**

	LDM	LQM	Nível 1	Nível 2	P 01_S	P 01_M	P 01_F	P 02_S	P 02_M	P 02_F	P 03_S	P 03_M	P 03_F
naftaleno	0,76	2,50	160	2100	< LD								
2-metilnaftaleno	0,84	2,80	70,0	670	2,21	< LD	1,63	< LD					
acenaftileno	1,71	5,70	44,0	640	< LD								
acenafteno	0,18	0,60	16,0	500	< LD								
fluoreno	0,27	0,90	19,0	540	0,39	< LD	0,35	< LD					
fenantreno	1,17	3,90	240	1500	1,87	< LD	2,31	< LD					
antraceno	1,83	6,10	85,3	1100	< LD								
fluoranteno	0,74	2,22	600	5100	1,51	0,91	2,82	< LD					
pireno	0,71	2,13	665	2600	3,23	2,35	8,54	< LD	0,98	< LD	< LD	< LD	< LD
benzo(a)antraceno	0,65	1,95	74,8	693	< LD								
criseno	0,38	1,14	108	846	0,61	< LD	0,49	< LD	0,47	< LD	< LD	< LD	< LD
benzo(a)pireno	0,66	1,99	88,8	763	< LD								
dibenzo(a,h)antraceno	0,59	1,77	6,22	135	< LD								
Soma dos HPAs	1,83	6,10	1000	3000	9,82	3,26	14,5	< LD					
	LDM	LQM	Nível 1	Nível 2	P 04_S	P 04_M	P 04_F	P 05_S	P 05_M	P 05_F			
naftaleno	0,76	2,50	160	2100	18,1	< LD							
2-metilnaftaleno	0,84	2,80	70,0	670	1,89	< LD	1,17	< LD	1,75	< LD			
acenaftileno	1,71	5,70	44,0	640	< LD								
acenafteno	0,18	0,60	16,0	500	< LD								
fluoreno	0,27	0,90	19,0	540	0,29	< LD	< LD	< LD	0,48	< LD			
fenantreno	1,17	3,90	240	1500	1,63	< LD	< LD	1,62	2,08	< LD			
antraceno	1,83	6,10	85,3	1100	< LD								
fluoranteno	0,74	2,22	600	5100	0,84	< LD	< LD	< LD	1,52	< LD			
pireno	0,71	2,13	665	2600	< LD	< LD	< LD	1,69	3,36	0,90			
benzo(a)antraceno	0,65	1,95	74,8	693	< LD								
criseno	0,38	1,14	108	846	0,58	< LD	< LD	< LD	0,66	0,43			
benzo(a)pireno	0,66	1,99	88,8	763	< LD								
dibenzo(a,h)antraceno	0,59	1,77	6,22	135	< LD								
Soma dos HPAs	1,83	6,10	1000	3000	23,3	< LD	< LD	3,31	9,85	< LD			

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  630
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Pode-se dizer que os valores obtidos nas amostras na área de estudo são comparáveis aqueles verificados em áreas sob mínima influência antrópica, a citar, Baía do Almirantado, Antártica ( $< 450 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) (Martins et al., 2010), Lago Qinghai, no Plato Tibetano, China ( $< 300 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) (Wang et al., 2010) ou ainda, Baía das Laranjeiras, PR ( $4 - 89 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) (Martins et al., 2012).

O LDM ficou entre 0,18 (acenafteno) e  $1,83 \mu\text{g kg}^{-1}$  (antraceno), com média de  $0,81 \pm 0,48$ . Os valores de LDM obtidos nesse trabalho são inferiores ou compatíveis com aqueles reportados por outros trabalhos. Por exemplo, Damas *et al.* (2009) encontraram valores variando de 1,7 a  $4,6 \mu\text{g kg}^{-1}$  enquanto Helaleh *et al.* (2005) encontrou valores de 1,3 a  $4,3 \mu\text{g kg}^{-1}$  para os HPAs estudados.

A recuperação média dos padrões subrogados foi de  $86 \pm 15\%$  e a análise dos brancos não apresentou nenhum dos HPAs estudados.

Os resultados de controle de qualidade são consistentes uma vez que os limites de detecção do método e as recuperações são próximas daqueles apresentados em diversos trabalhos desta natureza, atestando a confiabilidades dos resultados.

A possível ausência ou baixos de níveis de HPAs na área estudada pode ser interpretada com base em estudos pretéritos.

Soares et al. (2012) verificaram concentrações de HPAs totais variando entre  $< \text{LDM}$  a  $10,4 \mu\text{g Kg}^{-1}$  em amostras de 10 perfis sedimentares na região da Ponta do Poço e entre  $< \text{LDM}$  a  $5,73 \mu\text{g Kg}^{-1}$  nas amostras superficiais ao longo do canal de acesso a esta região. Os resultados demonstraram que não houve HPAs presentes em concentrações acima dos valores estabelecidos na Legislação Conama 454/12 para o nível 1 (águas salina-salobras), sendo que na maioria dos pontos analisados, os compostos estiveram abaixo do limite de detecção do método.

Desta maneira, é possível concluir que é remota, a possibilidade de contaminação por HPAs nos sedimentos superficiais e no pacote sedimentar da área estudada.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  631
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.10.4.3.4 Considerações finais sobre a qualidade dos sedimentos analisados

Com base nas análises químicas realizadas (teor de carbono orgânico total, concentrações de nitrogênio e fósforo totais, elementos metálicos, pesticidas organoclorados, PCBs, HPAs), e na comparação dos níveis com estudos pretéritos, pode-se dizer que a área de estudo não apresenta contaminação frente aos parâmetros analisados.

Os pesticidas organoclorados foram detectados em um número baixo de amostras analisadas, restrito aos compostos Dieldrin, DDTs e DDDs, este último, um produto metabólico do DDT, um pesticida utilizado no passado. Quando foram detectados, os níveis obtidos estiveram abaixo daqueles estabelecidos pela Resolução Conama 454/12. Os PCBs não foram detectados na área de estudo.

Assim como verificado para os pesticidas organoclorados e PCBs, os HPAs apresentaram concentrações baixas em relação aos níveis estabelecidos pela Resolução Conama 454/12 e comparáveis a ambientes prístinos.

Estes resultados podem ser justificados em função de dois fatores primordiais.

- (i) a distância da área de estudo em relação às principais fontes de contaminantes orgânicos descritas para o litoral do estado do Paraná a citar, como as atividades industriais, portuárias e de ocupação urbana, desenvolvidas na porção mais interiorana do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), em particular no entorno da cidade de Paranaguá;
- (ii) a hidrodinâmica da região, onde há trocas intensas de água em função das baixas profundidades e regime de maré, o que dificulta a sedimentação e acumulação de compostos orgânicos dispersos na coluna d'água;
- (iii) o tipo de sedimento verificado da área de estudo, com proporção relativamente baixa de constituintes mais finos (silte e argila).

A adsorção de contaminantes orgânicos está intimamente relacionada com o teor de carbono orgânico e a distribuição granulométrica dos sedimentos, ou seja, quanto maior a proporção de finos (silte e argila) e carbono, maior a capacidade de reter matéria orgânica e, conseqüentemente, contaminantes como os HPAs, PCBs e pesticidas organoclorados (Kowalska et al., 1994, Kubicki e Apitz, 1999). Assim, as baixas porcentagens relativas de frações finas de sedimento e de carbono orgânico contribuem para a ausência da acumulação de compostos orgânicos.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  632
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Quanto aos contaminantes metálicos e As, as baixas concentrações estão de acordo com estudos pretéritos, e podem ser atribuídas, principalmente, a dois fatores:

- (i) ausência de fontes destes contaminantes metálicos na área estudada;
- (ii) a dispersão e diluição associada à intensa dinâmica hídrica e sedimentar da região, aliada ao tipo de sedimento pouco favorável ao acúmulo destes elementos.

### **8.1.11 Modelagens de Diagnóstico da Hidrodinâmica, do Transporte de Sedimentos, e de Ondas**

Este documento apresenta a modelagem matemática ambiental de diagnóstico da circulação hidrodinâmica, da evolução morfológica do fundo, e do comportamento geral das ondas na região de interesse do empreendimento em questão, localizado na região do Porto de Paranaguá. Esses estudos, posteriormente, darão base para a análise prognóstica dos impactos ambientais decorrentes da ampliação desse porto. Na análise prognóstica serão realizadas simulações da variação da linha de costa e dos possíveis impactos das dragagens que deverão ocorrer em função das ampliações do Porto de Paranaguá.

A estimativa de perturbações na hidrodinâmica em corpos hídricos, provocadas por mudanças na morfologia do fundo, requer o conhecimento de características da circulação observada em toda a área de interesse e da geometria de fundo em sua forma atual. Também é necessário o conhecimento das forçantes que regem o comportamento das correntes e as possíveis modificações da geometria do fundo.

Nesse contexto, são avaliados períodos típicos de inverno e verão com duração de um ciclo de maré (nesse estudo considerada como 29,25 dias). Assim, podem ser colocados como objetivos deste estudo o que se segue:

- Modelar a atual circulação hidrodinâmica da baía de Paranaguá, o que dará o subsídio necessário para avaliar o transporte de sedimentos;
- Modelar o atual transporte de sedimentos através da evolução morfológica do fundo, o que permite estimar as ordens de grandeza dos processos de erosão e deposição na área de interesse;
- Analisar o comportamento das ondas geradas pelo vento e sua possível influência sobre a área de interesse.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  633
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Na sequência é apresentada uma caracterização geral da Baía de Paranaguá, uma descrição do sistema de modelos utilizado, a forma de implementação dos modelos, resultados das simulações e considerações finais relacionadas às modelagens.

É importante mencionar que a modelagem matemática não é uma ciência exata. Existem simplificações na definição dos processos dominantes para a modelagem, como imprecisões em função da discretização da região de estudo e incertezas nas condições de contorno. As imprecisões podem ser reduzidas através da calibração do modelo, processo para o qual são necessários dados medidos após a construção do empreendimento, e ainda através da utilização de métodos de elevada ordem e altas resoluções. Os resultados, mesmo em casos sem calibração (no caso dos prognósticos), permitem análises de processos dominantes e de ordens de grandeza das variáveis calculadas, uma vez que o intuito é ter prognóstico sobre a distribuição temporal e espacial das variáveis de interesse. Portanto, valores provenientes de simulações matemáticas devem ser contextualizados como aproximados e preliminares, e servir como suporte técnico para a gestão ambiental e tomada de decisões.

#### **8.1.11.1 Características oceanográficas gerais do Complexo Estuarino Paranaguá**

Geograficamente, o CEP (Complexo Estuarino Paranaguá) faz parte da plataforma continental sudeste que se estende do Cabo de São Tomé (RJ) ao Cabo de Santa Marta (SC), cuja linha costeira está orientada praticamente na direção SW-NE, entre as latitudes aproximadas de 20° e 30°S e as longitudes de 40° e 50°W (Camargo, 1998). A região é composta por dois eixos principais: o eixo E-W e o eixo NNE-SSW, com conexão das baías ao oceano através dos canais da Galheta, Norte e Superagüi. Este estuário abrange uma superfície líquida de 612 km<sup>2</sup> e volume da ordem de 2x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> (Lana *et al.*, 2001) e é caracterizado geomorfologicamente como um estuário de planície costeira, com deltas de maré em sua desembocadura (Mantovanelli, 1999). A área do CEP é apresentada na Figura 8.36.

No CEP, a hidrodinâmica é governada principalmente pelas correntes de maré, descarga de água dos rios afluentes, que drenam as bacias hidrográficas da serra do mar, além da circulação provocada pelo vento.

De acordo com Ribas (2004), a maré na Baía de Paranaguá é predominantemente semi-diurna com desigualdades diurnas. As componentes mais importantes da maré astronômica

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  634
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

são as semi-diurnas M2 e S2, que juntas representam cerca de 50% da altura da maré; as componentes M3, M4, MN4 e MS4 têm grande influência no comportamento da onda de maré da baía. Da desembocadura à cabeceira da baía, verifica-se uma amplificação da altura de maré, um incremento na assimetria das correntes, além de um aumento na amplitude das constituintes de águas rasas da onda de maré gerado pelas interações não lineares da onda com os limites do corpo estuarino (Camargo, 1998; Marone e Jamiyanaa, 1997). Esta amplificação da maré em direção à cabeceira resulta da característica hipsíncrona do estuário, onde o efeito da convergência excede ao atrito (Mantovanelli, 1999), sendo basicamente controlada por ressonância, que depende da frequência de oscilação da onda de maré e do comprimento do estuário (Camargo, 1998).

Na ausência de efeitos meteorológicos significativos, a circulação no complexo estuarino da Baía de Paranaguá é dominada pelos efeitos da maré. De acordo com Knoppers *et al.* (1987), o atraso na ocorrência das marés alta e baixa aumenta progressivamente conforme se caminha estuário adentro – as marés alta e baixa em Antonina ocorrem com até 1,5 horas de atraso em relação à ocorrência no canal da Galheta. Durante as marés de sizígia, as alturas variam desde 1,7 m na embocadura da baía até aproximadamente 2,7 m em Antonina (Marone *et al.* 1997); nas marés de quadratura, as alturas se reduzem a menos de 80% dos valores de maré de sizígia, permitindo a formação de até seis eventos diários de maré alta e baixa (Marone *et al.*, 1994). Essas interações são decorrentes da advecção e fricção no interior da baía e geram componentes não astronômicos, aumentando no sentido da embocadura para o interior da baía.

Marone *et al.* (1995), relata que as máximas correntes de maré geradas em situações de sizígia são da ordem de 0,8 m/s na enchente e de 1,10 m/s na vazante. Essas intensidades de corrente ocorrem principalmente no canal da Galheta, onde se observa um estrangulamento na geometria da área. Conforme Camargo (1998), informações baseadas em dados de corrente, coletados por fundeios e por instrumentos acústicos, mostram que as correntes de vazante são em média 10% a 15% mais intensas que as correntes enchentes; ele conclui que isso se deve ao atrito lateral e de fundo, e que aumentam em direção à cabeceira do estuário.

#### 8.1.11.2 O modelo SisBaHiA®

Os modelos utilizados no desenvolvimento deste trabalho fazem parte do SisBaHiA® - **Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental**, desenvolvido pela COPPE/UFRJ. O SisBaHiA® é um sistema profissional de modelos computacionais registrado pela Fundação

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  635
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

COPPETEC, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Dentre os modelos que compõem o SisBaHiA<sup>®</sup>, serão utilizados nesse estudo o modelo de circulação hidrodinâmica bidimensional, o modelo de evolução morfológica (transporte de sedimentos) e o modelo de geração de ondas.

Todas as simulações foram realizadas utilizando as versões bidimensionais dos modelos, ou seja, foram consideradas variações nas duas direções horizontais, com integrações na direção vertical. A modelagem bidimensional permite observar variações espaciais nos resultados, o que, ao mesmo tempo em que torna a resolução do problema mais complexa, também fornece resultados de melhor qualidade.

Desde 1987, o SisBaHiA<sup>®</sup> encontra-se continuamente sendo ampliado e aperfeiçoado através de várias teses de mestrado e doutorado, além de projetos de pesquisa. O sistema já foi adotado em mais de cem estudos e projetos envolvendo modelagem de corpos de água naturais e artificiais, dentre eles reservatórios, estuários e baías, sendo bastante respeitado nessas aplicações.

São descritos, na sequência, os modelos hidrodinâmico, de evolução morfológica (transporte de sedimentos) e de geração de ondas. Toda a descrição tem como base os textos da referência técnica e do manual do modelo disponíveis em <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/>.

#### *8.1.11.2.1 Modelo de circulação hidrodinâmica*

O modelo de circulação hidrodinâmica 2DH (bidimensional) do SisBaHiA<sup>®</sup> considera forçantes barotrópicos, e foi desenvolvido para corpos de água nos quais efeitos de densidade variável possam ser desprezados, sendo capaz de desenvolver uma ótima representação de escoamentos em domínios naturais com geometria complexa. Processos de calibração são minimizados devido ao fato da discretização espacial via elementos finitos quadráticos permitir um bom mapeamento de corpos de água, e ótima representação de contornos recortados e batimetrias complexas – usuais em corpos de água.

No desenvolvimento de um sistema neste contexto, uma série de atributos de modelagem deve ser incorporada aos modelos à medida que estes são continuamente desenvolvidos. Isso inclui características necessárias à modelagem adequada de diversos corpos de água

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  636
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

naturais, facilidades para exibição dos resultados, características que aumentem a confiabilidade e aceitação dos modelos, e que permitam que estes sejam aperfeiçoados e adaptados para estudos futuros, ou otimizados para estudos específicos. Os seguintes atributos podem ser considerados no continuado desenvolvimento do SisBaHiA®:

A estratégia de discretização espacial é otimizada para corpos de água naturais, pois permite excepcional detalhamento de contornos recortados e batimetrias complexas. A discretização espacial é preferencialmente feita via elementos finitos quadrangulares biquadráticos, mas pode igualmente ser feita via elementos finitos triangulares quadráticos ou combinação de ambos. Tal método de discretização espacial é potencialmente de quarta ordem.

Tensões e difusividades turbulentas são modeladas de uma maneira que torne a calibragem dos modelos diretamente relacionada a variáveis naturais. O emprego de esquemas auto-ajustáveis para a turbulência em escala sub-malha minimiza a necessidade de calibragem. A modelagem da turbulência é baseada em técnicas de filtragem que levam à simulação de grandes vórtices, ou vórtices resolvíveis. Tal técnica é conhecida na literatura internacional como *LES*, sigla de *Large Eddy Simulation*.

O modelo hidrodinâmico admite especificação pontual do tipo de material de fundo, e usa interpolação biquadrática para valores de profundidade e rugosidade equivalente do fundo, permitindo ótima acurácia na representação física do leito. Além disso, permite que o atrito no fundo seja variável no tempo e no espaço. Tal realismo é extremamente relevante para simulações de escoamentos em rios e reservatórios.

O modelo de circulação hidrodinâmica 2DH (bidimensional) do SisBaHiA® calcula campos de velocidades promediadas na vertical, 2DH, sendo usado se o interesse estiver voltado para regiões nas quais as acelerações advectivas ao longo da coluna de água sejam pouco relevantes.

Várias opções para resultados de formato gráfico estão incluídas no SisBaHiA®. Entretanto, o resultado dos modelos pode ser exportado e usado em qualquer programa gráfico. Os modelos são baseados em esquemas numéricos bem estabelecidos, para garantia de validade e aceitação. A seguir descrevem-se em detalhes aspectos relativos ao módulo promediado na vertical (2DH) do modelo hidrodinâmico do SisBaHiA®.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  637
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Para cada intervalo de tempo, o módulo 2DH determina as componentes das velocidades médias na vertical, na direção  $x$  e  $y$ ,  $U(x, y, t)$  e  $V(x, y, t)$ , respectivamente, e as elevações da superfície livre,  $z = \zeta(x, y, t)$ . As componentes da velocidade resolvível, média na vertical, podem ser definidas como:

$$U(x, y, t) = \frac{1}{H} \int_{-h}^{\zeta} u(x, y, z, t) dz \quad V(x, y, t) = \frac{1}{H} \int_{-h}^{\zeta} v(x, y, z, t) dz$$

Considerando esta definição e supondo uma batimetria permanente durante o período de simulação, i.e.,  $z = -h(x, y)$ , a equação da continuidade, ou imposição da condição de escoamento incompressível pode ser reescrita para um escoamento 2DH integrado ao longo da vertical, como segue:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} v dz = \underbrace{q_P - q_E \pm q_I}_{\Sigma q} \quad \therefore \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = \Sigma q$$

Vale lembrar que os termos que compõem  $\Sigma q$  podem resultar diretamente de condições de contorno apropriadas na superfície livre e no fundo.

- Equação de quantidade de movimento 2DH para um escoamento integrado na vertical, na direção  $x$ :

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{\rho_o H} \left( \frac{\partial (H \bar{\tau}_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial (H \bar{\tau}_{xy})}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho_o H} (\tau_x^S - \tau_x^B) + 2\Phi \sin \theta V - \frac{U}{H} \Sigma q$$

- Equação de quantidade de movimento 2DH para um escoamento integrado na vertical, na direção  $y$ :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{\rho_o H} \left( \frac{\partial (H \bar{\tau}_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial (H \bar{\tau}_{yy})}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho_o H} (\tau_y^S - \tau_y^B) - 2\Phi \sin \theta U - \frac{V}{H} \Sigma q$$

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  638
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Nas duas equações anteriores,  $\tau_i^S$  e  $\tau_i^B$  são as tensões de atrito na superfície livre e no fundo, respectivamente. Essas tensões surgem das condições de contorno dinâmicas na superfície livre e no fundo, quando os termos relativos às tensões nas equações, são integrados ao longo da vertical.  $\rho_o$  é uma densidade constante de referência e  $\Phi$  é a velocidade angular de rotação da Terra no sistema de coordenadas local. Os termos com  $\Phi$  são as forças de Coriolis, no qual  $\theta$  é o ângulo de Latitude. As acelerações de Coriolis apresentadas nessas equações consideram apenas o efeito devido às componentes horizontais do campo de escoamento, já que a componente vertical do campo de velocidades é desprezível em escoamentos de grande escala em corpos de água relativamente rasos.

Como é usual em modelos de escoamento com superfície livre, o atrito na superfície livre devido ao vento também é escrito em termos de uma formulação de velocidade quadrática:

$\tau_i^S = \rho_{ar} C_D W_{10}^2 \cos \phi_i$  ;  $[i = 1,2]$  onde  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar,  $C_D$  é o coeficiente de arraste do vento,  $W_{10}$  é o valor local da velocidade do vento medida a 10 metros acima da superfície livre, e  $\phi_i$  é o ângulo entre o vetor de velocidade do vento local e a direção  $x_i$ . O coeficiente de arraste do vento,  $C_D$ , pode ser determinado a partir de uma série de fórmulas empíricas. A fórmula adotada no SisBaHiA® é a apresentada por Wu em 1982:  
 $C_D = (0.80 + 0.065W_{10}) \times 10^{-3}$  ;  $[W_{10} \text{ em m.s}^{-1}]$ .

A tensão de atrito no fundo é calculada através da seguinte expressão:  $\tau_i^B = \rho_o \beta U_i$   $[i = 1,2]$

onde o parâmetro  $\beta$  é dado por  $\beta = \frac{g}{C_h^2} \sqrt{U^2 + V^2}$  , onde  $C_h$  é o coeficiente de Chézy,

definido como:  $C_h = 18 \log_{10} \left( \frac{12H}{2\varepsilon} \right) = 18 \log_{10} \left( \frac{6H}{\varepsilon} \right)$  , e  $2\varepsilon$  é a altura da rugosidade equivalente do fundo, sendo  $\varepsilon$  a amplitude.

Utilizando o modelo de turbulência baseado na técnica de filtragem para um escoamento promediado na vertical chega-se a:

$$\frac{\bar{\tau}_{ij}}{\rho_o} = \underbrace{\frac{\Lambda_k^2}{24} \left( \left| \frac{\partial U_i}{\partial x_k} \right| \left| \frac{\partial U_j}{\partial x_k} \right| + \frac{\partial U_i}{\partial x_k} \frac{\partial U_j}{\partial x_k} \right)}_{\text{termos de filtragem}} + \underbrace{(D_H + D_V) \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)}_{\text{difusão turbulenta e dispersão horizontal de momentum}}$$

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  639
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

onde, como no caso anterior,  $i, j = 1, 2$  e  $k = 1, 2$ , e 3, com  $k = 3$  correspondendo ao tempo  $t$  (neste contexto  $x_3 = t$ ). Os parâmetros  $\Lambda_k = \alpha_k \Delta x_k$  são escalas de largura de filtragem local na dimensão  $x_k$ , sendo  $\alpha_k$  constantes de calibração. O valor de  $\alpha_k$  calibra a quantidade de dissipação dada pelos termos de filtragem. Valores usuais para  $\alpha_k$  estão entre 0,25 e 2,0, e na maioria das vezes o valor 1,0 fornece bons resultados.  $D_H$  é o coeficiente de viscosidade turbulenta, promediado na vertical, no plano horizontal, e  $D_V$  é o coeficiente de dispersão horizontal da quantidade de movimento.

#### 8.1.11.2.2 Modelo de transporte de sedimentos e evolução morfológica do fundo

O modelo hidrodinâmico com fundo móvel faz o balanço de massa de sedimentos no fundo, calculando ao longo do tempo o transporte de sedimentos devido à ação dos agentes hidrodinâmicos. É possível determinar as alterações na superfície do fundo, ou seja, considerar o fundo móvel e assim, fazer uma avaliação da evolução. Considerando  $S_F$  a posição do fundo, teremos:  $S_F \equiv z + h(x, y, t) = 0$ , onde  $h(x, y, t)$  é a posição do fundo. Alterando a batimetria, as demais características hidráulicas do trecho serão modificadas.

Para uma determinada granulometria de sedimentos, o processo de erosão e transporte, bem como de assoreamento, depende da *tensão crítica de mobilidade*,  $\tau_c$ . Valores da tensão de arrasto no leito,  $\tau_o$ , acima deste valor crítico podem promover a erosão e transporte de grãos enquanto que, para valores inferiores a esta tensão, os grãos permanecem imóveis, ou, se em movimento, tenderão a se depositar.

As tensões críticas de mobilidade para diferentes granulometrias de sedimentos não coesivos são obtidas através do diagrama de Shields apresentado na Figura 8.81. A curva no diagrama representa o valor crítico do parâmetro de Shields,  $\Psi_c$ , a partir do qual se calcula a tensão crítica no fundo,  $\tau_c$ , para a qual o grão de sedimento passaria a ter mobilidade.

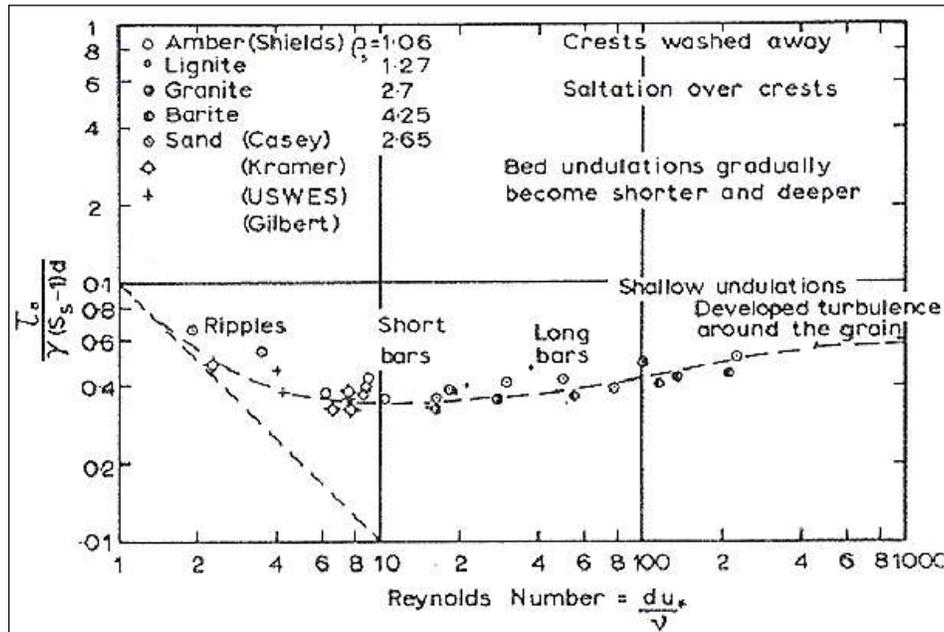


Figura 8.81 - Diagrama de Shields tradicional (Rosman, 2016).

Para o caso de sedimentos predominantemente arenosos, é possível estabelecer um critério de mobilidade. Usualmente este critério baseia-se no parâmetro de Shields,  $\Psi$ :

$$\Psi = \frac{u_*^2}{g(S_s - 1)d} = \frac{\tau_o}{\gamma_a(S_s - 1)d} = f\left(\underbrace{\frac{du_*}{\nu}}_{R^*}\right) \quad ; \quad S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_a}$$

Onde  $\tau_o$  é a tensão de arrasto no leito,  $\gamma_s$  é o peso específico do grão,  $\gamma_a$  é o peso específico da água ( $g\rho_o$ ),  $g$  é a aceleração da gravidade,  $\rho_o$  é a massa específica da água,  $d$  é o diâmetro do grão,  $u^*$  é a velocidade de atrito no leito e  $\nu$  é viscosidade cinemática da água. O termo entre parêntesis,  $R^*$ , é também conhecido como *Número de Reynolds* do grão; o Diagrama de Shields relaciona o parâmetro de Shields,  $\Psi$ , e o número de Reynolds do grão,  $R^*$ .

A aplicação do critério de transporte de sedimentos baseado no parâmetro de Shields consiste na comparação entre a tensão de arrasto no fundo,  $\tau_o$ , causada pelos agentes hidrodinâmicos, em um dado local e a tensão crítica para os sedimentos no mesmo local,  $\tau_c$ . Teoricamente, se  $\tau_o$  for maior que  $\tau_c$  admite-se que os sedimentos no local são mobilizados e transportados pelas correntes, caso contrário os sedimentos permanecem em repouso ou tendem a se depositar se estiverem sendo transportados.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  641
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Como o emprego do tradicional Diagrama de Shields acarreta em um processo iterativo, apresenta-se, na Figura 8.82, um diagrama modificado, no qual a tensão crítica pode ser obtida diretamente a partir da caracterização do sedimento e da água. A Figura 8.83 apresenta um gráfico exemplificando de valores de  $\tau_c$  calculados para água doce ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ) com sedimentos com diâmetros em unidades  $\phi$ .

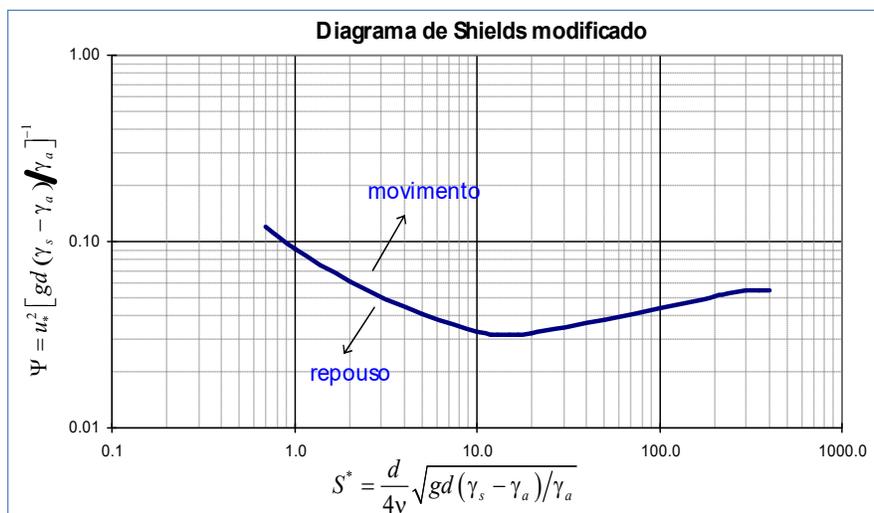


Figura 8.82- Diagrama de Shields modificado, no qual a tensão crítica  $\tau_c = (u_* \rho_o)$ , pode ser obtida diretamente das características do sedimento e da água.

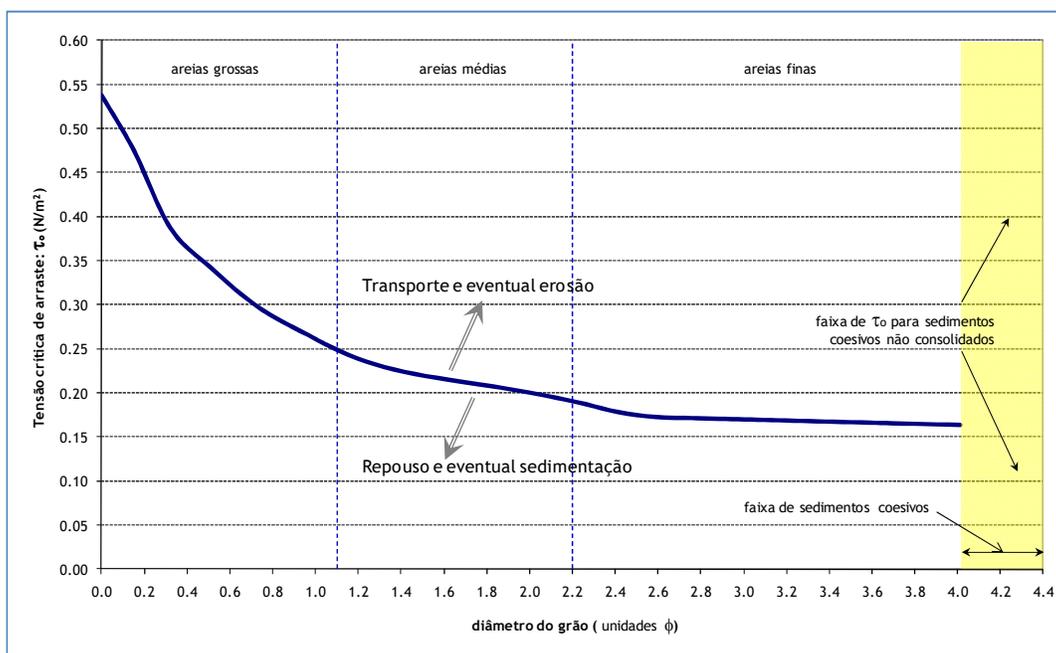


Figura 8.83 - Tensão crítica para mobilidade,  $\tau_c$ , calculada pelo diagrama de Shields modificado. No caso considerou-se água salgada com  $\rho_o = 1025 \text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 1.19\text{E}-6 \text{ m}^2/\text{s}$  e sedimentos com massa específica  $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ . Unidades  $\phi = -\ln(d [\text{mm}]) / \ln(2)$ .

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  642
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Como dito anteriormente, o método mais usado para verificar a ocorrência de transporte de sedimentos, ou transporte sólido, é baseado na diferença entre a tensão exercida no fundo pelo escoamento,  $\tau_o$ , e a tensão crítica de mobilidade do sedimento,  $\tau_c$ . As tensões críticas de mobilidade para diferentes granulometrias de sedimentos não coesivos são obtidas através do diagrama de Shields apresentado na Figura 8.82. A curva no diagrama representa o valor crítico do parâmetro de Shields,  $\Psi_c$ , a partir do qual se calcula a tensão crítica no fundo,  $\tau_c$ , para a qual o grão de sedimento passaria a ter mobilidade.

Na natureza o limite para o movimento incipiente não é bem definido, pois os sedimentos apresentam diversas irregularidades de forma e tamanho. Assim, deve-se interpretar o valor de  $\Psi_c$  como um valor de probabilidade 50% de ocorrer movimento ou não, havendo uma faixa de incerteza com tolerância  $\alpha$ . De fato, como se observa na Figura 8.81, há uma nuvem de pontos no entorno da linha pontilhada que define  $\Psi_c$ . Deste modo, ao invés de um valor crítico preciso, há uma faixa de movimento incipiente definida por  $\Psi_c \pm \alpha$ .

Para incorporar este efeito probabilístico, define-se um fator de tolerância  $\alpha$  de modo que, para um dado tamanho de grão em um dado tempo:

- Se a tensão no fundo exercida pelo escoamento,  $\tau_o$ , for tal que  $\Psi/\Psi_c < (1 - \alpha)$ , o modelo considera que certamente não há condições de erosão ou transporte. No caso, se no local houver sedimentos em transporte, estes se depositariam, e os sedimentos em repouso assim permaneceriam.
- Contrariamente, se ocorrer  $\tau_o$  de modo que  $\Psi/\Psi_c > (1 + \alpha)$ , o modelo considera que certamente o escoamento tem capacidade de erosão e transporte.

Na situação intermediária o modelo entra no seguinte processo probabilístico:

- Se  $(\Psi/\Psi_c - 1 + \alpha) < (2\alpha \times A[0,1])$  admite-se não haver capacidade de erosão e transporte, caso contrário há capacidade. Na expressão, a função  $A[0,1]$  gera números aleatórios entre 0 e 1, a cada instante.
- Repare que se  $\Psi/\Psi_c = 1$  a probabilidade de erosão e transporte ou de sedimentação é de 50%. À medida que  $\Psi/\Psi_c$  se aproxima de  $(1 - \alpha)$  a probabilidade de erosão e transporte diminui até 0, e à medida que  $\Psi/\Psi_c$  se aproxima de  $(1 + \alpha)$  a probabilidade aumenta até 1.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  643
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- Com um valor de  $\alpha$  diferente de zero simula-se a incerteza que existe na determinação de  $\Psi_c$  ou do equivalente  $\tau_c$ . Como  $\Psi_c$  é estimado através da curva do parâmetro de Shields, que é ajustada a valores experimentais, o valor de  $\alpha$  representa a amplitude da nuvem de dados experimentais.

Destaca-se que com a utilização do fator de tolerância  $\alpha$ , incorpora-se também um efeito de continuidade entre diferentes faixas granulométricas. Como um exemplo, a tabela da Figura 8.84 apresenta valores típicos para sedimentos em água doce a 20°C. Ao lado inclui-se uma tabela menor sugerindo valores de  $\alpha$ . O caso sugerido, representa uma situação pouco usual, pois, geralmente, os sedimentos em um dado domínio de modelagem tem granulometria menos variada. Não é comum haver casos com granulometria variando de areia muito fina a areia muito grossa em uma mesma região de modelagem. Em casos com granulometrias menos variadas, os valores de  $\alpha$  para o exemplo com cinco faixas de  $\tau_{oc}$  seriam menores.

Sedimentos	d (mm)	d ( $\phi$ )	S*	$\Psi$	$\tau_{oc}$ (N/m <sup>2</sup> )
Areia Muito Fina	0.062	4.01	0.47	0.151	0.152
	0.083	3.59	0.72	0.115	0.154
	0.104	3.27	1.01	0.093	0.156
	0.125	3.00	1.33	0.078	0.158
Areia Fina	0.146	2.78	1.68	0.068	0.159
	0.166	2.59	2.06	0.060	0.163
	0.187	2.42	2.46	0.057	0.172
	0.208	2.26	2.88	0.053	0.180
	0.229	2.13	3.32	0.050	0.186
Areia Média	0.250	2.00	3.79	0.047	0.190
	0.275	1.86	4.37	0.044	0.195
	0.300	1.74	4.98	0.041	0.199
	0.325	1.62	5.62	0.039	0.204
	0.350	1.51	6.28	0.037	0.209
	0.375	1.42	6.96	0.035	0.215
	0.400	1.32	7.67	0.034	0.222
	0.425	1.23	8.40	0.033	0.231
	0.450	1.15	9.15	0.033	0.240
	0.475	1.07	9.92	0.032	0.249
Areia grossa	0.500	1.00	10.72	0.032	0.258
	0.600	0.74	14.09	0.031	0.299
	0.700	0.51	17.76	0.030	0.345
	0.800	0.32	21.69	0.033	0.428
Areia Muito Grossa	0.900	0.15	25.88	0.034	0.491
	1.000	0.00	30.32	0.034	0.558
	2.000	-1.00	85.75	0.042	1.367

Sedimentos	$\tau_{oc}$ (N/m <sup>2</sup> )	$\alpha$
Areia Muito Fina	0.155	± 10%
Areia Fina	0.172	± 15%
Areia Média	0.219	± 30%
Areia Grossa	0.391	± 40%
Areia Muito Grossa	0.962	± 50%

**Figura 8.84 - Exemplo de valores de tensão crítica de mobilidade  $\tau_{oc}$  para sedimentos com massa específica  $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ , água com  $\rho_o = 998,1 \text{ kg/m}^3$  e viscosidade cinemática  $\nu = 1,05E^{-06} \text{ m}^2/\text{s}$ . A tabela menor sugere valores típicos de  $\tau_{oc}$  e mostra valores de  $\alpha$  cobrindo toda a granulometria da tabela maior, o que não é comum em casos reais.**

Os processos de erosão e deposição estão relacionados aos limites superiores de velocidade de corrente necessários para colocar uma partícula em movimento e limites inferiores de velocidade da corrente, para definir o processo de sedimentação, e ainda com o diâmetro médio do sedimento. O diagrama de *Hjulström* (Figura 8.85) mostra curvas experimentais que relacionam a velocidade da corrente, o diâmetro do sedimento e sua relação com os fenômenos de erosão e sedimentação.

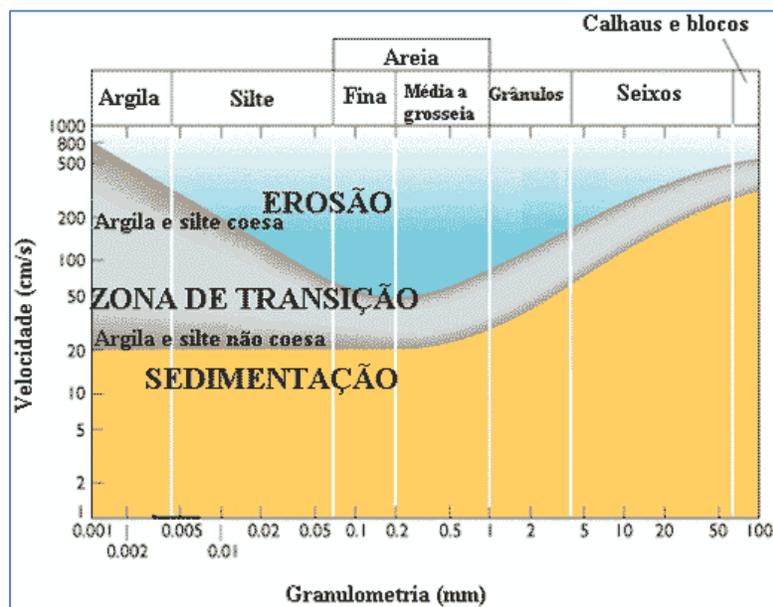


Figura 8.85 - Diagrama de Hjulstrom (Miedema, 2010).

#### 8.1.11.2.2.1 Cálculo do transporte de sedimentos

O transporte de sedimentos pode ocorrer em suspensão e por arrasto junto ao leito do corpo hídrico. A natureza do transporte depende do tamanho, formato e peso específico das partículas, e das condições hidrodinâmicas locais como velocidade e turbulência. Em condições naturais o limite entre transporte em suspensão e por arrasto, ou pelo leito, não é bem definido, porém é necessária uma definição de cada tipo para possibilitar a seleção de fórmula adequadamente:

- Admite-se que transporte em suspensão ocorre quando a velocidade de sedimentação do grão é compensada por uma sucessão de impulsos verticais provenientes de vórtices turbulentos, Bagnold (1954). Em condições extremas de velocidade, por exemplo, em rios com grande declividade e altas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  645
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

velocidades, até mesmo areias grossas e pedregulhos podem ser carregados em suspensão.

- Admite-se que transporte por arrasto, ou transporte pelo leito, ocorre quando a velocidade de sedimentação do grão prevalece sobre a sucessão de impulsos verticais provenientes de vórtices turbulentos. Os movimentos dos grãos junto ao leito podem ser por rolamento, deslizamento e saltação.

Mais de uma dezena de fórmulas para cálculo de vazão sólida potencial está disponível na literatura. Embora todas sejam fórmulas bem estabelecidas, com aplicações práticas em diversos outros modelos, a escolha demanda critério, já que foram definidas por métodos semi-empíricos, presumindo condições específicas. Como o resultado obtido por diferentes fórmulas pode variar significativamente, a escolha da fórmula pode ter grande importância no resultado da modelagem. A Tabela 8.1.77 resume as formulações disponíveis no SisBaHiA – cada formulação é indicada para uma faixa granulométrica e tipo de transporte: só arraste ou total (arraste mais suspensão).

**Tabela 8.1.77 - Fórmulas de transporte sólido, com faixa granulométrica recomendável e tipo de transporte (Rosman, 2016).**

Fórmula	Faixa granulométrica (mm)	Arraste	Total
Meyer-Peter e Muller (1948)	0.40 - 30.0	x	-
Yalin (1963/1977)	0.30 - 30.0	x	x
Van Rijn (1984)	0.20 - 2.0	x	-
Madsen (1991)	0.08 - 6.0	x	-
Nielsen (1992)	0.6 - 30.0	x	-
Ackers & White (1973-1990)	0.04 - 4.0	x	x
Engelund e Hansen (1967)	0.08 - 45.0	x	x
Van Rijn (2007)	0.05 - 2.0	x	x

Neste estudo será utilizada a formulação de Van Rijn (2007). Essa metodologia é usada para o cálculo de transporte total resulta da soma do transporte de fundo por arraste, *bed load*,  $q_{sb}$ , com o transporte em suspensão,  $q_{ss}$ . De acordo com Rosman (2016), é recomendável para sedimentos na faixa granulométrica de 0,05 a 2,00 mm.

A fórmula para transporte por arraste,  $q_{sb}$ , é apresentada por van Rijn (2007) como  $q_{sb} = \alpha \rho_s UH (d_{50}/H)^{1.2} M_e^\eta$  onde o fator de mobilidade do grão,  $M_e$ , é definido como

$$M_e = (u_e - u_{cr}) / \sqrt{g(s - 1)d_{50}}$$

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  646
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A velocidade efetiva, considerando efeitos de ondas – com período de pico  $T_p$  e altura significativa  $H_s$  – e de correntes, é calculada por:

$$u_e = U + \gamma u_w ; u_w = \frac{\omega H_s}{2 \sinh(kH)} ; \quad \omega = \frac{2\pi}{T_p}$$

Acima,  $u_w$  é o módulo da velocidade orbital no fundo gerada pelas ondas. A velocidade crítica de mobilidade de sedimentos é dada por

$$u_{cr} = \theta u_{cr,c} + (1 - \theta) u_{cr,w} ; \quad \theta = U / (U + \hat{u}_\delta)$$

As velocidades críticas  $u_{cr,c}$  e  $u_{cr,w}$  devido às ações de correntes e de ondas são definidas por:

- $u_{cr,c} = 0.19 d_{50}^{0.1} \log(12H/3d_{90})$ , para  $0.00005 < d_{50} < 0.00050\text{m}$
- $u_{cr,c} = 8.50 d_{50}^{0.6} \log(12H/3d_{90})$ , para  $0.00050 < d_{50} < 0.00200\text{m}$
- $u_{cr,w} = 0.24 [(s - 1)g]^{0.66} d_{50}^{0.33} T_p^{0.33}$ , para  $0.00005 < d_{50} < 0.00050\text{m}$
- $u_{cr,w} = 0.95 [(s - 1)g]^{0.57} d_{50}^{0.43} T_p^{0.14}$ , para  $0.00050 < d_{50} < 0.00200\text{m}$

De maneira resumida, os termos e parâmetros, são:

- $q_b$  é a taxa de transporte por arraste (kg/s/m);
- $M_e$  é o parâmetro de mobilidade;
- $u_e$  é a velocidade efetiva proposta por Soulsby (1997), para estender o transporte por arraste devido apenas às correntes para áreas costeiras (correntes + ondas);
- $U$  é a velocidade da corrente média na coluna d'água;
- $\gamma$  é o parâmetro de calibração determinado através de modelo numérico detalhado na escala de comprimento de onda, van Rijn (2007). Valores recomendados:  $\gamma = 0.4$  para ondas irregulares e  $\gamma = 0.8$  para ondas regulares;
- $u_{cr}$  é a velocidade crítica média na coluna d'água;
- $u_{cr,c}$  é a velocidade crítica para as correntes determinada pelo diagrama de Shields;
- $u_{cr,w}$  é a velocidade crítica para as ondas determinada por Komar & Miller (1975);
- $\alpha$  é o coeficiente de calibração, cujo valor recomendado é 0,015;
- $\eta$  é o expoente de calibração com valor recomendado = 1,5;

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  647
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

- $H$  é a altura da coluna de água;
- $T_p$  é o período de pico das ondas;
- $H_s$  é a altura significativa das ondas.

Na forma adimensional, a expressão pode ser escrita em termos de velocidades como:

$$q_{sb} = \frac{0.015}{[g(s-1)d_{50}]^{1.25}} \left(\frac{d_{50}}{H}\right)^{0.2} U(U_e - U_{cr})^{1.5}$$

Usando as tensões de atrito efetiva e crítica dadas por:

$$\tau_e = \rho_0 \frac{g}{C_h^2} (U + \gamma u_w)^2 \quad ; \quad \tau_{cr} = \rho_0 \frac{g}{C_h^2} (\theta u_{cr,c} + (1 - \theta) u_{cr,w})^2$$

Assim, pode-se reescrever a forma adimensional da taxa de transporte de sedimentos por arraste como:

$$q_{sb} = \frac{0.015}{C_f^{1.25}} \left(\frac{d_{50}}{H}\right)^{0.2} \sqrt{\tau} \left(\frac{\text{fator de modulação}}{\text{fator de mobilidade}}\right) (\sqrt{\tau_e} - \sqrt{\tau_{cr}})^{1.5} ; C_f = \frac{g}{C_h^2}$$

A fórmula para transporte em suspensão,  $q_{ss}$ , apresentada em Van Rijn (2007), em sua forma adimensional, em termos de velocidades, é escrita como:

$$q_{ss} = \frac{0.012}{[g(s-1)d_{50}]^{1.7}} D^{-0.6} U(U_e - U_{cr})^{2.4}$$

Usando as tensões de atrito expressas como  $\tau_e$  e  $\tau_{cr}$ , pode-se reescrever a forma adimensional da taxa de transporte de sedimentos em suspensão como:

$$q_{ss} = \frac{0.012}{C_f^{1.7}} D^{-0.6} \sqrt{\tau} \left(\frac{\text{fator de modulação}}{\text{fator de mobilidade}}\right) (\sqrt{\tau_e} - \sqrt{\tau_{cr}})^{2.4} ; C_f = \frac{g}{C_h^2}$$

A expressão de van Rijn (2007) para transporte total resulta da soma de  $q_{sb}$  e  $q_{ss}$ , ou seja:

$$q_s = \frac{0.015}{C_f^{1.25}} \left(\frac{d_{50}}{H}\right)^{0.2} \sqrt{\tau} (\sqrt{\tau_e} - \sqrt{\tau_{cr}})^{1.5} + \frac{0.012}{C_f^{1.7}} D^{-0.6} \sqrt{\tau} (\sqrt{\tau_e} - \sqrt{\tau_{cr}})^{2.4}$$

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  648
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

No SisBaHiA®, a fórmula de van Rijn (2007) presume os coeficientes 0,015 e 0,012, além dos expoentes 1,5 e 2,4, como na equação anterior. Porém, é possível calibrar a fórmula para melhor ajuste a valores medidos (quando existirem), alterando os valores presumidos. Para a modelagem em questão, foram utilizados os valores presumidos.

#### 8.1.11.2.2.2 Atualização da batimetria via modelo morfodinâmico com curva granulométrica

Em um dado local a altura da camada erodível de sedimentos no fundo por metro quadrado é dada por  $SE(x,y,t)$ . Em cada instante, a altura da camada erodível corresponde à diferença entre a cota do fundo e a cota da camada não erodível mais abaixo. Um valor inicial  $S_{E0}$  tem que ser prescrito para todos os pontos do modelo. Em geral, valores de  $S_{E0}$  são desconhecidos. Em locais de fundo não erodível, por exemplo, leito rochoso ou de concreto como em rampas a jusante de barragens, prescrever valor nulo é usual. Em locais com fundos de sedimentos, se não houver dados, deve-se prescrever valores de  $S_{E0}$  inferidos ou convenientes, como condição inicial. Valores de  $S_{E0}$  podem ser estimados considerando valores de velocidades de correntes obtidas de modelagens prévias feitas com fundo fixo. Em locais com velocidades mais intensas é provável que  $S_{E0}$  seja menor, pois a capacidade erosiva pode ser maior. Na entrada de dados iniciais para a modelagem de um dado domínio é possível definir até 10 classes de sedimentos, número mais que suficiente, considerando que a prescrição de valores adequados do parâmetro  $\alpha$ , i.e., o percentual da faixa de tolerância para tensão crítica de mobilidade, produz um efeito de continuidade entre as diferentes faixas. Cada classe de sedimento é colocada em todos os pontos da malha do domínio e é caracterizada por valores de pertinentes de

- $d_{50}$  - Diâmetro mediano (mm) – usual entre 0.05 e 5.0;
- $\rho$  - Massa específica em ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) – usual entre 1400 e 2700;
- $p$  - Porosidade – usual entre 0.2 e 0.5;
- $\tau_c$  - Tensão crítica de mobilidade em ( $\text{N}/\text{m}^2$ );
- $\alpha$  - Percentual da faixa de tolerância para  $\tau_c$ .

No instante inicial, em cada ponto da malha, a curva granulométrica local é dada para o modelo através da prescrição dos percentuais de cada uma das  $M$  classes de sedimentos

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  649
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

no ponto. Assim, uma curva granulométrica é representada pelo número de classes previamente definidas, tendo cada classe uma fração equivalente  $f_m$ , de modo que

$$\sum_{m=1}^M f_m(x, y, t) = 1,0$$

Se em um ponto a altura erodível  $S_{E0}$  for nula, pode-se adotar  $f_m = 1,0/M$  para todas as classes. Caso contrário, deve-se definir em cada ponto o valor de  $f_m$ , i.e., fração de sedimento com diâmetro mediano  $d_{50m}$ . Todos os pontos sempre têm registro das  $M$  classes de sedimentos do domínio, mesmo que o valor de  $f_m$  seja 'zero' para uma dada classe no ponto. No instante inicial,  $t_0$ , o modelo calcula o estoque inicial de sedimentos de cada classe  $S_{E0m}$ , em cada ponto:  $S_{E0m}(x, y) = f_m S_{E0}(x, y)$ .

Ao longo do tempo, o estoque de sedimentos, ou altura erodível remanescente de cada classe de sedimentos será dada por:  $S_{Em}(x, y, t) = \max[S_{E0m}(x, y) + DS_{Em}(x, y, t); 0]$ .

A variação acumulada da altura erodível de cada sedimento,  $DS_{Em}$ , define a ordem de erosão, e esse valor é sempre medido em relação ao topo original do terreno  $S_{E0}$ . A batimetria, definida pela posição da superfície do fundo  $S_F \equiv \zeta + h(x, y, t) = 0$ , é atualizada pela equação abaixo

$$z^{n+1} = z_0 + F_{am} \delta z^{n+1} \rightarrow \delta z^{n+1} = \sum_{m=1}^M DS_{Em}$$

onde  $h_0$  é o valor inicial de  $h$  na malha, e  $F_{am}$  é o fator de aceleração morfológica. Deve-se lembrar que a cota do fundo é dada por  $z = -h(x, y, t)$ , e que o sinal (-) na frente do somatório é necessário, pois  $DS_{Em} > 0$  significa assoreamento e  $DS_{Em} < 0$  significa erosão.

#### 8.1.11.2.1 Modelo de geração de ondas

As ondas geradas por vento exercem um papel fundamental na dinâmica dos sedimentos depositados no fundo de corpos d'água naturais. A modelagem de geração de ondas permite uma estimativa da distribuição destas tensões em corpos d'água restritos, isto é, aqueles que não sofrem ação das ondas geradas em mar aberto. Nestes corpos, estas tensões têm pouca capacidade de transportar os sedimentos de uma região para outra, uma vez que estas ocorrem em decorrência do movimento oscilatório induzido pela passagem

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  650
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

das ondas de curto período. No entanto, devido a sua magnitude, estas tensões são capazes de suspender os sedimentos depositados no fundo e, uma vez em suspensão, estes sedimentos podem ser transportados pelas correntes hidrodinâmicas induzidas por outros fatores naturais como marés e descargas fluviais.

No SisBaHiA, a geração de ondas pode ser feita acoplada ao modelo hidrodinâmico ou de maneira independente, de modo que se tenha um perfeito sincronismo entre as correntes geradas por marés e ventos e as ondas de vento geradas no interior do domínio. O modelo permite estimar características das ondas, bem como a tensão que estas causam no fundo do domínio.

#### 8.1.11.2.1.1 Estimativa das características das ondas

O mecanismo que governa a geração as ondas pelos ventos consiste na transferência de quantidade de movimento dos ventos para a superfície dos corpos de água. Para tanto, podem ser apontados três fatores: a velocidade, a duração e a área sobre a qual este vento sopra, que é conhecida com pista.

A pista é definida como uma linha reta na qual a velocidade e duração do vento são razoavelmente constantes. Segundo o método simplificado descrito em U.S. ARMY (2001), a pista deve ser escolhida de maneira que a variação na direção não exceda 15° e as variações na intensidade não excedam 2,5 m/s da média. No caso de corpos de água restritos, os limites de terra na grande maioria das vezes são muito mais restritivos do que as condições do vento para a determinação do comprimento da pista.

Um princípio básico dos métodos de previsão de ondas diz que para uma determinada condição de vento constante, as alturas das ondas crescem na medida em que a pista aumenta, até atingirem um limite máximo, conhecido por estado de “mar completamente desenvolvido”. Em geral, este estado é atingido quando a energia transferida do ar para a superfície da água é completamente dissipada pela arrebentação das ondas. Nestas condições produz-se a máxima altura de onda que pode ser mantida por um determinado vento. Quando as ondas ainda não atingiram este estado limite, tem-se o estado de “mar em desenvolvimento”.

A partir dos anos 50, pesquisadores começaram a reconhecer que o processo de geração de ondas era mais bem descrito por leis universais de distribuição de densidade de energia num espectro. Através de considerações dimensionais e medições no oceano, Pierson &

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  651
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Moskowitz (1964), chegaram a um resultado clássico de espectro para mar completamente desenvolvido. A seguir está apresentado o espectro de Pierson & Moskowitz (1964) em termos da velocidade do vento.

$$E(f) = \frac{\alpha g^2 f^{-5}}{(2\pi)^4} \exp\left(0.74 \left(\frac{f}{f_u}\right)^{-4}\right),$$

onde  $f$  é a frequência,  $g$  é a aceleração da gravidade,  $\alpha$  é o coeficiente de Phillips (=0.0081) e  $f_u$  é a frequência limite para mar completamente desenvolvido. Este último parâmetro seria apenas dependente da velocidade do vento.

Hasselmann et al. (1973) colecionou dados do projeto JONSWAP (Joint North Sea Wave Project). A partir destes dados constatou haver uma clara relação entre o coeficiente de Phillips e o comprimento da pista. Esta constatação e outras observações, como a tendência do espectro ter um pico maior do que o do espectro de Pierson & Moskowitz em condições de mar em desenvolvimento, sugeriram que, nestas condições, outros fatores deveriam ser levados em consideração na distribuição da energia entre ondas de diferentes frequências, além da arrebentação das ondas. Desde então, para esta distribuição de energia tem-se atribuído as iterações não lineares entre as ondas de diferentes frequências. O espectro obtido a partir dos dados do JONSWAP, que levou o nome deste experimento, é apresentado a seguir:

$$E(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[1.25 \left(\frac{f}{f_p}\right)^{-4}\right] \gamma^{\left(\frac{-(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2}\right)}$$

onde,  $f_p$  é a frequência de pico do espectro, onde  $\sigma=0.07$  para  $f < f_p$  e  $\sigma=0.09$  para  $f > f_p$ ,  $\gamma = 3.3$ . Neste espectro,  $\alpha$  não é mais uma constante como no espectro de Pierson & Moskowitz (1964) e deve guardar uma relação com o comprimento da pista. U.S. ARMY (2001) fornece uma relação entre o coeficiente de Phillips e o comprimento da pista, obtida

por Kitaigorodskii (1983). Esta relação é dada por  $\alpha = 0.076 \left(\frac{gX}{u_*^2}\right)^{-0.22}$  onde,  $X$  é o

comprimento da pista e  $u_*$  é a velocidade de atrito que representa a transferência de quantidade de movimento do vento para as ondas, definida por  $u_* = \sqrt{\frac{\tau_{av}}{\rho_{ar}}}$ .

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  652
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

A tensão exercida pelo vento na superfície livre pode ser calculada por  $\tau_{aw} = \rho_{ar} C_D W_{10}^2$  onde  $C_D$  é o coeficiente de arraste do vento e  $W_{10}$  é a velocidade do vento medida a 10m da superfície livre. Para determinação deste coeficiente utilizou-se a parametrização proposta por WU (1982):  $C_D = 0.001 \cdot (0.8 + 0.065 \cdot W_{10})$ .

Historicamente, o parâmetro altura significativa, vêm sendo adotado para caracterizar um estado de mar. Para compreensão da definição deste parâmetro é necessário considerar um grupo de  $N$  alturas de ondas medidas em um ponto. Ordenando estas ondas da maior para menor, obtém-se a altura significativa através da média das primeiras (mais altas)  $N/3$  ondas.

A partir de um espectro é possível estimar valores de altura significativa e frequência de pico. Por definição, a altura significativa de um determinado espectro de ondas é dada por  $H_s = 4\sqrt{m_0}$ , onde  $m_0$  é a variância da altura das ondas obtida a partir do espectro por

$$m_0 = \sigma^2 = \int_0^{\infty} E(f) df .$$

U.S. ARMY (2001) apresenta fórmulas que governam o crescimento das ondas com a pista em águas profundas, para serem utilizadas em previsões de onda simplificadas, obtidas a

partir do espectro de JONSWAP e são  $\frac{gH_s}{u_*^2} = 4.13 \cdot 10^{-2} \left( \frac{gX}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{2}}$  e  $\frac{gT_p}{u_*} = 2.727 \left( \frac{gX}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{3}}$ , onde

$T_p$  é o período de pico. As equações acima apresentadas são aplicáveis à situação de mar em desenvolvimento.

Estas fórmulas são aplicáveis a duas situações de geração de ondas em águas profundas. A primeira delas ocorre quando o vento sopra em direção constante, ao longo de uma pista limitada por contornos de terra por um tempo suficiente para se atingir um estado constante de mar em desenvolvimento. Nesta situação, têm-se ondas limitadas por pista. Uma segunda situação de ondas limitadas por pista pode ocorrer quando o vento sopra por um tempo limitado em uma região afastada de limites de terra, de maneira que o comprimento de pista é limitado pela duração do vento.

Equações que governam o crescimento das ondas com limitação de duração do vento podem ser obtidas convertendo duração em uma pista equivalente através da seguinte

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA: 653
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

equação, cf. U.S. ARMY (2001):  $\frac{gX_d}{u_*^2} = 1.523 \times 10^{-3} \left( \frac{gt}{u_*} \right)^3$  onde  $t$  é a duração do vento.  $X_d$  é

a pista considerando não haver limitações espaciais para a pista, sendo esta limitada apenas pela duração do vento.

Uma terceira situação, que pode ser tratada por métodos simplificados é a de mar completamente desenvolvido. As fórmulas a seguir, podem ser utilizadas para obter a altura

significativa e o período de pico do espectro para esta situação:  $\frac{gH_s}{u_*^2} = 2.115 \cdot 10^2$  ou

$$\frac{gT_p}{u_*} = 2.398 \cdot 10^2.$$

Para águas rasas, U.S. ARMY (2001) sugere que os período de pico não devem exceder o

valor dado por  $T_p \approx 9.78 \left( \frac{h}{g} \right)^{\frac{1}{2}}$ , onde  $h$  é a profundidade local. Este limite de período de pico

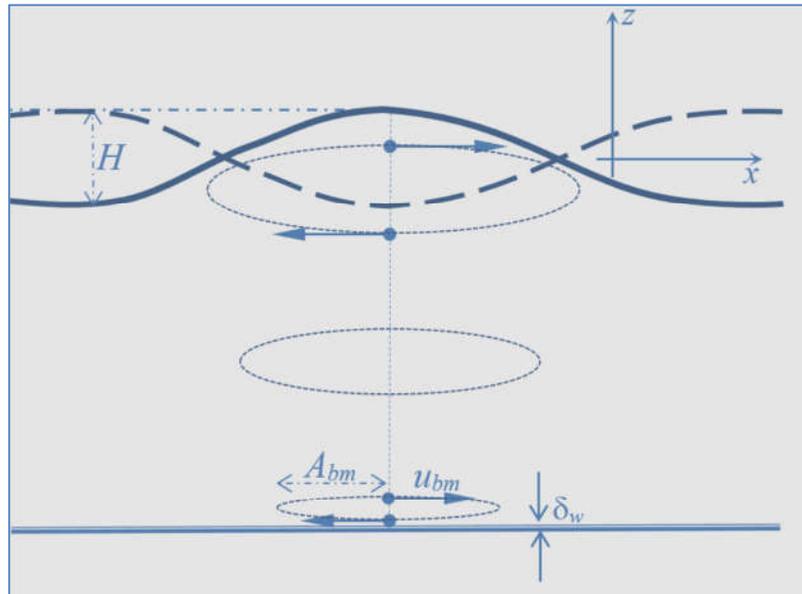
será considerado para o cálculo das tensões no fundo. Uma vez que apenas as ondas de águas rasas produzem tensões no fundo.

#### 8.1.11.2.1.1 Cálculo das tensões no fundo

Para o cálculo das tensões no fundo utilizou-se o procedimento sugerido por Grant & Madsen (1986). Este procedimento considera as seguintes premissas:

Admite-se a aproximação de camada de limite para uma região de espessura muito pequena  $\delta_w$  próxima ao fundo. Fora da camada limite, ou seja,  $z > \delta_w$  é válida a teoria linear de ondas. Localmente considera-se somente a dimensão vertical e a dimensão horizontal no sentido da propagação da onda.

A Figura 8.86 apresenta um esquema de uma onda de altura  $H$  em águas de profundidade intermediária, trajetórias orbitais das partículas com amplitude  $A_{bm}$  junto ao fundo. As velocidades orbitais são indicadas pelos vetores e indica-se a espessura  $\delta_w$  da camada limite oscilatória no fundo.



**Figura 8.86 - Esquema de uma onda de altura  $H$  em águas de profundidade intermediária, mostrando trajetórias orbitais das partículas com amplitude  $A_{bm}$  junto ao fundo. As velocidades orbitais  $u_{bm}$  são indicadas pelos vetores e indica-se a espessura da camada limite oscilatória no fundo (Rosman, 2016).**

Por causa da complexa relação entre as características da onda e a tensão do fundo, um fator de atrito frequentemente é utilizado para parametrização desta tensão em função das características das ondas. Esta parametrização, inicialmente proposta por Jonsson (1966) é

$$\tau_{wm} = f_w \rho \frac{u_{bm}^2}{2}, \text{ onde } f_w \text{ é o chamado fator de atrito de onda, } u_{bm} \text{ é a máxima velocidade}$$

orbital induzida pela onda e  $\rho$  é a densidade da água.

A estimativa desta tensão pode ser obtida a partir de informação sobre as características das ondas, mapas de batimetria do local e algum conhecimento do material de fundo. Ou seja, é necessário conhecer  $H_s$ ,  $T_p$ , a profundidade do local  $h$  e, o tamanho médio dos grãos dos sedimentos que compõe o fundo do local.

Com as informações das ondas é possível calcular as características do movimento oscilatório no topo da camada limite. A máxima velocidade orbital  $u_{bm}$  e a amplitude das órbitas do movimento induzido pelas ondas  $A_{bm}$  no topo da camada limite podem ser obtidas através da teoria linear de ondas. As equações para  $u_{bm}$  e  $A_{bm}$  apresentadas a seguir, podem ser encontrada em diversos textos de mecânica das ondas, e.g. Dean &

Darymple 1984, como  $A_{bm} = \frac{H_s}{2\sinh(2kh)}$  ou  $u_{bm} = \frac{w \cdot H}{2\sinh(kh)}$  onde  $k$  é o número de onda

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  655
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

dado por:  $k = \frac{2\pi}{L}$ ;  $L$  é o comprimento da onda obtido a partir do período de pico, utilizando a

equação de dispersão de ondas:  $\left(\frac{2\pi}{T_p}\right)^2 = g \frac{2\pi}{L} \tanh(kh)$  Para o cálculo do fator de atrito de

onda utiliza-se duas fórmulas básicas para duas situações específicas: camada limite laminar e camada limite turbulenta.

Inicialmente é verificada a condição do escoamento na camada limite, caracterizada pelo número adimensional  $Re_{bl}$ , ou seja,  $Re_{bl} = \frac{A_{bm} u_{bm}}{\nu}$ , onde  $\nu$  é a viscosidade cinemática do

fluido. Para  $Re_{bl} < 2000$  tem-se a condição de camada limite laminar e o fator de atrito de onda pode ser calculado por  $f_w = \frac{1}{\sqrt{Re_{bl}}}$ . Para  $Re_{bl} > 2000$  tem-se a condição de camada

limite turbulenta e o fator de atrito de onda pode ser calculado por

$$\frac{1}{4\sqrt{f_w}} + \log_{10}\left(\frac{1}{4\sqrt{f_w}}\right) = \log_{10}\left(\frac{A_{bm}}{k_n}\right) - 0.17 + 0.96\sqrt{f_w}. \quad k_n \text{ é uma rugosidade do fundo. Para}$$

a determinação de  $k_n$  admite-se duas condições do escoamento no fundo caracterizadas por

outro número adimensional  $Re_r$ , definido por  $Re_r = \frac{k_r u_{b*}}{\nu}$ , onde  $u_{b*} = \sqrt{\frac{\tau_{wm}}{\rho}}$  é a velocidade

de atrito no fundo, e  $k_r$  é o tamanho médio dos sedimentos do fundo.

Para condição de escoamento fortemente turbulento no leito tem-se  $Re_r = \frac{k_r u_{b*}}{\nu} > 3.3$  e

para o valor de  $k_n$  é tomado o valor de  $k_r$ . Para condição de escoamento suavemente

turbulento no leito tem-se  $Re_r = \frac{k_r u_{b*}}{\nu} < 3.3$ ,  $k_n = \frac{3.3\nu}{u_{b*}}$ .

O modelo de geração de ondas apresenta também, uma estimativa da distribuição das tensões do fundo. Para realizar a estimativa da distribuição das tensões no leito de um corpo d'água devido à ação das ondas geradas por vento, inicialmente deve-se dispor das informações ambientais (condições de vento, batimetria, material do fundo) e de uma malha de pontos onde serão calculadas as tensões. Assim, a entrada de dados segue o formato utilizado no módulo hidrodinâmico do SisBaHiA, que é compatível com as necessidades deste procedimento. No modelo de circulação hidrodinâmica do SisBaHiA, o domínio é discretizado em elementos finitos quadráticos lagrangeanos retangulares ou triangulares. No modelo de geração de ondas utiliza-se esta mesma malha de pontos. No entanto, a idéia de

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  656
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

elementos finitos é abandonada e esta discretização é usada apenas como uma distribuição de pontos de cálculo completamente independentes uns dos outros. A pista disponível é estimada para cada ponto, a partir de considerações geométricas em função da direção do vento.

### 8.1.11.3 Implementação dos modelos

Como já citado anteriormente, o objetivo deste estudo é realizar, para a Baía de Paranaguá, a modelagem de diagnóstico da circulação hidrodinâmica, da evolução morfológica do fundo da baía, e do comportamento das ondas geradas pelo vento. Estas simulações darão subsídio para as modelagens de prognóstico que serão realizadas posteriormente. Assim, nas próximas seções são descritos os cenários simulados, e apresentados os dados utilizados neste estudo.

#### 8.1.11.3.1 Definição dos cenários de modelagem

Com o objetivo de avaliar as possíveis mudanças na circulação hidrodinâmica e no transporte de sedimentos foram definidos dois períodos (cenários) com características hidrológicas e meteorológicas diferentes, sendo estes:

- Verão: ciclo típico de maré de verão, compreendido entre 13 de janeiro e 11 de fevereiro de 2016, considerando vazões médias dos rios afluentes à baía de Paranaguá, e dados de vento característicos desse período;
- Inverno: ciclo típico de maré de invernos, compreendido entre 08 de julho e 06 de setembro de 2015, considerando vazões médias dos rios afluentes à baía de Paranaguá, e dados de vento característicos desse período.

Cada um desses dois períodos foi associado às condições atuais de batimetria e contorno da Baía de Paranaguá. Assim, neste estudo os cenários de modelagem serão denominados “Verão” e “Inverno”.

#### 8.1.11.3.2 Dados utilizados

A simulação numérica da hidrodinâmica de um determinado corpo hídrico exige o conhecimento detalhado das características morfológicas da área de estudo bem como o conhecimento dos principais forçantes que governam a circulação das massas de água

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  657
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

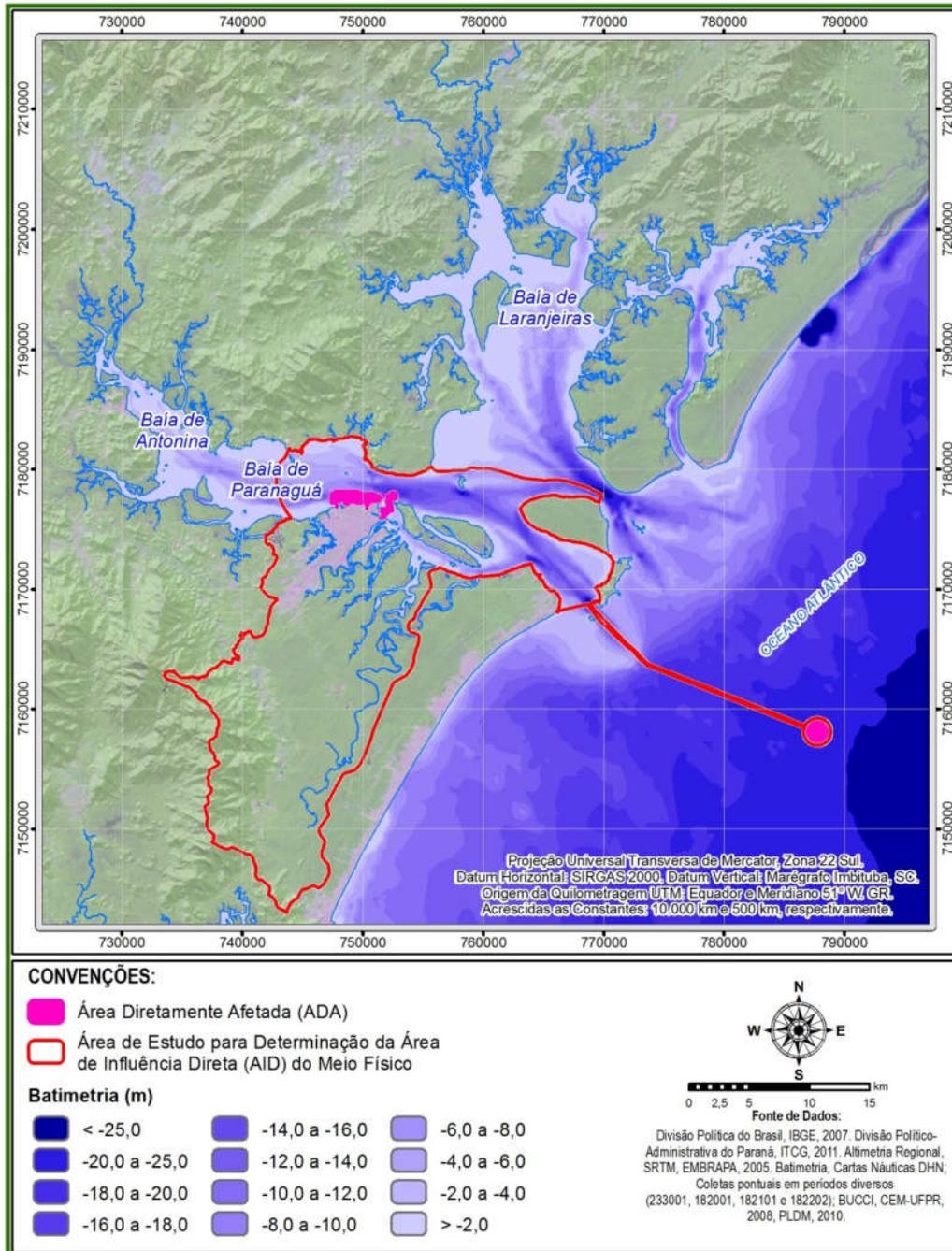
desse ambiente. Nesse caso, os principais forçantes que governam a hidrodinâmica são a maré, as descargas de água doce advindas dos rios, e o vento. O contorno e a batimetria do estuário também são fatores importantes na definição das características hidrodinâmicas.

Adicionalmente, para o modelo de evolução morfológica (transporte de sedimentos) é necessário conhecer, para todo o fundo da baía, as classes de sedimento presentes e a quantidade inicial de cada um deles. Como condição de contorno, devem ser consideradas vazões sólidas de sedimentos nos pontos em que há afluência significativa ao estuário. Nesse contexto, na sequência são apresentados os dados utilizados nas simulações realizadas nesse estudo.

#### 8.1.11.3.2.1 Contorno e batimetria

Para simular a circulação no interior da baía é necessária a definição do contorno do corpo d'água com o maior nível de detalhamento possível. Em simulações numéricas é usual que se estendam os limites da área modelada além da área de maior interesse. Isso é feito para que eventuais imprecisões nas condições de contorno não influenciem os resultados no interior do domínio de interesse. Com esse procedimento se faz necessário, por exemplo, a obtenção de dados batimétricos no interior dos mesmos (região de maior interesse) e das áreas exteriores.

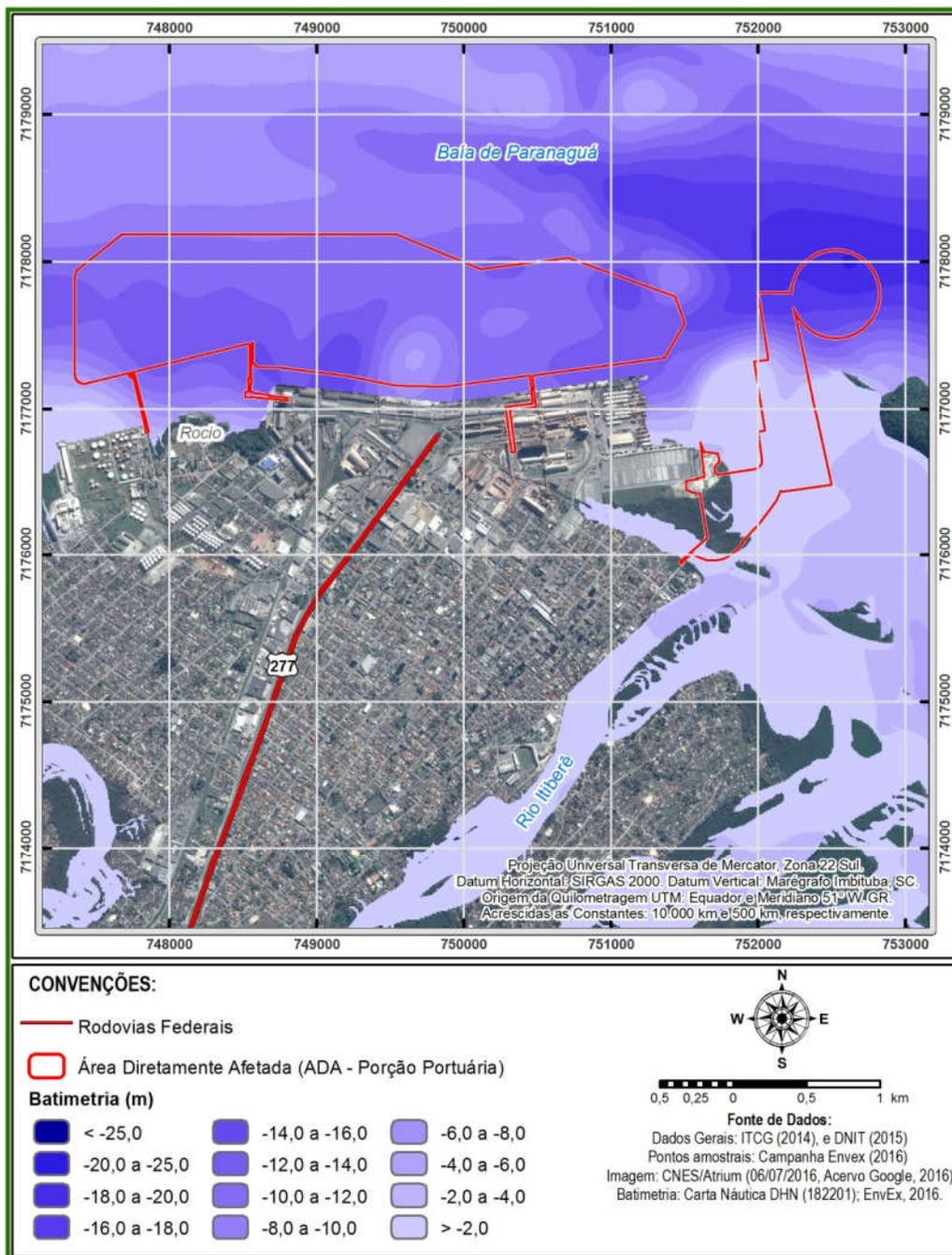
Os dados da batimetria da Baía de Paranaguá foram obtidos a partir: da digitalização de cartas náuticas do litoral paranaense, dados de projetos realizados anteriormente, dissertações e teses do Centro de Estudos do Mar da UFPR; dados do banco de dados da EnvEx Engenharia e Consultoria, e dados levantados especificamente para este estudo. Nesse sentido, a Figura 8.87 apresenta a batimetria de todo o domínio de simulação. A Figura 8.88 mostra, em detalhe, a região de maior interesse nesse estudo, incluindo a área onde foi realizado levantamento de batimetria específico para este estudo - a mesma é composta por dados fornecidos pela contratante e por dados levantados pela EnvEx Engenharia e Consultoria. Todas as informações foram processadas em ambiente SIG.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.87 - Batimetria da Baía de Paranaguá utilizada nas simulações realizadas nesse estudo.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  659
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.88 - Detalhe da batimetria na região de maior interesse desse estudo.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  660
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.11.3.2.1 Vazões afluentes à Baía de Paranaguá

As vazões utilizadas nesse estudo foram obtidas em estudos anteriores realizados pelo EnvEx Engenharia e Consultoria. A metodologia utilizada é descrita a seguir.

Nesse contexto, é importante destacar que dentro dos estuários, as vazões afluentes pelos rios que drenam as bacias hidrográficas localizadas na Serra do Mar, além daqueles da própria planície litorânea, são importantes para a dinâmica da água e para os processos que envolvem o transporte de sedimento no interior da baía. Os rios que mais podem contribuir para a circulação da água na baía são aqueles que apresentam as maiores vazões.

Os dados de vazão da região de interesse foram obtidos do portal HidroWeb, da Agência Nacional de Águas. Para os rios que não são monitorados, as vazões foram determinadas pelo método de regionalização de vazões (Tucci, 2002). As vazões das estações Marumbi (82195000), Anhaia (82198000), Morretes (82170000) e Marta-Sagrado (82198300) foram somadas, uma vez que estas drenam para uma mesma entrada da baía - o Rio Nhundiaquara. Da mesma forma, as vazões das estações Rio do Nunes (82140700) e Cacatu (82139500) foram somadas para determinar a vazão no Rio do Nunes. A partir de toda a série temporal disponível para cada estação, foi calculada uma vazão média anual. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 8.1.78.

**Tabela 8.1.78 - Vazões utilizadas para a modelagem hidrodinâmica da Baía de Paranaguá.**

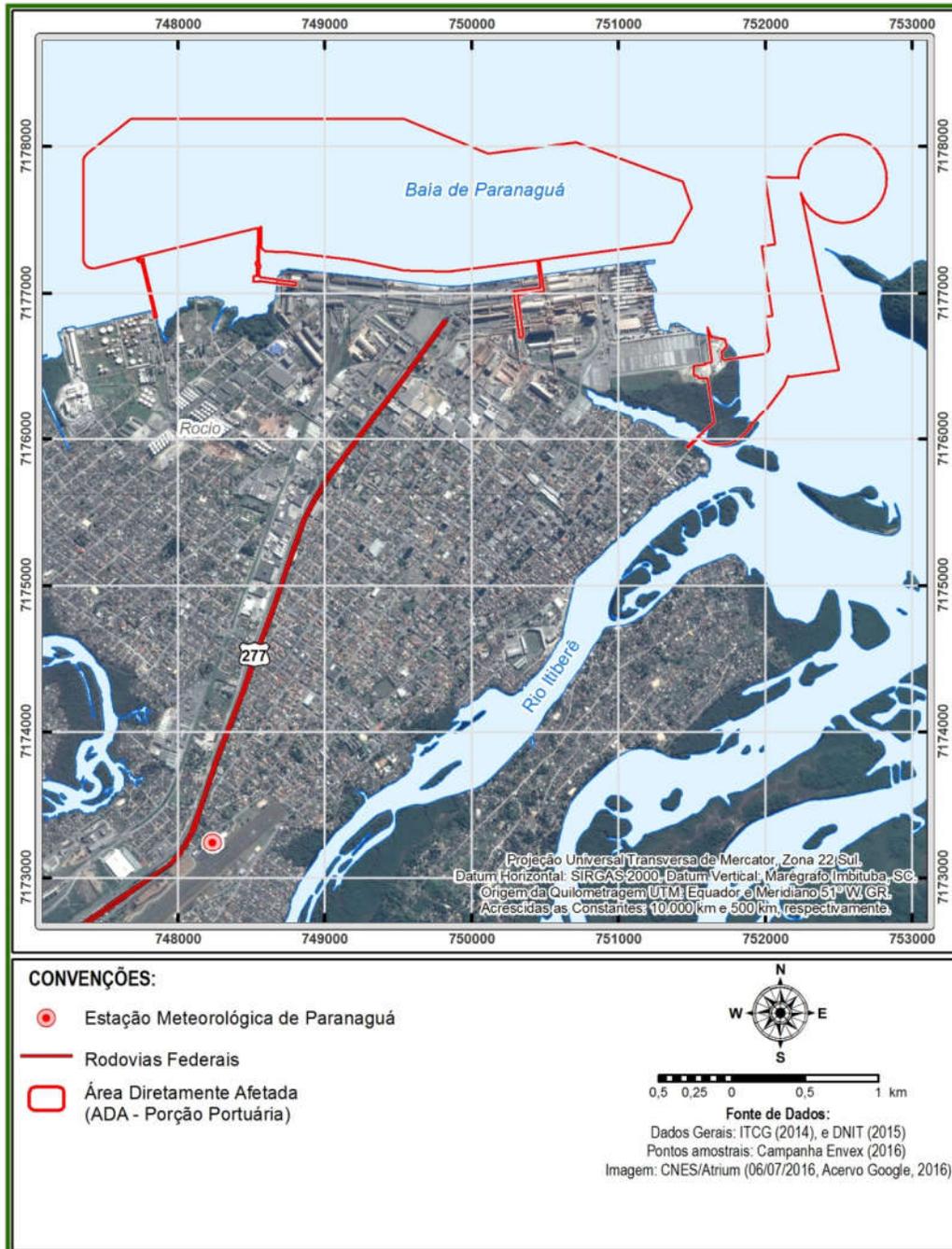
Rio	Vazão média anual (m <sup>3</sup> /s)	Estações
Nhundiaquara	37,72	Marumbi (82195000), Anhaia (82198000), Morretes (82170000), Marta-Sagrado (82198300)
Nunes	6,91	Rio do Nunes (82140700), Cacatu (82139500)
Cachoeira	42,41	Ponte Velha BR -101 (82121003)
Faisqueira	10,47	Estimado
Tagaçaba	7,25	Passo do Vau (82009080)
Guaraqueçaba	6,23	Colônia Rio Verde (82002000)

Cabe mencionar que o método de regionalização de vazões considera a proporcionalidade entre a área de drenagem correspondente ao ponto de medição das vazões e a área de drenagem de cada um dos rios considerados.

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  661
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.11.3.2.2 Intensidade e direção do vento

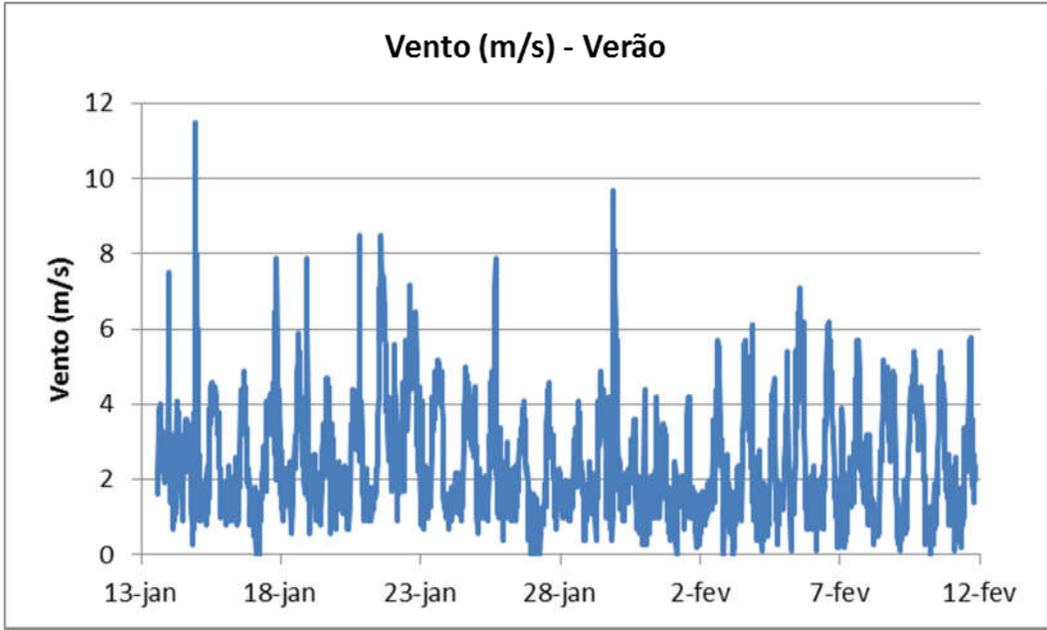
Os dados de intensidade e direção do vento foram obtidos na estação meteorológica Paranaguá (Simepar), cuja localização é apresentada na Figura 8.89. Para o Verão foram utilizados dados medidos no período de 13 de janeiro a 11 de fevereiro de 2016 e para o Inverno, foram utilizados dados medidos entre 08 de julho e 06 de agosto de 2015. Para este estudo foram utilizados dados medidos com frequência de 15 minutos. As séries temporais são apresentadas na Figura 8.90 e na Figura 8.91, para os cenários de verão e inverno, respectivamente. A Figura 8.92 e a Figura 8.93 mostram as séries de direção do vento – ângulo que o vento médio forma com a direção Norte.



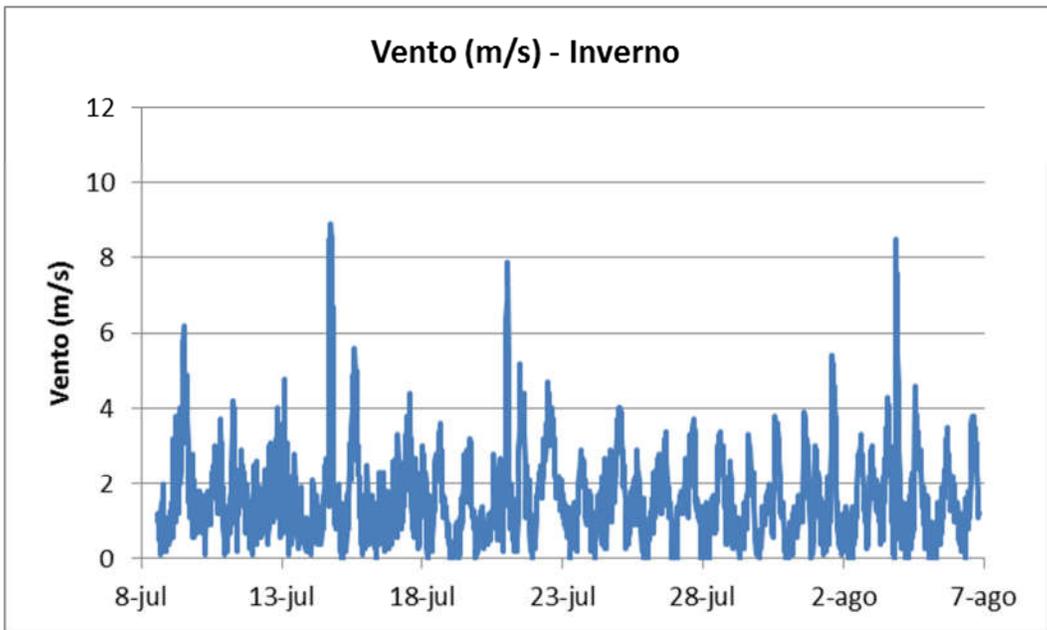
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.89 - Localização da estação meteorológica Paranaguá (Simepar).**

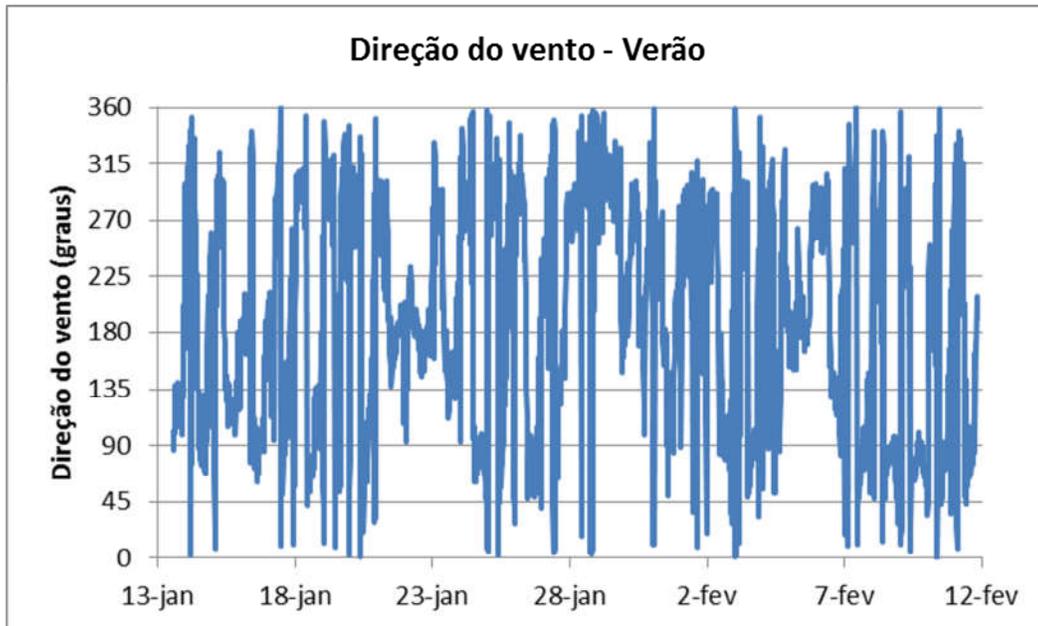
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  663
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



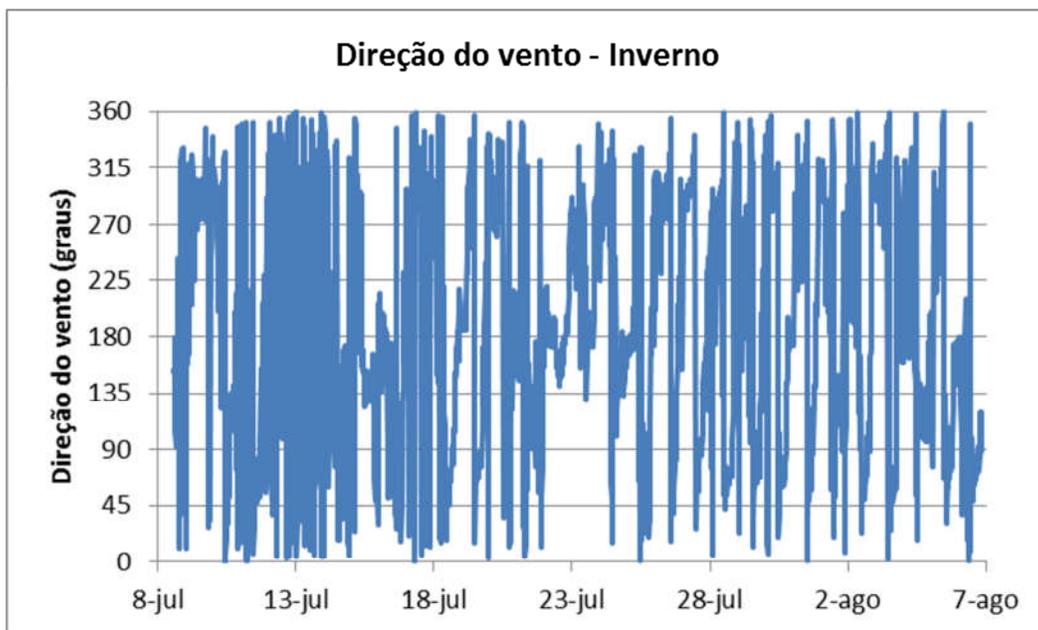
**Figura 8.90 - Velocidades do vento – Verão.**



**Figura 8.91 - Velocidades do vento – Inverno.**



**Figura 8.92 - Direções do vento – Verão.**



**Figura 8.93 - Direções do vento – Inverno.**

#### 8.1.11.3.2.1 Sedimentos de fundo

Para as simulações da evolução morfológica são necessárias informações relacionadas ao tipo de sedimento presente no fundo da baía. Com base nas informações levantadas em campo, é realizada uma interpolação geoestatística que resulta em distribuições espaciais

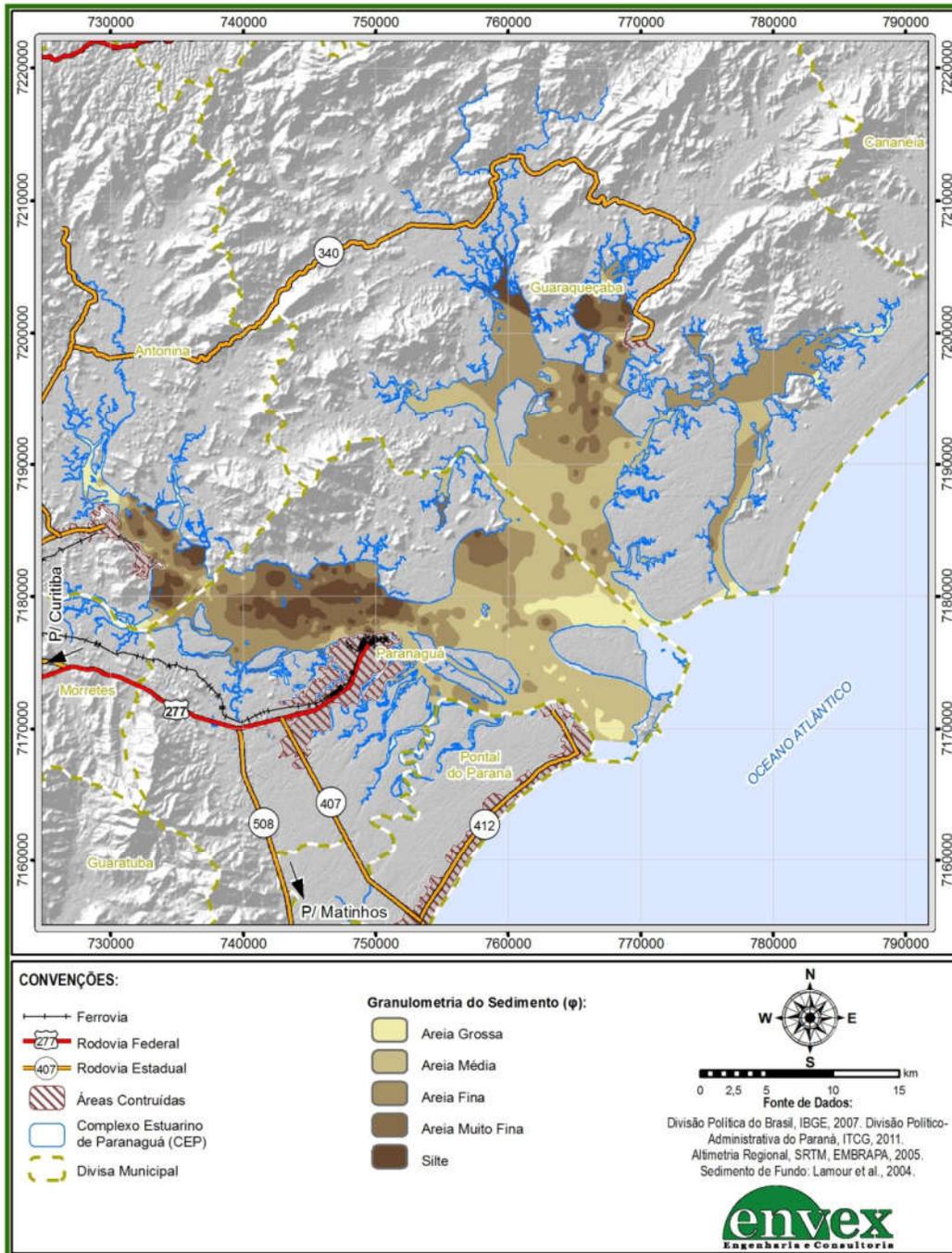
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  665
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de sedimento de fundo em toda a extensão da área de interesse. O atributo dos elementos da imagem gerada por geoprocessamento é a unidade de medida  $\phi$  ( $\phi$ ), que corresponde ao diâmetro da partícula do sedimento; este diâmetro é associado à Escala Granulométrica de *Wentworth*, conforme a Tabela 8.1.79. A Escala Granulométrica de *Wentworth* faz parte das definições da Resolução CONAMA nº454, de 01 de novembro de 2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

**Tabela 8.1.79 - Classificação granulométrica dos sedimentos conforme a Escala Granulométrica de Wentworth (1922).**

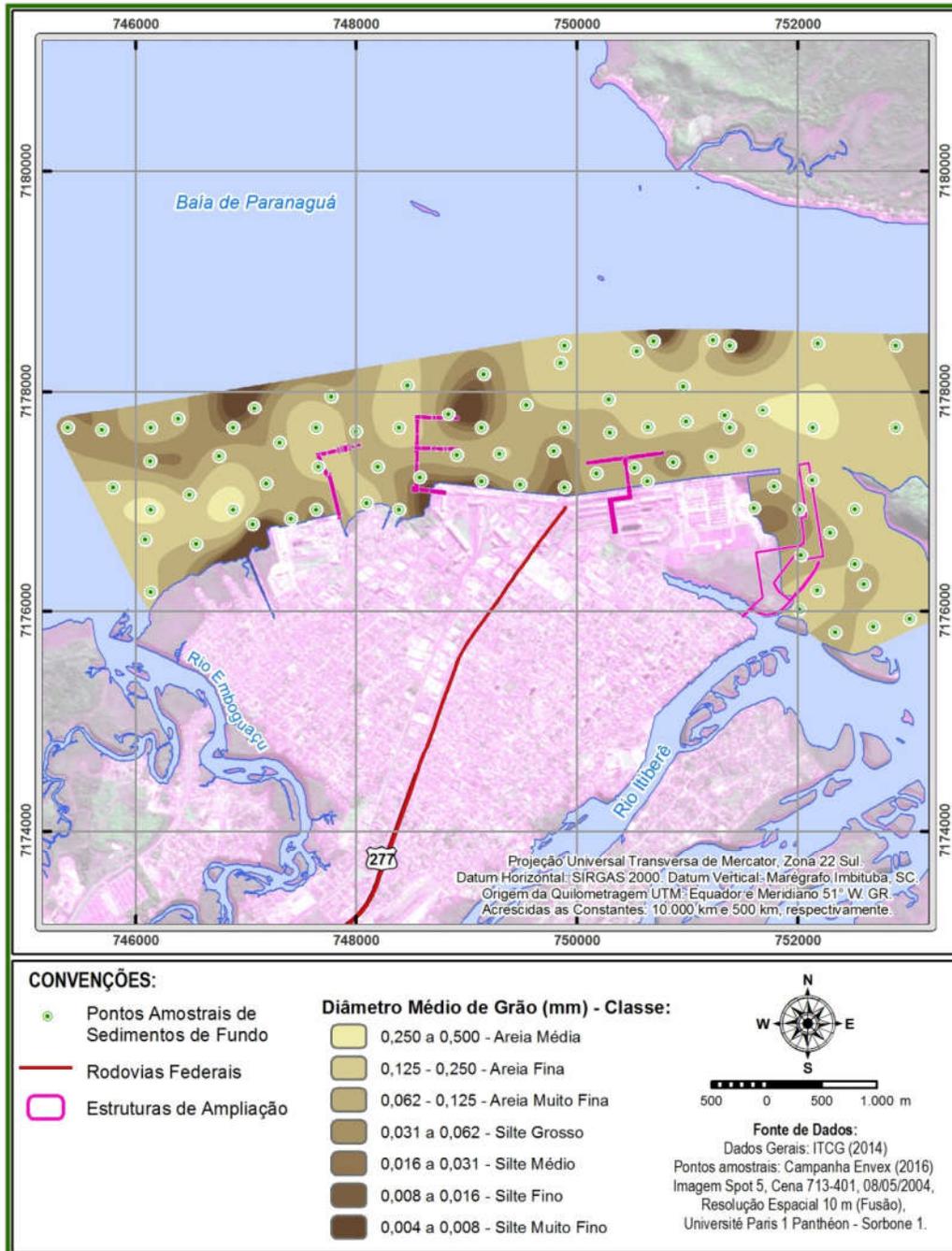
Classificação	$\phi$ ( $\phi$ )	Tamanho dos grãos (mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002

Para grande parte da área de interesse para a simulação, os dados de sedimento do fundo da Baía de Paranaguá, foram obtidos no trabalho de Lamour *et al.* (2004) – estes são reproduzidos Figura 8.94. Levantamentos específicos para a área de interesse deste estudo também foram realizados, e uma caracterização mais detalhada é apresentada Figura 8.95. Observa-se, de maneira geral, presença de silte mesclado a areia muito fina na baía de Antonina e em grande parte da baía de Paranaguá, principalmente na região mais próxima à foz dos maiores rios, por onde as águas continentais são drenadas. Próximo à área urbana de Paranaguá tal panorama passa a dar lugar para ao sedimento composto por areia fina e média, nas proximidades da Ilha da Cotinga e na baía das Laranjeiras. Por fim, observa-se a presença de areia grossa a leste da Ilha do Mel e na região costeira adjacente (PLDM, 2010). De maneira geral, os sedimentos presentes na Baía de Paranaguá compreendem o intervalo entre silte e areia grossa, com diâmetros entre cerca de 0,004 mm e 1,0 mm.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.94 - Distribuição da Granulometria do Sedimento de Fundo na Baía de Paranaguá.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.95 - Levantamento dos sedimentos de fundo realizado para este estudo.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  668
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

### 8.1.11.3.2.1 Vazões sólidas afluentes

Conforme mencionado anteriormente, uma informação necessária para as modelagens de evolução morfológica é a quantificação do aporte de sedimentos através dos pontos onde há afluição de água à baía (rios); essas informações compreendem as condições de contorno para a modelagem da dinâmica dos sedimentos no fundo.

Os dados de aporte de sedimentos utilizados neste estudo são baseados no estudo apresentado por Mantovanelli (1999) – neste estudo foram levantados dados de vazão, concentração de material particulado em suspensão (MPS), fluxo diário de MPS e área total das bacias de drenagem para o verão de 1997 e para o inverno de 1998, conforme mostrado na Figura 8.96 e na Figura 8.97, respectivamente.

rio	$Q_T$ ( $m^3 s^{-1}$ )	MPS ( $mg l^{-1}$ )	$Q_s$ $g s^{-1}$	fluxo ( $kg km^{-2} dia^{-1}$ )	área total ( $km^2$ )
Cachoeira	25,34	8,22	232,60	48,41	415,13
Nhundiaquara	2,36	0,72	1,80	0,69	223,93
Sagrado	0,40	4,63	3,54	2,25	136,03
Marumbi	0,59	1,24	0,87	0,69	107,93
Pinto	0,61	6,30	3,93	4,21	80,61
Faisqueira	0,50	2,34	2,58	3,83	58,17
Sapetanduva	0,11	2,47	0,48	0,95	43,91
Nunes	0,55	0,00	0,00	0,00	36,94
Cacatu	0,44	0,18	0,10	0,23	36,36
Jacareí	0,15	1,93	0,40	1,00	34,29
Rio do Cedro	0,44	0,44	0,30	0,84	31,46
Cupiúva	0,10	9,15	4,02	13,31	26,08
Xaxim	0,10	1,49	0,20	0,69	25,54
São Joãozinho	0,00	9,23	0,00	0,00	24,22
Passa Sete	0,03	14,23	0,71	2,94	20,79
Rio do Meio	0,00	0,00	0,00	0,00	19,80
Piedade	0,27	38,71	11,39	54,46	18,07
Moura	0,02	2,40	0,07	0,59	9,72
Curitibaíba	0,05	0,57	0,03	0,30	9,14
Rio da Venda	0,43	3,64	2,19	20,89	9,04

Figura 8.96 - Campanha de coleta de dados no verão de 1997 (dias 13, 15 e 16/02/1998). Fonte: Mantovanelli(1999).

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  669
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

rio	$Q_r$ (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	MPS (mg l <sup>-1</sup> )	$Q_s$ (g s <sup>-1</sup> )	fluxo (kg km <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	área total (km <sup>2</sup> )
Cachoeira	46,85	22,94	1074,79	223,69	415,13
Nhundiaquara	34,95	13,09	457,51	176,52	223,93
Sagrado	7,15	40,98	191,62	121,71	136,03
Marumbi	12,46	1,15	14,28	11,43	107,93
Pinto	5,14	53,10	273,17	292,80	80,61
Faisqueira	5,82	22,88	123,50	183,43	58,17
Sapetanduva	3,53	14,48	51,12	100,59	43,91
Nunes	2,62	0,14	0,38	0,89	36,94
Cacatu	7,23	0,26	1,85	4,39	36,36
Jacareí	3,34	6,57	21,95	55,31	34,29
Rio do Cedro	2,92	4,16	12,18	33,44	31,46
Cupiúva	2,51	23,70	59,58	197,36	26,08
Xaxim	2,07	7,81	16,18	54,73	25,54
São Joãozinho	1,24	8,52	10,60	37,79	24,22
Passa Sete	0,82	14,66	11,98	49,81	20,79
Rio do Meio	0,61	0,48	0,30	1,29	19,80
Piedade	1,71	9,89	16,92	80,93	18,07
Moura	0,48	12,60	6,11	54,28	9,72
Curitibaíba	0,33	11,13	3,70	34,98	9,14
Rio da Venda	1,81	3,76	6,80	65,00	9,04

**Figura 8.97 - Campanha de coleta de dados no verão de 1998 (dias 12 e 13/02/1998).  
Fonte: Mantovanelli(1999).**

No modelo devem ser inseridos dados de carga de sedimentos nos mesmos pontos onde há aporte de vazão líquida, ou seja, nos rios Guaraqueçaba, Tagaçaba, Faisqueira, Cachoeira, Nunes, e Nhundiaquara. Para tanto, seguindo a mesma ideia das vazões afluentes, a partir dos valores para inverno e verão apresentadas por Mantovanelli (1999), foram calculadas as concentrações médias de material particulado em suspensão para cada um dos rios citados anteriormente; estas são apresentadas na Tabela 8.1.80 para as situações de inverno e verão. Para os afluentes em que não há dados, foram utilizadas as médias de MPS medidos em todos os rios.

**Tabela 8.1.80 – Concentrações de material em suspensão utilizados nas simulações.**

Rio	Material particulado em suspensão (mg/L)
Nhundiaquara	6,905
Nunes	0,07
Cachoeira	15,58
Faisqueira	12,61
Tagaçaba	2,01
Guaraqueçaba	2,01

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  670
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

#### 8.1.11.3.2.2 Dados de maré e definição das constantes harmônicas

Para simular a maré astronômica forçando a circulação no interior da baía é necessário definir um conjunto de constantes harmônicas no contorno aberto (área externa) da baía. Para obter esse conjunto de constantes, podem ser utilizados dados de nível de maré medidos. O conjunto de constantes harmônicas pode ser obtido através do modelo SisBaHiA utilizando a ferramenta de Análise de Maré – a partir dos dados medidos esta ferramenta gera um conjunto de constantes harmônicas capaz de reproduzir variações aproximadamente iguais às medidas – caso este conjunto de constantes não gere resultados satisfatórios, ele pode ser ajustado de forma a representar melhor as variações de nível de maré no ponto de interesse.

Para as simulações realizadas nesse estudo, as constantes harmônicas foram obtidas a partir dos dados da superfície livre medidos pela EnvEx por meio do CEM (Centro de Estudos do Mar) no Canal da Cotinga (Lat:  $-25^{\circ} 33'16''$  Long:  $-48^{\circ} 24'36''$ ) no período de 24/02/2009 a 27/03/2009. Utilizando a ferramenta de Análise de Maré do SisBaHiA e os dados do Canal da Cotinga, foi obtido um conjunto de constantes harmônicas semelhante ao apresentado na Tabela 8.1.81. A partir desse conjunto inicial, foi realizada uma calibração dessas constantes.

O procedimento para a calibração foi feito variando as amplitudes das constantes harmônicas com mais significativas, a saber:  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $O_1$  e  $M_3$ . Assim, diversos conjuntos de constantes, diferenciados por valores de  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $O_1$  e  $M_3$  foram testados no modelo hidrodinâmico, mantendo as demais constantes harmônicas constantes – foram realizadas simulações hidrodinâmicas para aproximadamente um mês (24/02/2009 a 27/03/2009) – foram usados dados de vento referentes a esse período. Comparações entre as elevações medidas e modeladas foram realizadas. O conjunto de constantes que gerou os melhores resultados é o apresentado na Tabela 8.1.81. A Figura 8.98 mostra a comparação entre os valores da superfície livre obtidos pelo modelo e os medidos. Nota-se uma boa concordância entre os resultados, no que se refere à fase e à amplitude. Assim, é possível afirmar que a simulação numérica usada para caracterizar a circulação hidrodinâmica do CEP é adequada e pode ser usada de modo qualitativo.

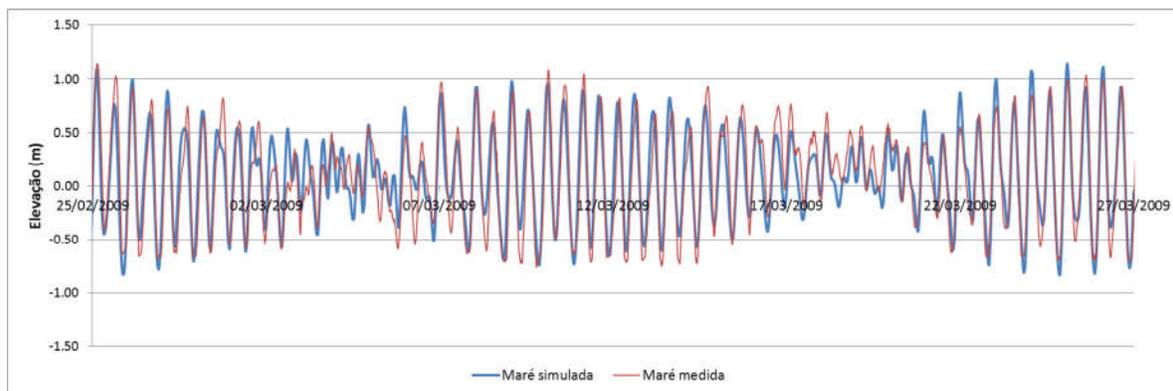


Figura 8.98 - Comparação entre os valores de elevação (posição da superfície livre) obtidos pelo modelo (vermelho) e os valores medidos (azul) no Canal da Cotonga.

Tabela 8.1.81 - Constantes harmônicas utilizadas nas modelagens.

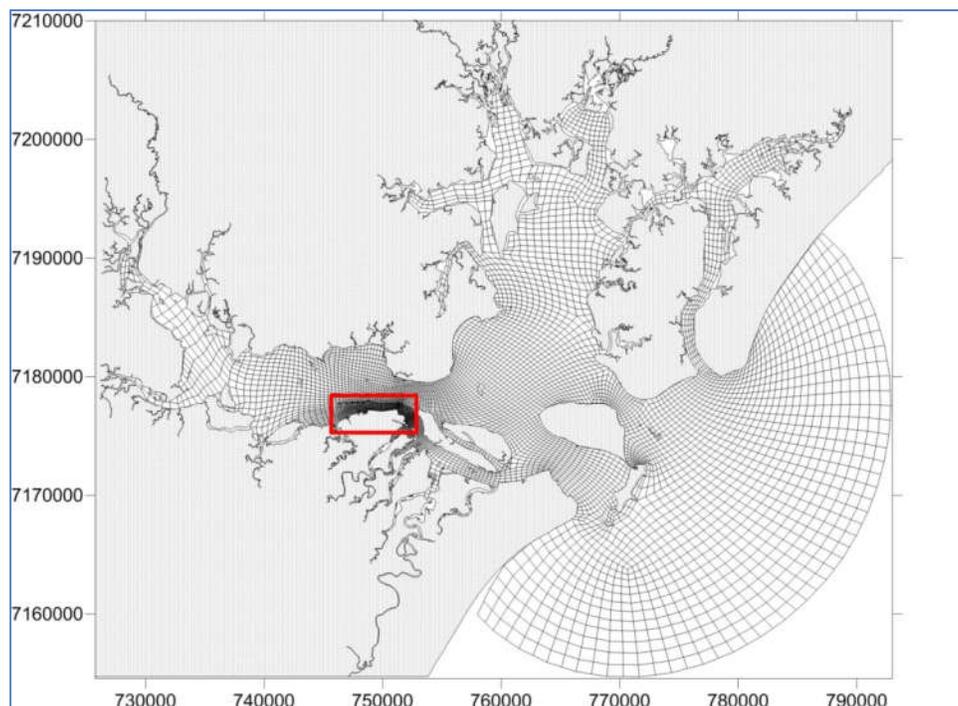
Constante	Período (seg)	Amplitude (m)	Fase (rad)
S <sub>2</sub>	43200,00	0,3931	1,47
M <sub>2</sub>	44714,16	0,3793	1,31
O <sub>1</sub>	92949,63	0,1156	1,27
M <sub>3</sub>	29809,44	0,1020	3,97
M <sub>4</sub>	22357,08	0,0817	3,54
K <sub>1</sub>	86164,09	0,0760	2,57
MS <sub>4</sub>	21972,02	0,0613	1,05
MK <sub>3</sub>	29437,70	0,0599	3,37
MN <sub>4</sub>	22569,03	0,0572	4,95
Q <sub>1</sub>	96726,08	0,0308	1,14
M <sub>1</sub>	89399,69	0,0138	4,93
MO <sub>3</sub>	30190,69	0,0131	2,06
N <sub>2</sub>	45570,05	0,0111	3,40
SK <sub>3</sub>	28773,74	0,0071	5,25
M <sub>sf</sub>	1275721,42	0,0065	4,90
OO1	80301,87	0,0052	3,61
S4	21600,00	0,0052	4,52
2SM6	14564,40	0,0052	4,78
J1	83154,52	0,0035	4,09
KQ1	77681,65	0,0033	3,48
2Q1	100822,40	0,0030	1,02
2MS6	14732,60	0,0020	4,89
2MK5	17751,17	0,0019	1,41
KJ2	42316,28	0,0014	3,76
M6	14904,72	0,0014	0,78

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  672
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Constante	Período (seg)	Amplitude (m)	Fase (rad)
M8	11178,54	0,0012	4,84
2MN6	14998,62	0,0009	2,68
3MK7	12706,71	0,0008	3,60
2SK5	17270,54	0,0003	4,14

### 8.1.11.3.2.3 Grade numérica para modelagem

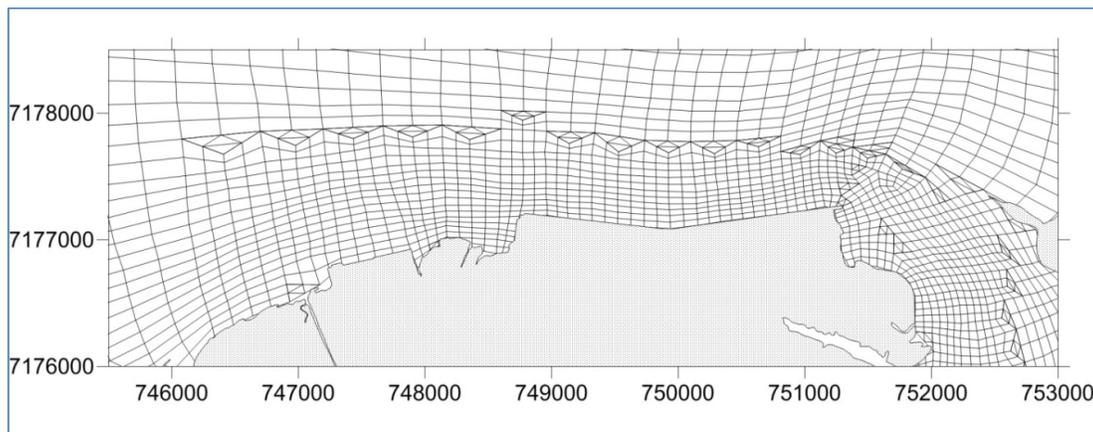
O SisBaHiA<sup>®</sup> usa o método dos elementos finitos para a discretização espacial e o método de diferenças finitas para a discretização temporal. Desta forma, o domínio de modelagem deve ser discretizado em elementos, sobre os quais são realizados os cálculos. Os elementos podem possuir seis ou nove pontos de cálculo, sendo três nos vértices no caso de elementos triangulares, ou quatro no caso de elementos quadrangulares; ambos os tipos são utilizados neste estudo. Os pontos de cálculo são denominados nós. A malha usada na discretização do domínio é mostrada na Figura 8.99; na Figura 8.100 é apresentado o detalhamento da grade na área de maior interesse nesse estudo – nesta região optou-se por utilizar uma malha mais detalhado do que no restante do domínio. Esta malha é composta por 1771 elementos quadrangulares, 44 elementos triangulares, totalizando 7860 nós.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.99 - Grade numérica do modelo para toda a área de estudo. Em vermelho: área de interesse desse estudo.**

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  673
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.100 - Detalhe da grade numérica do modelo – região de interesse do estudo.**

A batimetria, informação fundamental para a definição do domínio de modelagem; foi apresentada na seção 8.1.11.3.2.1. O coeficiente de atrito do fundo, usado nas simulações, pode ser calculado via coeficiente de Chèzy. Este coeficiente depende da amplitude da rugosidade equivalente de fundo, definida a partir da composição e da distribuição de sedimentos no fundo. Para cada ponto da malha, a rugosidade equivalente de fundo foi definida considerando a distribuição espacial de sedimentos apresentada na seção 8.1.11.3.2.1. Os valores de amplitude da rugosidade equivalente de fundo utilizados para cada tipo de sedimento são apresentados na Tabela 8.1.82

**Tabela 8.1.82 - Rugosidades equivalentes de fundo para cada tipo de sedimento.**

Tipo do sedimento	Rugosidade equivalente de fundo (m)
Areia grossa	0,0375
Areia média	0,0200
Areia fina	0,0150
Areia muito fina	0,0070
Silte grosso	0,0050
Argila	0,001

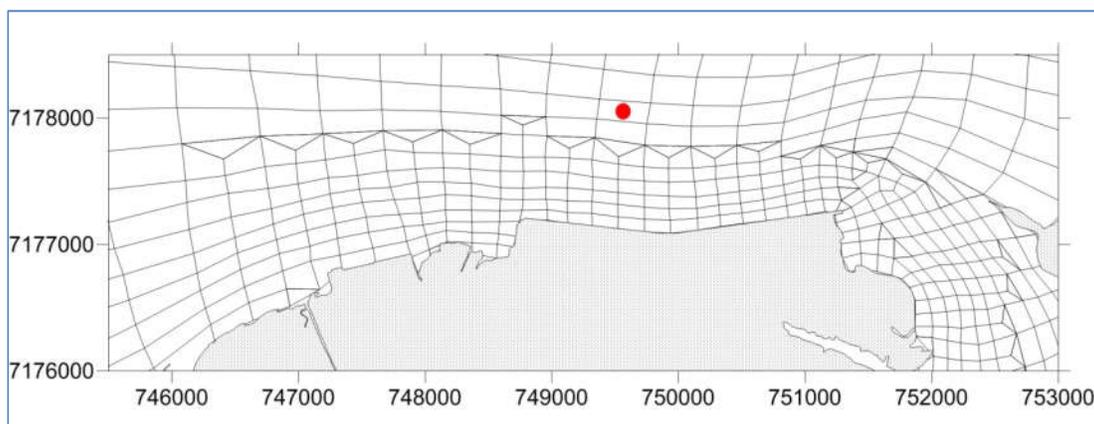
#### 8.1.11.4 Resultados do modelo de hidrodinâmica

Neste item são apresentados os resultados das simulações hidrodinâmicas respectivamente para os cenários Verão e Inverno, os quais permitem avaliar o efeito da sazonalidade sobre a hidrodinâmica da região de interesse do estudo. Os resultados são apresentados por meio

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  674
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

de figuras que mostram variações temporais em um ponto de interesse, e de distribuições espaciais instantâneas (“fotos” momentâneas da área de interesse) e probabilidades de ocorrência de determinadas velocidades de corrente.

As variações temporais de elevação e de velocidade de corrente são apresentadas para o ponto destacado na Figura 8.101.



Fonte: PLANAVE, 2016

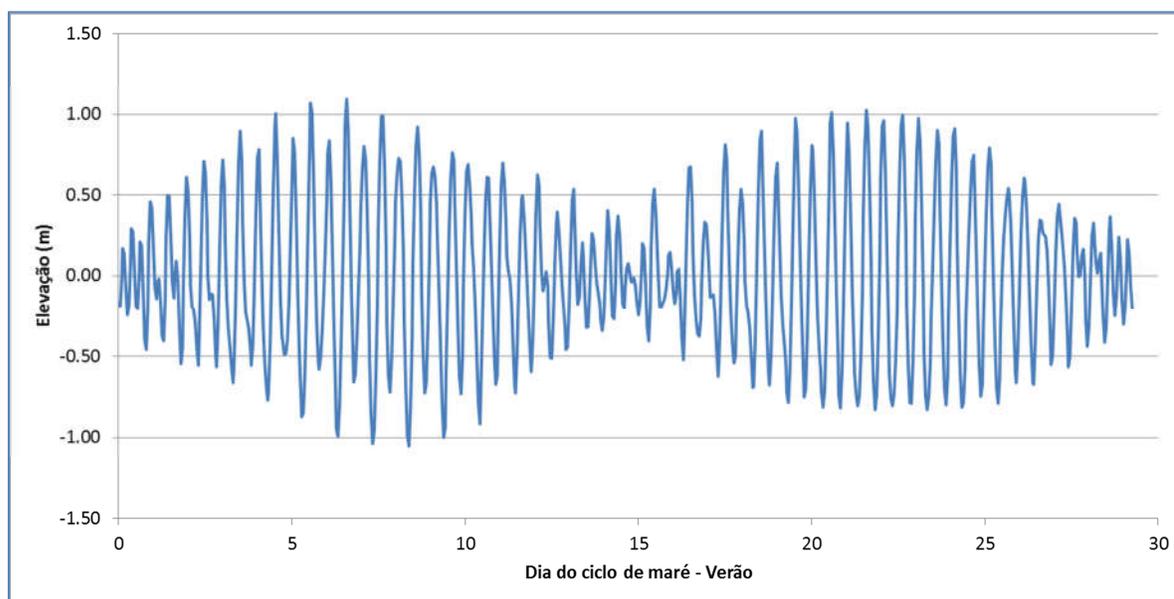
**Figura 8.101 - Localização do ponto para o qual serão apresentadas as séries temporais.**

As distribuições espaciais de velocidades de corrente são apresentadas para tempos de simulação que representam situações de sizígia e quadratura, em momentos de preamar, baixamar, meia-maré vazante e meia-maré enchente – estes períodos foram definidos com base nas séries temporais de elevação para cada cenário. Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s e menores do que 0,01 m/s em toda a Baía de Paranaguá durante um ciclo de maré também serão apresentadas.

#### *8.1.11.4.1 Resultados para o cenário verão*

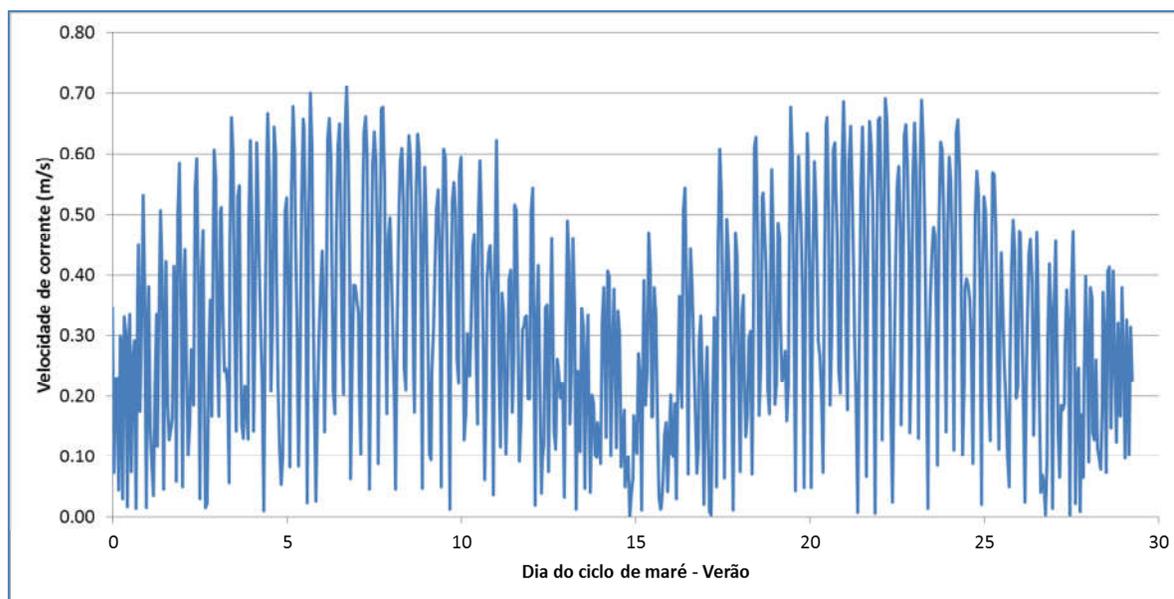
Para o cenário Verão, a Figura 8.102 apresenta a evolução temporal de elevação do nível da superfície livre; para o mesmo ponto, a Figura 8.103 mostra a evolução temporal da velocidade de corrente. Para a elevação, observa-se que os valores variam entre aproximadamente -1,0 m e 1,0 m. Já as velocidades máximas, no ponto analisado, são da ordem de 0,7 m/s.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  675
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.102 - Série temporal de elevação – Verão.**



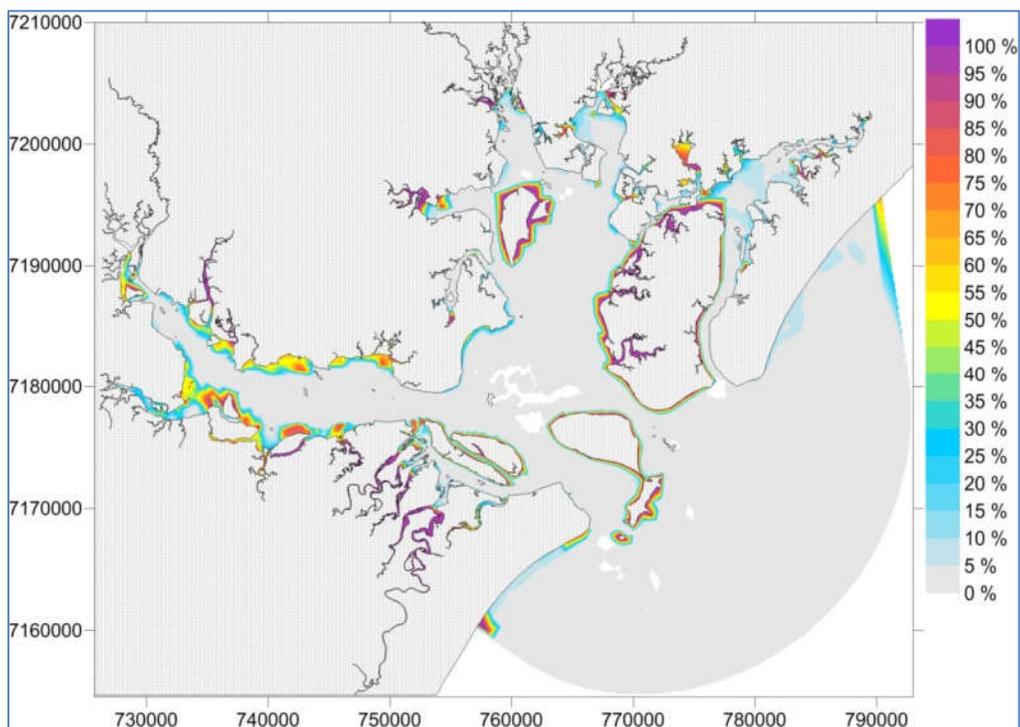
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.103 - Série temporal de velocidade de corrente – Verão.**

Para o cenário Verão, a Figura 8.104 apresenta as probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s; a Figura 8.105 apresenta as probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s durante o ciclo de maré característico de verão. De maneira geral, observam-se altas probabilidades de ocorrência de baixas velocidades em algumas regiões das bordas da baía. Já

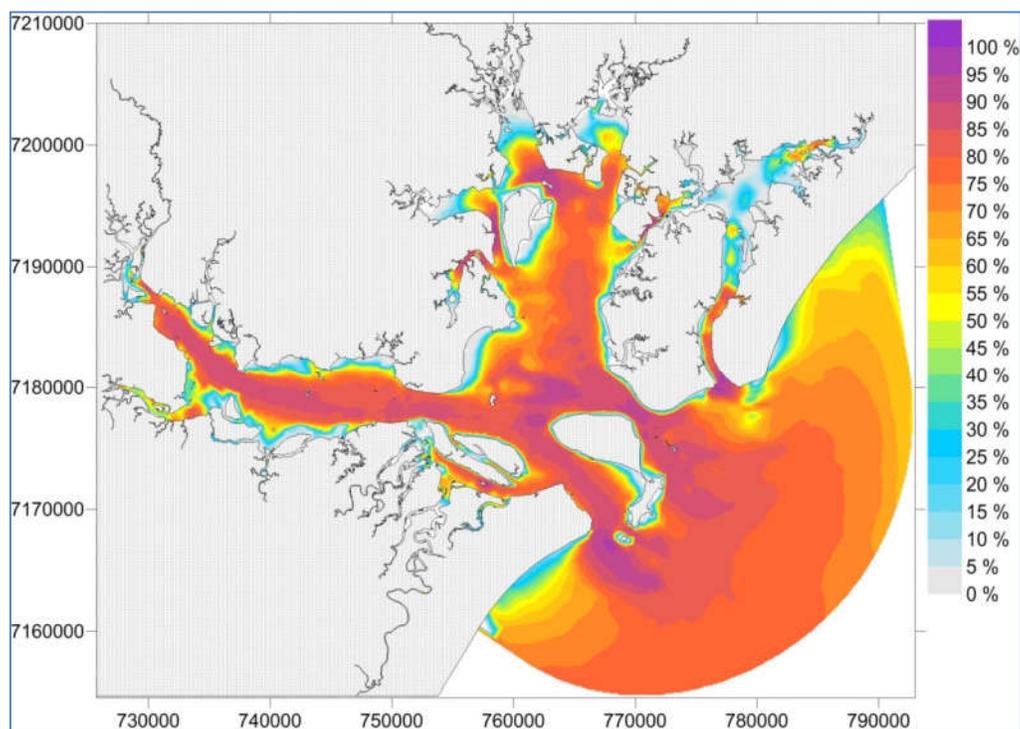
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  676
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

velocidades maiores, ocorrem em regiões de maior profundidade - os resultados mostram que os canais formados pela Ilha do Mel (Canal da Galheta e Desembocadura Norte) e Canal do Superagui (direção Sul – Norte) tendem a guiar o campo de correntes na direção paralela aos contornos, intensificando seus valores; em parte do Canal da Galheta, a probabilidade de ocorrência de velocidades maiores do que 0,1 m/s ultrapassa 80% do tempo.



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.104 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s – Verão.**



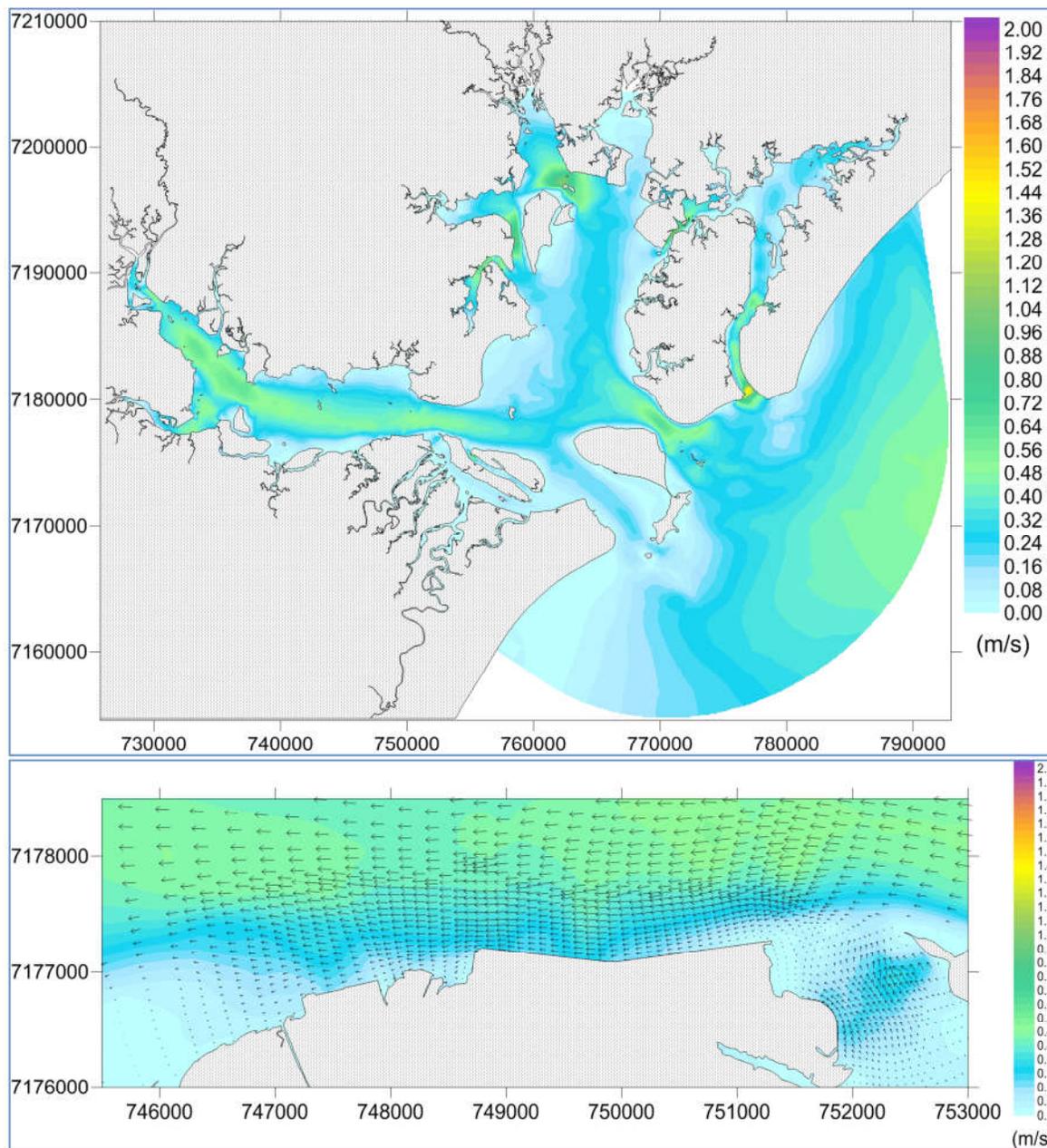
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.105 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s – Verão.**

As distribuições espaciais das velocidades de corrente são apresentadas da Figura 8.106 até a Figura 8.113 – em todas as figuras é apresentado o campo de velocidades para toda a baía, e um detalhe para a região de maior interesse desse estudo. No detalhe, os vetores indicam as direções das velocidades de corrente. Os resultados apresentados correspondem aos períodos de sizígia e quadratura, combinados com preamar, baixamar, meia-maré vazante e meia-maré enchente.

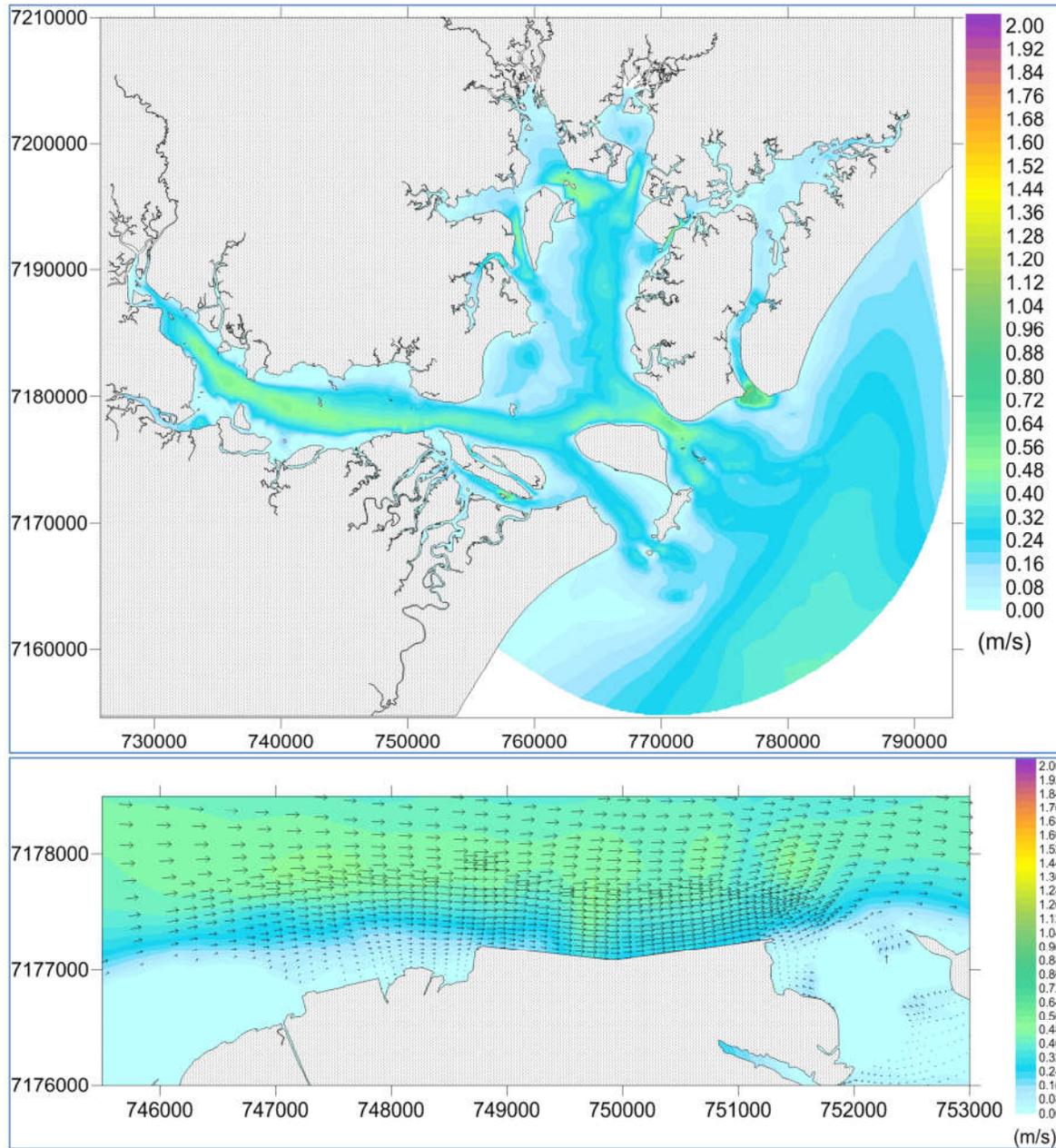
Em sizígia, para as situações de baixamar e preamar, as velocidades de corrente não ultrapassam 0,50 m/s; para meia-maré vazante e meia-maré enchente, as velocidades chegam a ordem de 1,0 m/s. Em quadratura, predominam velocidades da ordem de 0,35 m/s. Considerando toda a baía, as maiores velocidades encontram-se na área da Desembocadura Sul, entre as Ilhas da Galheta e do Mel. Neste local a velocidade chega a cerca de 1,35 m/s.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  678
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

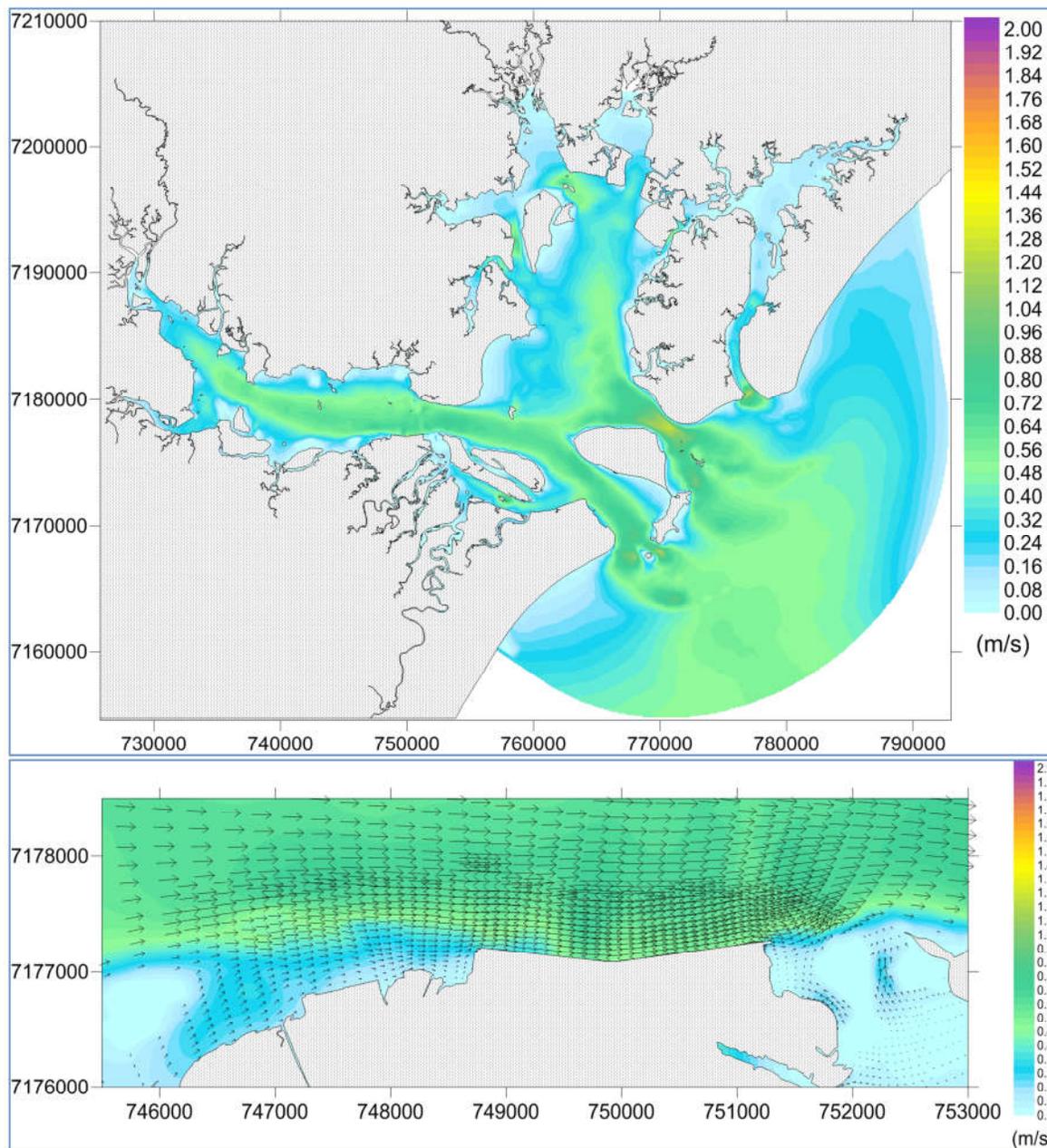
**Figura 8.106 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.107 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – sizígia –Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

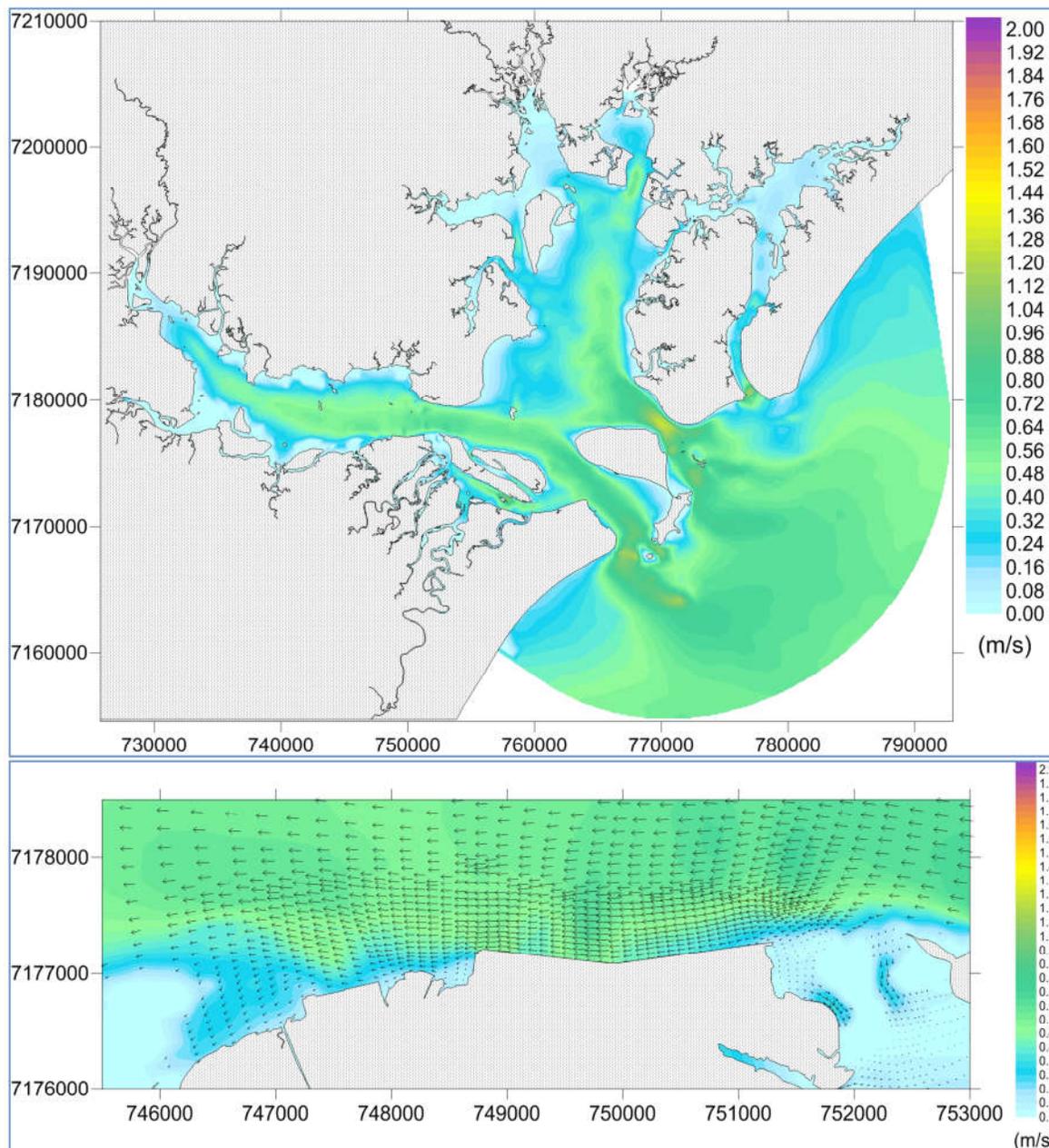
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  680
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

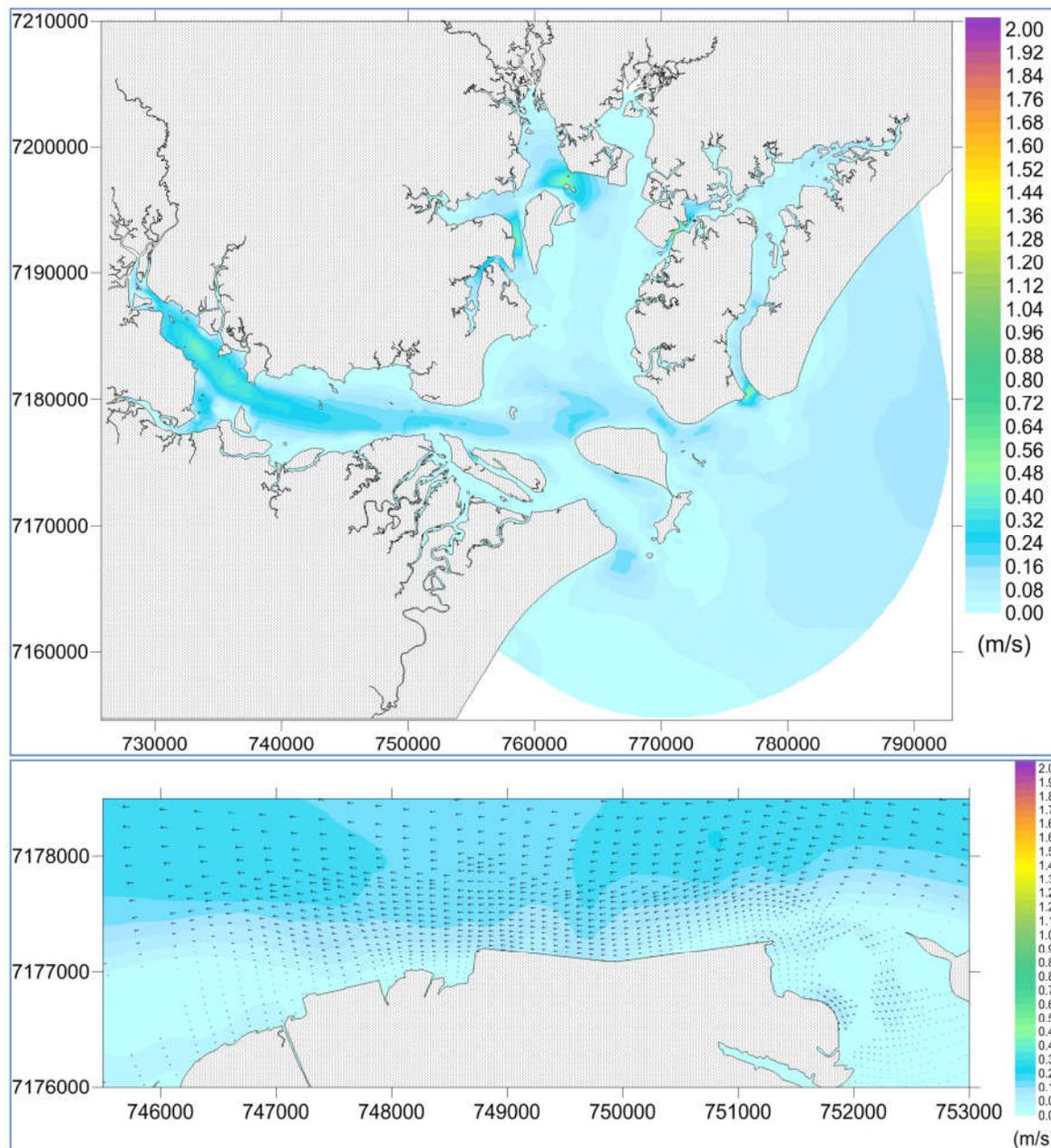
**Figura 8.108 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  681
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

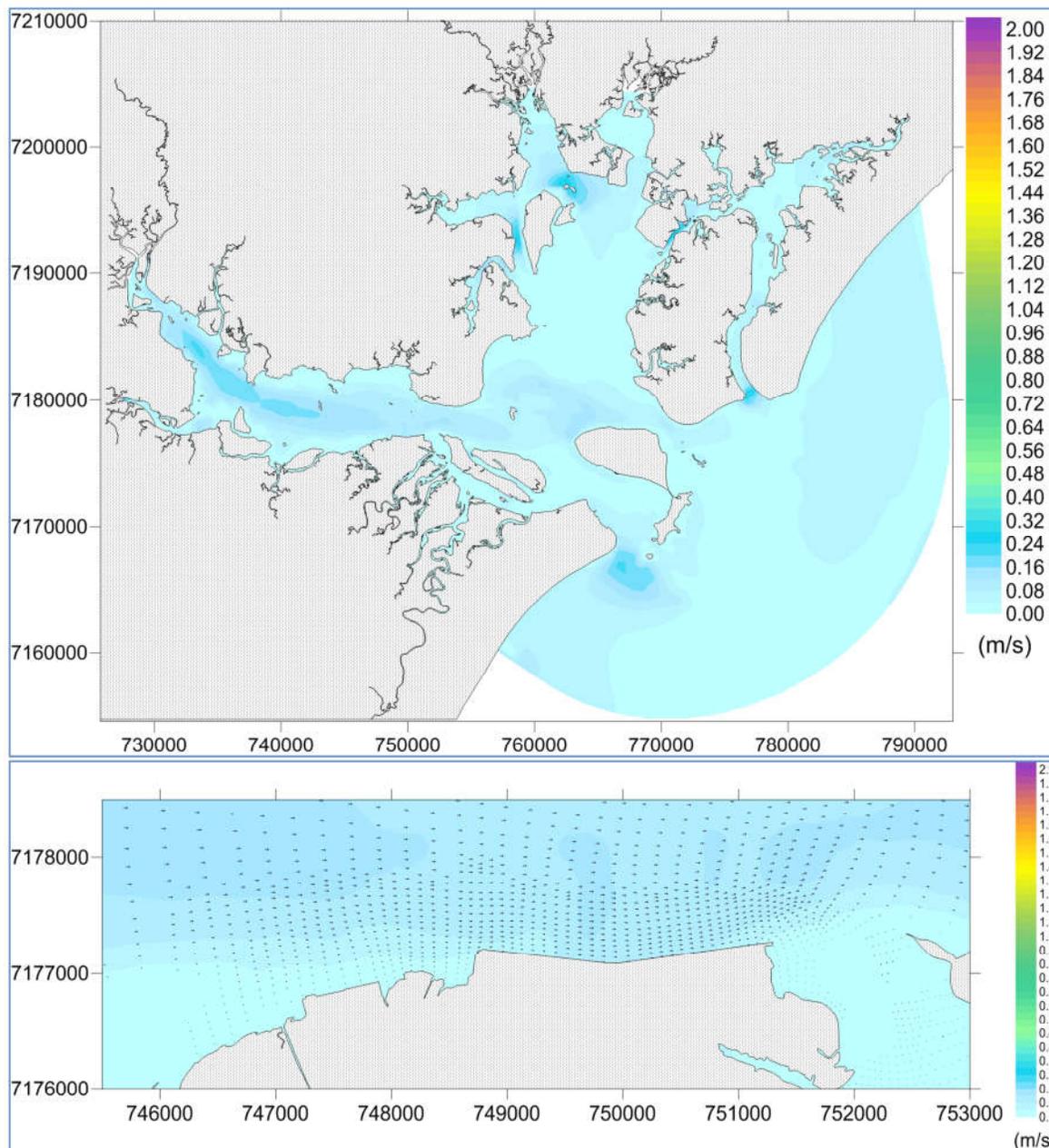
**Figura 8.109 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – sizígia – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.110 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

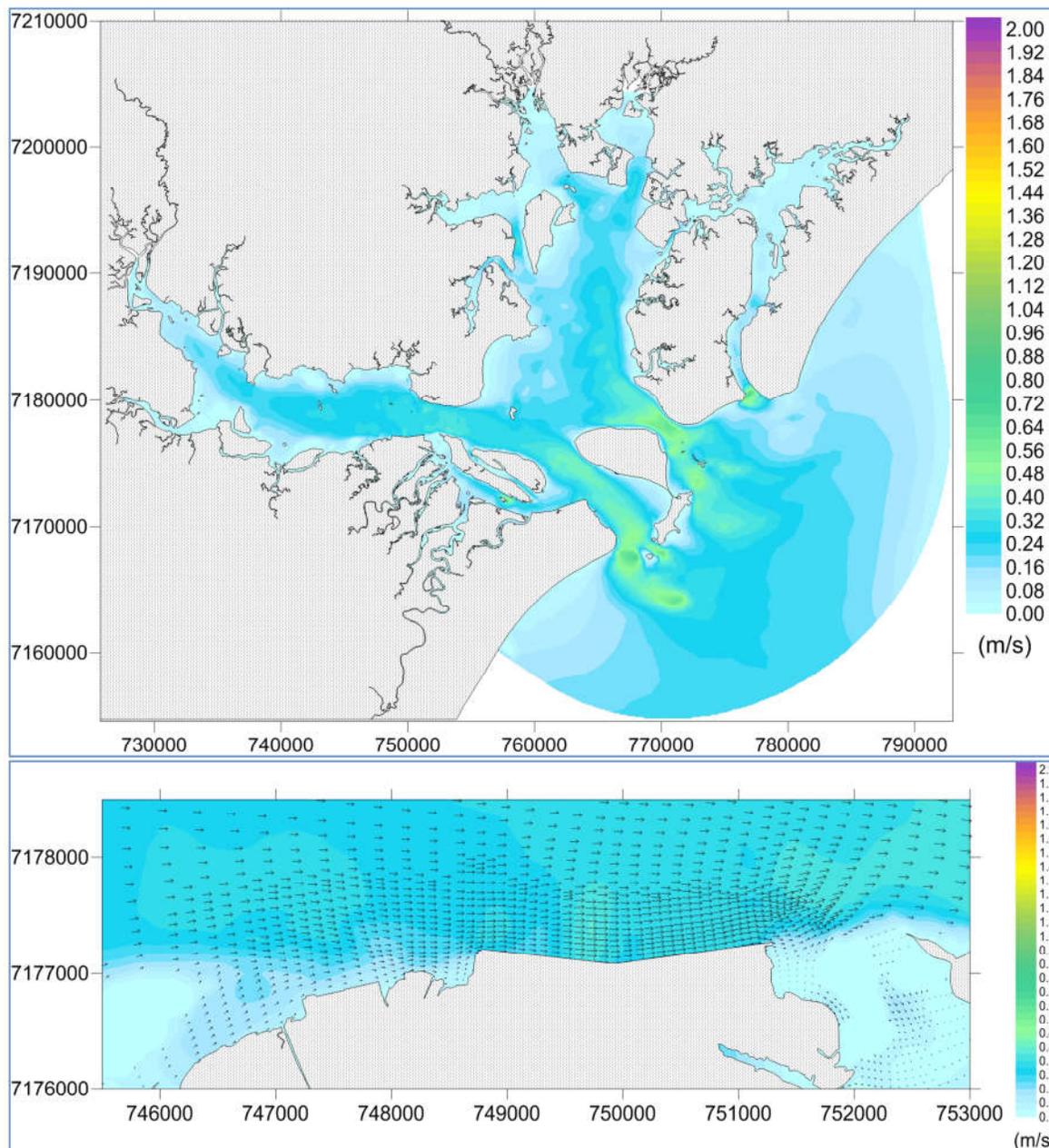
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  683
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.111 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

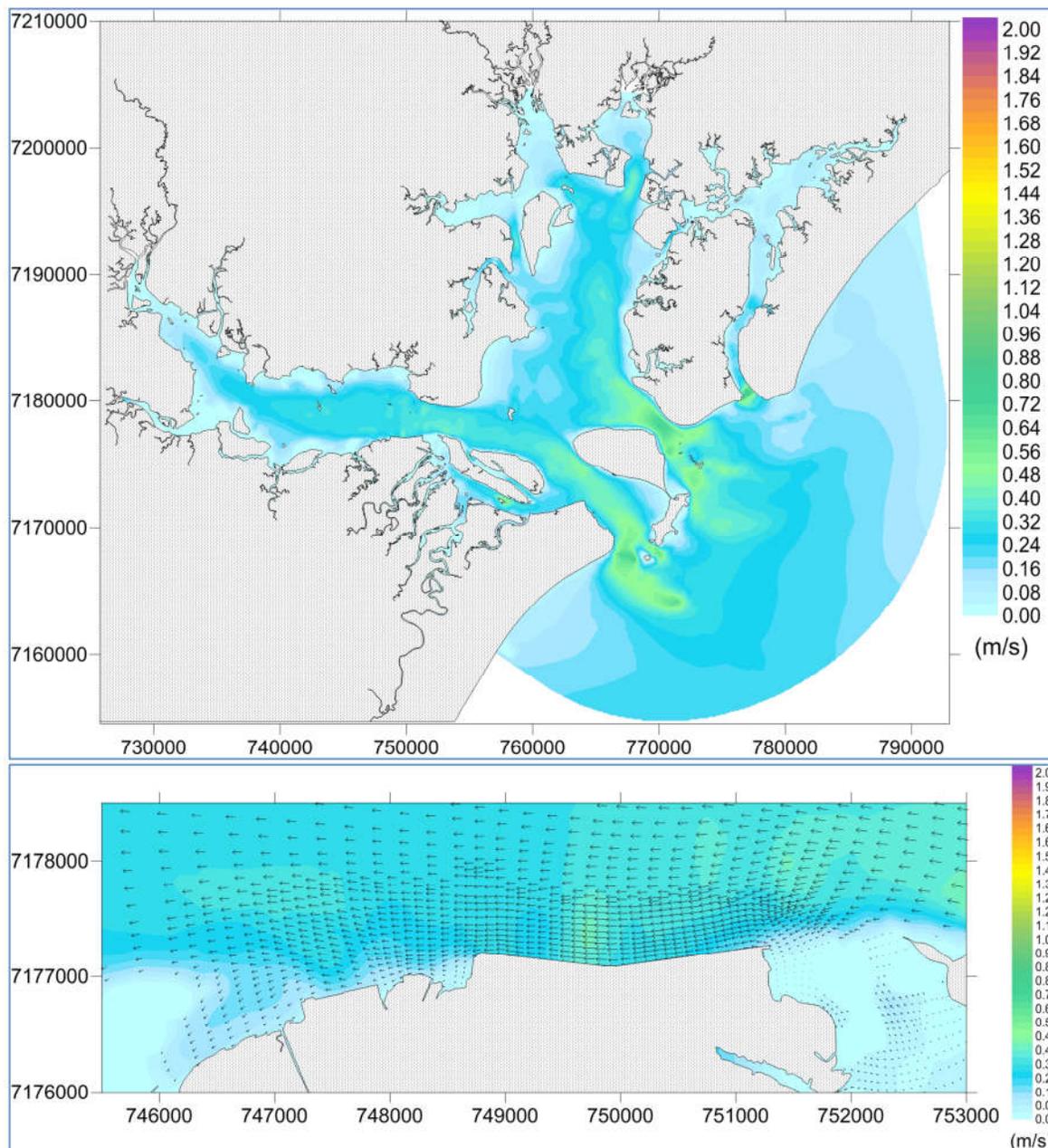
Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  684
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.112 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – quadratura –Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  685
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.113 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – quadratura – Verão. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

#### 8.1.11.4.1 Resultados para o cenário inverno

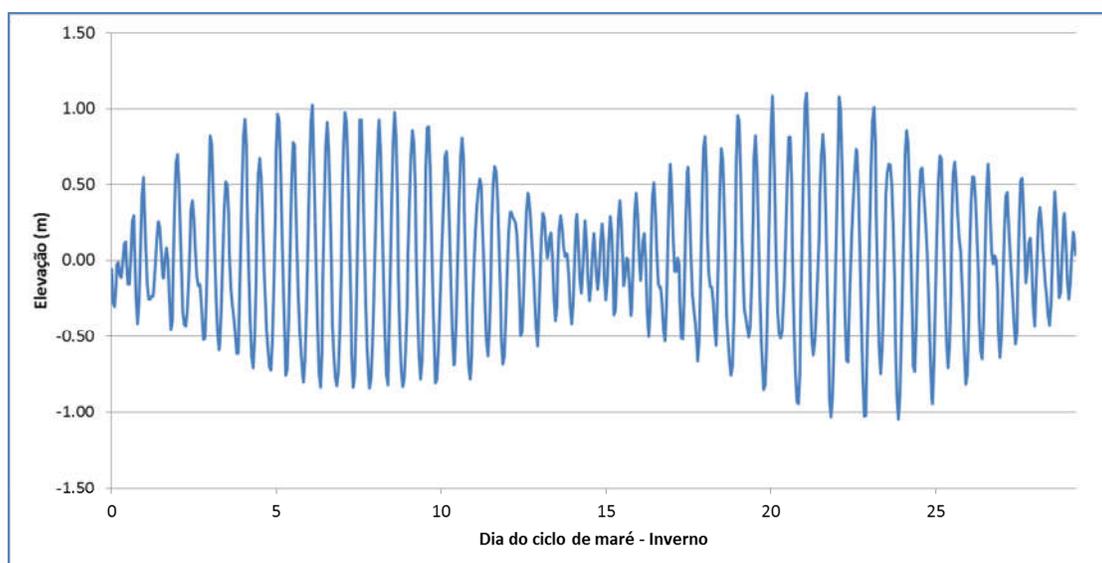
De maneira semelhante ao cenário de Verão, para o Inverno também são apresentados resultados temporais para elevação do nível da superfície livre (Figura 8.114) e para as velocidades de corrente (Figura 8.115). Para o ponto considerado, os valores observados

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  686
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

são semelhantes aos do cenário anterior – a elevação varia entre -1,0 m e 1,0 m, enquanto as velocidades de corrente máximas (que ocorrem em conjunto com as maiores elevações), são da ordem de 0,70 m/s.

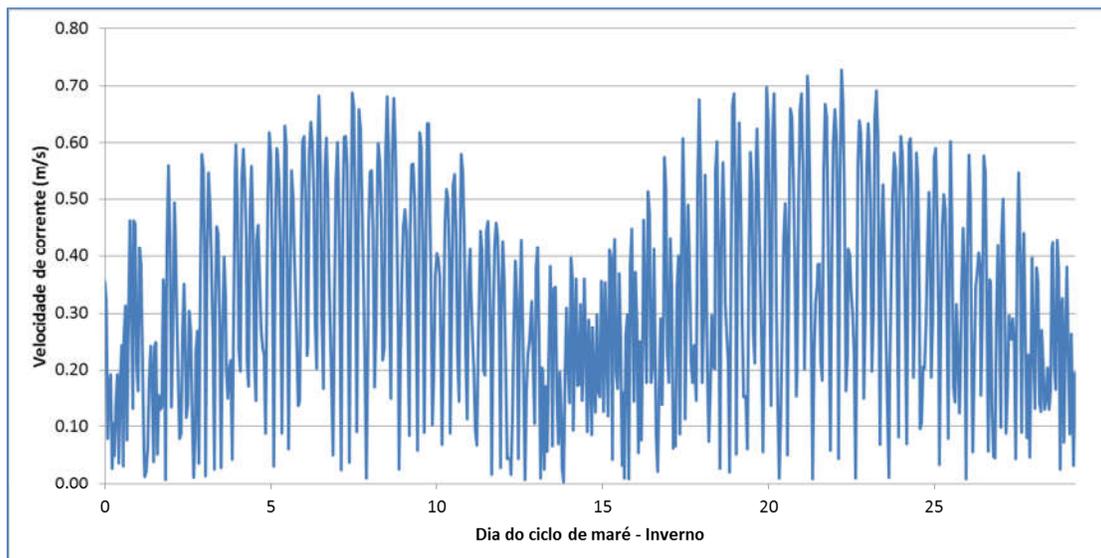
A Figura 8.116 apresenta as probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s enquanto a Figura 8.117 apresenta as probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s durante o ciclo típico de maré de inverno. Da mesma forma que no cenário de Verão, Maiores velocidades ocorrem sempre nas regiões mais profundas; baixas velocidades ocorrem em bordas da baía. Ainda, os resultados mostram que os canais formados pela Ilha do Mel (Canal da Galheta e Desembocadura Norte) e Canal do Superaguí (direção Sul – Norte) tendem a guiar o campo de correntes na direção paralela aos contornos, intensificando seus valores. Na região do Canal da Galheta é possível que ocorram velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s em cerca 90% do tempo.

Para o Inverno, as distribuições espaciais das velocidades de corrente são apresentadas da Figura 8.118 até a Figura 8.125. Novamente, os resultados espaciais são semelhantes aos dos cenários de Verão: em sizígia, para as situações de baixamar e preamar, as velocidades de corrente máximas são da ordem de 0,50 m/s. Para meia-maré vazante e meia-maré enchente, as velocidades são da ordem de 1,0 m/s. Em quadratura, predominam velocidades da ordem de 0,4 m/s. Considerando toda a baía, as maiores velocidades encontram-se na área da Desembocadura Sul, entre as Ilhas da Galheta e do Mel. Neste local a velocidade chega a 1,4 m/s.

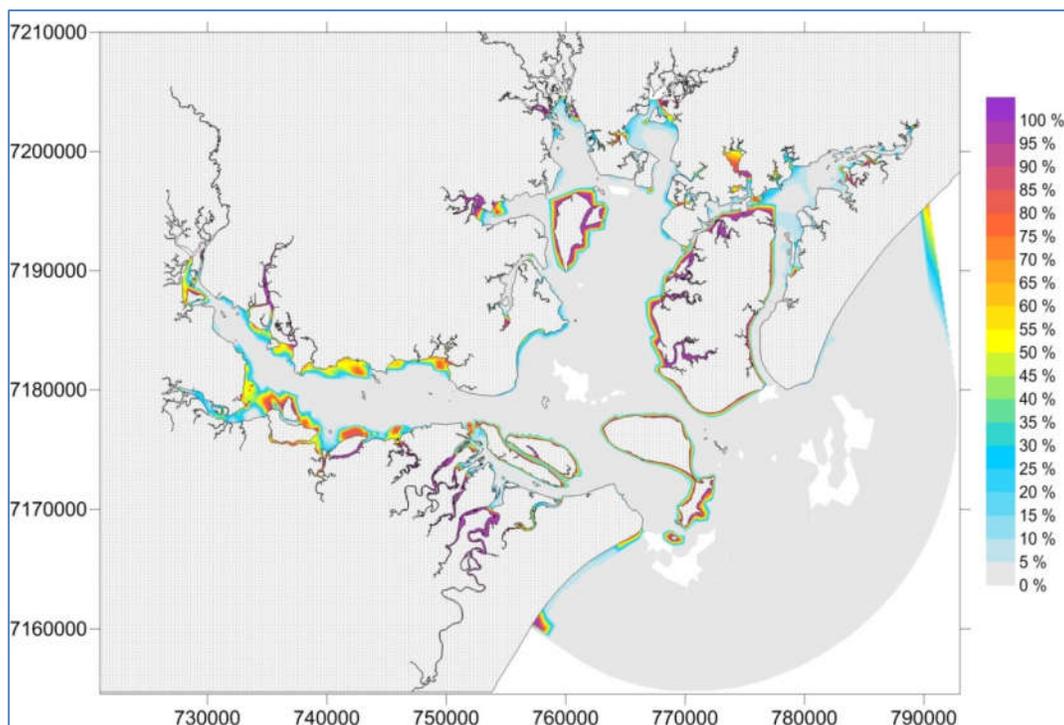


**Figura 8.114 - Série temporal de elevação – Inverno.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  687
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

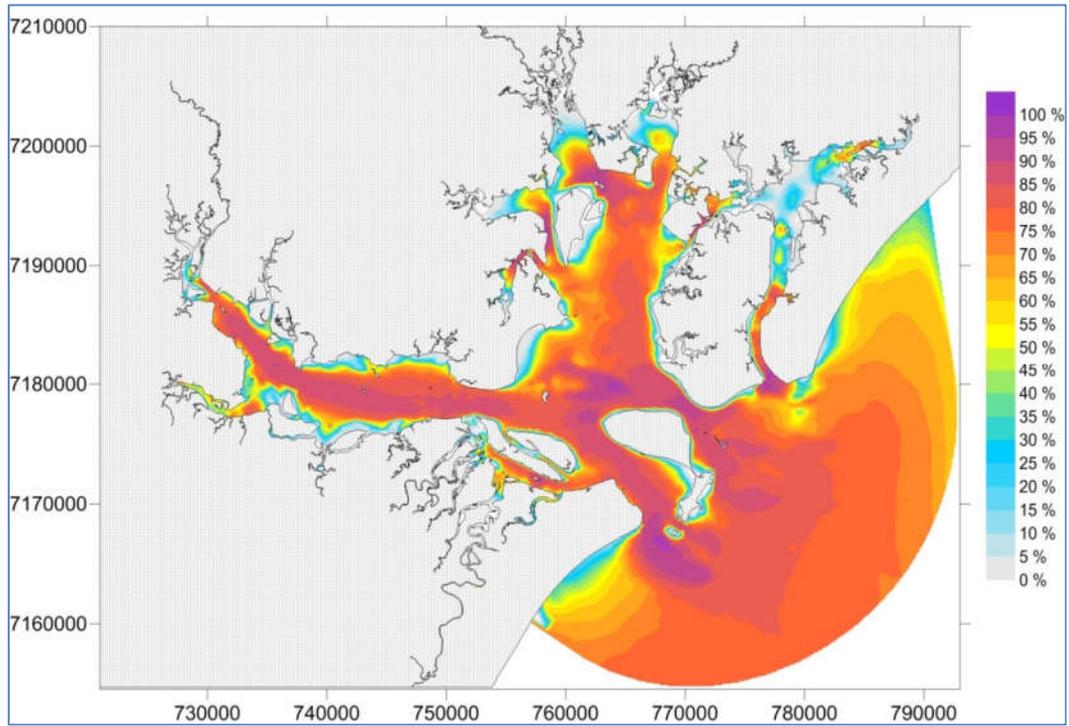


**Figura 8.115 - Série temporal de velocidade de corrente – Inverno.**



Fonte: PLANAVE, 2016

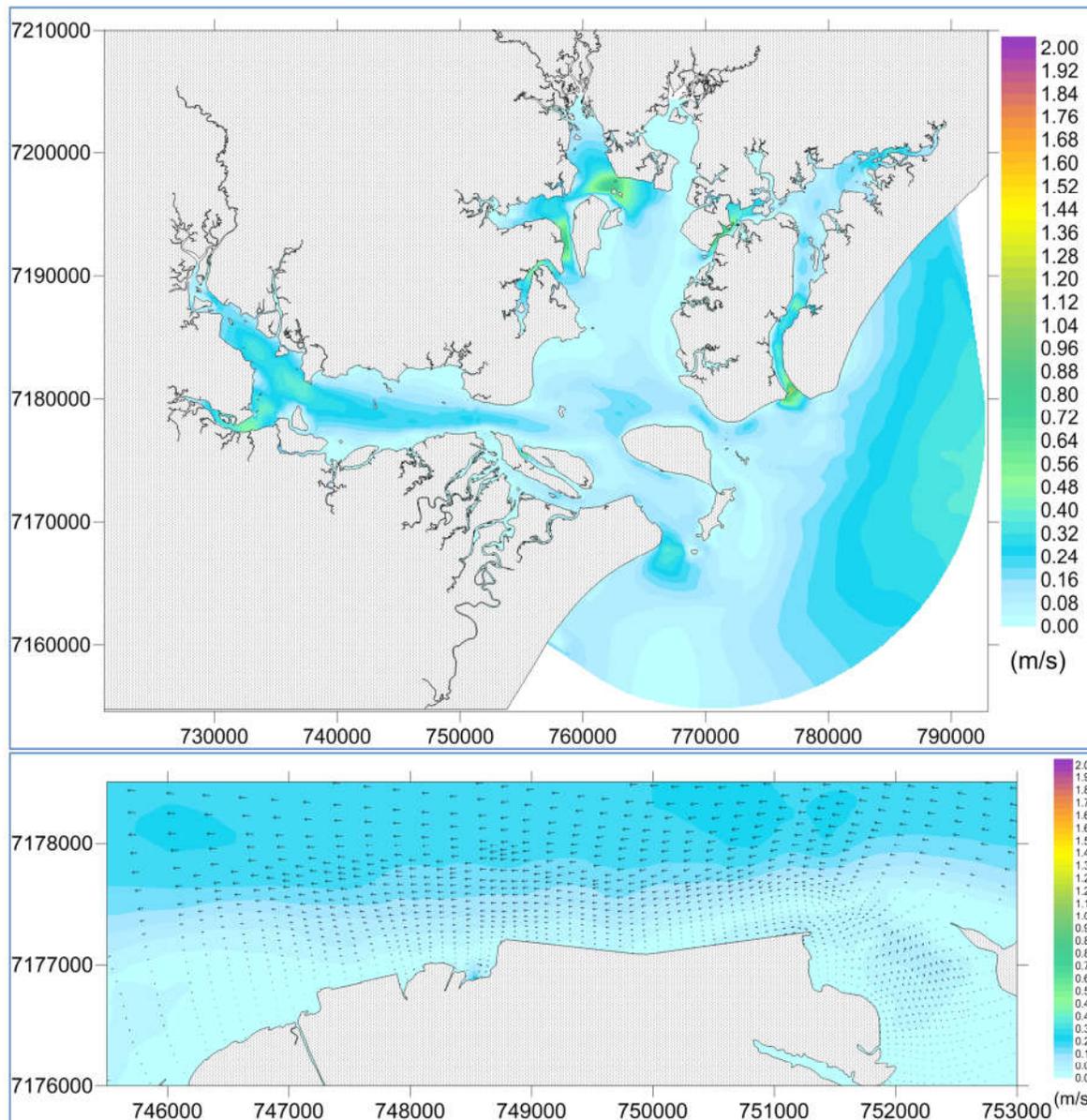
**Figura 8.116 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente menores do que 0,01 m/s no Complexo Estuarino Paranaguá –Inverno.**



Fonte: PLANAVE, 2016

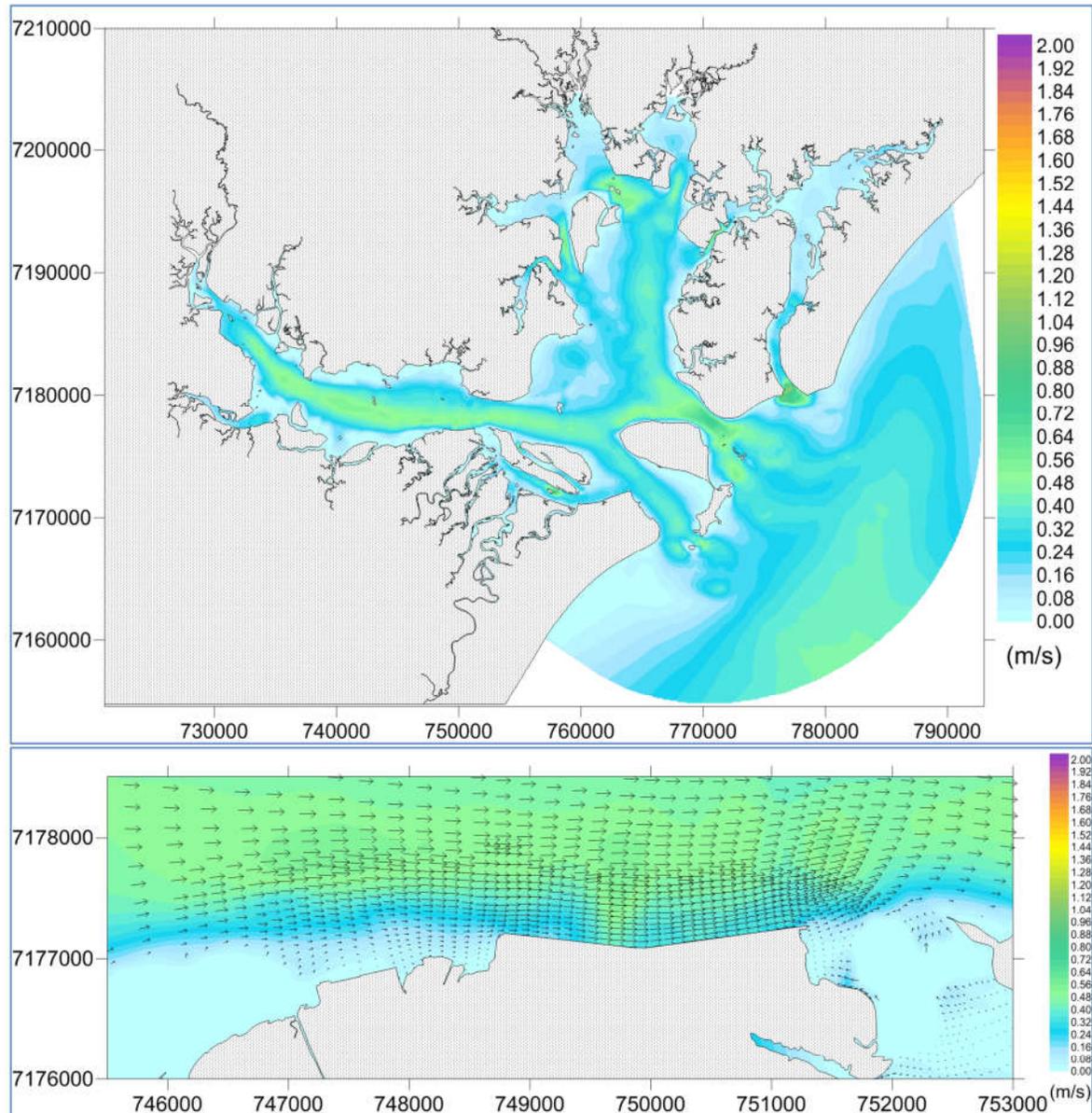
**Figura 8.117 - Probabilidades de ocorrência de velocidades de corrente maiores do que 0,1 m/s no Complexo Estuarino Paranaguá –Inverno.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  689
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



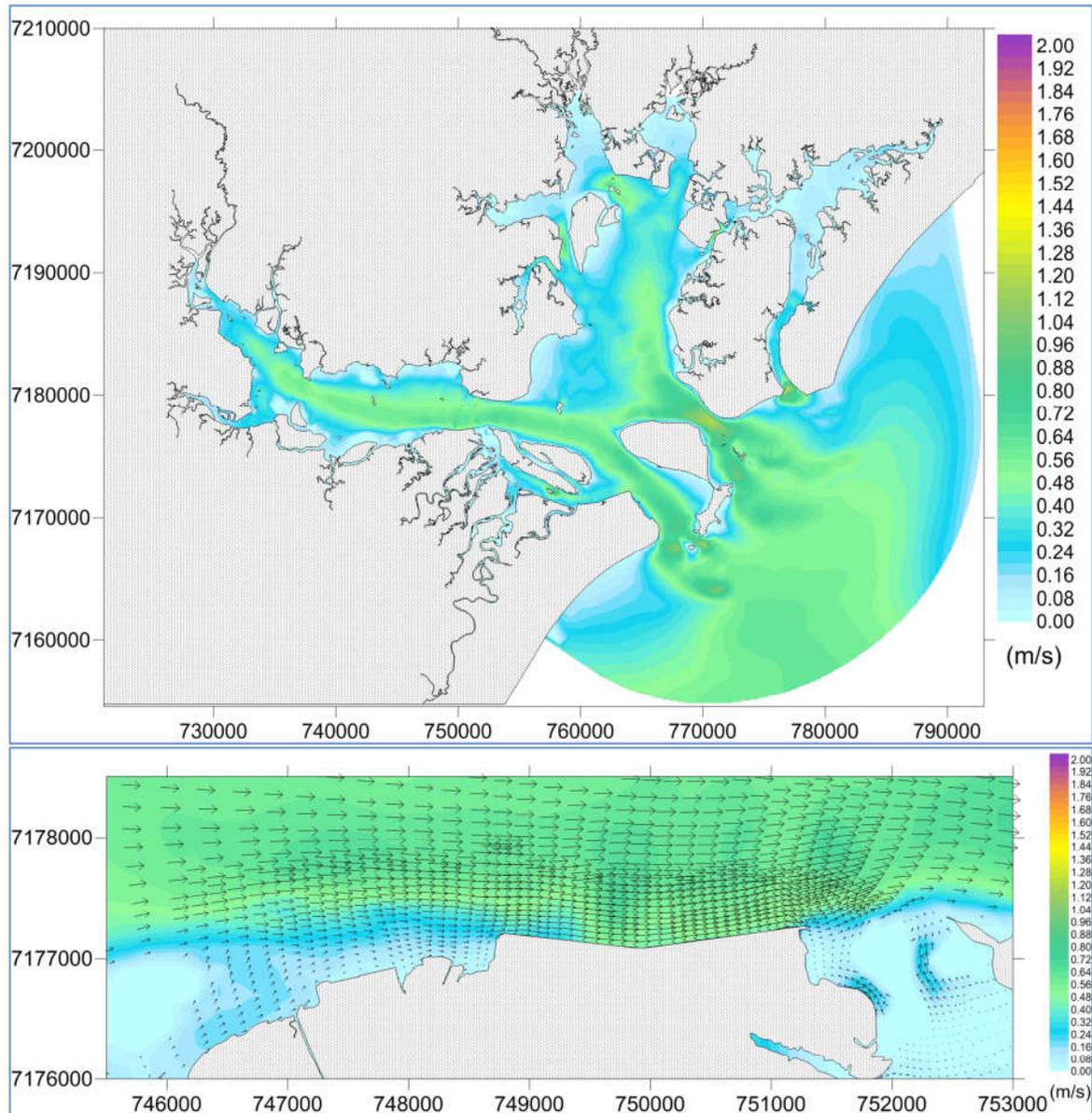
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.118 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – sizígia –Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



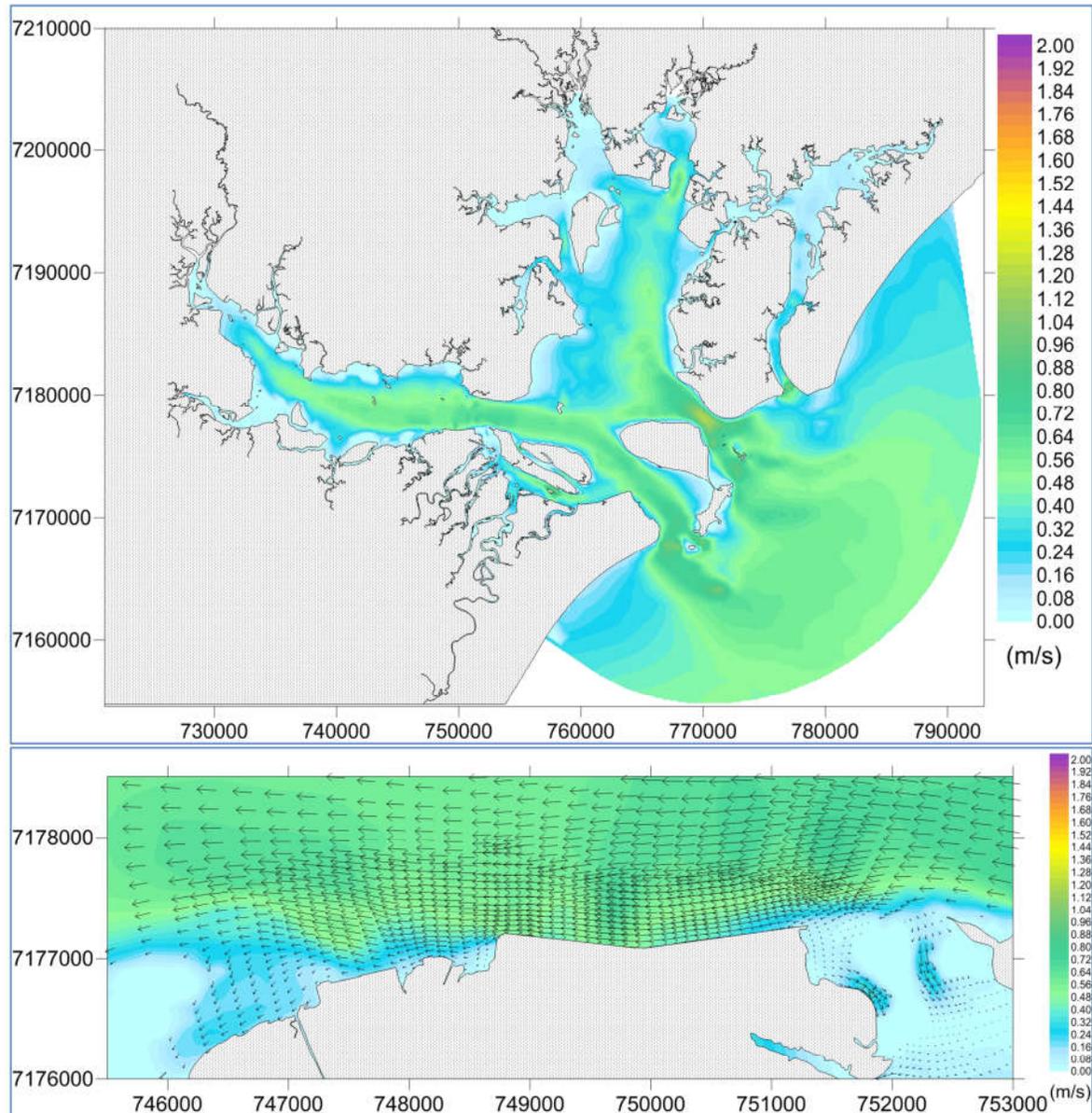
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.119 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – sizígia –Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

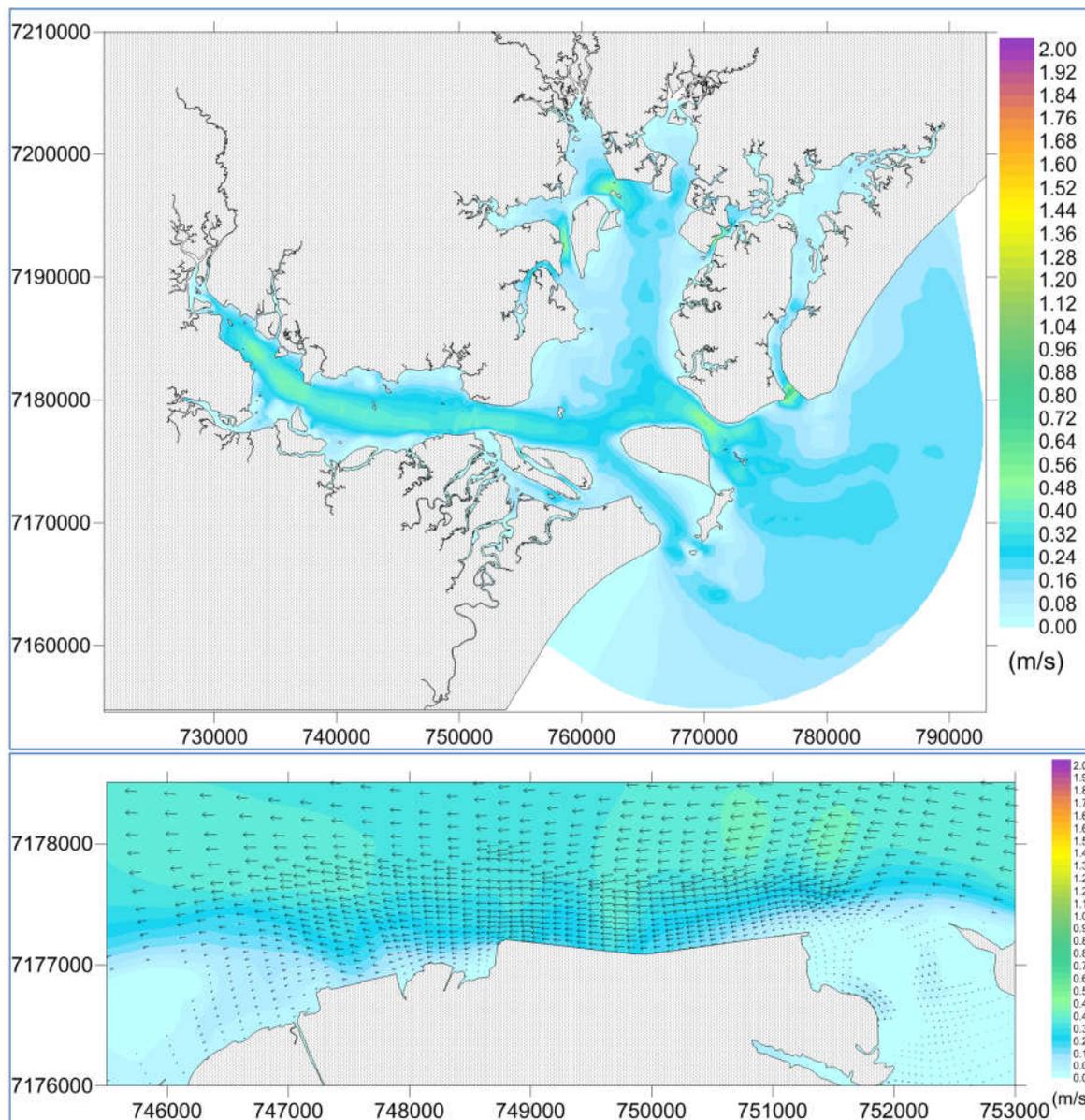
**Figura 8.120 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – sizígia –Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

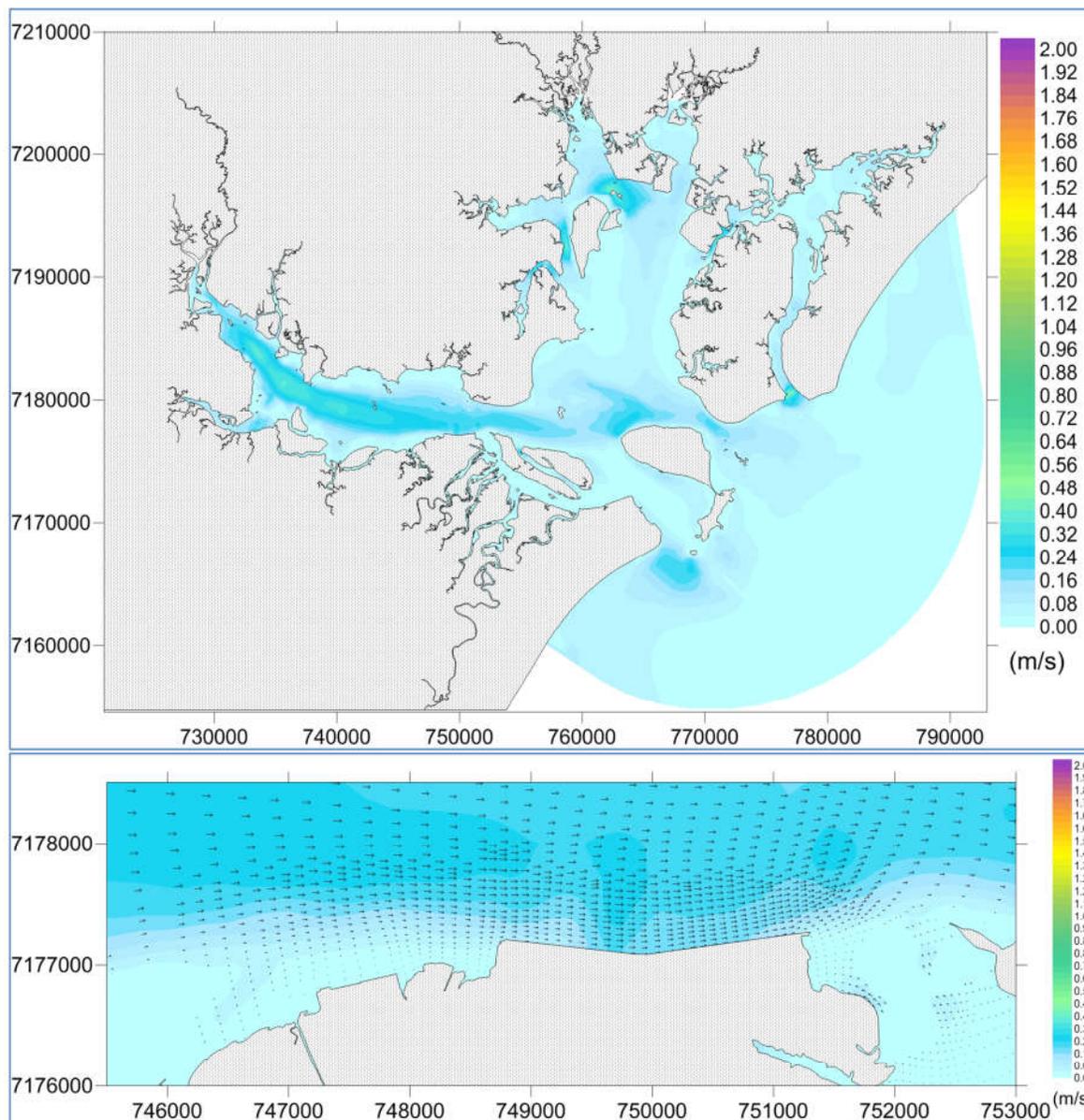
**Figura 8.121 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – sizígia –Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  693
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



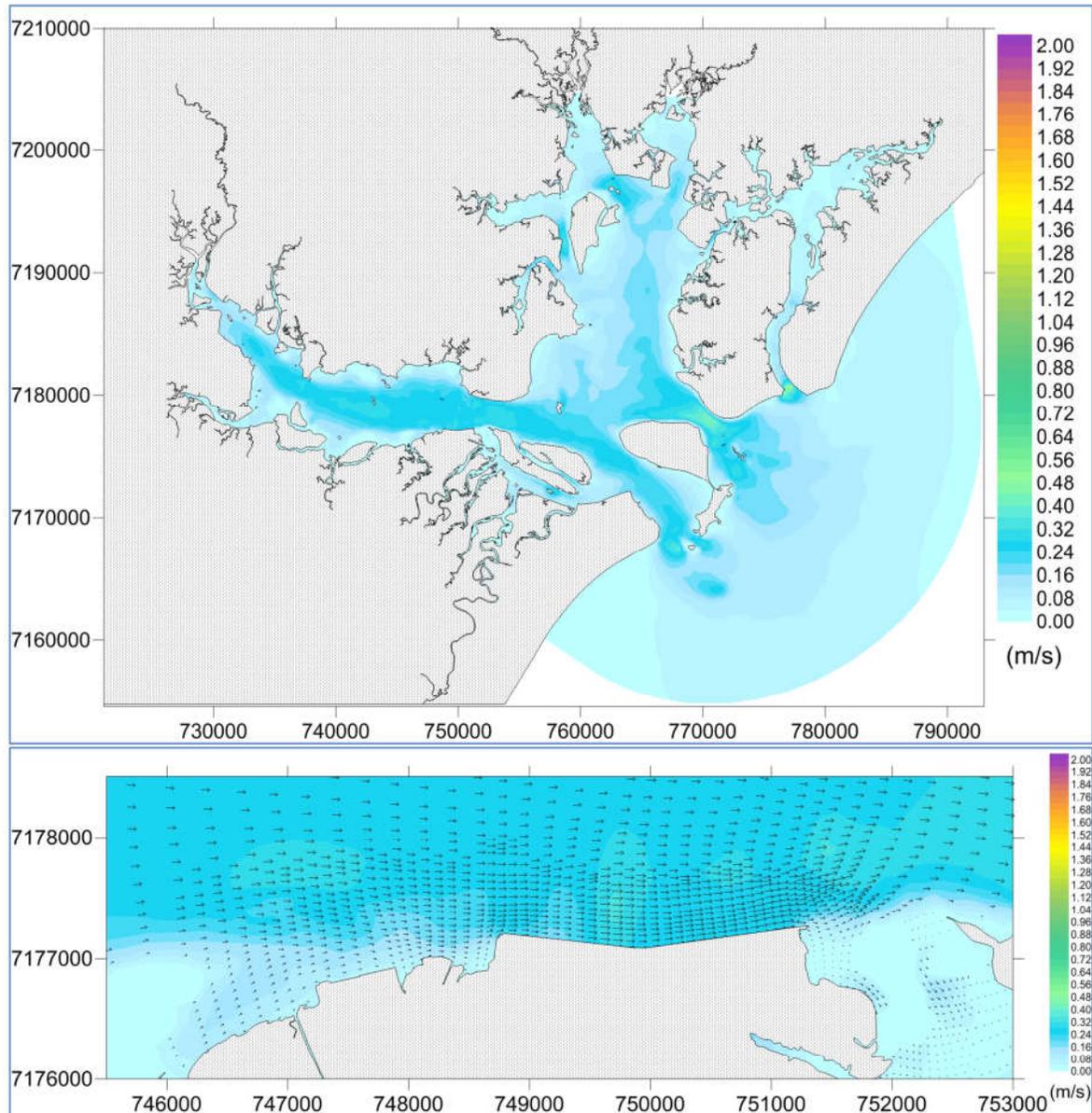
Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.122 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de preamar – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

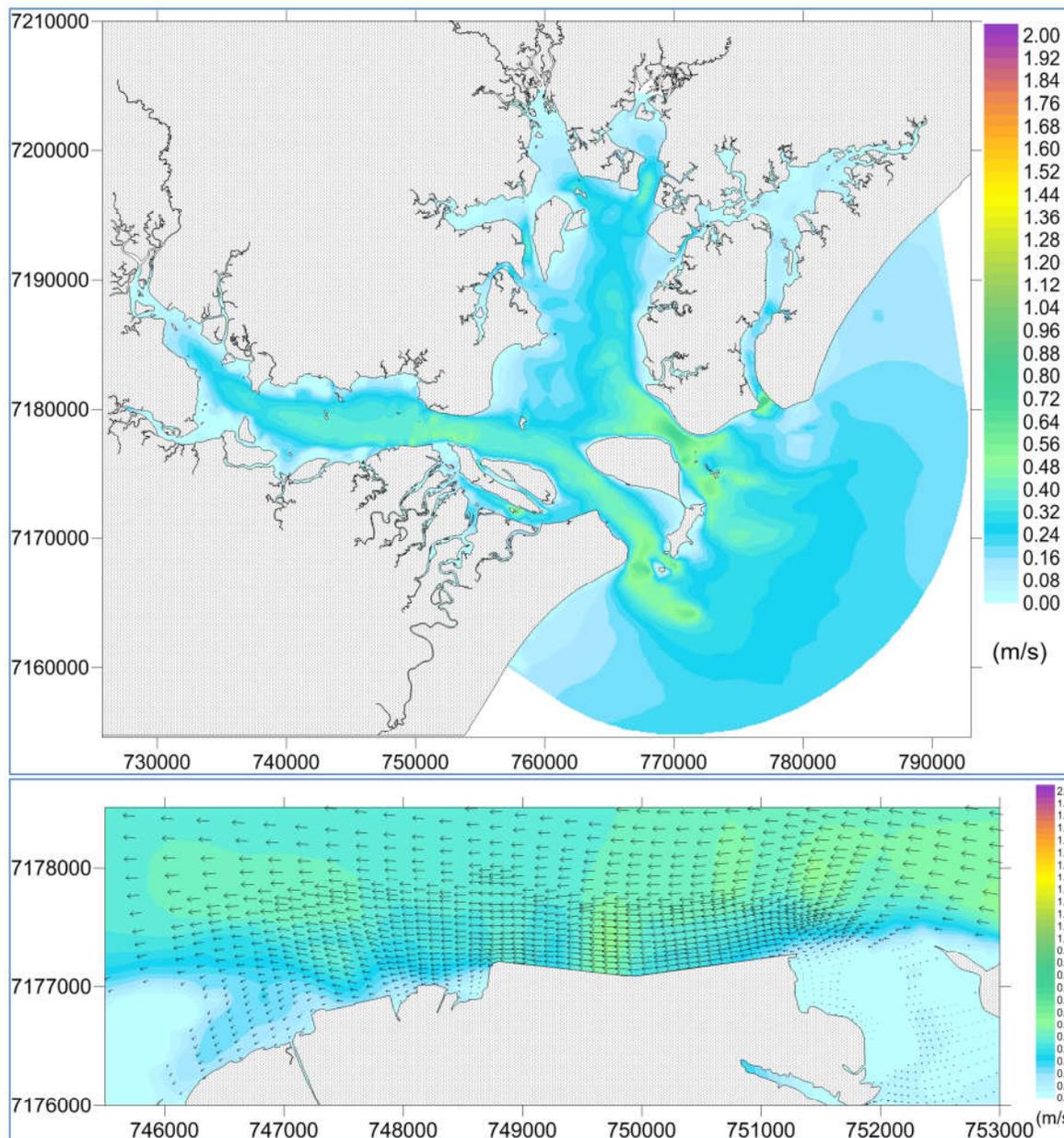
**Figura 8.123 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de baixamar – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.124 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré vazante – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  696
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.125 - Velocidades de corrente (m/s) durante uma ocorrência de meia-maré enchente – quadratura – Inverno. Acima, resultados para toda a Baía; abaixo, zoom na área de interesse.**

### 8.1.11.5 Resultados do modelo de transporte de sedimentos

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações da evolução morfológica da Baía de Paranaguá para os cenários de Verão e Inverno. Estas foram realizadas com o objetivo de avaliar a dinâmica dos sedimentos do fundo da baía. Para tanto, foram utilizados

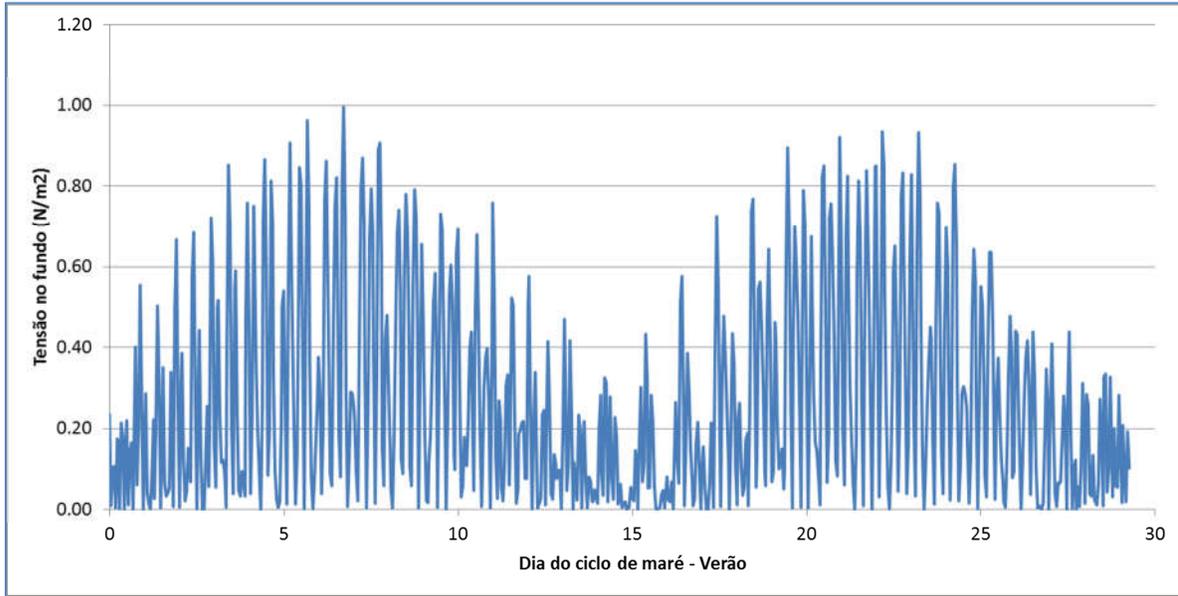
 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  697
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

resultados das simulações da circulação hidrodinâmica apresentados anteriormente. É importante mencionar que, em função das aproximações necessárias para a realização das simulações, os resultados apresentados aqui são um indicativo do que pode ocorrer, e devem ser avaliados com o intuito de verificar diferenças qualitativas e não quantitativas.

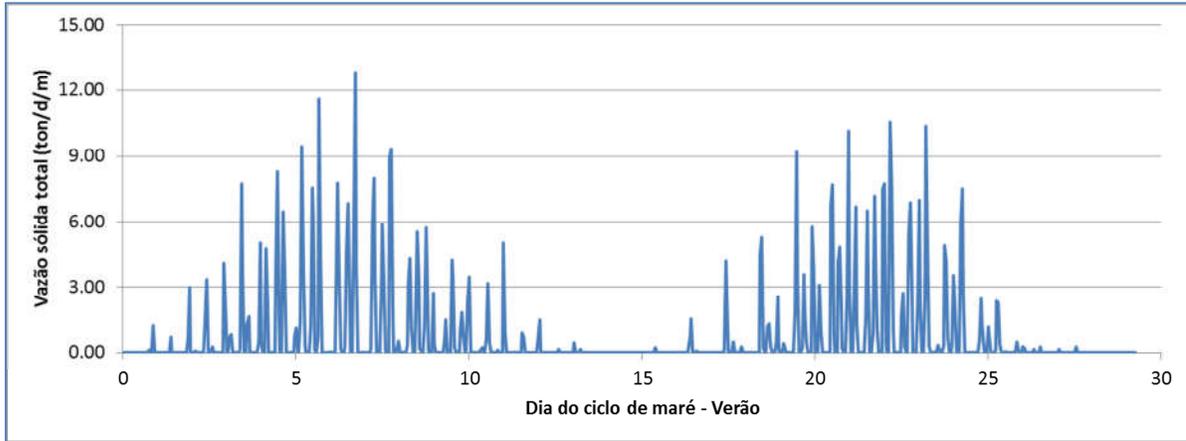
As simulações das possíveis alterações morfológicas foram realizadas para os cenários Verão e Inverno (cada um correspondendo a um ciclo de maré com 29,25 dias). Foi utilizado um fator aceleração morfológica  $F_{am} = 100$ , o que significa que os resultados estão multiplicados por 100 ou amplificados 100 vezes. Da mesma forma, é possível dizer que os resultados finais representam um período de 2925 dias (aproximadamente 8 anos de simulação).

Uma vez que se quer identificar as regiões com possibilidade de modificações de taxas de erosão/deposição de sedimentos, observa-se algumas variáveis importantes. Uma delas é a tensão no fundo ( $N/m^2$ ) – regiões onde a tensão é maior são mais propícias a sofrerem erosão para uma mesma distribuição de sedimentos. Outro fator importante de se avaliar é a vazão sólida total por unidade de comprimento ( $ton/d/m$ ) – quanto maior o valor dessa vazão, maior será a erosão sofrida. Nesse sentido, para o ponto apresentado na Figura 8.101, a Figura 8.126, a Figura 8.127, a Figura 8.128 e a Figura 8.129 apresentam as séries temporais para os cenários Verão e Inverno. Os resultados mostram uma correspondência entre os períodos de maior tensão no fundo e de maior vazão sólida total para os cenários simulados, além de uma semelhança entre os valores para os dois cenários – as tensões no fundo não ultrapassam  $1,0 N/m^2$  e as vazões sólidas totais máximas, no ponto de interesse, chegam a  $15,0 ton/d/m$  no Inverno – deve-se lembrar, no entanto, que este valor está amplificado 100 vezes. É possível fazer uma correspondência com os resultados das velocidades de corrente e da posição da superfície livre resultantes das simulações hidrodinâmicas – maiores valores de nível da superfície livre, bem como de velocidades de corrente correspondem, aproximadamente, aos períodos de maior tensão no fundo e de maior vazão de sedimentos no ponto analisado. Observa-se que os resultados, que representam um ciclo de maré, indicam que as taxas de erosão e deposição são dinâmicas, e ocorrem em períodos alternados.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  698
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

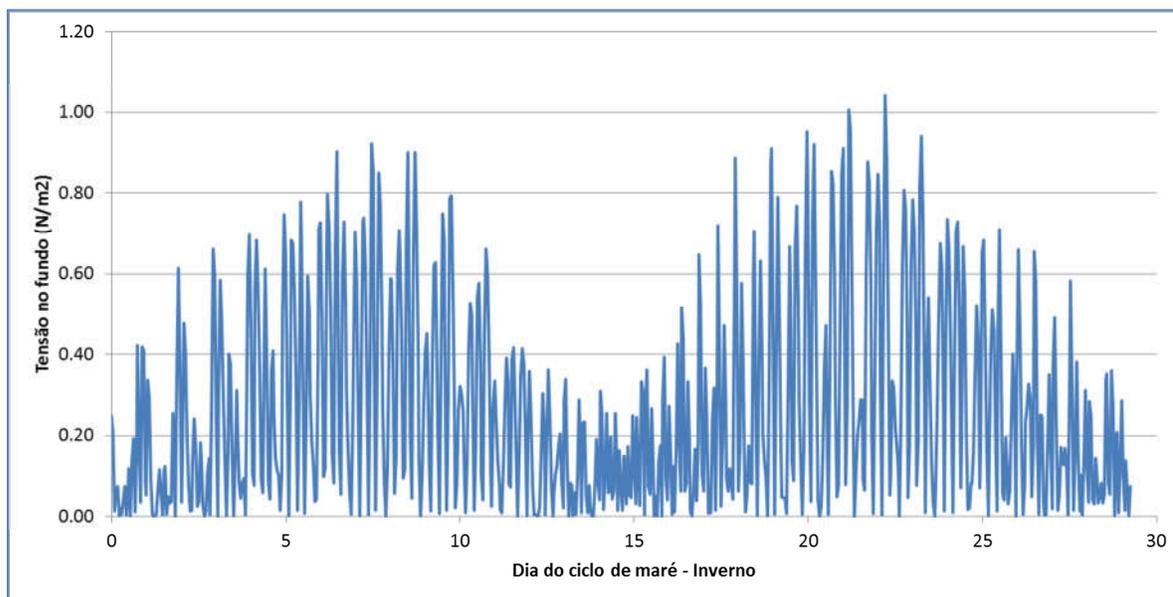


**Figura 8.126 - Tensão no fundo (N/m<sup>2</sup>) da baía no ponto de interesse no cenário Verão.**

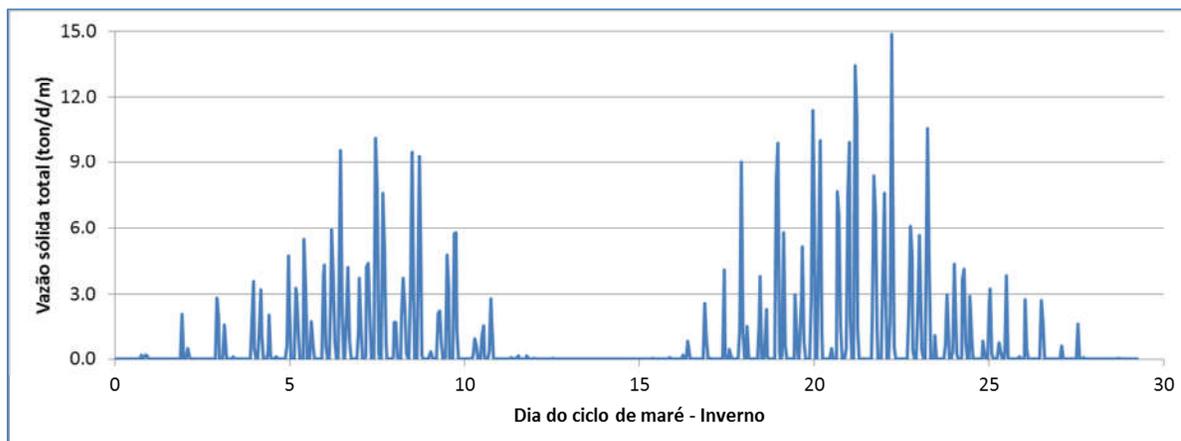


**Figura 8.127 - Vazão sólida total (ton/d/m) no ponto de interesse no cenário Verão; os valores estão amplificados 100 vezes.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  699
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



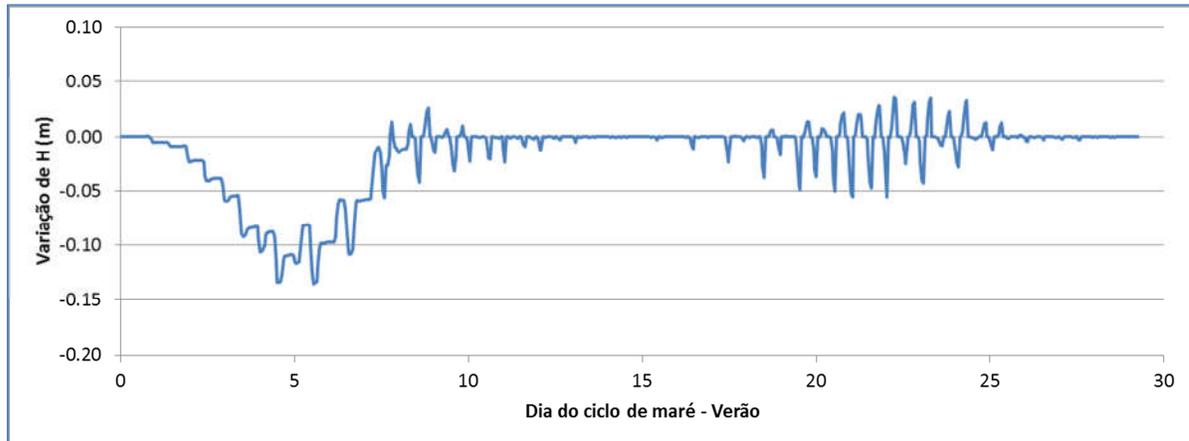
**Figura 8.128 - Tensão no fundo ( $N/m^2$ ) da baía no ponto de interesse no cenário Inverno.**



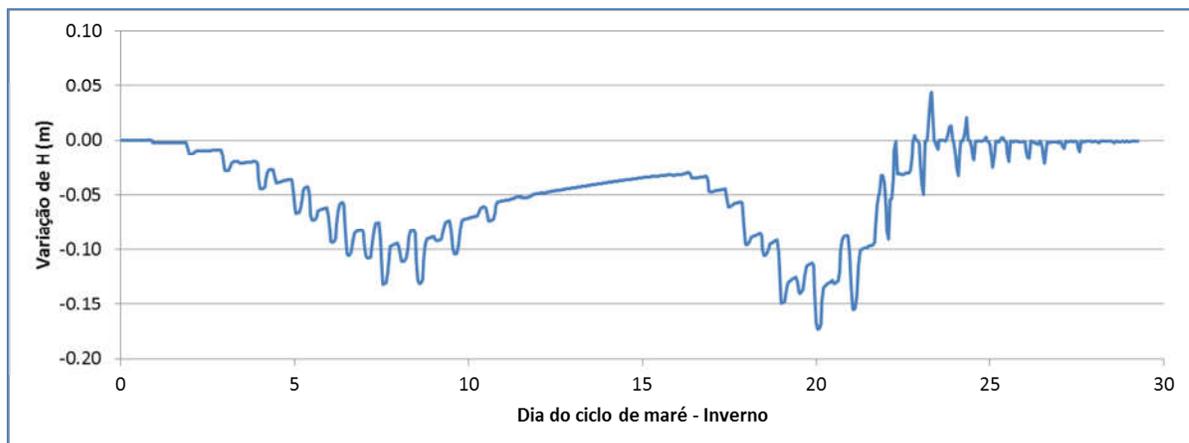
**Figura 8.129 - Vazão sólida total (ton/d/m) no ponto de interesse no cenário Inverno; os valores estão amplificados 100 vezes.**

A Figura 8.130 e a Figura 8.131 mostram as variações da profundidade  $\Delta H$  (incremento da batimetria) para o ponto apresentado na Figura 8.101; valores positivos representam erosão e valores negativos representam deposição. Observa-se, em ambos os cenários, períodos de subidas e descidas de  $\Delta H$ ; em média, nesse ponto, a variação de  $\Delta H$  no cenário Verão é de -0,016 m e no cenário Inverno é de -0,046 m, ou seja, há deposição em ambos os cenários.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  700
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



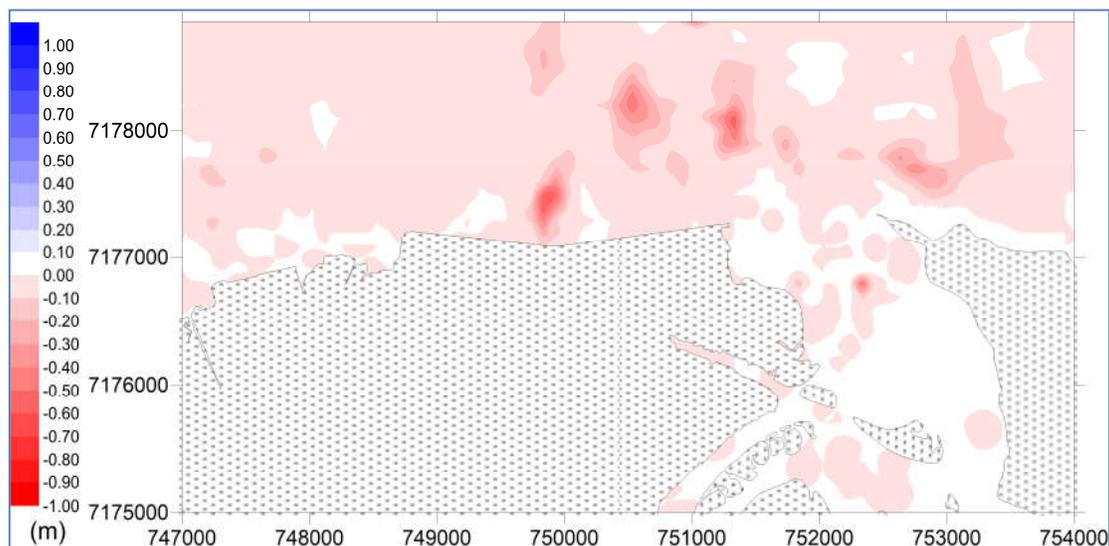
**Figura 8.130 - Variação da profundidade  $\Delta H$  (m) no ponto de interesse no cenário Verão; os valores estão amplificados 100 vezes.**



**Figura 8.131 - Variação da profundidade  $\Delta H$  (m) no ponto de interesse no cenário Inverno; os valores estão amplificados 100 vezes.**

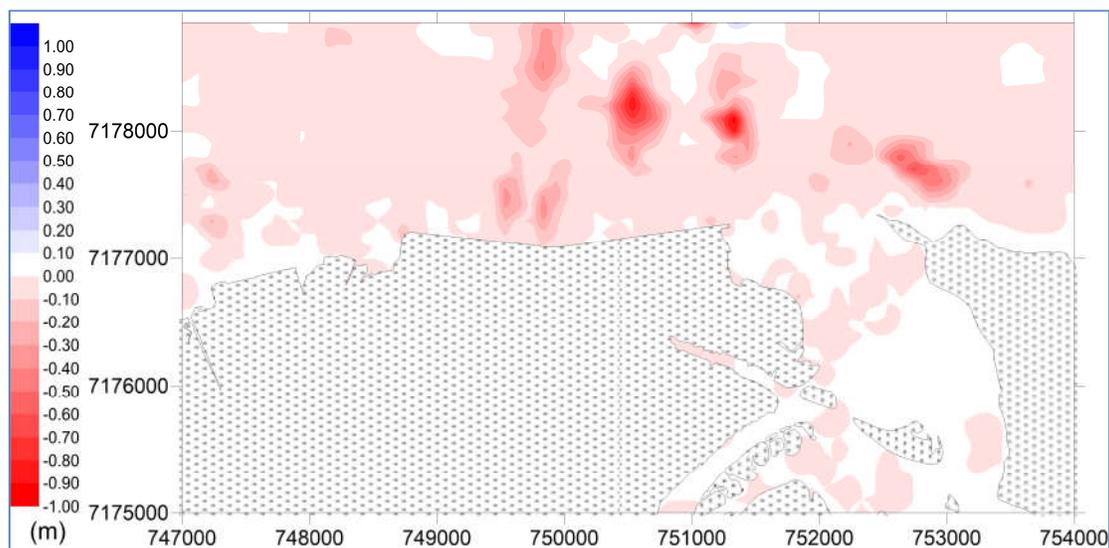
Para os cenários Verão e Inverno são mostradas as distribuições espaciais das variações de profundidade ( $\Delta H$ ) para um período equivalente a 8 anos de simulação. Esses resultados são apresentados na Figura 8.132 e na Figura 8.133. Os tempos escolhidos para apresentação dos resultados espaciais foram definidos com base nos valores das séries temporais de tensão – estes correspondem ao momento de maior tensão (da ordem de 1,0 N/m<sup>2</sup>) em cada cenário. Valores positivos (azul) representam erosão enquanto valores negativos (vermelho) representam deposição. As diferenças entre os dois cenários são pequenas. Observa-se grande parte da área de maior interesse com predominância de deposição da ordem de 0,10 m e máximos da ordem de 0,60 m em ambos os cenários. Deve-se lembrar que os valores obtidos representam o “acúmulo” de erosão/deposição para um período equivalente a 8 anos.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  701
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.132 - Isolinhas de variação de profundidade -  $\Delta H$  (m) – Verão.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.133 - Isolinhas de variação de profundidade -  $\Delta H$  (m) – Inverno.**

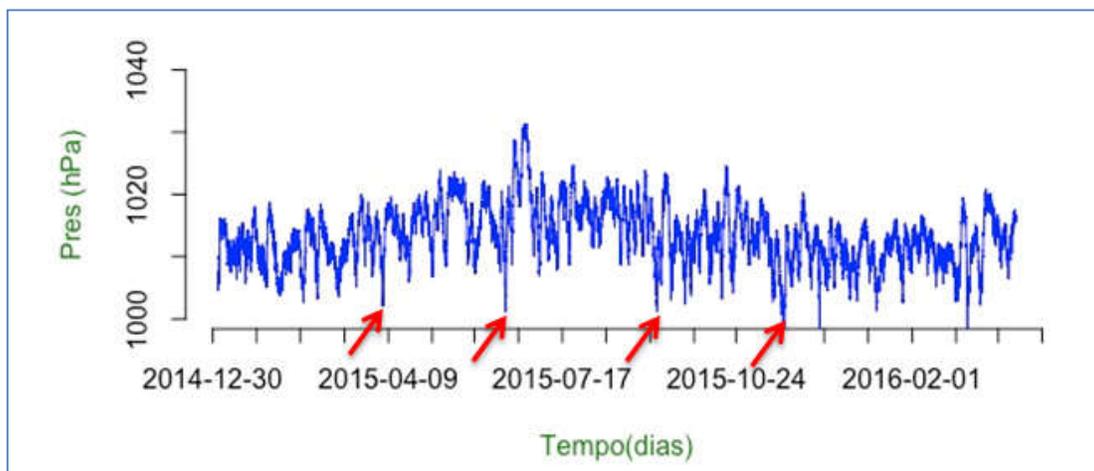
#### 8.1.11.6 Resultados do modelo de geração de ondas

Neste item são apresentados os resultados das simulações de geração de ondas pelo vento. Para entender o comportamento das ondas de alta frequência, nesse modelo foi considerado apenas a forçante meteorológica (vento), ou seja, a forçante astronômica que representa o efeito da maré (ondas de baixa frequência) na hidrodinâmica do Complexo Estuarino Paranaguá foi desconsiderada. A principal consequência de se utilizar somente o

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  702
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

vento nessa simulação se resume na posição da zona de arrebentação das ondas geradas pelo vento. Quando a forçante astronômica é utilizada, o que se observa como principal efeito é a elevação e rebaixamento do nível médio do mar. Assim durante eventos de maré alta, uma área mais abrangente da baía se encontrará inundada e a zona de arrebentação se posicionará mais em seu interior, ocupando maiores faixas de areia das praias. Na situação inversa, durante períodos de baixamar, o volume de água será menor e conseqüentemente a área ocupada pela massa de água também será menor, observando-se um recuo da zona de arrebentação das ondas geradas pelo vento. Com isso conclui-se que em simulações de ondas gerados por vento, a zona de arrebentação dessas ondas se localizará no ponto médio, entre o ponto de maior alcance durante os eventos de maré alta e o ponto de maior recuo em eventos de maré baixa. Importante ressaltar que esse efeito será mais evidente em locais que apresentam faixas de areia (praias) mais largas. Uma vez que as simulações desenvolvidas nesse estudo, tem como principal objetivo o diagnóstico da área de influência direta do futuro empreendimento, desconsiderar as forçantes astronômicas nas simulações não gera nenhum erro relevante nos resultados.

Séries temporais do período de onda, da altura significativa e da pista de vento obtidas para o ponto apresentado na Figura 8.101, para os cenários Verão e Inverno, são apresentadas na sequência. Da mesma forma, são apresentadas distribuições espaciais para períodos que apresentaram alterações significativas no comportamento do campo da forçante atmosférica (campo de vento). Como essa região é frequentemente atingida pela passagem de sistemas frontais, o campo de onda obtido pela simulação, para períodos que apresentaram indicativos da presença de frente fria atuando na área de interesse, é apresentado. O método utilizado para a determinação de períodos com passagem de sistemas frontais foi baseado na análise do campo de pressão. A Figura 8.134 apresenta a série temporal de pressão para a cidade de Paranaguá, onde é possível observar várias quedas do campo de pressão ao longo ano de 2015. As setas em vermelho indicam alguns exemplos de períodos que apresentaram fortes gradientes de queda do campo de pressão, usados como indicativos da ocorrência de passagem de sistemas frontais.



**Figura 8.134 - Série temporal do campo de pressão.**

Para representar o período de inverno, as simulações foram executadas entre julho e agosto de 2015, e para o período de verão as, ocorreram entre janeiro e fevereiro de 2016. Para esses dois períodos específicos, foi possível identificar intensos gradientes de queda de pressão no dia 13 de julho de 2015 e também no dia 26 de janeiro de 2016.

#### *8.1.11.6.1 Resultados para o cenário verão*

A Figura 8.135 apresenta a série temporal do período para o cenário Verão, para o ponto de monitoramento mostrado na Figura 8.101. Observa-se que os maiores períodos se concentram entre 2,5 s e no máximo 3,0 s, o que representa a ocorrência de ondas de alta frequência, geradas por campos de vento de baixa energia. Ondas geradas por grandes tempestades em alto mar possuem períodos que atingem valores entre 10 e 15 s, e possuem energia suficiente para viajarem centenas de quilômetros até atingirem os continentes. Para o caso das simulações feitas para o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), observa-se que a intensidade do campo de vento para o período de verão (Figura 8.90) atingiu valores máximos da ordem de 11,0 m/s e valores médios da ordem de 4,0 m/s. Ou seja, intensidades de vento bem inferiores às das tempestades tropicais geradoras de ondas mais energéticas em alto mar. Um outro fator a ser considerado em relação ao campo de onda em pontos localizados no interior da baía, é a existência de obstáculos importantes como a Ilha do Mel, que se caracteriza como uma barreira que interfere na propagação das ondas formadas em alto mar.

A altura significativa das ondas simuladas para o período de verão é apresentada na Figura 8.136. Observa-se a ocorrência de ondas de baixa amplitude quando comparada às ondas

 	Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  704
	Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

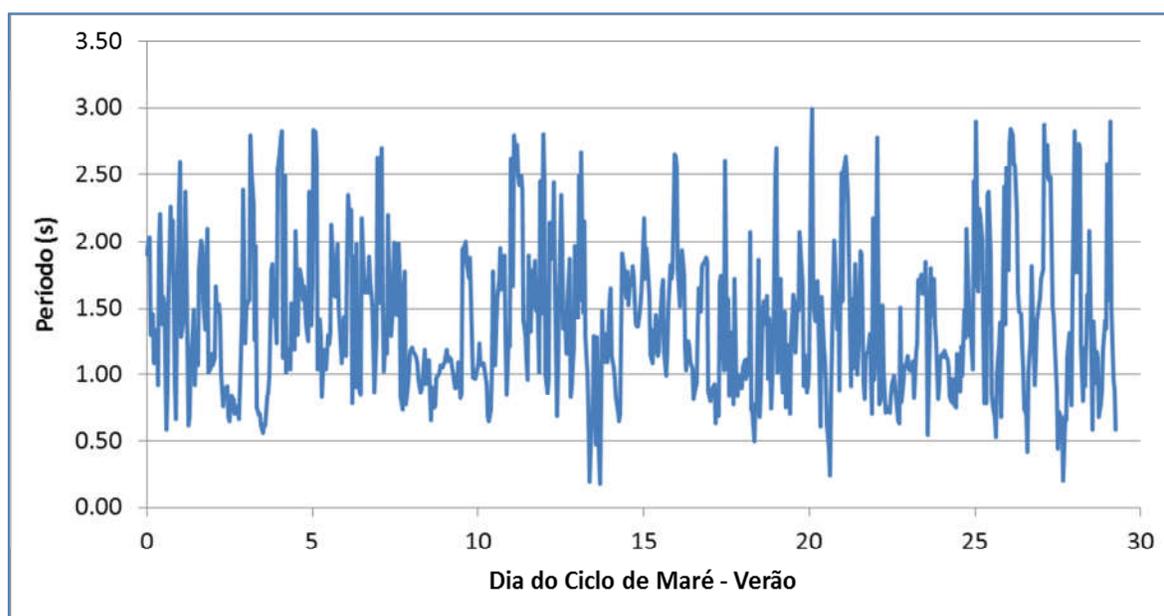
geradas por sistemas meteorológicos mais intensos, frequentemente observados em regiões oceânicas, os quais possuem energia para gerarem ondas com amplitudes da ordem de 4 a 6 m. Da mesma forma dos comentários em relação ao período das ondas, a baixa amplitude observada, se deve à baixa energia do campo de ventos, e também aos obstáculos naturais existentes que bloqueiam a ação do vento na geração de ondas com mais energia.

A Figura 8.137 apresenta a série temporal de pista de onda para o ponto de monitoramento de maior interesse. Pode-se interpretar o conceito de pista como sendo o espaço livre disponível para a geração e propagação dessas ondas. Além do espaço livre, também é necessário que exista persistência do campo de vento na mesma direção. Com base nessa definição e com base na comparação entre a Figura 8.92 e Figura 8.137, é possível entender o comportamento das pistas de vento geradas. Para exemplificar essa comparação, considere as duas posições indicadas pelas setas em vermelho. O período de 23 de janeiro indica a ocorrência de vento com direção  $180^\circ$  (conforme Figura 8.92) possivelmente associado à ocorrência de um sistema frontal. Para o mesmo período, observa-se a ocorrência de pistas de ondas muito curtas, da ordem de 1000 m.

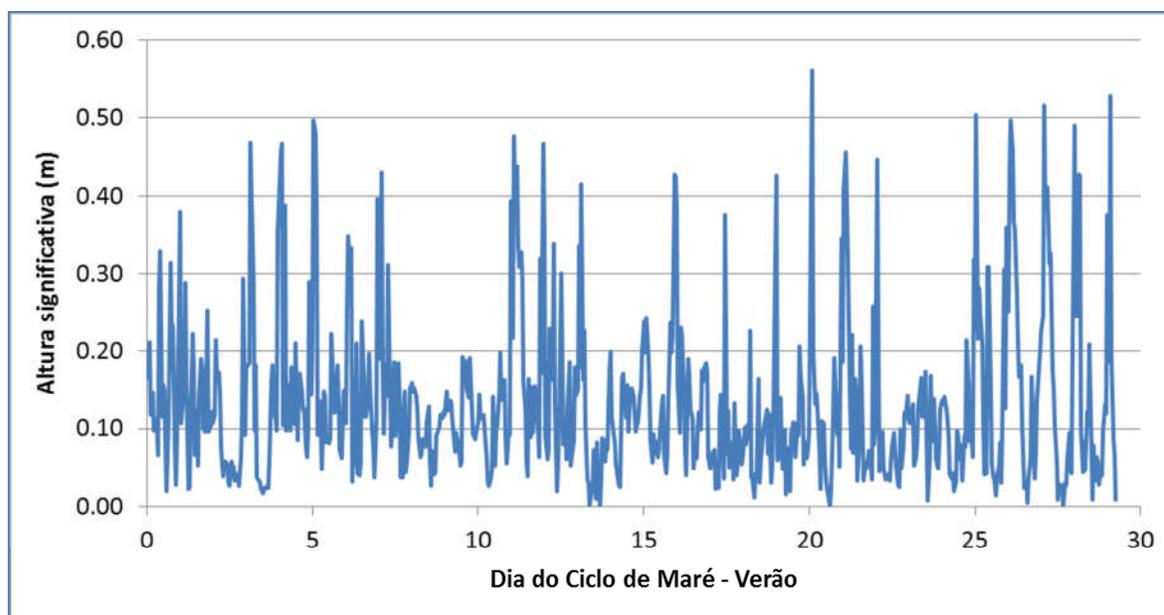
Na Figura 8.138, a reta em amarelo (~28km) e a reta em verde (~4km) representam os espaços disponíveis para a geração de pistas para os casos de direção de ventos leste - nordeste e sul respectivamente. Na Figura 8.92 observa-se que a direção predominante do vento, no início da série, ao redor de 13 de janeiro, variou entre  $225^\circ$  e  $270^\circ$ , ou seja, direção alinhada com a reta amarela apresentada na Figura 8.138. Essa é a condição mais propícia para a geração das maiores pistas de ondas, o que está de acordo com a distribuição espacial da pista de onda apresentada na Figura 8.139, que atingiu valores máximos da ordem de 17 km de extensão. Deve ser observado que embora a Figura 8.139 represente a distribuição espacial de pista de onda para uma situação de passagem de frente fria, o que em última análise provoca mudanças importantes na direção do vento, o período de atuação desse sistema frontal não foi longo o suficiente para provocar perturbações no campo de onda, sendo mantida a geração de pistas predominantes de nordeste.

A Figura 8.140 apresenta a distribuição espacial de altura significativa das ondas para um instante específico do período de verão. Essa distribuição confirma o fato do campo de ondas não ter sido perturbado significativamente pela mudança de direção do vento, provocado pela passagem de um sistema frontal. Frentes frias em períodos de verão são, na maioria dos casos, processos rápidos, que perturbam o campo de vento por curtos

períodos de tempo, fazendo com que o sistema atmosférico voltem rapidamente ao estado de equilíbrio. A análise da figura mostra durante o verão, com ventos persistentes na direção Leste – Nordeste, que na área de interesse, as maiores alturas de ondas são da ordem de 25 cm, e que os maiores períodos são da ordem de 2 s (Figura 8.141).



**Figura 8.135 - Série temporal do período de onda – Verão.**



**Figura 8.136 - Série temporal da altura significativa – Verão.**

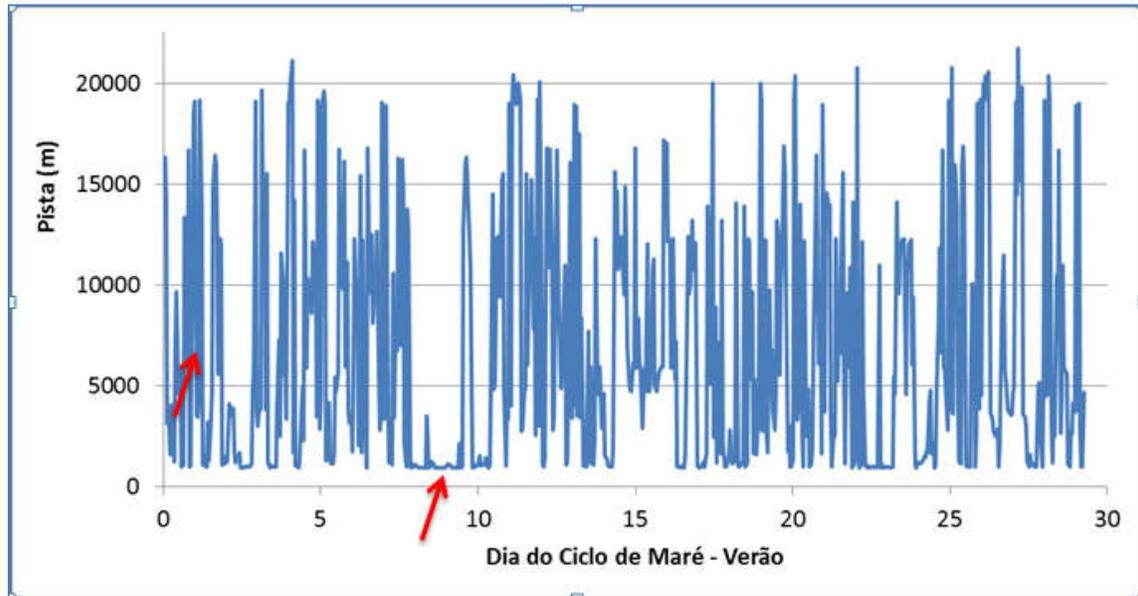
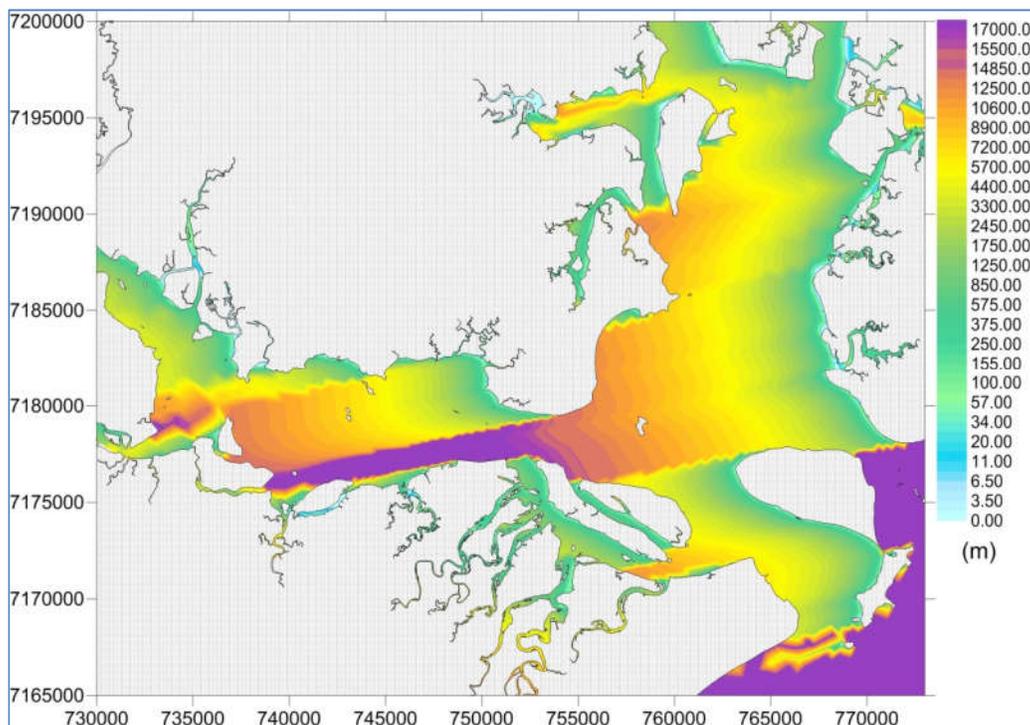


Figura 8.137 - Série temporal da pista gerada pelo vento – Verão.



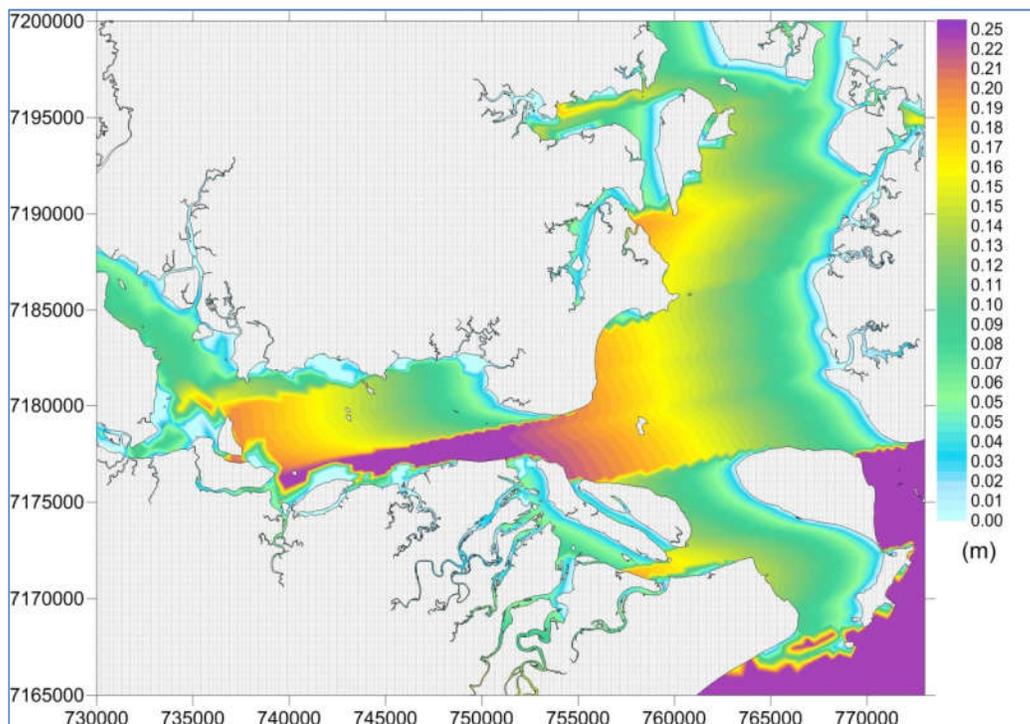
Fonte: PLANAVE, 2016

Figura 8.138 - Espaços disponíveis para a geração de pistas de ondas em situações de vento de nordeste e vento sul.



Fonte: PLANAVE, 2016

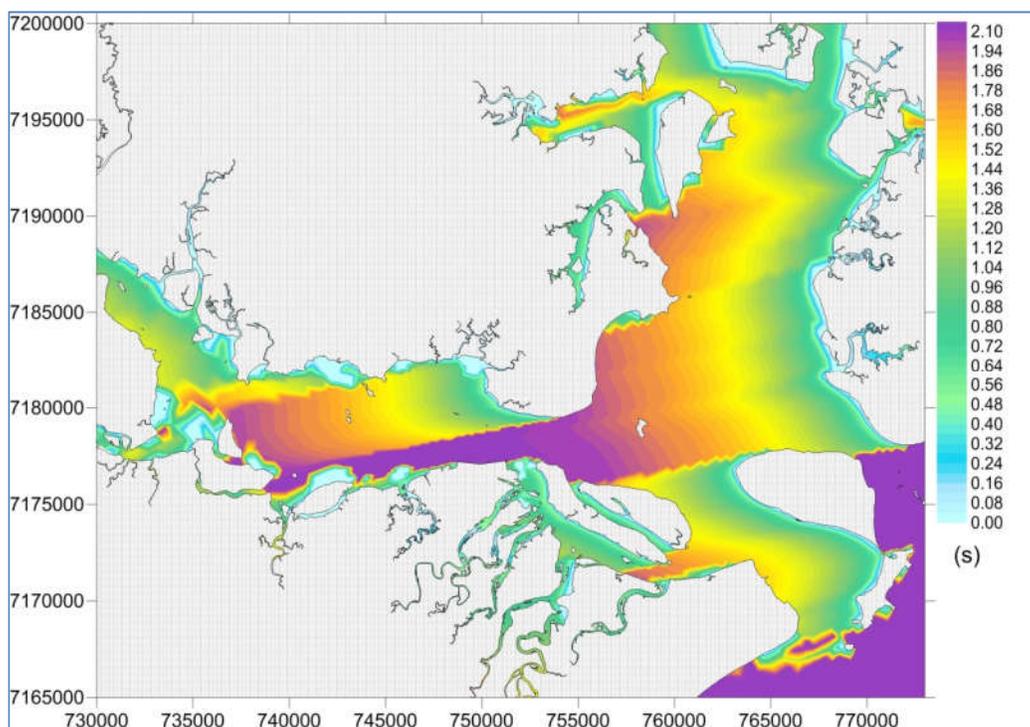
**Figura 8.139 - Distribuição espacial da pista gerada pelas ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.140 - Distribuição espacial da altura significativa das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  708
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.141 - Distribuição espacial do período das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Verão.**

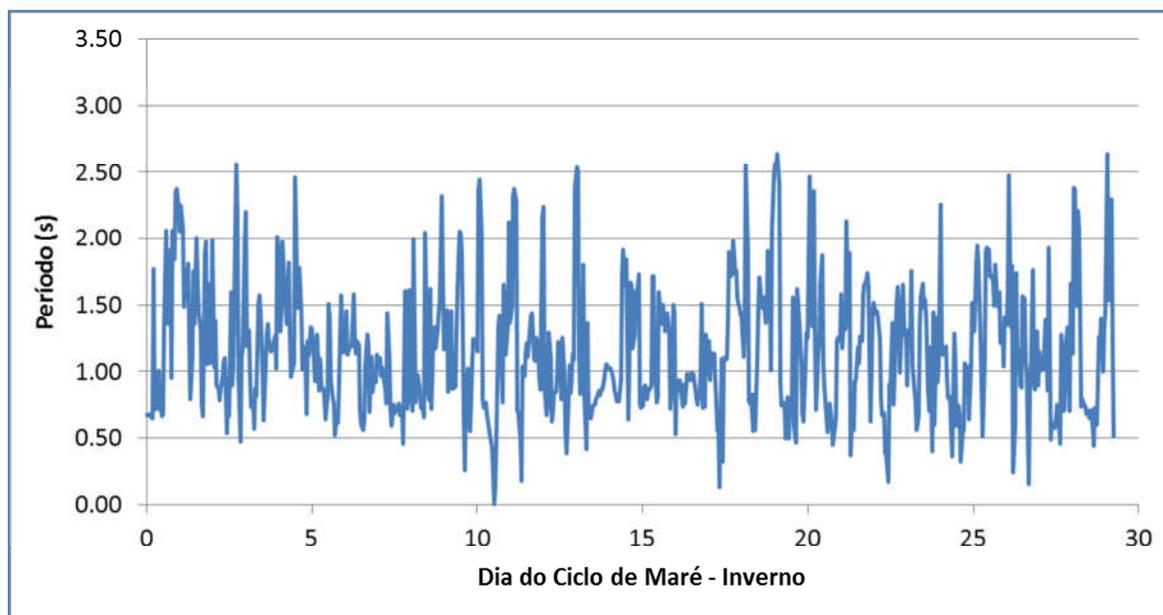
#### 8.1.11.6.1 Resultados para o cenário inverno

Comparando as intensidades do vento entre o período de verão (Figura 8.90) e o período de inverno (Figura 8.91), observa-se intensidades significativamente inferiores no inverno, com máximas intensidades não ultrapassando 10,0 m/s e média ao redor de 2,0 m/s. Esse fato possui consequência direta nos períodos e amplitudes das ondas geradas para esse período, o que se constata ao se analisar a Figura 8.142 e a Figura 8.143 – respectivamente período e altura de significativa no ponto de maior interesse. Observa-se valores máximos de período da ordem de 2,5 s, e máximas amplitudes de altura significativa da ordem de 0,4 m, ou seja, valores significativamente inferiores aos obtidos com a simulação para o período de verão.

Da mesma forma que o período de verão, a comparação da série temporal da direção do vento para o cenário Inverno com a série temporal de pista de onda para o ponto de observação mostra que para momentos de ocorrência de passagens de sistemas frontais, as pistas de vento tendem a ter seus valores reduzidos. Isso se deve principalmente ao espaço disponível para o desenvolvimento do campo de ondas, aproximadamente 4 km (direção Norte-Sul), como indicado pela linha de cor verde na Figura 8.138.

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  709
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	

Para o cenário Inverno, a distribuição espacial da pista de ondas para um momento específico de passagem de frente fria (Figura 8.145), mostra comportamento diferenciado do verão. Claramente nota-se a ação de ventos com predominância Sudoeste. Para a altura significativa, cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 8.146, mostra ondas com amplitudes reduzidas, com valores máximos da ordem de 13 cm, sendo que na região de maior interesse as amplitudes simuladas não passaram de 4 cm. A distribuição espacial do período, apresentada na Figura 8.147, revela uma área dominada pela presença de perturbações de alta frequência, típicas de ondas geradas por forçantes meteorológicas localizadas. Como comentado anteriormente, ondas com amplitudes maiores, acima de 2 m e períodos acima de 8s, são ondas geradas remotamente por tempestades mais energéticas que apresentam intensidade de vento superiores a 15 m/s.



**Figura 8.142 - Série temporal do período de onda – Inverno.**

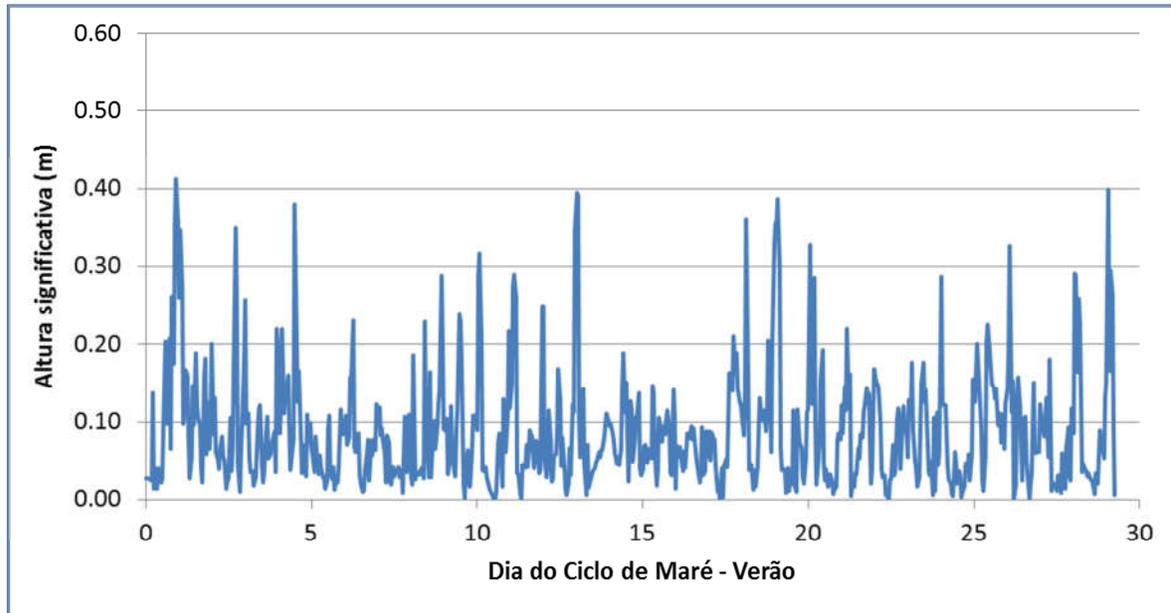


Figura 8.143 - Série temporal da altura significativa – Inverno.

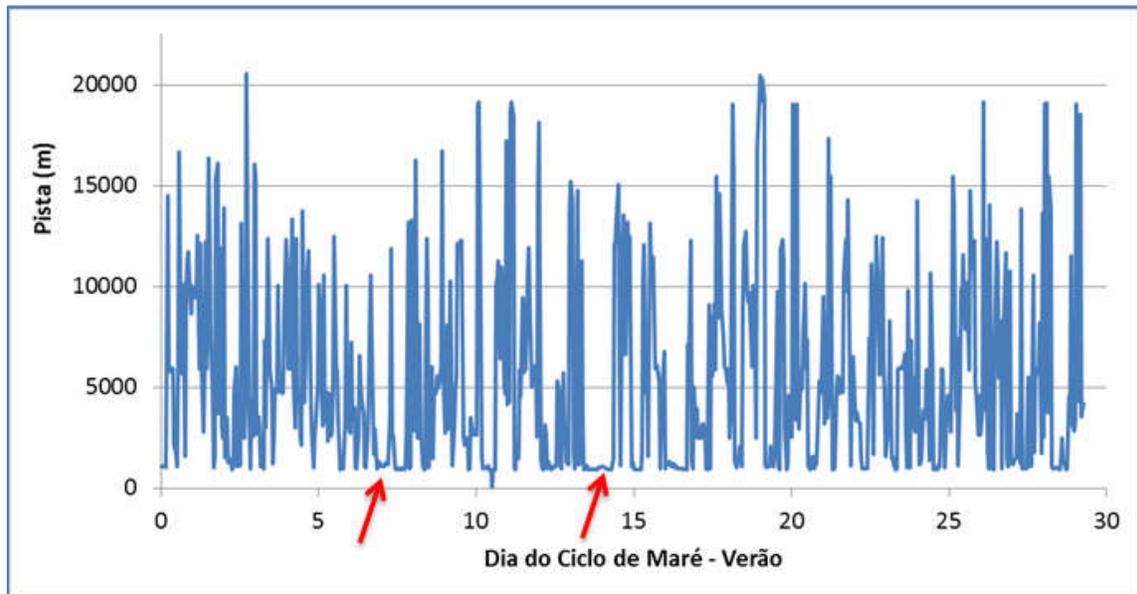
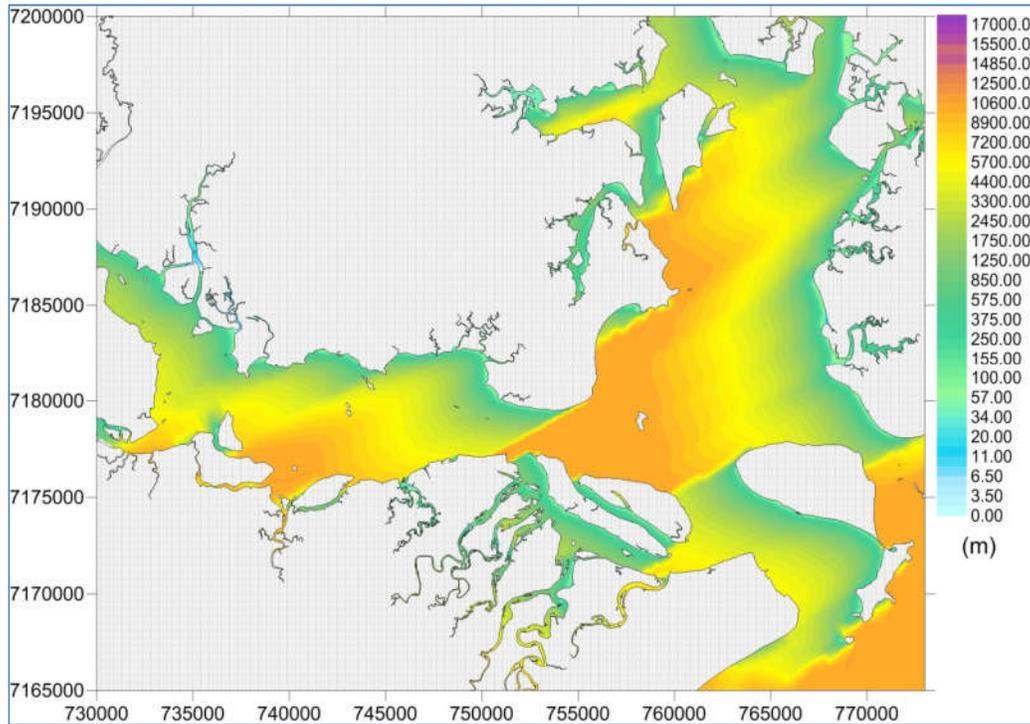
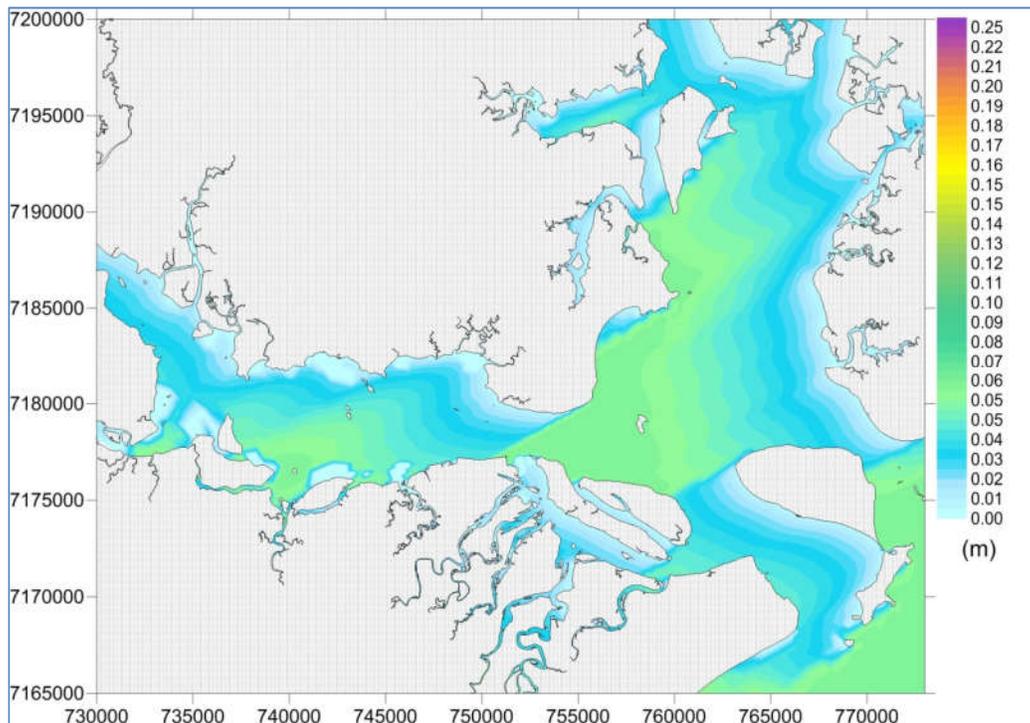


Figura 8.144 - Série temporal da pista gerada pelo vento – Inverno.



Fonte: PLANAVE, 2016

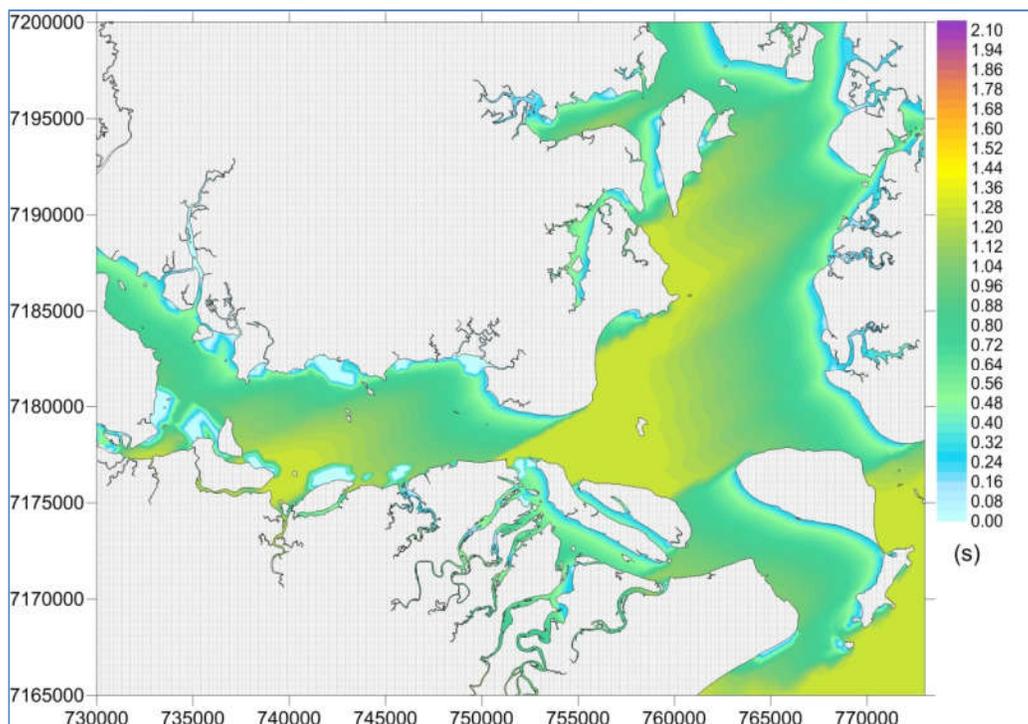
**Figura 8.145 - Distribuição espacial da pista gerada pelas ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno.**



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.146 - Distribuição espacial da altura significativa das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno.**

Nº CLIENTE	REV. CLIENTE	FOLHA:  712
Nº PLANAVE RL-B00-H01-1001	REV. PLANAVE 0	



Fonte: PLANAVE, 2016

**Figura 8.147 - Distribuição espacial do período das ondas durante uma ocorrência de frente fria - Inverno.**

### 8.1.11.1 Considerações finais

Neste item foram apresentadas as simulações de diagnóstico da circulação hidrodinâmica, da evolução morfológica do fundo, e do comportamento das ondas na região de interesse para a ampliação do Porto de Paranaguá. Foram analisados ciclos típicos de maré de verão e de inverno. De maneira geral, as diferenças observadas são pouco significativas; estas se mostram mais evidentes em diferentes períodos de um mesmo ciclo de maré – por exemplo, entre vazante e enchente.

Deve-se mencionar que a modelagem matemática não é uma ciência exata, sendo realizadas simplificações, com imprecisões em função da discretização da região de estudo, e incertezas nas condições de contorno e nos dados utilizados. Os resultados obtidos permitem analisar os processos dominantes e fornecem informações sobre a ordem de grandeza dos parâmetros de interesse; dessa forma, os resultados apresentados aqui devem ser encarados como aproximações qualitativas.