



Terminal Portuário Embraport

Estudo de Impacto Ambiental



EMPRESA BRASILEIRA DE TERMINAIS PORTUÁRIOS S.A.

VOLUME II

**CAPÍTULO 8 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
MEIO FÍSICO**

OUTUBRO 2003

Terminal Portuário Embraport

Estudo de Impacto Ambiental

VOLUME II

Meio Físico

Empresa Brasileira de Terminais Portuários S.A.

RESPONSABILIDADE:
MKR TEC., SERV., IND. E COM. LTDA.

RESPONSABILIDADE TÉCNICA:
ENG. LUIZ ALBERTO MAKTAS MEICHES

ÍNDICE GERAL

VOLUME I-CAPÍTULOS 1 A 7

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Considerações Gerais.....	1
1.2.	Identificação do Responsável pelo Empreendimento.....	3
1.3.	Identificação do Responsável pela Elaboração do EIA/Rima.....	3
2.	OBJETO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	4
3.	HISTÓRICO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	6
4.	JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	7
5.	ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS PARA O EMPREENDIMENTO.....	12
5.1.	Alternativas Funcionais e de Localização Regional.....	12
5.1.1.	Mercado.....	12
5.1.2.	Adequação do Empreendimento aos Planos Estratégicos do Empreendedor.....	13
5.1.3.	Requisitos e Disponibilidade de Recursos para o Empreendimento.....	13
5.1.4.	Conclusão da Análise de Alternativas Funcionais e de Localização Regional.....	17
5.2.	Alternativas Locais de Situação.....	17
5.3.	Alternativas de Ocupação do Local Selecionado - Sítio Sandi.....	19
5.3.1.	Alternativa 1.....	21
5.3.2.	Alternativa 2.....	24
5.3.3 .	Justificativas da Alternativa Escolhida – Alternativa 2.....	26
6.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	28
6.1.	Caracterização Geral do Empreendimento.....	28
6.2.	Descrição do Empreendimento.....	33
6.2.1.	Descrição das Etapas de Implantação.....	33
6.2.2.	Descrição dos Métodos Construtivos – Fase de Instalação.....	36
6.2.3.	Áreas de Empréstimo e Bota-fora.....	39
6.2.4.	Mão-de-Obra Prevista para a Fase de Implantação.....	42
6.3.	Cronograma de Implantação.....	42
6.3.1	Investimentos Previstos.....	42
6.4.	Operação do Empreendimento.....	44
6.4.1.	Volume de Movimentação de Cargas.....	44
6.4.2.	Movimentação de Embarcações.....	44
6.4.3.	Transbordo de Cargas entre Embarcações e Cais.....	46
6.4.4.	Espera, Atendimento e Permanência de Embarcações.....	49
6.4.5.	Movimentação e Armazenagem Interna de Cargas.....	51
6.4.6.	Transporte Terrestre de Cargas.....	55

6.4.7.	Pessoal de Operação.....	59
6.4. 8.	Infra-Estrutura e Saneamento Básico.....	59
7.	DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO.....	61
7.1.	Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico.....	61
7.1.1.	Área de Influência Indireta (AII).....	63
7.1.2.	Área de Influência Direta (AID).....	63
7.1.3.	Área Diretamente Afetada (ADA).....	63
7.2.	Definição das Áreas de Influência do Meio Socioeconômico.....	64
7.2.1.	Área de Influência Econômica do Porto de Santos.....	64
7.2.2.	Área de Influência Indireta (AII).....	64
7.2.3.	Área de Influência Direta (AID).....	66
7.2.4.	Área Diretamente Afetada (ADA).....	66

VOLUME II-MEIO FÍSICO

8.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	68
8.1.	Meio Físico.....	68
8.1.1.	Clima.....	68
8.1.2.	Qualidade do Ar.....	73
8.1.2.1.	Aspectos Legais.....	73
8.1.2.2.	Diagnóstico da Qualidade do Ar.....	74
8.1.2.3.	Conclusões sobre o Diagnóstico da Qualidade do Ar.....	80
8.1.3.	Caracterização do Ruído.....	80
8.1.3.1.	Aspectos Legais.....	80
8.1.3.2.	Diagnóstico dos Níveis de Ruído.....	81
8.1.4.	Geomorfologia nas Áreas de Influência.....	86
8.1.4.1.	Geomorfologia na Área de Influência Indireta (AII).....	87
8.1.4.2.	Geomorfologia na Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada AID e ADA..	99
8.1.5.	Geologia nas Áreas de Influência.....	106
8.1.5.1.	Geologia na Área de Influência Indireta (AII).....	107
8.1.5.2.	Geologia na Área de Influência Direta e Diretamente Afetada AID e ADA.....	113
8.1.6.	Caracterização Geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA).....	122
8.1.6.1.	Métodos de Trabalho.....	122
8.1.6.2.	Unidades Geológico-Geotécnicas.....	125
8.1.6.3.	Comportamento de Solos Moles.....	131
8.1.6.4.	Características Gerais dos Sedimentos da Baixada Santista.....	133
8.1.6.5.	Propriedades Geotécnicas dos Sedimentos.....	133
8.1.6.6.	Parâmetros Geotécnicos.....	137
8.1.6.7.	Aterros sobre Solos Moles na Baixada Santista.....	139
8.1.6.8.	Estacas Cravadas nos Sedimentos.....	141
8.1.6.9.	Esforços sobre Fundações de Obras Preexistentes	141

8.1.7.	Hidrogeologia nas Áreas de Influência.....	142
8.1.7.1.	Aspectos Legais.....	142
8.1.7.2.	Caracterização Hidrogeológica da Área de Influência Indireta (AII).....	146
8.1.7.3.	Caracterização Hidrogeológica da Área de Influência Direta (AID).....	149
8.1.7.4.	Caracterização Hidrogeológica da Área Diretamente Afetada (ADA).....	149
8.1.7.5.	Avaliação Hidrogeológica na ADA.....	163
8.1.7.6.	Qualidade das Águas Subterrâneas na Área Diretamente Afetada (ADA).....	172
8.1.8.	Diagnóstico da Sedimentação nas Áreas de Influência – Parte Imersa.....	173
8.1.8.1.	Métodos de Trabalho.....	173
8.1.8.2.	A Sedimentação no Estuário Santista.....	175
8.1.8.3.	Diagnóstico da Sedimentação na Área de Influência Direta (AID).....	176
8.1.8.4.	Diagnóstico da Sedimentação na Área Diretamente Afetada (ADA).....	176
8.1.9.	Modelagem Matemática da Hidrodinâmica, Transporte e Deposição de Sedimentos nas Áreas de Influência do Empreendimento.....	193
8.1.9.1.	Método de Trabalho.....	195
8.1.9.2.	Diagnóstico da Hidrodinâmica, Transporte e Sedimentação na Área Diretamente afetada (ADA).....	198
8.1.10.	Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e da Água Superficial nas Áreas de Influência do Empreendimento.....	202
8.1.10.1.	Considerações Básicas sobre a Contaminação em Ambientes Estuarinos.....	202
8.1.10.2.	Qualidade da Água Superficial nas Áreas de Influência.....	208
8.1.10.3.	Métodos de Trabalho para o Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e dos Solos na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA).....	210
8.1.10.4.	Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e dos Solos na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA).....	220
8.1.10.5.	Perfil dos Contaminantes.....	243

VOLUME III-MEIO BIÓTICO

8.2.	Meio Biótico.....	249
8.2.1.	Legislação Incidente sobre o Meio Biótico.....	249
8.2.1.1.	Preservação da Mata Atlântica.....	249
8.2.1.2.	Áreas de Preservação Permanente.....	250
8.2.1.3.	Proteção da Fauna Silvestre.....	251
8.2.2.	Métodos de Trabalho para o Diagnóstico dos Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.....	252
8.2.2.1.	Diagnóstico dos Ecossistemas Terrestres e de Transição na Área de Influência Indireta (AII).....	252
	a) Base cartográfica (AII).....	252
	b) Caracterização da vegetação (AII).....	252
	c) Caracterização da fauna terrestre (AII).....	254
8.2.2.2.	Diagnóstico dos Ecossistemas Terrestres e de Transição na Área de Influência Direta (AID).....	254
	a) Base Cartográfica (AID).....	255

	b) Caracterização da vegetação (AID).....	255
	c) Caracterização da fauna terrestre (AID).....	256
8.2.2.3.	Diagnóstico dos Ecossistemas Terrestres e de Transição na Área Diretamente Afetada (ADA).....	256
	a) Base Cartográfica (ADA).....	256
	b) Caracterização da Vegetação (ADA).....	256
	c) Levantamento florístico (ADA).....	257
	d) Avaliação da estrutura dos ecossistemas florestais (ADA).....	257
	e) Estimativa da biomassa vegetal dos ecossistemas florestais (ADA).....	258
	f) Caracterização da fauna terrestre (ADA).....	258
8.2.2.4.	Metodologia para o Diagnóstico das Comunidades Aquáticas nas Áreas de Influência...	259
	a) Levantamento de dados pretéritos.....	259
	b) Trabalho de campo e de laboratório.....	260
	c) Metodologia de avaliação das comunidades planctônicas.....	261
	d) Metodologia de avaliação das comunidades bentônicas.....	261
	e) Metodologia de avaliação da ictiofauna.....	261
	f) Avaliação da contaminação dos organismos aquáticos.....	262
8.2.3.	Diagnóstico dos Ecossistemas Terrestres e de Transição nas Áreas de Influência do Empreendimento.....	262
8.2.3.1.	Os Ecossistemas Costeiros no Contexto Nacional.....	262
8.2.3.2.	Os Ecossistemas Costeiros no Contexto Regional.....	264
8.2.3.3.	Caracterização dos Ecossistemas nas Áreas de Influência Indireta e Direta (AII e AID).....	267
	a) Mata Atlântica de encosta.....	268
	b) Matas de restinga.....	270
	c) Manguezais.....	272
	d) Apicum.....	274
	e) Fauna terrestre na Área de Influência Indireta (AII).....	275
	f) Fauna terrestre na Área de Influência Direta (AID).....	279
	g) Comunidades aquáticas na Área de Influência Indireta (AII).....	289
	h) Comunidades aquáticas na Área de Influência Direta (AID).....	291
	i) Quantificação das áreas ocupadas pelos ecossistemas aquáticos, terrestres e de transição nas Áreas de Influência Indireta e Direta.....	294
8.2.3.4.	Diagnóstico das Comunidades Vegetais na Área Diretamente Afetada (ADA).....	295
	a) Manguezais (ADA).....	297
	b) Matas de restinga (ADA).....	299
	c) Apicuns.....	302
	d) Vegetação de transição.....	303
	e) Formações secundárias.....	304
	f) Flora na Área Diretamente Afetada.....	306
	g) Estrutura da vegetação arbórea na Área Diretamente Afetada.....	306
	h) Biomassa vegetal na Área Diretamente Afetada.....	309
8.2.3.5.	Diagnóstico da Fauna Terrestre na Área Diretamente Afetada (ADA).....	311

a) Mamíferos (ADA).....	311
b) Aves (ADA).....	311
c) Aves aquáticas migratórias.....	312
d) Herpetofauna (répteis e anfíbios).....	317
e) Espécies ameaçadas, raras e/ou endêmicas.....	317
8.2.3.6. Diagnóstico das Comunidades Aquáticas na Área de Influência Diretamente Afetada do Empreendimento (ADA).....	323
a) Comunidades Planctônicas (ADA).....	326
b) Comunidades bentônicas (ADA).....	342
c) Ictiofauna (ADA).....	352
d) A atividade de pesca na ADA.....	354
e) Contaminação ambiental nos ecossistemas estuarinos.....	356
f) Síntese do diagnóstico da fauna aquática na ADA.....	365

VOLUME IV – MEIO SOCIOECONÔMICO - PARTE 1

8.3 Meio Socioeconômico.....	367
8.3.1 Métodos de Trabalho para o Diagnóstico do Meio Socioeconômico.....	367
8.3.2. Diagnóstico da Área de Influência Econômica do Porto de Santos.....	367
8.3.2.1. O Porto de Santos e os Grandes Fluxos de Carga Nacionais.....	367
8.3.2.2. Eixos nacionais de Integração e Desenvolvimento.....	368
8.3.2.3. O Porto de Santos no Contexto dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento.....	389
8.3.3. Diagnóstico da Área de Influência Indireta (AII).....	400
8.3.3.1. Histórico da Ocupação.....	401
8.3.3.2. Uso e Ocupação do Solo.....	405
8.3.3.3. Infra-Estrutura de Transportes.....	408
8.3.3.4. Infra-Estrutura de Saneamento.....	414
8.3.3.5. Geração de Energia Elétrica.....	424
8.3.3.6. Comunicações.....	427
8.3.3.7. Atividades Produtivas.....	431
8.3.3.8. Finanças municipais.....	447
8.3.3.9. Dinâmica demográfica.....	466
8.3.3.10. Condições de vida.....	474
8.3.3.11. Saúde.....	487
8.3.3.12. Educação.....	499
8.3.3.13. Situação e condição de ocupação dos domicílios.....	521
8.3.3.14. Lazer: hábitos e equipamentos.....	522
8.3.4. Diagnóstico da Área de Influência Direta (AID).....	526
8.3.4.1. O Porto de Santos e a Reforma do Sistema Portuário.....	526
8.3.4.2. Organização Física do Porto de Santos.....	528
8.3.4.3. Autoridades Intervenientes.....	534

8.3.4.4.	Movimento de cargas.....	534
8.3.4.5.	Estrutura Tarifária.....	537
8.3.4.6.	Mão-de-Obra.....	539
8.3.4.7.	Ganhos de Produtividade.....	543
8.3.4.8.	Perspectivas.....	548
8.3.4.9.	Meio ambiente.....	548
8.3.4.10.	Infra-Estrutura Existente: Abastecimento de Água, Coleta e Disposição de Esgotos e Lixo no Porto de Santos.....	558
8.3.4.11.	Saúde.....	561
8.3.5	Diagnóstico da Área Diretamente Afetada (ADA).....	562
8.3.5.1.	Uso e Ocupação do Solo.....	563
8.3.5.2.	Infra-Estrutura de Transportes.....	568
8.3.5.3.	Infra-Estrutura de Saneamento.....	568
8.3.5.4.	População e Domicílios – Ilha Diana.....	569
8.3.5.5.	Educação.....	573
8.3.5.6.	Saúde.....	573
8.3.5.7.	Segurança pública.....	574
8.3.5.8.	Lazer.....	575
8.3.5.9.	Associativismo.....	575

VOLUME V – MEIO SOCIOECONÔMICO - PARTE 2

8.4	Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural.....	576
8.4.1.	Aspectos Legais.....	576
8.4.2.	Métodos de Trabalho para o Diagnóstico do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural nas Áreas de Influência.....	577
8.4.3.	Diagnóstico do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Sociocultural nas Áreas de Influência Indireta e Direta – AII e AID.....	584
8.4.3.1.	O Contexto Arqueológico e Histórico Regional.....	588
8.4.4.	Diagnóstico do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Sociocultural na Área Diretamente Afetada (ADA).....	603
8.4.4.1.	Sítio Sandi.....	603
8.4.4.2.	Sítio Vila Diana.....	607
8.4.4.3.	Vila Diana: Dados Históricos e Cultura Imaterial.....	609
8.4.4.4.	Patrimônio Subaquático.....	612
8.4.4.5.	Síntese do Diagnóstico Arqueológico.....	616
8.5.	Diagnóstico de Logística e Transportes nas Áreas de Influência.....	617
8.5.1.	Diagnóstico da Logística e Transportes na Área de Influência Indireta (AII).....	617
8.5.2.	Diagnóstico da Logística e Transportes na Área de Influência Direta (AID).....	628
8.5.3.	Diagnóstico da Logística e Transportes na Área Diretamente Afetada (ADA).....	646
8.5.4.	Prognóstico da Logística e Transportes nas Áreas de Influência do Empreendimento	649

8.6.	Planos, Projetos e Programas Colocalizados e Legislação Ambiental Aplicável.....	661
8.6.1.	Sistema viário.....	661
8.6.2.	Infra-estrutura.....	663
8.6.3.	Novos terminais de carga.....	664
8.6.4.	Meio ambiente.....	667
8.7.	Legislação Ambiental Aplicável.....	667
8.7.1.	Legislação Federal.....	669
8.7.2.	Legislação Estadual.....	671
8.7.3.	Legislação Municipal.....	674

VOLUME VI – CAPÍTULOS 9 A 15

9.	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	676
9.1	Meio Físico.....	677
9.1.1.	Identificação e Avaliação de Impactos na Qualidade do Ar.....	677
9.1.1.1	Fase de Instalação.....	677
9.1.1.2	Fase de Operação.....	681
9.1.2	Identificação e Avaliação de Impactos Relativos à Emissão de Ruídos na ADA e AID.....	685
9.1.2.1	Fase de Instalação.....	685
9.1.2.2	Fase de Operação.....	689
9.1.3	Identificação e Avaliação de Impactos na Dinâmica Superficial.....	690
9.1.3.1.	Identificação e Avaliação de Impactos na Dinâmica Superficial - Fases de Instalação e Operação do Empreendimento.....	695
9.1.4	Identificação e Avaliação de Impactos nas Águas Superficiais.....	703
9.1.4.1	Fases de Instalação e Operação.....	703
9.1.5	Identificação e Avaliação de Impactos nas Águas Subterrâneas.....	705
9.1.5.1	Fase de instalação.....	705
9.1.5.2	Fase de Operação.....	708
9.1.6.	Identificação e Avaliação de Impactos Relativos a Hidrodinâmica, Transporte e Sedimentação na ADA.....	709
9.1.6.1.	Fases de Instalação e Operação.....	709
9.1.7.	Identificação e avaliação de impactos na qualidade dos sedimentos	711
9.1.7.1.	Fases de instalação e operação.....	711
9.1.8.	Quadro-Síntese da Avaliação de Impactos no Meio Físico.....	712
9.2	Meio Biótico.....	718
9.2.1	Fase de Instalação.....	718
9.2.2.	Fase de Operação.....	729
9.2.3.	Impactos da Atividade de Dragagem sobre o Meio Biótico.....	732
9.2.4.	Quadro-Síntese da Avaliação de Impactos no Meio Biótico.....	736

9.3	Meio Socioeconômico.....	740
9.3.1	Métodos de trabalho.....	740
9.3.2.	Identificação e Avaliação de Impactos no Meio Socioeconômico.....	740
9.3.2.1.	Uso e Ocupação do Solo e Patrimônio Paisagístico.....	740
9.3.2.2.	Pesca Artesanal e Esportiva.....	742
9.3.2.3.	Finanças Públicas.....	743
9.3.2.4.	Condições de Vida da População.....	743
9.3.2.5.	Economia Regional.....	748
9.3.2.6.	Economia Local.....	749
9.3.2.7.	Contaminação de Espécies Economicamente Importantes.....	750
9.3.2.8.	Atividade Econômica dos Municípios da AII.....	751
9.3.2.9.	Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.....	751
9.3.3.	Identificação e Avaliação de Impactos no Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural.....	753
9.3.3.1.	Fases de Instalação e Operação.....	753
9.3.4.	Identificação e Avaliação de Impactos na Logística e Transportes.....	755
9.3.4.1.	Fase de Planejamento.....	755
9.3.4.2.	Fase de Instalação.....	757
9.3.4.3.	Fase de operação.....	760
9.3.5.	Quadro-Síntese da Avaliação de Impactos no Meio Socioeconômico.....	769
9.3.6	Quadro-Síntese da Avaliação de Impactos na Logística e Transportes.....	775
10.	MEDIDAS MITIGADORAS, DE MONITORAMENTO E COMPENSATÓRIAS.....	777
10.1.	Meio Físico.....	777
10.1.1.	Medidas Mitigadoras e de Monitoramento dos Impactos na Qualidade do Ar.....	777
10.1.2.	Medidas Mitigadoras e de Monitoramento dos Impactos da Emissão de Ruídos.....	777
10.1.3.	Medidas mitigadoras e de monitoramento dos impactos na dinâmica superficial.....	778
10.1.3.1.	Medidas de mitigação e de monitoramento de impactos na dinâmica superficial.....	782
10.1.4.	Medidas mitigadoras e de monitoramento de impactos nas águas superficiais e subterrâneas.....	788
10.1.5.	Medidas Mitigadoras e de Monitoramento dos Impactos na Qualidade da Água e Sedimentos Associados à Operação de Dragagem e Disposição de Material Dragado...793	
10.1.5.1.	Ressuspensão de Sedimentos Contaminados e Disponibilização de Contaminantes, na ADA, nas Fases de Instalação e Operação do Empreendimento.....	794
10.1.5.2.	Ressuspensão de Sedimentos na Área de Descarte em Alto-Mar, nas Fases de Instalação e Operação do Empreendimento.....	795
10.2.	Meio Biótico.....	796
10.2.1.	Medidas de Mitigação e de Monitoramento de Impactos aos Ecossistemas Terrestres, Aquáticos e de Transição.....	796
10.3.	Meio Socioeconômico.....	801
10.3.1.	Medidas de Mitigação e Monitoramento de Impactos no Meio Socioeconômico.....	801

10.3.1.1.	Uso e Ocupação do Solo e Patrimônio Paisagístico.....	801
10.3.2.	Medidas de mitigação e monitoramento de impactos no patrimônio arqueológico, histórico e cultural.....	803
10.3.3.	Medidas de prevenção, mitigação e monitoramento de impactos na logística e transportes.....	804
10.4	Medidas Compensatórias.....	807
10.4.1.	Implantação de Unidade de Conservação no Estuário.....	807
10.4.2.	Criação de Hábitats alternativos para organismos aquáticos do estuário (bancos de sedimentos e locas artificiais).....	810
11.	CENÁRIOS DE NÃO-IMPLANTAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT.....	812
11.1	Meio Físico.....	812
11.1.1	Qualidade do ar e emissão de ruídos.....	812
11.1.1	Dinâmica superficial.....	812
11.1.2.	Qualidade das águas superficiais e subterrâneas.....	813
11.2.	Meio Biótico.....	815
11.2.1.	Vegetação.....	815
11.2.2.	Fauna terrestre.....	817
11.2.3.	Organismos aquáticos.....	818
11.3.	Meio Socioeconômico.....	819
11.3.1.	Aspectos Socioeconômicos.....	819
11.3.2.	Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural	821
11.3.3.	Logística e Transportes.....	821
12.	PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	823
12.1.	Programa de Qualidade Ambiental.....	824
12.1.1.	Plano de Controle da Qualidade do Ar.....	824
12.1.2.	Plano de Controle da Emissão de Ruídos.....	824
12.1.3.	Plano de Gestão de Resíduos Sólidos.....	825
12.1.4.	Plano de Controle de Emissão de Efluentes.....	826
12.1.5.	Plano de Controle de Qualidade da Águas Superficiais e Subterrâneas.....	827
12.2.	Programa de Conservação de Recursos Naturais.....	829
12.3.	Programa de Controle Ambiental das Obras.....	834
12.4.	Programa de Comunicação Social.....	835
12.5.	Programa de Educação Sanitária e Saúde do Trabalhador.....	836
12.7.	Programa de Pesquisa e Resgate do Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural.	837
12.7.	Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR).....	840
12.8.	Plano de Ação de Emergência (PAE).....	841

13.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	843
14.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	849
15.	EQUIPE TÉCNICA.....	870
	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	876
	CERTIDÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO Nº 08/2003.....	878
	EXAME TÉCNICO Nº 60/2003-SEPLA.....	880

ANEXOS

ANEXOS 1, 2 e 3

ANEXO 1 Termo de Referência

ANEXO 2 Ofício nº. 0071/CPSP

ANEXO 3 Agregado Siderúrgico Cosipa

ANEXO 4 Parte 1 Meio Físico

ANEXO 4 Parte 2 Meio Físico

ANEXO 5 Meio Biótico

ANEXOS 6, 7

ANEXO 6 Meio Socioeconômico

ANEXO 7 Termo de Referência para Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ANEXO 8 Análise de Riscos

ÍNDICE DE DIAGRAMAS, FIGURAS, FOTOS, QUADROS E TABELAS

1. Introdução

Índice de Figuras

Figura 1.1- 1	Localização do Empreendimento.....	2
----------------------	------------------------------------	---

5. Estudos de Alternativas Tecnológicas e Locacionais para o Empreendimento

Índice de Figuras

Figura 5.2 – 1	Porto de Santos.....	18
Figura 5.3 – 1	Compartimentação da área do empreendimento.....	20
Figura 5.3 – 2	Alternativa 1 – Proposta de implantação.....	23
Figura 5.3 – 3	Alternativa 2 – Proposta de implantação da alternativa selecionada.....	25

6. Caracterização do Empreendimento

Índice de Figuras

Figura 6.1 – 1	Empreendimento Terminal Embraport (Santos, SP) Layout Etapa Final de Desenvolvimento.....	30
Figura 6.1 – 2	Etapas de Construção do Empreendimento.....	32
Figura 6.2 – 1	Áreas de Empréstimo e de Bota-fora.....	41

Índice de Fotos

Foto 6.4 – 1	Guindaste-Pórtico (“portêiner”) para Transferência de Contêineres entre Embarcação/Cais.....	47
Foto 6.4 – 2	“Ship Loader” para Granéis Sólidos.....	49
Foto 6.4 – 3	“Reach Stacker” para Movimentação Interna de Contêineres.....	51
Foto 6.4 – 4	Transtêiner” para Movimentação Interna de Contêineres.....	52
Foto 6.4 – 5	“Top Loader” para Movimentação Interna de Contêineres Vazios.....	53
Foto 6.4 – 6	Empilhadeira de Garfo para Movimentação Interna de Contêineres Vazios...	54
Foto 6.4 – 7	“Car Dumper” (equipamento que inverte vagão ferroviário para descarga de granéis sólidos em moega).....	58

Índice de Tabelas

Tabela 6.3 – 1	Terminal Portuário Embraport – Cronograma Físico de Implantação	42
Tabela 6.3 – 2	Demonstrativo de Investimentos Necessários - R\$ base Jan/2003.....	43
Tabela 6.4 – 1	Terminal Portuário Embraport – Previsão de Movimentação de Cargas por Etapa (milhares de toneladas/ano).....	44
Tabela 6.4 – 2	Terminal Portuário Embraport – Previsão de Movimentação de Embarcações por Etapa (atracações/ano).....	45

Tabela 6.4 – 3	Terminal Portuário Embraport – Consignação Média por Tipo de Carga e Produto – Todas as Etapas (toneladas por atracação).....	46
Tabela 6.4 – 4	Terminal Portuário Embraport – Carga Geral –Dados sobre Transbordo entre Cais e Embarcações – Etapa Final.....	48
Tabela 6.4 – 5	Terminal Portuário Embraport – Granéis Sólidos – Dados sobre Transbordo entre Cais e Embarcações.....	48
Tabela 6.4 – 6	Terminal Portuário Embraport – Tempos Médios de Espera, Atendimento e Permanência de Embarcações – Etapa Final.....	50
Tabela 6.4 – 7	Terminal Portuário Embraport – Divisão Modal das Cargas Movimentadas – Todas as Etapas.....	55
Tabela 6.4 – 8	Terminal Portuário Embraport – Movimentação Anual de Cargas segundo Modos – Etapa Final (valores em toneladas).....	56
Tabela 6.4 – 9	Terminal Portuário Embraport – Consignações Médias de Vagões Ferroviários e Caminhões – Todas as Etapas (valores em toneladas).....	57
Tabela 6.4 – 10	Terminal Portuário Embraport – Movimento Diário Médio de Vagões Ferroviários e Caminhões por Etapa.....	57

7. Delimitação das Áreas de Influência do Empreendimento

Índice de Figuras

Figura 7.1 – 1	Localização das Áreas de Influência do Empreendimento.....	62
Figura 7.2 – 1	Área de Influência Indireta.....	65
Figura 7.2 – 2	Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada Meio Socioeconômico.....	67

8.1. Meio Físico

Índice de Diagramas

Diagrama 8.1 – 1	Organização das atividades de campo de acordo com a ocorrência dos eventos. (FUNDESPA, 2003).....	197
-------------------------	---	-----

Índice de Figuras

Figura 8.1 – 1	Ventos Prevalentes em Santos.....	70
Figura 8.1 – 2	Distribuição mensal dos Ventos na Baixada Santista.....	71
Figura 8.1 – 3	Localização dos pontos de medida.....	83
Figura 8.1 – 4	Caracterização dos Níveis de Ruído Ponto 1.....	84
Figura 8.1 – 5	Caracterização dos Níveis de Ruído Ponto 2.....	85
Figura 8.1 – 6	Secção Geológica Esquemática (apud SUGUIO E MARTIN, 1978a).....	124
Figura 8.1 – 7	Localização dos poços cadastrados no DAEE.....	148
Figura 8.1 – 8	Localização dos Serviços de Geofísica.....	150
Figura 8.1 – 9	Localização dos Poços Instalados.....	152
Figura 8.1 – 10	Perfis Eletroresistivos CE-03, CE-04 e CE-05.....	165
Figura 8.1 – 11	Mapa Potenciométrico em 17/12/2002.....	166
Figura 8.1 – 12	Modelo Hidrogeológico Conceitual Local e Regional.....	168

Figura 8.1 – 13	Geometria dos Métodos de Levantamento Geofísico.....	174
Figura 8.1 – 14	Características Sísmicas do Rio Sandi.....	177
Figura 8.1 – 15	Características Sísmicas do Rio Diana.....	178
Figura 8.1 – 16	Derrota do Levantamento Sísmico.....	179
Figura 8.1 – 17	Relações de Contato entre as Unidades Sísmicas.....	180
Figura 8.1 – 18	Características Sísmicas da Unidade 1.....	182
Figura 8.1 – 19	Mapa de Espessura de Sedimentos da Unidade 1.....	183
Figura 8.1 – 20	Características Sísmicas da Unidade 2.....	185
Figura 8.1 – 21	Mapa de Espessura de Sedimentos da Unidade 2.....	186
Figura 8.1 – 22	Características Sísmicas da Unidade 3.....	187
Figura 8.1 – 23	Mapa de Isóbatas do topo da Unidade 3.....	188
Figura 8.1 – 24	Características sísmicas da Unidade 4.....	189
Figura 8.1 – 25	Mosaico de Sonar de Varredura Lateral do Porto defronte ao empreendimento Embraport.....	190
Figura 8.1 – 26	Domínio computacional (grade numérica).....	194
Figura 8.1 – 27	Diagrama representando a dinâmica dos sedimentos coesivos e não coesivos (FUNDESPA, 2003).....	196
Figura 8.1 – 28	Localização das estações oceanográficas.....	198
Figura 8.1 – 29	Pontos de coleta de sedimento superficial e amostra testemunhos.....	211

Índice de Fotos

Foto 8.1 – 1	Escarpas em espigões, morrotes e morros isolados, e planície de maré, na foz do canal de Bertioga (ADA).....	100
Foto 8.1 – 2	Porção terminal de escarpa da serra, com topo estreito e perfil de encosta descontínuo com segmentos convexos e retilíneos íngremes (AID.....	100
Foto 8.1 – 3	Porção terminal de escarpa em espigões, constituída por rocha do embasamento cristalino com espesso horizonte de solo residual.....	101
Foto 8.1 – 4	Pedreira no morro do Guarapá, onde a ocorrência de processos erosivos tem contribuído para o assoreamento dos rios Jurubatuba e Sandi.....	101
Foto 8.1 – 5	Vegetação de mangue, característica de planície de maré, sobre os baixios, visíveis apenas nas marés baixas de sizígia.....	103
Foto 8.1 – 6	Planície de maré e baixios, constituídos por silte, areia muito fina e argila, que caracterizam a área do Empreendimento.....	103
Foto 8.1 - 7	Marcas onduladas nos sedimentos dos baixios, na área do Empreendimento.....	103
Foto 8.1 – 8	Vista do rio Sandi: canal de maré em cujas margens se depositam sedimentos silto-argilosos moles.....	104
Foto 8.1 – 9	Planície de maré constituída por areia fina silto-argilosa, na área do empreendimento (retroporto).....	104
Foto 8.1 – 10	Detalhe da foto anterior, mostrando a composição arenosa fina silto-argilosa da planície de maré na área do retroporto.....	105
Foto 8.1 – 11	Planície de sedimentos flúvio-lagunares e de baías, com a serra do Quilombo ao fundo sustentada pela unidade 35 do Complexo Costeiro. Movimentação de terra para o aterro sanitário de Santos(AID).....	114
Foto 8.1 – 12	Aterro de encontro da ponte ferroviária do ramal Conceiçãozinha na porção sul da área do empreendimento, com depósitos de baixios e, ao fundo, a planície de maré.....	117
Foto 8.1 – 13	Margem Direita do Canal de Bertioga. Áreas Aplainadas das Coberturas Sedimentares Quaternárias, com Morrote Sustentado por Rochas do Complexo Costeiro.....	118

Foto 8.1 – 14	Areia Fina Argilosa Superficial da Unidade Geotécnica dos Mangues Arenosos, na Área do Empreendimento (retroporto).....	119
Foto 8.1 – 15	Camada superficial de areias finas, nos depósitos de mangue da planície de maré, próximo às margens da porção sul da área do empreendimento....	119
Foto 8.1 – 16	Área desativada da pedreira do morro do Guarapá, com exposição parcial de solo residual de granito-gnaiss da unidade 35 do Complexo Costeiro...	129
Foto 8.1 – 17	Garrafa de Van Dorf utilizada para a coleta de amostras de água de fundo..	214
Foto 8.1 – 18	Armazenamento da amostra de água coletada pela garrafa de Van Dorf....	215
Foto 8.1 – 19	tubo de Coleta Retirado da Água.....	216
Foto 8.1 – 20	Pegador de Fundo do Tipo Van Veen p/ Coleta de Sedimento Superficial...	217
Foto 8.1 – 21	Testemunhos variando de comprimento de acordo com a profundidade, textura e compactação do sedimento nos diferentes locais de coleta.....	218
Foto 8.1 – 22	Divisão do testemunho para preparação de amostras.....	218
Foto 8.1 – 23	Acondicionamento das amostras em caixa de isopor com gelo.....	219
Foto 8.1 – 24	Amostra de sedimento superficial homogeneizado em bandejas plásticas..	220

Índice de Gráficos

Gráfico 8.1 – 1	Pluviograma Médio Acumulado. Séries Históricas de 1937 a 2000.....	73
Gráfico 8.1 – 2	História das Tensões nos Ensaios de Piezocone em Conceiçãozinha.....	136
Gráfico 8.1 – 3	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 1.....	228
Gráfico 8.1 – 4	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 3.....	229
Gráfico 8.1 – 5	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 4.....	230
Gráfico 8.1 – 6	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 7.....	231
Gráfico 8.1 – 7	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 8.....	231
Gráfico 8.1 – 8	Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 9.....	232
Gráfico 8.1 – 9	Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 10.....	233
Gráfico 8.1 – 10	Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 11.....	234
Gráfico 8.1 – 11	Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 12.....	235

Índice de Quadros

Quadro 8.1 – 1	Tipos de Relevo do Planalto Paulistano na Região de Estudo.....	92
Quadro 8.1 – 2	Tipos de Relevo da Serrania Costeira na Região de Estudo.....	93
Quadro 8.1 – 3	Tipos de Relevo da Baixada Litorânea na Região de Estudo.....	94
Quadro 8.1 – 4	Síntese das Propriedades Geotécnicas.....	135
Quadro 8.1 – 5	Baixada Santista: argilas de SFL, com $RSA \leq 2$ e $SPT = 0$	136
Quadro 8.1 – 6	Baixada Santista: argilas de SFL, com $RSA > 2$ e $1 < SPT < 4$	136
Quadro 8.1 – 7	Casos de Aterros na Baixada Santista.....	140
Quadro 8.1 – 8	Valores de Atrito Unitário Máximo (f_{max}) por Unidade Geotécnica.....	141

Índice de Tabelas

Tabela 8.1 – 1	Chuva Máxima Mensal.....	72
Tabela 8.1 – 2	Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Conama nº 03/90).....	74
Tabela 8.1 – 3	Resultados do Monitoramento de Material Particulado em Estações de Santos e Cubatão.....	77
Tabela 8.1 – 4	Resultados do Monitoramento de Dióxido de Enxofre em Estações de Santos e Cubatão.....	78
Tabela 8.1 – 5	Limites de Ruído conforme NBR 10.151 (em decibéis).....	81
Tabela 8.1 – 6	Resposta da Comunidade a Fonte Sonora.....	81

Tabela 8.1 – 7	Cadastro dos Poços de Exploração de Água - DAEE (19/12/2002).....	147
Tabela 8.1 – 8	Resumo dos Aspectos Construtivos dos PMs.....	154
Tabela 8.1 – 9	Resumo dos Aspectos Construtivos dos PMNs.....	155
Tabela 8.1 – 10	Resumo dos Aspectos Construtivos do PB.....	155
Tabela 8.1 – 11	Altitudes dos Poços Instalados.....	156
Tabela 8.1 – 12	Resumo dos Resultados dos Ensaios Slug Test.....	157
Tabela 8.1 – 13	Resumo dos Resultados do Ensaio de Aquífero (Neuman, 1975).....	158
Tabela 8.1 – 14	Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas.....	160
Tabela 8.1.- 14	Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas (continuação).....	161
Tabela 8.1.- 14	Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas (continuação)	162
Tabela 8.1 – 15	Medidas da Carga Hidráulica em 17/12/2002.....	167
Tabela 8.1 – 16	Valores Descargas Mensais.....	209
Tabela 8.1 – 17	Lista dos compostos químicos analisados na água, no sedimento e nos organismos aquáticos.....	213
Tabela 8.1 – 18	Localização geográfica dos pontos de amostragem da água e do sedimento na Área de Influência Direta do Projeto.....	221
Tabela 8.1 – 19	Análise de Metais na Água (mg/kg).....	222
Tabela 8.1 – 20	Concentração de Metais no sedimento coletado com testemunhos nas 3 profundidades amostradas.....	224
Tabela 8.1 – 21	Concentração de Compostos Orgânicos no Sedimento Coletado com Testemunhos nas 3 Profundidades Amostradas.....	225
Tabela 8.1 – 22	Concentração de PCBs no sedimento coletado com testemunhos nas 3 profundidades amostradas.....	227
Tabela 8.1 – 23	Análise de metais no sedimento superficial (mg/Kg).....	236
Tabela 8.1 – 24	Análise de SVOCs no sedimento superficial.....	237
Tabela 8.1 – 25	Análise de PCBs no sedimento superficial (ug/Kg).....	238
Tabela 8.1 – 26	Análise de metais no solo.....	240
Tabela 8.1 – 27	Análise de SVOCs no solo (ug/Kg).....	241
Tabela 8.1 – 28	Análise de PCBs no solo (ug/Kg).....	242
Tabela 8.1 – 29	Comparação do sedimento analisado por outros autores em áreas próximas ao empreendimento.....	245
Tabela 8.1 – 29	Comparação do sedimento analisado por outros autores em áreas próximas ao empreendimento (Continuação).....	246

8.2. Meio Biótico

Índice de Fotos

Foto 8.2 – 1	Imagem da área de estudo com as estações de amostragem assinaladas...	260
Foto 8.2 - 2	Vegetação típica do manguezal e marisma na área de estudo.....	323
Fotos 8.2 – 3	Da Esquerda para a Direita, as Estações de Amostragem 1, 2 e 3.	324
Fotos 8.2 – 4	Da Esquerda para a Direita, as Estações de Amostragem 4, 5 e 6.....	324
Fotos 8.2 – 5	Da Esquerda para a Direita, as Estações de Amostragem 7, 8 e 9.....	324
Fotos 8.2 – 6	Da esquerda para a direita, as estações de amostragem 10, 11 e 12.....	324
Fotos 8.2 – 7	Áreas utilizadas por pescadores esportivos. Da esquerda para a direita, Ilha Diana, Ponte no Rio Sandi, e Barranco junto à ponte.....	355
Fotos 8.2 – 8	Da esquerda para a direita, coleta manual do mexilhão no manguezal, pesca com rede de lanço, e cerco fixo.....	356
Fotos 8.2 – 9	Tanques para manutenção de camarão-branco e guarú vivos na Ilha Diana.....	356

Índice de Gráficos

Gráfico 8.2 – 1	Distribuição da Densidade Relativa das Espécies Presentes nas Parcelas do Manguezal.....	308
Gráfico 8.2 – 2	Distribuição da Densidade Relativa por Família nas Parcelas da Restinga.....	309
Gráfico 8.2 – 3	Distribuição da Biomassa Vegetal, por Espécie, nas Parcelas do Manguezal.....	310
Gráfico 8.2 – 4	Distribuição da Biomassa Vegetal das Principais Famílias nas Parcelas da Restinga.....	311
Gráfico 8.2 – 5	Padrão de variação sazonal nas populações dos maçaricos <i>Tringa flavipes</i> e <i>T. melanoleuca</i> , e da batuíra <i>Charadrius semipalmatus</i> , migrantes provenientes do Hemisfério Norte, ao longo de uma transecção de 19,25 km nos manguezais de Santos-Cubatão. Adaptado de OLMOS & SILVA E SILVA (2001a)	313
Gráfico 8.2 – 6	Padrão de variação sazonal nas populações da águia-pescadora <i>Pandion haliaetus</i> ao longo de uma transecção de 19,25 km nos manguezais de Santos-Cubatão. Adaptado de OLMOS & SILVA E SILVA (2002).....	314
Gráfico 8.2 – 7	Padrão de variação sazonal nas populações do gaivotão <i>Larus dominicanus</i> e do trinta-réis <i>Thalasseus eurygnatha</i> ao longo de uma transecção de 19,25 km nos manguezais de Santos-Cubatão. <i>Thalasseus maximus</i> (não ilustrado) apresenta padrão muito similar a <i>T. eurygnatha</i> . Adaptado de OLMOS & SILVA E SILVA (2001).....	315
Gráfico 8.2 – 8	Padrão de variação sazonal nas populações da marreca-toicinho <i>Anas bahamensis</i> , do colhereiro <i>Ajaja ajaja</i> e do talha-mar <i>Rynchops niger</i> ao longo de uma transecção de 19,25 km nos manguezais de Santos-Cubatão. Adaptado de OLMOS & SILVA E SILVA (2001).....	316
Gráfico 8.2 – 9	Densidade (org/L) do fitoplâncton e microzooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio e quente.....	326
Gráfico 8.2 – 10	Densidade (org/L) do microfítolâncton por estação de amostragem nos períodos frio e quente. nos períodos frio e quente.....	327
Gráfico 8.2 – 11	Número de táxons do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio e quente. Táxons pouco abundantes incluídos.....	333
Gráfico 8.2 – 12	Densidade do zooplâncton (ind/m ³) por estação de amostragem nos períodos frio e quente.....	339
Gráfico 8.2 – 13	Índice de Diversidade do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio e quente. Táxons pouco abundantes não incluídos.....	342
Gráfico 8.2 – 14	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 1 nos períodos frio e quente.....	345
Gráfico 8.2 – 15	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 2 nos períodos frio e quente.....	346
Gráfico 8.2 – 16	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 3 nos períodos frio e quente.....	346
Gráfico 8.2 – 17	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 4 nos períodos frio e quente	347
Gráfico 8.2 – 18	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 5 nos períodos frio e quente.....	347
Gráfico 8.2 – 19	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e equitatividade (J) para a estação 6 nos períodos frio e quente.....	348

Gráfico 8.2 – 20	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e eqüitatividade (J) para a estação 7 nos períodos frio e quente.....	348
Gráfico 8.2 – 21	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e eqüitatividade (J) para a estação 8 nos períodos frio e quente.....	349
Gráfico 8.2 – 22	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e eqüitatividade (J) para a estação 9 nos períodos frio e quente.....	349
Gráfico 8.2 – 23	Valores de Abundância (N), Riqueza de Grupos (RG), de Diversidade (H) e eqüitatividade (J) para a estação 10 nos períodos frio e quente....	350
Gráfico 8.2 – 24	Valores de Abundância (N) e de Riqueza de Grupos (RG) para as estações 11 e 12 nos períodos frio e quente.....	350
Gráfico 8.2 – 25	Abundância do bentos por estação de amostragem nos períodos frio e quente.....	351
Gráfico 8.2 – 26	Índice de Diversidade do Bentos por Estação de Amostragem nos Períodos Frio e Quente.....	352
Gráfico 8.2 – 27	Abundância (barras) e número total de espécies (linhas) de peixes por estação de amostragem nos períodos frio e quente.....	354

Índice de Quadros

Quadro 8.2 – 1	Comparação entre as classificações da vegetação e uso do solo utilizadas por Cetesb (1991) e atual baseada em resoluções Conama.....	253
Quadro 8.2 – 2	Mamíferos não-voadores autóctones observados nas florestas de planície litorânea e manguezais da Área de Influência Indireta (AII) e Área de Influência Direta (AID) do empreendimento.....	277
Quadro 8.2 – 3	Espécies de aves registradas para os manguezais, brejos, campos úmidos e ilhas de restinga da Área de Influência Indireta (AID) do empreendimento (adaptado de OLMOS & SILVA E SILVA 2001a).....	281
Quadro 8.2 – 4	Espécies de aves registradas na área do Sítio Sandi, rios Diana e Santos, SP (Continuação).....	323

Índice de Tabelas

Tabela 8.2 – 1	Quantificação da área ocupada pelos ecossistemas aquáticos, terrestres e de transição na AII em relação às áreas de uso antrópico... .	294
Tabela 8.2 – 2	Quantificação da área ocupada pelos ecossistemas aquáticos, terrestres e de transição na AID em relação às áreas de uso antrópico....	295
Tabela 8.2 – 3	Cobertura vegetal e uso do solo na área diretamente afetada (ADA).....	305
Tabela 8.2 – 4	Parâmetros estruturais dos manguezais na ADA.....	307
Tabela 8.2 – 5	Parâmetros Estruturais das Restingas na ADA.....	308
Tabela 8.2 – 6	Impacto da Supressão sobre a Cobertura Vegetal.....	309
Tabela 8.2 – 7	Dados de campo, sedimento e volume amostrado por estação de amostragem no período frio.....	325
Tabela 8.2 – 8	Dados de campo, sedimento e volume amostrado por estação de amostragem no período quente.....	325
Tabela 8.2 – 9	Composição e densidade (org/L) do fito e microzooplâncton por estação de amostragem no período frio.....	328
Tabela 8.2 – 10	Composição e densidade (org/L) do fito e microzooplâncton por estação de amostragem no período quente.....	329
Tabela 8.2 – 11	Volume (ml) do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio e quente.....	332

Tabela 8.2 – 12	Composição e densidade (ind/m ³) do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio (PF) e quente (PQ).....	335
Tabela 8.2 – 12	Composição e densidade (ind/m ³) do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio (PF) e quente (PQ) (Continuação).....	336
Tabela 8.2 – 12	Composição e densidade (ind/m ³) do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio (PF) e quente (PQ) (Continuação).....	337
Tabela 8.2 – 12	Composição e densidade (ind/m ³) do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio (PF) e quente (PQ) (Continuação).....	338
Tabela 8.2 – 13	Densidade Absoluta (DA, em ind/m ³) e Densidade Relativa (DR, em %) dos grupos do zooplâncton por estação de amostragem nos períodos frio (PF) e quente (PQ).....	340
Tabela 8.2 – 14	Ocorrência de indivíduos dos diversos grupos taxonômicos por estação de amostragem no período frio.....	343
Tabela 8.2 – 15	Ocorrência de indivíduos dos diversos grupos taxonômicos por estação de amostragem no período quente.....	344
Tabela 8.2 – 16	Composição e abundância numérica dos peixes e fauna acompanhante nos períodos frio e quente. FOC (%). Frequência de ocorrência; NT. número total de indivíduos.....	353
Tabela 8.2 – 17	Metais encontrados nos organismos.....	360
Tabela 8.2 – 18	PAHs encontrados nos organismos.....	362
Tabela 8.2 – 19	PCBs encontrados nos organismos.....	364

8.3. Meio Socioeconômico

Índice de Figuras

Figura 8.3 – 1	Eixos no PPA 1996-1999.....	368
Figura 8.3 – 2	Principais Hidrovias Implantadas e Projetadas.....	373
Figura 8.3 – 3	Principais Ferrovias Implantadas e em Processo de Implantação	374
Figura 8.3 – 4	Principais Portos Brasileiros.....	375
Figura 8.3 – 5	Região Sudeste: Sistema Rodoviário e Principais Pontos de Concentração de Cargas.....	394
Figura 8.3 – 6	Região Centro-Oeste: Sistema Rodoviário e Principais Pontos de Concentração de Cargas.....	395
Figura 8.3 – 7	Região Sul: Sistema Rodoviário e Principais Pontos de Concentração de Cargas.....	396
Figura 8.3 – 8	Região Norte: Sistema Rodoviário e Principais Pontos de Concentração de Cargas.....	397
Figura 8.3 – 9	BAIXADA SANTISTA	400
Figura 8.3 - 10	Principais interligações rodoviárias.....	409
Figura 8.3 – 11	Rede Ferroviária de Acesso a Santos.....	413
Figura 8.3 – 12	Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos – PDZ.....	531
Figura 8.3 – 13	Bairros localizados na área continental do Município de Santos.....	563
Figura 8.3 – 14	Uso e Ocupação do Solo na área do entorno do empreendimento.....	566
Figura 8.3 – 15	Zoneamento Municipal da Porção Continental de Santos.....	567

Índice de Fotos

Foto 8.3 – 1	Transporte regular de passageiros entre Santos e Ilha Diana.....	568
Foto 8.3 – 2	Residências em alvenaria na Ilha Diana.....	572
Foto 8.3 – 3	Residências em madeira na Ilha Diana.....	572
Foto 8.3 – 4	Unidade Básica de Saúde na Ilha Diana.....	574
Foto 8.3 – 5	Base Aérea de Guarujá (Vicente de Carvalho).....	575

Índice de Gráficos

Gráfico 8.3 – 1	Comparativo de cargas segundo regiões (1993, 1997 e 2000).....	391
Gráfico 8.3 – 2	PIB.....	435
Gráfico 8.3 – 3	Receitas Correntes.....	451
Gráfico 8.3 – 4	Impostos na Receita Tributária.....	453
Gráfico 8.3 – 5	Receitas.....	455
Gráfico 8.3 – 6	Despesas Orçamentárias.....	462
Gráfico 8.3 – 7	Evolução População Residente.....	466
Gráfico 8.3 – 8	Participação da População.....	470
Gráfico 8.3 – 9	Pirâmide Etária.....	472
Gráfico 8.3 – 10	Postos de Trabalho.....	476
Gráfico 8.3 – 11	Emprego Formal.....	477
Gráfico 8.3 – 12	Distribuição dos Empregos.....	479
Gráfico 8.3 – 13	Rendimentos dos Chefes de Domicílio.....	483
Gráfico 8.3 – 14	Estabelecimentos Ambulatoriais.....	488
Gráfico 8.3 – 15	Mortalidade Infantil.....	495
Gráfico 8.3 – 16	Anos de Estudo.....	505
Gráfico 8.3 – 17	Distribuição de Matrículas.....	507
Gráfico 8.3 – 18	Número de Salas de Aulas.....	515
Gráfico 8.3 – 19	Comparativo Entre as Exportações e Importações Ocorridas nos Anos de 1997, 1999 e 2001.....	535
Gráfico 8.3 – 20	Comparativo Entre os Principais Produtos Movimentados nos Anos de 1997, 1999 e 2001.....	536
Gráfico 8.3 – 21	Salário Médio Mensal "Per Capita", Segundo o Tipo de Trabalhador.....	542
Gráfico 8.3 – 22	Salário Médio Mensal Per Capita Segundo o Tipo de Trabalhador.....	543
Gráfico 8.3 – 23	Demonstrativo dos Custos Médios para o Armador Segundo os Portos....	546
Gráfico 8.3 – 24	Ocorrências Acumuladas.....	552

Índice de Tabelas

Tabela 8.3 – 1	Volumes transportados em 1996, segundo modal- produtos selecionados.....	370
Tabela 8.3 – 2	Estimativa dos Volumes Transportados em 2015, segundo Modal – Produtos Selecionados.....	372
Tabela 8.3 – 3	Estimativa dos Volumes Transportados em 2015, segundo Modal – Versão Otimizada – Produtos Selecionados.....	372
Tabela 8.3 – 4	Carga Total nos Portos do Brasil: 1993/1997/ 2000 (em 1.000 toneladas).....	390
Tabela 8.3 – 5	Terminais de líquidos a granel-capacidade de tancagem já instalada por prestadores de serviços (em m3)	398
Tabela 8.3 – 6	Fluxo Anual de Veículos no Sistema Anchieta – Imigrantes Sentido Litoral – 1995/2000.....	410

Tabela 8.3 – 7	AII – Evolução da Rede de Abastecimento de Água, 1995 a 2001	415
Tabela 8.3 – 8	AII – Evolução da Rede de Esgotamento Sanitário, 1995 a 2001	416
Tabela 8.3 – 9	AII – Domicílios Particulares Permanentes Urbanos por Situação de Abastecimento de Água.....	418
Tabela 8.3 – 10	Domicílios Particulares Permanentes por Tipo de Instalação Sanitária, 1991 a 2000.....	420
Tabela 8.3 – 11	Domicílios Particulares Permanentes por Tipo de Instalação Sanitária, 1991 a 2000 (em percentuais).....	420
Tabela 8.3 – 12	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos por Situação da Coleta de Lixo, 1991/2000.....	422
Tabela 8.3 – 13	Domicílios Particulares Permanentes Urbanos por Situação da Coleta de Lixo, 1991/2000 (em percentuais).....	422
Tabela 8.3 – 14	AII – Destinação Final dos Resíduos Sólidos.....	423
Tabela 8.3 – 15	AII – Consumo de Energia Elétrica por Classe de Uso, 1996 a 2000.....	425
Tabela 8.3 – 16	AII – Evolução do Número de Consumidores e do Consumo de Energia Elétrica Residencial, 1980/1985/ 1990 / 1995 / 1998	426
Tabela 8.3 – 17	Energia Elétrica – Participação do Número de Consumidores Residenciais por Município na RMBS, 1980 / 1985 / 1990 / 1995 / 1998.....	427
Tabela 8.3 – 18	AII – Evolução do Número de Terminais Telefônicos, 1991 / 1996 / 1999 (Exceto Tefelonia Celular).....	429
Tabela 8.3 – 19	AII – Valor Adicionado nos Municípios e Participação no Estado, 1999 e 2001.....	433
Tabela 8.3 – 20	Valor Adicionado por Município e por Setor da Economia, 1999.....	434
Tabela 8.3 – 21	AII – Produto Interno Bruto Estimado, 1970 – 1996 (em Milhões de Dólares de 1998).....	434
Tabela 8.3 – 22	Estabelecimentos e Empregos segundo setores, ramos e gêneros de atividade econômica, 2000.....	436
Tabela 8.3 – 23	Estabelecimentos, Pessoal Ocupado e Pessoal Assalariado, 2000.....	437
Tabela 8.3 – 24	Quocientes de Localização (QL) de Atividades Econômicas, 2000.....	441
Tabela 8.3 – 25	AII – Identificação de Arranjos Produtivos Locais para Micro e Pequenas Empresas, 2002.....	443
Tabela 8.3 – 26	Evolução da Receita Orçamentária Total, 1996 / 2000.....	448
Tabela 8.3 – 27	Receitas Orçamentárias Correntes e de Capital, 2000.....	449
Tabela 8.3 – 28	Receitas Orçamentárias Correntes por Subcategoria Econômica, 2000.....	450
Tabela 8.3 – 29	Receitas Orçamentárias Correntes por Subcategoria Econômica, 2000 (em percentuais).....	450
Tabela 8.3 – 30	AII – Receitas Tributárias por Fontes, 2000.....	452
Tabela 8.3 – 31	AII – Receitas Tributárias por Fontes, 2000 (em percentuais).....	452
Tabela 8.3 – 32	Receitas de Transferências Correntes por Fontes, 2000.....	454
Tabela 8.3 – 33	AII – Receitas de Transferências Correntes por Fontes, 2000 (em percentuais).....	454
Tabela 8.3 – 34	Despesas Orçamentárias por Categoria Econômica, 2000.....	459
Tabela 8.3 – 35	Despesas Orçamentárias por Categoria Econômica, 2000 (em percentuais).....	460
Tabela 8.3 – 36	AII-Despesas de Custeio, 2000.....	463
Tabela 8.3 – 37	AII – Despesas de Custeio, 2000 (em percentuais).....	463
Tabela 8.3 – 38	AII – Despesas Orçamentárias Municipais por Funções, 2000.....	465
Tabela 8.3 – 39	AII – Despesas Orçamentárias Municipais por Funções, 2000 (em percentuais).....	465
Tabela 8.3 – 40	População Residente, 2000.....	466
Tabela 8.3 – 41	AII – Evolução da População Residente Segundo os Municípios – 1970 / 1980 / 1991 / 2000.....	468

Tabela 8.3 – 42	Baixada Santista – Evolução das Taxas de Crescimento da População Residente – 1970 / 1980 / 1991 / 2000.....	469
Tabela 8.3 – 43	AII – Participação Proporcional da População dos Municípios na Baixada Santista – 1970 / 1980 / 1991 / 2000.....	470
Tabela 8.3 – 44	AII – Distribuição da População Residente por Sexo, 2000.....	471
Tabela 8.3 – 45	AII – Distribuição da População por Grupos de Idade, 2000.....	471
Tabela 8.3 – 46	AII – População Residente e Flutuante, 2000.....	473
Tabela 8.3 – 47	Baixada Santista – Distribuição do Número de Empregos por Setores de Atividade Econômica Segundo os Municípios, 2000.....	478
Tabela 8.3 – 48	Apuração do Índice de Desemprego.....	480
Tabela 8.3 – 49	AII – Variação do Salário Médio Mensal por Ramo de Atividade – 1996/ 2000.....	481
Tabela 8.3 – 50	ICV – DIEESE por Mês, Acumulado Anual e no Período de 1996 a 2000.....	482
Tabela 8.3 – 51	AII – Variação do Salário Médio Mensal por Ramo de Atividade 1996/2000.....	483
Tabela 8.3 – 52	Distribuição dos Responsáveis por Domicílios por Faixa de Rendimento Médio Nominal Mensal, 2000 (em Salários Mínimos).....	486
Tabela 8.3 – 53	Distribuição dos Responsáveis por Domicílios por Faixa de Rendimento Médio Nominal Mensal, 2000 (em Salários Mínimos) – em percentuais.....	486
Tabela 8.3 – 54	AII – Estabelecimentos e Leitos Hospitalares do SUS por Município – Dezembro de 2001.....	488
Tabela 8.3 – 55	AII – Estabelecimentos Ambulatoriais de Saúde do SUS Segundo Município e Tipo.....	489
Tabela 8.3 – 56	AII – Número de Internações Hospitalares do SUS Segundo Local de Residência e Ocorrência, 2001.....	490
Tabela 8.3 – 57	AII – Produção Ambulatorial Segundo Município e Tipo de Atendimento, 2001.....	490
Tabela 8.3 – 58	AII – Concentração média de consultas básicas por habitante/ano e por município, 2001.....	491
Tabela 8.3 – 59	AII – Indicadores de Cobertura dos Serviços de Atenção Básica por Município, 2001.....	491
Tabela 8.3 – 60	AII – Número de Óbitos por Faixa Etária e Coeficientes de Mortalidade Proporcional por Município, 1999.....	494
Tabela 8.3 – 61	AII – Principais Causas de Morte de Todas as Idades, 1998.....	494
Tabela 8.3 – 62	AII – Principais Causas de Morte de Menores de 1 Ano de Idade, 1998...	497
Tabela 8.3 – 63	AII – Principais Causas de Internação Hospitalar, 2001.....	498
Tabela 8.3 – 64	AII – Indicadores de Atenção Básica dos Municípios, 2001.....	499
Tabela 8.3 – 65	Distribuição de Pessoas com 10 Anos ou Mais Segundo Condição de Alfabetização, 1980, 1991 e 2000.....	500
Tabela 8.3 – 66	AII – Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais (em percentuais).....	500
Tabela 8.3 – 67	Alfabetização por Grupos de Idade de 10 a 19 Anos, 2000.....	502
Tabela 8.3 – 68	Anos de Estudo das Pessoas Responsáveis pelos Domicílios Particulares Permanente, 2000.....	504
Tabela 8.3 – 69	Anos de Estudo das Pessoas Responsáveis pelos Domicílios Particulares Permanente (em percentuais), 2000.....	504
Tabela 8.3 – 70	Número Médio de Anos de Estudo dos Chefes de Domicílio, 1991.....	505
Tabela 8.3 – 71	AII – Número de Escolas por Modalidade de Ensino, 2000.....	508
Tabela 8.3 – 72	AII – Distribuição da população escolar por tipo de ensino segundo os municípios, 200.....	508

Tabela 8.3 – 73	Baixada Santista – Evolução das Matrículas no Ensino Regular por Nível de Ensino e Dependência Administrativa, 1996/2001.....	509
Tabela 8.3 – 74	AII – Educação Infantil – Matrícula Inicial por Tipo e Dependência Administrativa, 2000.....	510
Tabela 8.3 – 75	AII – Ensino Fundamental – Matrícula Inicial por Dependência Administrativa, 2000.....	511
Tabela 8.3 – 76	AII – Ensino Médio – Matrícula Inicial por Dependência Administrativa, 2000.....	512
Tabela 8.3 – 77	AII – Número de Salas de Aula por Tipo e Dependência Administrativa, 2000.....	514
Tabela 8.3 – 78	Evolução das Taxas de Desempenho Escolar do Ensino Fundamental, Estado, RMBS, Santos, 1997/1999.....	516
Tabela 8.3 – 79	Evolução das Taxas de Desempenho Escolar do Ensino Médio, Estado, RMBS e Santos, 1997/1999.....	517
Tabela 8.3 – 80	AII – Ensino Fundamental – Taxa de Defasagem Idade-Série, 2000.....	519
Tabela 8.3 – 81	Baixada Santista – Ensino Médio – Taxa de Defasagem Idade/Série por Dependência Administrativa, 1996, 1998, 1999 e 2000.....	520
Tabela 8.3 – 82	AII – Domicílios Particulares Permanentes por Situação, 2000.....	521
Tabela 8.3 – 83	AII – Domicílios Particulares Permanentes por Condição de Ocupação em Porcentagem, 1991/2000.....	523
Tabela 8.3 – 84	Arrendamentos de áreas no porto de Santos.....	529
Tabela 8.3 – 85	Áreas arrendadas e em licitação – PROAPS.....	530
Tabela 8.3 – 86	AID – Movimento no Porto em Milhões de Toneladas 1989/2001.....	535
Tabela 8.3 – 87	AID – Principais Produtos Movimentados em Milhões de Toneladas, 1997/2001.....	536
Tabela 8.3 – 88	AID – Trabalhadores Vinculados ao Ogmo – Posição em 31/12/2002.....	540
Tabela 8.3 – 89	AID – Salário Médio Mensal “Per Capita”, 2002 (em reais).....	541
Tabela 8.3 – 90	AID – Indicadores de Melhoria da Produtividade, 1997/2000.....	544
Tabela 8.3 – 91	AID – Produtividade Segundo a Natureza da Carga e Local, 1996/1999....	545
Tabela 8.3 – 92	Custo Médio de um Contêiner para o Armador – Principais Portos do Mundo e Santos, 2000.....	546
Tabela 8.3 – 93	AID – Qualidade Ambiental e Segurança do Trabalho – Ocorrência, Dezembro/2000.....	553
Tabela 8.3 – 93	Continuacao da tabela anterior.....	554
Tabela 8.3 – 93	Continuação da tabela anterior.....	555
Tabela 8.3 – 93	Continuação da tabela anterior.....	556
Tabela 8.3 – 94	AID – Qualidade Ambiental e Segurança do Trabalho – Ocorrências, Dezembro 2001.....	557
Tabela 8.3 – 95	AID – Qualidade Ambiental e Segurança do Trabalho – Ocorrências, Dezembro/2002.....	557

8.4. Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural

Índice de Figuras

Figura 8.4 – 1	Localização das Áreas de Influência do Empreendimento.....	578
Figura 8.4 – 2	Localização dos Sítios Arqueológicos na ADA e entorno imediato.....	581
Figura 8.4 – 3	Localização dos Sítios Arqueológicos na AII.....	589
Figura 8.4 – 4	Mapa Regional com Imagens Históricas do Porto de Santos.....	594

Figura 8.4 – 5	Mapa Regional com formação da malha urbana de Santos e áreas potenciais de pesquisa subaquática.....	614
Figura 8.4 – 6	Detalhe das áreas potenciais de pesquisa arqueológica subaquática no entorno do empreendimento.....	615

Índice de Fotos

Foto 8.4 – 1	Trabalhos de levantamento arqueológico na área do empreendimento, com abertura de seqüências de poços-teste.....	582
Foto 8.4 – 2	Idem foto anterior.....	582
Foto 8.4 – 3	Leitura cartográfica e documentação dos trabalhos de campo.....	582
Foto 8.4 – 4	Prospecções com uso de barcos a motor permitiram verificar as linhas de barranco presentes no entorno da área de pesquisa.....	582
Foto 8.4 – 5	Durante os trabalhos de campo foram realizadas várias entrevistas junto à comunidade local, objetivando coletar dados históricos e culturais.....	583
Foto 8.4 – 6	Ruínas barnabé em 1937 (Germano Graeser/IPHAN).....	601
Foto 8.4 – 7	Idem foto anterior.....	601
Foto 8.4 – 8	Idem foto anterior.....	601
Foto 8.4 – 9	Ruínas Barnabé em 2002 (Acervo IPARC/UniSantos).....	602
Foto 8.4 – 10	Idem foto anterior.....	602
Foto 8.4 – 11	Sítio Sandi: Vista geral da área onde está implantado o sítio.....	604
Foto 8.4 – 12	Ao lado, trabalhos de evidenciação e regularização no perfil do sambaqui...	604
Foto 8.4 – 13	Abaixo, vista do perfil estratigráfico do sítio. Assinalado em vermelho artefato lítico com evidências de uso (batedor).....	604
Foto 8.4 – 14	Material arqueológico histórico resgatado no Sítio Sandi, proveniente de sondagens abertas no entorno da residência atual.....	606
Foto 8.4 – 15	Sítio sambaqui Vila Diana.....	608
Foto 8.4 – 16	Sítio sambaqui Vila Diana.....	608
Foto 8.4 – 17	Sítio sambaqui Vila Diana.....	608
Foto 8.4 – 18	Sítio sambaqui Vila Diana.....	608
Foto 8.4 – 19	Dona Dina, repositaria da memória da comunidade.....	610
Foto 8.4 – 20	Residência mais antiga do povoado.....	610
Foto 8.4 – 21	Capela da Vila Diana e imagens sacras existentes em seu interior.....	610
Foto 8.4 – 22	Idem anterior.....	610
Foto 8.4 – 23	Cais e píer da Vila Diana, localizados bem em frente ao sambaqui.....	611
Foto 8.4 – 24	Detalhe de trançado de rede sendo executado por pescador da comunidade...	611

Índice de Tabelas

Tabela 8.4 – 1	Bens tombados ou em processo de tombamento nos municípios da AII...	585
Tabela 8.4 – 1	Continuação da tabela anterior.....	586
Tabela 8.4 – 1	Continuação da tabela anterior.....	587
Tabela 8.4 – 2	Sítios Sambaqui Cadastrados para a Baixada Santista.....	596
Tabela 8.4 – 3	Sítios arqueológicos identificados.....	603
Tabela 8.4 – 4	Comportamento estratigráfico de perfil aberto em barranco. Sítio Sândi....	603

8.5. Diagnóstico de Logística e Transportes nas Áreas de Influência

Índice de Figuras

Figura 8.5 – 1	AII – Malha Rodoviária – Sistema Anchieta-Imigrantes.....	618
Figura 8.5 – 2	AII – Malha Ferroviária.....	622
Figura 8.5 – 3	Malha Ferroviária MRS.....	623
Figura 8.5 – 4	Malha Ferroviária Ferrobán.....	624
Figura 8.5 – 5	Programa de Arrendamento e Parcerias do Porto de Santos (PROAPS).....	632
Figura 8.5 – 6	Rodoanel.....	650
Figura 8.5 – 7	Ferroanel e Relocação de Terminais de Carga.....	651

Índice de Fotos

Foto 8.5 – 1	Serra do Mar / Via Anchieta – Bairros-Cota (assentamentos irregulares).....	619
Foto 8.5 – 2	AID - Porto de Santos – Vista em Direção ao Sul (Margem Direita mais afastada).....	629
Foto 8.5 – 3	Porto de Santos – Principais Terminais e Estações da Malha Ferroviária.....	643
Foto 8.5 – 4	ADA – Ilha Barnabé – Vista no sentido leste.....	648

Índice de Gráficos

Gráfico 8.5 – 1	Porto de Santos – Movimento segundo Embarque / Desembarque e Tipo de Carga (em milhares de toneladas) - 1986-2000.....	633
Gráfico 8.5 – 2	Porto de Santos – Movimentação das Cinco Principais Mercadorias (em milhares de toneladas) – 1997-2002.....	635
Gráfico 8.5 – 3	Porto de Santos – Movimento Mensal de Mercadorias (em milhares de toneladas) - 2000 a 2002.....	636
Gráfico 8.5 – 4	Porto de Santos – Movimentação mensal de Embarcações atracadas-2002...	638
Gráfico 8.5 – 5	Porto de Santos – Participação das Ferrovias na Movimentação de Cargas (em percentual do peso) – 1998-2002.....	642
Gráfico 8.5 – 6	Porto de Santos – Tempo Médio de Permanência de Vagões (horas) – 1998-2002.....	644

Índice de Tabelas

Tabela 8.5 – 1	Rodovias de Pista Dupla na AII - Determinação de Nível de Serviço Metodologia: "Highway Capacity Manual" 1998.....	621
Tabela 8.5 - 2	AII – MRS e Ferrobán-Dados e indicadores de operação 2001.....	626
Tabela 8.5 – 3	AII Porto de Santos-Movimento anual (em milhares de toneladas) – exportação e importação- 1997 a 2000.....	630
Tabela 8.5 – 4	Porto de Santos – Principais Mercadorias Movimentadas (em milhares de toneladas) – 1997-2002.....	634
Tabela 8.5 – 5	Porto de Santos – Movimento de Contêineres (em unidades) 1997 a 2002.....	635
Tabela 8.5 – 6	Conversão à esquerda da SP-055 sentido Cubatão-Guarujá para a Rodovia Rio-Santos – Determinação de Capacidade – Metodologia: "Highway Capacity Manual" 1998.....	647
Tabela 8.5 – 7	Arrendamentos no Porto de Santos Programa de Arrendamentos e Parcerias.....	655
Tabela 8.5 – 7	Continuação da tabela anterior.....	656

9. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais nas Áreas de Influência

Índice de Figuras

Figura 9.1 – 1	Emissão de NOx por navios.....	682
Figura 9.2 – 1	Impacto do empreendimento sobre a cobertura vegetal da Área Diretamente Afetada – ADA.....	719

Índice de Quadros

Quadro 9.1 – 1	Matriz de Identificação de Impactos na Dinâmica Superficial.....	691
Quadro 9.1 – 2	Síntese da Avaliação de Impactos no Meio Físico.....	713
Quadro 9.1 – 2	Continuação do quadro anterior.....	714
Quadro 9.1 – 2	Continuação do quadro anterior.....	715
Quadro 9.1 – 2	Continuação do quadro anterior.....	716
Quadro 9.1 – 2	Continuação do quadro anterior.....	717
Quadro 9.2 – 1	Síntese da Avaliação de Impactos no Meio Biótico.....	737
Quadro 9.2 – 1	Continuação do quadro anterior.....	739
Quadro 9.2 – 1	Continuação do quadro anterior.....	739
Quadro 9.3 – 1	Síntese da avaliação de impactos no meio socioeconômico.....	771
Quadro 9.3 – 1	Continuação do quadro anterior.....	772
Quadro 9.3 – 1	Continuação do quadro anterior.....	773
Quadro 9.3 – 1	Continuação do quadro anterior.....	774
Quadro 9.3 – 2	Síntese da avaliação de impactos na logística e transportes.....	775
Quadro 9.3 – 2	Continuação do quadro anterior.....	776

Índice de Tabelas

Tabela 9.1 – 1	Critérios adotados na avaliação dos impactos ambientais do empreendimento.....	676
Tabela 9.1 – 2	Emissões nas rodovias.....	684
Tabela 9.1 – 3	Comparação entre os valores orientadores para solos industriais e concentrações de contaminantes encontrados no sedimento.....	707
Tabela 9.2 – 1	Síntese do levantamento da cobertura vegetal na áreas de influência direta e indireta.....	720
Tabela 9.2 – 2	Análise do impacto sobre a Área Diretamente Afetada (ADA).....	721
Tabela 9.2 – 3	Análise do impacto nas Áreas de Influência Direta e Indireta.....	722
Tabela 9.3 – 1	Fase de Implantação do Empreendimento-Previsão de Movimentação de Materiais.....	757
Tabela 9.3 – 2	Terminal Embraport - Etapa Final e Porto de Santos – 2002. Comparativo de Movimento de Mercadorias (em milhares de toneladas por ano).....	761
Tabela 9.3 – 3	Terminal Embraport - Etapa Final e Porto de Santos – 2002. Comparativo de Tempo de Permanência de Embarcações.....	761
Tabela 9.3 – 4	Terminal Embraport - Etapa Final-Movimento de Cargas segundo Modo de Transporte.....	764
Tabela 9.3 – 5	Terminal Embraport – Etapa Final-Movimento de Diário Médio de Caminhões e Vagões Ferroviários.....	765

10. Medidas Mitigadoras, de Monitoramento e Compensatórias

Índice de Quadros

Quadro 10.1 – 1	Mitigação e Monitoramento de Impactos na Dinâmica Superficial.....	779
Quadro 10.1 – 1	Continuação do quadro anterior.....	780
Quadro 10.1 – 1	Continuação do quadro anterior.....	781

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

8.1. Meio Físico

8.1.1. Clima

A região da Baixada Santista, embora situada geograficamente no Brasil Sudeste, enquadra-se integralmente nas condições meteorológicas peculiares ao Brasil Meridional, participando da ação das massas de ar e das perturbações frontais que assolam, com certa frequência, a costa brasileira, desde Porto Alegre até o Rio de Janeiro. Assim, a região está a maior parte do ano controlada pelo anticiclone semipermanente do Atlântico Sul, onde tem origem a massa de ar tropical, designada Tropical Atlântica (Ta). Embora esta massa de ar apresente no centro do anticiclone temperatura homogênea, na Baixada Santista, localizada na aba ocidental da massa de ar, a camada inferior da atmosfera é instabilizada pela corrente marítima quente do Brasil, que percorre a costa nesta latitude. Durante o verão, com as altas temperaturas, esta instabilidade é acentuada, tornando o ar convectivamente instável até a altitude de 3000m e registrando gradiente térmico acentuado.

As frentes frias originárias do sul, ao se depararem com a Serra do Mar, na região de Cubatão, têm seu movimento freado, mantendo-se estacionárias por alguns dias. Este ar comprimido no sopé das serras, adiabaticamente se aquece e, em sua ascensão, tentando galgar a serra, torna-se saturado e sua umidade se condensa, formando nuvens que envolvem o alto da serra, ora em nevoeiros – de ligeira neblina até densa cerração – ora em garoas contínuas ou chuvas torrenciais. Por esses motivos, a região é a mais chuvosa do Brasil.

Quando a frente fria se desloca mais rapidamente, seus efeitos são menores mas, quando esta se mantém estacionária, verificam-se chuvas torrenciais, persistentes e com forte nebulosidade. As frentes frias são acompanhadas de ventos de componente sul, que substituem a direção predominante de leste, por períodos de até oito a 10 dias.

De uma maneira geral, pode-se dizer que o clima na Baixada Santista se enquadra em uma das seguintes situações:

- a) Tempo bom, quando a alta pressão do Atlântico domina o continente, ocorrendo nevoeiros pela manhã ou névoa seca por todo o dia.
- b) Afastando-se o anticiclone para o oceano, deixa aberto no continente um corredor para a livre penetração do ar tropical continental ou do ar equatorial que, penetrando na região, ocasiona ondas de calor e perturbações no tempo.
- c) A passagem da frente fria provoca queda na temperatura, sendo, então, os dias mais frescos ou mesmo frios. O estabelecimento sobre a região do anticiclone móvel de origem polar, além de chuvas fortes a princípio e do declínio da temperatura, posteriormente pode ocasionar chuvas fracas, chuveiros constantes, céu encoberto e céu bastante encoberto.
- d) Sempre que a frente estacionária ou a frente oclusa permanecer sobre a região, caem chuvas torrenciais (espaçadas por intervalos de sol) durante vários dias, enquanto perdurar a condição estacionária.

A insolação média mensal é da ordem de 125 horas (1494 h observada em 2001), sendo máxima no mês de julho (com até 168 h) e mínima em outubro (108 h). No inverno e outono a insolação é maior, enquanto que no período de primavera se observa a menor insolação, sendo média nos

meses de verão. A nebulosidade (média de 6,3, em 2001) se apresenta inversamente correlacionada com a insolação, ou seja, os períodos de maior insolação são os de menor nebulosidade, e vice-versa. Isto torna compreensível porque no verão, quando os dias são mais longos, não se observa a maior insolação, visto que neste período o céu encontra-se frequentemente encoberto devido à formação de nuvens espessas.

Assim como ocorre em outras regiões costeiras, o aquecimento diurno e resfriamento noturno da superfície terrestre apresentam como resultado diferenças de temperatura entre a terra e o mar, estabelecendo-se a troca térmica permanente, com a brisa marítima do oceano para o continente durante o dia e oposta à noite.

A umidade relativa do ar é bastante elevada, com uma média de 80% observada em 2001, sendo mais intensa no inverno, depois no outono, primavera e, finalmente verão, como a estação menos úmida, embora com índices médios superiores a 70%. De maneira geral, as variações diurnas da umidade acompanham a temperatura. Estas taxas tão elevadas de umidade decorrem da influência geográfica conjugada da ação do mar e da presença da escarpa da serra, como já mencionado, também responsável pela alta pluviosidade.

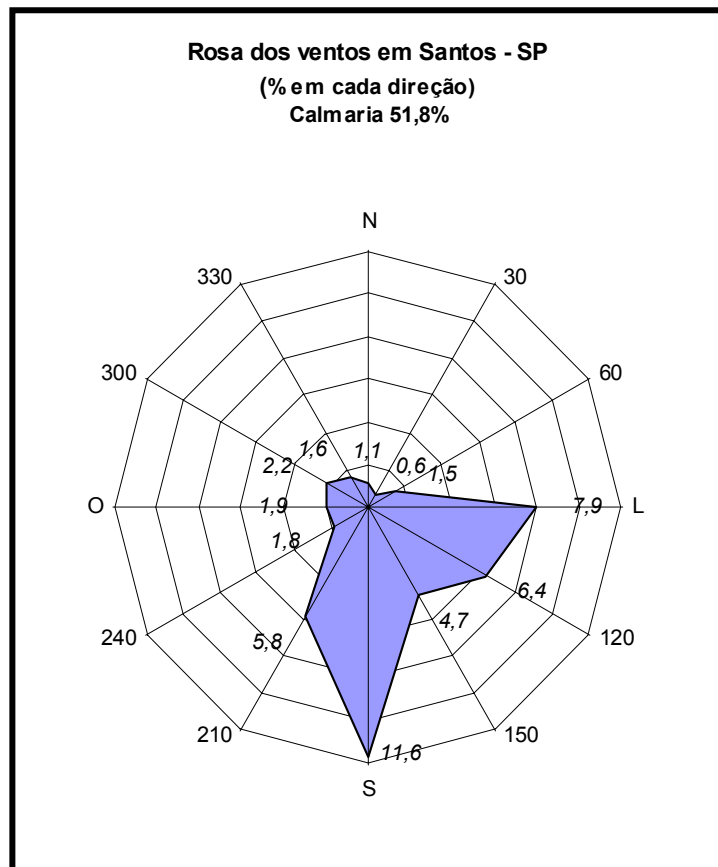
A **Figura 8.1-1** apresenta a Rosa dos Ventos em Santos, onde se observa a predominância de vento sul, seguida de leste e sudeste, com freqüência mínima de ventos oriundos dos quadrantes ao norte. Observando-se mais detalhadamente, conforme os meses (**Figura 8.1-2**), observa-se que durante toda a primavera-verão os ventos predominantes são de leste, embora se observe também freqüências significativas de outros setores, como o Sul, em outubro e o noroeste em janeiro. Já de abril a setembro, o vento sul é prevalecente. Em qualquer mês a permanência de calmarias é superior a 30 %, com a média anual da ordem de 50 %.

A temperatura média na Baixada Santista é da ordem de 22 °C (21,6 °C em 2001), sendo o mês mais quente o de fevereiro (médias da ordem de 25 °C) e o mais frio em julho (médias da ordem de 18 °C). Todavia, ondas de frio e de calor invadem Santos com relativa freqüência, registrando temperaturas máximas de até 40 °C e mínimas freqüentes abaixo dos 10 °C (durante o inverno, podendo chegar até a 4 °C). Embora a temperatura média mensal varie relativamente pouco de um mês para outro, a amplitude térmica diária é bastante acentuada, chegando a mais de 15 °C de diferença entre a máxima e a mínima de um mesmo dia.

O ritmo de chuvas, bastante intensas, apresenta grandes variações sazonais, como pode ser visto na **Tabela 8.1-1** e **Gráfico 8.1-1**. A precipitação total, em 2001, foi de 2.081 mm. Em todos os meses do ano (**Gráfico 8.1-1**) a pluviosidade mensal é elevada, acima de 150 mm, nos meses de inverno, maiores no outono e primavera e da ordem de 400 mm mensais no verão. As chuvas torrenciais são bastante intensas, sendo freqüentes as precipitações de mais de 100 mm (**Tabela 8.1-1**) com alguns casos de chuvas de mais de 200 mm.

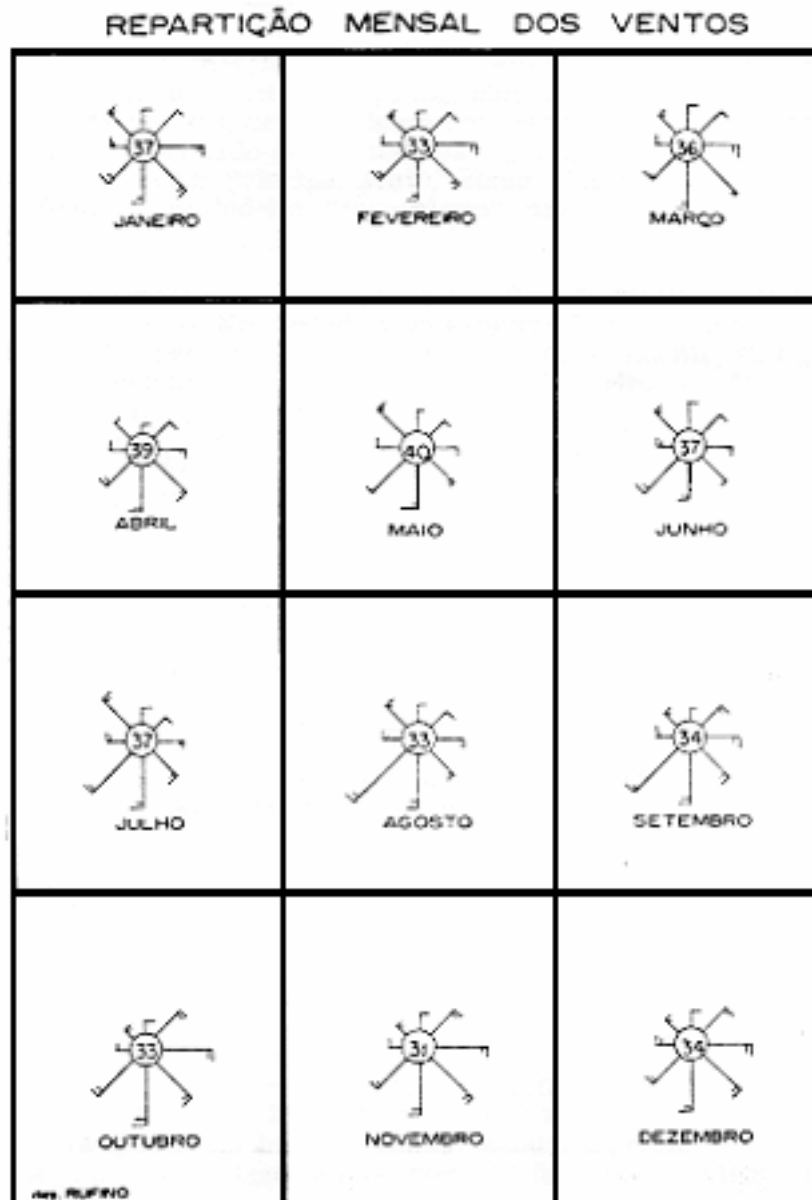
Em resumo, pode-se considerar o clima em Santos como tropical (quente e úmido), com temperaturas médias anuais de 22 °C (máximas de 40 °C), e alta pluviosidade (mais de 2000 mm anuais).

Figura 8.1- 1- Ventos Prevalentes em Santos



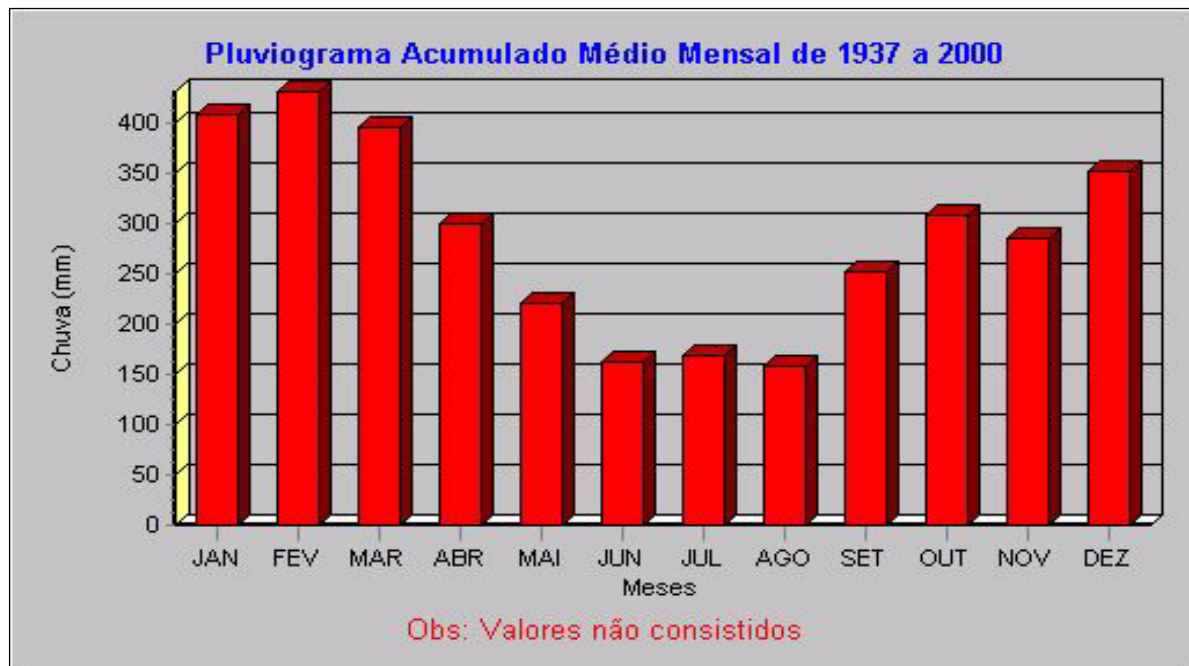
Fonte: Inmet, 2002

Figura 8.1- 2- Distribuição mensal dos Ventos na Baixada Santista



Fonte: Inmet, 2002

Gráfico 8.1- 1-Pluviograma Médio Acumulado. Séries Históricas de 1937 a 2000



Fonte: DAEE, 2002

8.1.2. Qualidade do Ar

8.1.2.1. Aspectos Legais

Os padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referências são regulamentados pela Portaria Normativa nº 348 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), de 14 de março de 1990, que ampliou o número de parâmetros anteriormente regulamentados através da Portaria GM 0231, de 27 de abril de 1976. Os padrões estabelecidos através dessa portaria foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), em 28 de junho de 1990, e transformados na Resolução Conama nº 03/90.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo, conforme tabela a seguir.

Tabela 8.1- 2 -- Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Conama nº 03/90)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO µg/m³	PADRÃO SECUNDÁRIO µg/m³
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150
	MGA ²	80	60
Partículas inaláveis	24 horas ¹	150	150
	MAA ³	50	50
Fumaça	24 horas ¹	150	100
	MAA ³	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100
	MAA ³	80	40
Dióxido de nitrogênio	24 horas ¹	320	190
	MAA ³	100	100
Monóxido de carbono	1 hora ¹	35 ppm	35 ppm
	8 horas ¹	9 ppm	9 ppm
Ozônio	1 hora ¹	160	160

¹ - Não deve ser excedido mais que uma vez por ano
² - Média geométrica anual
³ - Média aritmética anual
µg – micrograma
ppm – partes por milhão

Assim, caso a concentração de poluentes em um dado local venha a ultrapassar os valores da tabela acima, o ar é considerado inadequado. Para cada poluente são também fixados níveis para caracterização de estados críticos de qualidade do ar: níveis de alerta, atenção e emergência.

8.1.2.2. Diagnóstico da Qualidade do Ar

Embora o local de instalação do empreendimento esteja localizado afastado da malha urbana de Santos e como os ventos predominantes na região são do sul, pode-se considerar que a área de estudo receba a carga de poluentes da área urbana, apresentando, portanto, concentrações de poluentes um pouco inferiores – em função da dispersão que ocorre no trajeto dos poluentes – que aquelas observadas na região mais central de Santos. Embora haja certa proximidade da área industrial de Cubatão, esta se encontra a oeste/noroeste do empreendimento, fazendo com que os poluentes ali gerados somente possam atingir a área de estudo quando ocorrerem os ventos nesta direção, o que é pouco freqüente.

A melhor maneira de se caracterizar a qualidade do ar em uma região é através de dados de monitoramento, tomando-se uma série histórica de medições contínuas por alguns anos, de modo a se considerar todos os efeitos sazonais de emissão e variações climáticas que possam influenciar na concentração atmosférica de poluentes.

Não existe nenhuma estação de monitoramento de qualidade do ar na área de influência direta do empreendimento, mas a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) possui duas estações em operação em Cubatão e uma em Santos (esta última de operação manual), das quais se pode extrair dados para classificar a qualidade do ar na área de estudo de modo indireto.

Assim, a caracterização da qualidade do ar na AID e ADA – a mesma por sua proximidade – foi feita indiretamente, qualitativamente, por meio dos dados de monitoramento das estações

existentes da Cetesb, em Santos e Cubatão. As mesmas conclusões são válidas para o Município de Guarujá, dada a sua localização geográfica. Já a caracterização de qualidade do ar no restante da AII foi feita diretamente, de modo quantitativo, pelos dados de monitoramento da Cetesb nas estações de Santos (válida para este Município e São Vicente) e Cubatão.

Em Cubatão são monitorados o material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio e hidrocarbonetos. Em Santos há medições somente de material particulado e dióxido de enxofre.

a) Material particulado

O material particulado pode ter diversas origens, inclusive matéria inerte. Nestes casos o seu efeito é de irritação do trato respiratório superior pelas partículas de maior diâmetro. Além da composição, é muito importante o tamanho das partículas, pois quanto menores, maior a sua capacidade de penetração no organismo, sendo que as partículas inferiores a 1 μm podem inclusive entrar na circulação sanguínea.

Consideram-se inaláveis as partículas de diâmetro inferior a 10 μm , que são as de maior interesse para a saúde pública. O material particulado emitido pelos veículos diesel é essencialmente inalável, sendo composto por carbono, em partículas diminutas e altamente porosas, onde se alojam metais pesados e hidrocarbonetos de cadeias longas, que podem ter efeito cancerígeno e mutagênico. Logo, há um efeito tóxico, além do efeito da partícula em si, que gera lesões em todo o sistema respiratório, sendo causa ou agente agravante de enfermidades deste.

O padrão nacional de qualidade do ar para partículas totais em suspensão, é de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como média geométrica anual, sendo que o valor de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média de 24 horas, não deve ser ultrapassado mais do que uma vez por ano. Para as partículas inaláveis, mais perigosas, os limites são de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média anual e de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média de 24 horas. Já a fumaça, medida nas estações anuais, possui os padrões de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média anual e de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média de 24 horas.

No período de 1997 a 2001, a média anual de partículas totais em suspensão variou de 62 a 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão – Centro, enquanto a segunda máxima de 24 h se manteve entre 134 e 225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com ultrapassagens do Padrão de Qualidade do Ar (PQAR) de no máximo uma vez por ano e nenhum estado de atenção.

Estes resultados indicam que na região central de Cubatão a concentração total de partículas atende os padrões legais, embora os valores médios se encontrem pouco abaixo dos limites. Na estação de Cubatão – Vila Parisi, a média de 24 horas se manteve, no mesmo período, entre 184 a 199 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto a segunda máxima diária oscilou entre 368 e 449 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com ultrapassagens do PQAR de 14 a 26 vezes ao ano com até seis estados de atenção (observado em 1998), o que indica uma região de condições bastante desfavoráveis de qualidade do ar.

As partículas inaláveis, no mesmo período de monitoramento, apresentaram médias anuais de 37 a 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação de Cubatão – Centro, com segundas máximas diárias de 124 a 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com até duas ultrapassagens por ano do PQAR e um estado de atenção verificado em 1999, o que indica o não atendimento pleno dos padrões legais de qualidade do ar.

Na estação de Cubatão – Vila Parisi, a média anual de partículas inaláveis variou de 88 a 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no mesmo período, com segundas máximas diárias de 207 a 259 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorrendo ultrapassagens do PQAR com frequências de 25 a 41 vezes ao ano, indicando uma situação bastante crítica com relação a este parâmetro.

O índice de qualidade do ar, para partículas inaláveis, em 2001, determinou qualidade BOA em 84,7 % dos dias na estação Cubatão – Centro e 13,7 % em Vila Parisi; condição REGULAR 15 % dos dias em Cubatão – Centro e 79 % em Vila Parisi; INADEQUADA em 0,3 % dos dias em Cubatão – Centro e 7 % do tempo em Vila Parisi; MÁ por 0,3 % dos dias em Vila Parisi e PÉSSIMA ou CRÍTICA em nenhuma ocasião.

O nível de fumaça, medido na estação de Santos, no período de 1997 a 2001 (vide **Tabela 8.1-3**), apresentou médias anuais entre 25 e 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com as segundas máximas diárias de 53 a 112, sendo observada apenas uma ultrapassagem do PQAR no ano de 2000, o que indica uma boa qualidade atmosférica, com o atendimento do padrão secundário para média anual (em todos os anos) e do padrão primário para os picos diários (sendo atingido também o padrão secundário todos os anos, exceto 2000).

Com base nestes dados de monitoramento, pode-se concluir que na região de estudo, na condição de vento predominante sul, ao receber o ar de Santos, considerando-se que os poluentes ainda deverão se dispersar no percurso, a qualidade do ar deve se manter boa, em uma condição sempre igual ou melhor que a observada na área urbana de Santos.

A carga de poluentes de Cubatão somente poderá atingir a área do empreendimento nas ocasiões de vento oeste (Cubatão – Centro) ou noroeste (Cubatão – Vila Parisi). Neste caso, somente o vento noroeste, levando o ar (e a carga de poluentes) de Vila Parisi, poderia causar uma ultrapassagem do padrão de qualidade do ar na área de estudo. No entanto, para que tal ocorra, devem coincidir os dias de vento noroeste (pouco comuns), com os dias críticos de qualidade do ar na zona industrial de Cubatão (o que normalmente ocorre em dias de calmaria).

Portanto, pode-se concluir, com bom grau de segurança, dados os resultados de monitoramento nas estações mais próximas e o regime de ventos, e considerando-se o fato de inexistirem fontes significativas de poluição atmosférica na área de estudo, que a concentração de partículas se mantenha dentro dos padrões legais na área do empreendimento.

Tabela 8.1- 3 -Resultados do Monitoramento de Material Particulado em Estações de Santos e Cubatão

		Santos	Cubatão - Centro		Cubatão – Vila Parisi	
		Fumaça	Part. Inaláveis	Part. totais	Part. Inaláveis	Part. totais
1997	Média Anual	25	41	74	98	186
	1ª máxima	56	223	362	326	569
	2ª máxima	53	124	205	259	449
	Ultrapass. PQAR	0	1	1	51	15
	Estado Atenção	0	0	0	0	5
1998	Média Anual	35	39	64	95	199
	1ª máxima	93	216	157	250	469
	2ª máxima	73	125	151	207	458
	Ultrapass. PQAR	0	1	0	45	26
	Estado Atenção	0	0	0	0	6
1999	Média Anual	36	37	62	88	187
	1ª máxima	102	260	202	306	521
	2ª máxima	96	137	172	224	437
	Ultrapass. PQAR	0	1	0	26	23
	Estado Atenção	0	1	0	1	3
2000	Média Anual	36	39	66	88	184
	1ª máxima	193	187	271	253	557
	2ª máxima	112	150	225	246	368
	Ultrapass. PQAR	1	2	1	28	14
	Estado Atenção	0	0	0	1	1
2001	Média Anual	26	36	65	93	199
	1ª máxima	72	173	265	338	587
	2ª máxima	53	165	134	226	409
	Ultrapass. PQAR	0	2	1	25	23
	Estado Atenção	0	0	0	1	4

Fonte: Cetesb, 2001

b) Dióxido de enxofre

Por ser altamente solúvel nas passagens úmidas do aparelho respiratório superior, o dióxido de enxofre (SO₂) provoca um aumento da secreção de muco, podendo provocar inflamações graves na mucosa e redução do movimento ciliar, no trato respiratório, responsável pela remoção do muco e partículas estranhas. Aumenta, assim, a incidência de rinite, faringite e bronquite. Nas plantas, em concentrações bastante baixas, o SO₂ altera o processo fotossintético com lesões e morte das folhas, além de diminuir a resistência às pragas. O padrão nacional de qualidade do ar, para SO₂, é de 80 µg/m³ em média aritmética anual, sendo que o valor de 365 µg/m³ em média de 24 horas, não deve ser ultrapassado mais do que uma vez por ano.

O dióxido de enxofre, no período de 1997 a 2001, nas duas estações de Cubatão (Centro e Vila Parisi) apresentou-se em médias anuais de 14 a 29 µg/m³, com segundas máximas diárias de 66 a 118 µg/m³, o que indica o atendimento até do padrão secundário, em todas as médias anuais, e com o atendimento do padrão primário para as máximas diárias (padrão secundário atendido na

estação Centro de 1997 a 2000 e em Vila Parisi em 1998). O índice de qualidade do ar para este poluente indica mais de 99 % dos dias com qualidade BOA e o restante REGULAR, em ambas as estações de Cubatão. Em Santos, o monitoramento em estação manual teve início em 2000 apresentando, nos dois anos de medições, médias anuais de 10 e 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, caracterizando o absoluto atendimento ao padrão secundário de qualidade do ar (**Tabela 8.1 - 4**).

Logo, dada a boa qualidade do ar, para este poluente, nas estações próximas ao empreendimento, bem como a inexistência de fontes significativas de emissão na área de estudo, pode-se concluir com total segurança a manutenção do padrão de qualidade do ar, para dióxido de enxofre, na área do empreendimento.

Tabela 8.1- 4 - Resultados do Monitoramento de Dióxido de Enxofre em Estações de Santos e Cubatão

		Dióxido de Enxofre		
		Santos	Cubatão/ Centro	Cubatão/ Vila Parisi
1997	Média Anual	-	25	14
	1ª máxima	-	91	123
	2ª máxima	-	85	106
	Ultrapass. PQAR	-	0	0
	Estado Atenção	-	0	0
1998	Média Anual	-	16	24
	1ª máxima	-	84	96
	2ª máxima	-	66	82
	Ultrapass. PQAR	-	0	0
	Estado Atenção	-	0	0
1999	Média Anual	-	18	27
	1ª máxima	-	90	122
	2ª máxima	-	79	118
	Ultrapass. PQAR	-	0	0
	Estado Atenção	-	0	0
2000	Média Anual	10	18	29
	1ª máxima	-	90	125
	2ª máxima	-	77	114
	Ultrapass. PQAR	0	0	0
	Estado Atenção	0	0	0
2001	Média Anual	11	20	27
	1ª máxima	-	112	112
	2ª máxima	-	107	111
	Ultrapass. PQAR	0	0	0
	Estado Atenção	0	0	0

Fonte: Cetesb 2001

c) Óxidos de nitrogênio

Os óxidos de nitrogênio são compostos principalmente pelo NO e pelo NO₂. Em dias de intensa radiação solar, o NO, embora não seja comprovadamente tóxico, é oxidado a dióxido de nitrogênio

(NO₂), que é altamente tóxico ao homem, aumentando a suscetibilidade às infecções respiratórias e aos problemas respiratórios em geral.

O NO₂, que é irritante das mucosas e provoca enfisema pulmonar, pode ser transformado em nitrosaminas, nos pulmões, com potencial cancerígeno. Quando na circulação sanguínea, o NO₂ pode ainda constituir causa de metahemoglobina. Sobre os vegetais, os óxidos de nitrogênio agem como inibidores da fotossíntese, podendo provocar, também, lesões nas folhas, o que se constitui em importante prejuízo do setor agrícola. O padrão nacional de qualidade do ar para o NO₂ é 100 µg/m³ em média aritmética anual, não podendo ultrapassar o limite de 320 µg/m³ (em média de 1 hora) mais que uma vez por ano.

Os óxidos de nitrogênio são monitorados somente na estação Cubatão Centro, sendo que no período de 1997 a 2001, as médias anuais de NO₂ variaram entre 27 e 38 µg/m³, com as segundas máximas de 1 hora entre 105 e 161 µg/m³, não sendo registrada nenhuma ultrapassagem do PQAR. O NO_x (total), manteve-se em média anual de 36 a 42 µg/m³, com as segundas máximas de 1 hora entre 212 e 260 µg/m³, ou seja, mesmo na hipótese improvável de todo o NO_x se converter em NO₂, seria mantido o padrão de qualidade do ar.

Logo, se na região central de Cubatão mais próxima das fontes industriais, a qualidade do ar é muito boa para este poluente, certamente o mesmo deverá ocorrer na área de estudo.

d) Ozônio

Na presença de luz solar, os óxidos de nitrogênio reagem com os hidrocarbonetos, formando os chamados oxidantes fotoquímicos, cujo principal elemento e parâmetro indicador da ocorrência é o ozônio (O₃). Este conjunto de elementos é altamente nocivo às plantas, aos materiais, aos animais e ao homem. O padrão nacional de qualidade do ar para o O₃ é 160 µg/m³ em média de 1 hora, não podendo ultrapassar este limite mais que uma vez por ano.

No período de 1997 a 2001, na estação de Cubatão – Centro, a segunda máxima de 1 hora de ozônio variou entre 203 e 289 µg/m³, bem acima do PQAR, tendo ocorrido ultrapassagens do padrão de qualidade do ar de oito a 21 vezes ao ano, com determinação de dois a oito estados de atenção anuais.

Como o O₃ é um poluente secundário, que como tal não se apresenta necessariamente nas proximidades das fontes lançadoras dos seus elementos precursores (sendo um poluente de ampla abrangência), o fato do mesmo ser crítico em Cubatão implica em grande probabilidade do mesmo ocorrer na área do empreendimento.

e) Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos, por representarem uma grande variedade de produtos químicos, possuem efeitos bastante diversos sobre a saúde, em geral, irritação nos olhos e mucosas. No entanto, alguns hidrocarbonetos aromáticos foram identificados como cancerígenos e mutagênicos. Não existe padrão nacional de qualidade do ar para HC, mas a agência de proteção ambiental norte-americana Environmental Protection Agency (EPA) recomenda um índice máximo de hidrocarbonetos (menos metano), de 160 µg/m³ (0,24 ppmC), em média de 3 horas (das 6 às 9h).

Na estação de Cubatão – Centro, no período de 1997 a 2001, a concentração média de hidrocarbonetos (menos metano) manteve-se entre 0,20 e 0,33 µg/m³, com segundas máximas

horárias de 1,76 a 6,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o que certamente implica em não atendimento dos padrões da EPA, caracterizando uma qualidade do ar crítica para este poluente.

Dadas as altas concentrações deste poluente observadas no centro de Cubatão, mesmo não estando na direção do vento predominante, é possível que venham a ocorrer eventuais episódios de altas concentrações de HC na área do empreendimento, principalmente nos meses de verão, quando os ventos oeste e noroeste se tornam mais freqüentes.

f) Monóxido de carbono

Finalmente, o CO (monóxido de carbono), que não é monitorado pela Cetesb na região, mas tem interesse neste estudo por ser lançado principalmente pelo escapamento dos veículos automotores. O CO é um tóxico respiratório para o homem e os animais. A hemoglobina possui uma afinidade com o CO cerca de 210 vezes maior que o oxigênio. Dessa forma, mesmo em pequenas concentrações, este elemento toma o lugar do oxigênio, formando a carboxihemoglobina e, por conseqüência, diminui a oxigenação das células. A exposição ao monóxido de carbono causa afecções de caráter crônico, sendo particularmente nociva a pessoas anêmicas ou com deficiências cardiorrespiratórias. Agindo no sistema nervoso central, causa diminuição da capacidade de estimar intervalos de tempo e pode diminuir os reflexos e a acuidade visual da pessoa exposta. Recentemente, o CO tem sido apontado como causa da alta incidência de acidentes de tráfego em certos locais críticos.

Sendo o CO um poluente emitido basicamente pelo escapamento de veículos automotores, e de fácil dispersão, a sua alta concentração ocorre nas imediações de vias de tráfego intenso. Logo, dado o limitado tráfego de veículos na área do empreendimento, os níveis de CO na atmosfera local certamente se mantêm sempre baixos e dentro dos padrões de qualidade do ar.

8.1.2.3. Conclusões sobre o Diagnóstico da Qualidade do Ar

Considerando-se a interpretação dos dados de monitoramento da qualidade do ar em Santos e Cubatão, pode-se considerar regular a qualidade do ar na área de estudo, respeitando-se os padrões de qualidade do ar para todos os poluentes, com exceção do O_3 , que se apresenta em concentrações elevadas com alguma freqüência e, eventualmente os hidrocarbonetos, nas ocasiões de vento do quadrante Oeste.

8.1.3. Caracterização do Ruído

8.1.3.1. Aspectos Legais

No Brasil, os níveis de ruído são normalizados pela Resolução Conama nº 01/90, que determina que sejam respeitados os padrões estipulados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme a NBR 10.151, para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas.

A norma NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, revisão de 2000, considera recomendável, para conforto acústico, os níveis máximos de ruído externo conforme expostos abaixo.

Tabela 8.1- 5- Limites de Ruído conforme NBR 10.151 (em decibéis)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60
Obs.: Caso o nível de ruído preexistente no local seja superior aos relacionados nesta tabela, então este será o limite.		

A reação pública a uma fonte de ruído normalmente só ocorre se for ultrapassado o limite normalizado, e é tanto mais intenso quanto maior o valor desta ultrapassagem. Como parâmetro geral, considera-se que a resposta estimada da comunidade a uma fonte sonora ocorre conforme mostrado na **Tabela 8.1 - 6** a seguir (extraída da NBR 10.151, revisão de 1987). Em linhas gerais, é considerado significativo o impacto da poluição sonora se a sua intensidade for a partir de 10 decibéis - dB(A) - acima do padrão.

Tabela 8.1 - 6-Resposta da Comunidade a Fonte Sonora

Valor (em dB(A)) pelo qual o nível sonoro ultrapassa o padrão	Resposta estimada da comunidade	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito Enérgicas	Ação comunitária vigorosa

Fonte: NBR 10.151

8.1.3.2. Diagnóstico dos Níveis de Ruído

O diagnóstico de nível de ruído é sempre, pelas próprias características da poluição sonora, extremamente localizado a áreas restritas. Assim sendo, não faz muito sentido – e nem apresenta resultados práticos – a caracterização acústica na AII e AID, pois seria necessário o mapeamento acústico de extensas áreas, com medições em centenas de pontos, obtendo-se resultados não aplicáveis à área do empreendimento. Visto que o empreendimento também não deverá causar alterações no nível de ruído da AII e AID, perde totalmente o sentido a tentativa de caracterizar o nível de ruído nestas áreas.

Assim, foi caracterizado o nível de ruído na ADA, por meio de medições diretas de nível sonoro, em pontos que caracterizem áreas homogêneas desta.

No dia 26 de novembro de 2002, foi feita uma visita ao local, sendo realizadas medições de ruído diurno na área de estudo.

Nos pontos selecionados foram feitas medições de nível sonoro, com análise estatística dos dados, sendo anotados, entre outros parâmetros, o L_{eq} (nível equivalente contínuo), que é o índice de referência legal para o caso em análise, e o L_{90} (ruído de fundo) em amostragens de 3 minutos. Adiante se encontram os laudos de medição de ruído com registro gráfico da leitura durante o período de amostragem.

O L_{eq} representa o nível de ruído que, emitido de forma constante, apresenta a mesma energia da fonte medida na prática. Pode, portanto, ser considerado como o "ruído médio". Já o L_{90} é o nível de ruído que é ultrapassado 90 % do tempo, sendo denominado "ruído de fundo".

Para as medições foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 1) Medidor de Nível Sonoro: Marca Brüel & Kjær, modelo 2236, com análise estatística de dados.
- 2) Calibrador Acústico: Marca Brüel & Kjær, modelo 4231, devidamente aferido pelo fabricante.
- 3) Software dB2XL Type 7692, B&K, para conexão com computador e análise de resultados.
- 4) Microcomputador: Notebook IBM Think Pad 2620, conectado ao medidor de nível sonoro.

As medições de ruído foram executadas de acordo com as determinações da NBR 10.151.

Os pontos de medição foram selecionados de forma a caracterizar acusticamente o local do empreendimento, tendo sido selecionados dois pontos, que se mostraram suficientes para toda a área de estudo, conforme indicados na foto adiante.

O primeiro ponto de medição (P1) foi localizado junto à rodovia de acesso ao empreendimento, na divisa deste, enquanto o segundo (P2) foi junto à ponte ferroviária, próximo ao estuário, em frente ao porto de Santos (**Figura 8.1-3 – Localização dos pontos de medida em mapa e Anexo 4/Meio Físico – Caracterização dos Níveis de Ruído**)

No primeiro ponto havia o ruído de passagem de caminhões, mas não constituindo uma fonte sonora significativa. No outro, as fontes sonoras predominantes são naturais, constituída basicamente por ruído de vento na vegetação.

Os valores de ruído de fundo verificados foram, respectivamente, de 51 e 49,5 dB(A), um pouco elevados em função do vento intenso presente no dia da inspeção de campo, mas mesmo assim caracterizando uma área sem fontes sonoras antrópicas significativas.

Figura 8.1- 3– Localização dos pontos de medida



Figura 8.1-4 – Caracterização dos Níveis de Ruído – Ponto 1 (ver pasta Figuras Volume II)

Figura 8.1-5 – Caracterização dos Níveis de Ruído – Ponto 2 (ver pasta Figuras Volume II)

8.1.4. Geomorfologia nas Áreas de Influência

Os estudos do relevo compreenderam o mapeamento geomorfológico nas escalas 1:50.000, realizado com base no conceito de Tipos de Relevo, e 1:10.000, que enfatizou as características das formas de relevo de deposição. Foram analisados, ainda, a drenagem, o substrato litoestrutural, os sedimentos e as coberturas detríticas, com o objetivo de obter elementos para o entendimento da dinâmica superficial da área, e assim avaliar a inter-relação e as interferências entre o meio físico e o projeto a ser implantado.

A área do empreendimento localiza-se na margem esquerda do estuário santista e ocupa a planície costeira, que é constituída por sedimentos marinhos e mistos quaternários. Limita-se, ao norte, com as escarpas de Serra do Mar, constituída por rochas do embasamento cristalino. Ocupa o domínio da Floresta Tropical Úmida, com temperaturas elevadas e períodos de chuva bem definidos no verão, alternados com períodos de menores índices de chuva no inverno.

A caracterização do arcabouço estrutural, morfologia e dinâmica superficial da região e da área em que o projeto está inserido, forneceram os subsídios necessários à avaliação da estabilidade das encostas, da susceptibilidade à erosão e ao assoreamento das drenagens e, indiretamente, auxiliou no entendimento da história evolutiva da área.

De modo a se caracterizar os diferentes tipos de relevo, foram utilizados os critérios propostos por PONÇANO *et al.* (1981). Para a análise dos fenômenos de dinâmica superficial, avaliaram-se elementos da terceira categoria taxonômica proposta por DEMEK (1967), que são os elementos das formas ou unidades geneticamente homogêneas.

A avaliação dos dados obtidos teve, por base, o conhecimento do substrato e de sua inter-relação com a morfologia, o que permitiu a caracterização dos diferentes tipos de relevo, os quais tiveram como elementos determinantes a forma, tipo de depósito, o substrato rochoso e o tipo de cobertura detrítica.

Na descrição do relevo e da cobertura detrítica – solos de alteração, saprolito e solo residual – foram utilizados dados existentes na bibliografia, obtidos de FÚLFARO & PONÇANO (1976), PONÇANO *et al.* (1981), IPT (1986) e NAKAZAWA (1994).

Para a caracterização do substrato rochoso foram utilizados os dados geológicos existentes, tendo sido consultados SUGUIO & MARTÍN (1978), BISTRICHI *et al.* (1981), DAEE-Unesp (1982) e CPRM (1999).

Concomitantemente à caracterização do tipo de relevo, avaliou-se, durante os trabalhos de campo, a dinâmica superficial atual e passada. A primeira foi avaliada com base na ocorrência de formas erosivas e de deposição atuais, e a dinâmica passada através do reconhecimento das formas de relevo e das feições acumulativas (depósitos correlativos), os quais refletem, por sua constituição, composição e distribuição, as condições paleo-ambientais responsáveis pela elaboração do relevo atual.

As atividades desenvolvidas consistiram de:

a) Compilação de mapas geomorfológicos na escala 1:50.000, elaborados pelo IPT (1986).

b) Interpretação de fotografias aéreas, nas escalas 1:25.000 e 1:10.000, das feições geomorfológicas e dos limites dos tipos de relevo da Área de Influência Direta.

- c) Lançamento das informações geomorfológicas, em bases topográficas elaboradas nas escalas 1: 50.000 e 1: 10.000, para caracterização da AII e da AID, respectivamente.
- d) Descrição morfológica e caracterização morfométrica dos tipos de relevo identificados. Esses elementos permitiram a elaboração da legenda preliminar, que foi utilizada para orientar os trabalhos de campo.
- e) Trabalhos de campo, realizados durante o mês de dezembro de 2002, executado ao longo de estradas e caminhos que cortam a área, e na planície de maré que se encontrava exposta devido à baixa mar.
- f) Integração e análise dos dados obtidos, que permitiu a elaboração dos mapas geomorfológicos da AII e da AID do futuro empreendimento, perfis, tabelas e textos apresentados.

8.1.4.1. Geomorfologia na Área de Influência Indireta (AII)

Foi considerada como Área de Influência Indireta (AII) o estuário de Santos e as drenagens contribuintes, representadas pelas bacias dos rios Quilombo; Cubatão e de seus afluentes Cubatão de Cima, Pilões e Perequê, que drenam o Planalto Paulistano; rio Mogi, que também drena o planalto; e ainda os rios Jurubatuba e Diana, que drenam áreas adjacentes ao empreendimento.

Também foram contemplados o canal de Bertioga, Largo de São Vicente e parte das bacias dos rios Boturoca ou Branco, Mariana e Piaçabuçu, que embora não apresentem influência direta sobre a área do empreendimento, participam do processo de circulação das águas do estuário.

Ao se incluir na AII as bacias hidrográficas contribuintes do Estuário de Santos, foi necessário avaliar não só a planície costeira, onde será implantado o empreendimento, mas também trechos das escarpas serranas e do planalto, de onde partem sedimentos que contribuem diretamente para o assoreamento da região portuária.

a) Compartimentos do relevo (AII)

A área de estudo está inserida no Domínio Morfoclimático das Regiões Serranas tropicais úmidas, ou dos "mares de morros" extensivamente florestados, que é caracterizado por profundo e generalizado horizonte de decomposição de rochas, densa rede de drenagens perenes, mamelonização extensiva, agrupamentos eventuais de "pães de açúcar", planícies de inundação meândricas e extensos setores de solos superpostos (AB'SABER 1970).

A região estudada, segundo o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE 1993), está inserida nas Planícies Marinhas e Fluviomarinhas, ocupando trechos das Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Segundo PONÇANO *et al.* (1981), a área de estudo compreende porções da Província Costeira e do Planalto Atlântico, definidas por ALMEIDA (1964).

Na Província Costeira, a área está dentro da Zona Baixadas Litorâneas, que é representada por relevos associados à sedimentação quaternária e por morros e morrotes isolados na planície costeira. A área compreende, ainda, a Subzona Serra do Mar, caracterizada pelas escarpas das serras de Cubatão e Paranapiacaba, e por espigões digitados que constituem as serras do Quilombo, Jurubatuba, Morrão e Mongaguá.

No Planalto Atlântico, a área se estende pela Zona Planalto Paulistano, abrangendo as bacias de drenagem dos rios Cubatão de Cima, Pilões e Perequê, que drenam para a Baixada Litorânea, influenciando no aporte de sedimentos para a planície costeira. As demais áreas do Planalto

Paulistano, embora estejam próximas às escarpas, não apresentam interferência com o empreendimento, pois são contribuintes da bacia do rio Tietê.

b) Condicionamento litoestrutural do relevo (AII)

A região é constituída por rochas arqueanas e proterozóicas do embasamento cristalino, e por sedimentos quaternários de origem continental, marinha e mista.

As rochas arqueanas são representadas por migmatitos granitizados intercalados com quartzitos do Complexo Costeiro, enquanto que as rochas proterozóicas são representadas por xistos de composição variada, associados a filitos, quartzitos e mármore, migmatitos heterogêneos e metabasitos do Grupo Açungui. Afloram, ainda, na área, rochas graníticas sin e pós-tectônicas, e rochas cataclásticas das Zonas de Cisalhamento de Cubatão, Jurubatuba e Freires. Essas rochas ocorrem em faixas alongadas e paralelas à Zona de Cisalhamento de Cubatão, de direção N 60/70 E, (BISTRICHI *et al.* 1981). Essas rochas sustentam o Planalto Paulistano, as escarpas da Serra do Mar e os morros e morrotes isolados na Baixada Litorânea.

A espessura do horizonte de alteração das rochas do embasamento cristalino é irregular, condicionada pela declividade das encostas, podendo variar de 1 a 10 m.

Os solos de alteração são silto-arenosos a areno-silto-argilosos, micáceos, sendo a variação de textura condicionada pelo maior ou menor grau de migmatização da rocha. Têm coloração variada, podendo ser cinza amarelada ou roxa esbranquiçada, e são comuns os blocos angulosos e matacões de rocha pouco alterada. São solos de baixa plasticidade a não plásticos.

Os solos residuais têm textura argilo-arenosa a areno-argilosa, coloração amarela-avermelhada e formam horizontes plásticos e homogêneos. Sua espessura aumenta no topo e base das encostas, sendo menor a meia encosta.

Além das características texturais e de alteração das rochas, é importante assinalar, como fator de controle do relevo e da dinâmica superficial, as discontinuidades do maciço rochoso, tais como foliação, falhas e sistemas de juntas.

A foliação das rochas apresenta direção preferencial N 40-60 E, havendo, no entanto, variações de mergulho, que pode ser de 75° a 85° para SE, e de 30° a 70° para NW.

As principais direções de falhamentos estão associadas à Zona de Cisalhamento de Cubatão, a N 50-70 E, sendo descritas, ainda, falhas de direções N 15 W e N 20 E.

Os principais sistemas de juntas verticais a subverticais, reconhecidos na área, e que estão descritos pelo IPT (1986) são: N 50-70 E, N 30-70 W, tendo ocorrência localizada os sistemas N 5-15 e N 80 W/ N 85 E.

Os sedimentos quaternários de origem continental ocorrem ao longo de planícies aluviais do planalto e no sopé das encostas serranas. Os sedimentos aluviais do planalto são inconsolidados, com baixa capacidade de suporte, e têm espessuras de 3 a 6 m. São constituídos por argila orgânica, argila siltosa, areia fina argilosa e, ocasionalmente, cascalhos.

No sopé da serra, os sedimentos quaternários que formam os cones de dejeção e corpos de tálus são constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção, intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas.

Na planície costeira, os sedimentos continentais formam planícies fluviais. Esses depósitos são arenosos em superfície (areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato), apresentando intercalações de argila e cascalho, este representado por seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto. Podem, ocasionalmente, apresentar matacões na base.

Os sedimentos marinhos são representados por areias de antigas praias da Formação Cananéia, por cordões arenosos holocênicos e praias atuais, comumente com concentrações de conchas.

Os sedimentos de origem mista são argilo-siltosos e constituem as planícies flúvio-lagunares e de maré, que predominam nesse trecho da planície costeira.

Na região, a distribuição das rochas e do relevo está condicionada aos processos tectônicos e às variações do nível do mar que vêm ocorrendo durante o Cenozóico e foram importantes na configuração da atual paisagem. Os movimentos tectônicos controlando os processos erosivos e a formação de escarpas, e as mudanças do nível marinho sendo responsáveis pela sedimentação quaternária na planície costeira.

c) Geomorfogênese (AII)

Durante o Cretáceo Superior e o Paleoceno, a Plataforma Brasileira passou por um período de significativa estabilidade, durante o qual se desenvolveu a Superfície Sul Americana, responsável por extensos aplanamentos e pela deposição de sedimentos continentais no interior e na borda oceânica da Placa Sul Americana. Essa fase é representada, na região, pelo nivelamento hoje observado nos topos mais elevados do Planalto Paulistano.

No Eoceno (53 a 43 Ma), a estabilidade regional é rompida por processos tectônicos globais que propiciam a retomada de regimes distensivos, os quais dão início à formação do Rift Continental do Sudeste do Brasil e promovem o rompimento do nível de base geral (nível do mar). Este, por sua vez, interrompe a elaboração da Superfície Sul Americana e favorece a dissecação do relevo, controlada agora por níveis de base regionais.

Durante o final do Eoceno, Oligoceno e Mioceno inferior (43 a 18 Ma), ocorre período de relativa estabilidade no qual se depositam os sedimentos na Bacia de São Paulo, que se encontra ao norte da área de estudo, e se desenvolve a Superfície erosiva denominada Superfície do Alto Tietê (ALMEIDA 1964) ou Superfície Neogênica (MARTONNE 1940). Após essa fase, ocorre novo período de soerguimento, porém sem registros preservados no relevo da área.

No Mioceno (de 13 a 8,5 Ma) ocorre novo período de estabilidade que é marcado, na região de estudo, pela elaboração da Superfície Santa Terezinha - Monte Serrate, hoje preservada em altitudes de 220-300 m. Essa superfície, que na região de Santos ocorre preservada em áreas restritas, apresenta amplo desenvolvimento na região de Iguape – Cananéia, onde caracteriza o denominado Pediplano Pd 1 de BIGARELLA *et al.*(1965), que nivela o relevo da Morraria Costeira.

As escarpas da Serra do Mar têm sua origem durante fase de tectônica global ocorrida no Mio-Plioceno (8,5 a 5 Ma), quando a Bacia de Santos deixa de ter uma morfologia de rampa e passa a apresentar morfologia de plataforma-talude, que é acompanhada pela mudança na sedimentação, onde deixam de se depositar fácies margas e calcários e passam a predominar fácies terrígenas de argilitos intercalados com arenitos. Essas mudanças evidenciam o soerguimento significativo das áreas emersas, associado à intensa taxa de sedimentação na bacia costeira. Nessa etapa, intensifica-se o soerguimento, ocorre a fragmentação e dissecação da Superfície Santa Terezinha - Monte Serrate e se inicia a implantação dos rios Cubatão e Mogi.

Durante o Plioceno (5 a 3 Ma) ocorre nova fase de relativa estabilidade tectônica, durante a qual ocorrem processos de aplanamento que são responsáveis pela formação de pedimentos no sopé das encostas, hoje preservados em altitudes de 80 a 100 m (IPT 1986).

Após essa fase, a retomada do processo de soerguimento é acentuada e contínua, ocorrendo curtos períodos de estabilidade de menor intensidade, durante os quais se observam processos de alargamento de vales, com formação de pedimentos e depósitos detríticos no sopé da escarpa serrana. Como, por exemplo, o corpo de tálus na cota 60m, que foi escavado e entulhado por cones de dejeção posteriores (IPT 1986).

A deposição de sedimentos continentais estende-se pela área hoje ocupada pelos sedimentos quaternários marinhos e mistos, sendo encontradas, em subsuperfície, camadas conglomeráticas seguidas de camadas de argila e lentes de arenitos conglomeráticos. Segundo MELO & PONÇANO (1983), essa seqüência refletiria um complexo fluvial de *piemont*, com depósitos arenosos mal classificados, interdigitados com argilas acinzentadas associadas a planícies de inundação. Próximo à serra, ocorreriam leques aluviais com conglomerados de matriz argilosa, que de modo geral ocorrem na base da seqüência.

Essa seqüência de sedimentos continentais seria anterior à Transgressão Cananéia, uma vez que na região de Iguape, sedimentos semelhantes são recobertos por areias marinhas pleistocênicas.

No Quaternário, embora se mantenha o caráter de soerguimento da região, a paisagem vai ter sua evolução marcada pelas variações do nível do mar, cujos depósitos vão caracterizar as formas de relevo da planície costeira.

Durante o Pleistoceno, a Transgressão Cananéia atinge o sopé da Serra do Mar, deixando como registro areias marinhas hoje preservadas na forma de terraços marinhos elevados em até 7 m acima do nível atual da maré (SUGUIO & MARTIN 1978). Após essa fase, o abaixamento do nível do mar a - 110 m favorece a erosão generalizada na região, com escavação de vales e a remoção de grande parte dos sedimentos da Formação Cananéia.

No Holoceno, durante a Transgressão Santos (6.000 anos A.P.), o mar adentrou essas zonas baixas, chegando novamente até o sopé das escarpas serranas, e deu origem ao que AB'SABER (1965) denominou de paleo-arquipélago e a paleo-baía de Santos.

Com o abaixamento do nível do mar para a sua posição atual, formaram-se inúmeras lagunas nas quais se depositaram sedimentos argilosos com espessuras de 30 a 50m, contendo restos de conchas e fragmentos vegetais (SUGUIO & MARTIN 1978). Tais lagunas foram sendo colmatadas e colonizadas pela vegetação de mangue, constituindo hoje a extensa planície de maré que caracteriza a área de estudo. As porções mais interiores dessa planície foram sendo preenchidas, também, por sedimentos fluviais, dando origem às planícies flúvio-lagunares, que ocorrem próximas ao sopé das escarpas.

Os últimos eventos registrados na área estão associados à deposição de leques aluviais e cones de dejeção no sopé das escarpas, que ocorrem sobre os sedimentos flúvio-lagunares, e ao entalhamento desses depósitos, o que evidencia um abaixamento do nível do mar ou ainda a manutenção do soerguimento da área.

Deve-se assinalar que a intensa atividade tectônica que marcou toda essa evolução ainda é significativa, evidenciada pelo grande número de sismos registrados na região, em Zonas Sismogênicas denominadas Cunha, Cananéia e Santos (MIOTO 1993).

d) Tipos de relevo (AII)

A Área de Influência Indireta (AII) compreende parte do Planalto Paulistano, da Província Planalto Atlântico; da Subzona Serra do Mar, e da Zona Baixada Litorânea na Província Costeira (ALMEIDA, 1964 e PONÇANO *et al.* 1981).

O Planalto Paulistano apresenta altitudes de 750 a 850 m, onde predominam relevos de Morrotes e de Morrotes pequenos, e áreas com altitudes de 870 a 980 m em que ocorrem relevos de Morros. Além desses relevos, foram mapeadas as Planícies fluviais.

O limite do Planalto Paulistano com a Serra do Mar é marcado por forte ruptura positiva de declive, seguida de encostas íngremes e abruptas com declividades superiores a 30% e larguras de 1,5 a 3,5 km, que se estendem até a Baixada Litorânea. No topo, esses relevos apresentam altitudes de 750 a 980m, enquanto que no sopé as altitudes são de 20 a 60 m, determinando amplitudes de relevo da ordem de 700 a 900m, que caracterizam relevos de alta energia.

Na Serra do Mar, diferenciam-se três tipos de relevo: Escarpas Festonadas, formadas por anfiteatros que caracterizam as serras de Cubatão e Paranapiacaba; Escarpas com Espigões Digitados, formadas por grandes espigões lineares subparalelos que caracterizam as serras do Quilombo, Jurubatuba, Morrão e Mongaguá, e os Cones de dejeção e Corpos de tálus.

Na Baixada Litorânea, foram diferenciados seis tipos de relevo: Planície fluvial, Terraços marinhos, Planícies flúvio-lagunares, Planícies de maré e Baixios, que caracterizam a planície costeira, cujas altitudes variam de 10 a 15 m, no sopé da escarpa, a 0 m no nível do mar, junto aos canais de maré e nas praias. E os Morros e Morrotes isolados, com altitudes de 40 a 300 m.

As principais características dos relevos, reconhecidas na AII, são apresentadas nos quadros 8.1-1, 8.1-2 e 8.1-3 a seguir, sendo sua distribuição indicada no mapa da **Figura 1 - Área de Influência Indireta – Mapa Geomorfológico** (vide **Anexo 4/Meio Físico-item Geomorfologia**).

Quadro 8.1- 1-Tipos de Relevo do Planalto Paulistano na Região de Estudo

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Morrotos (MT)</p> <p>Amplitude: 40 a 60 m Comp. Rampa: 200 a 300 m Inclinação: 15 % a 32 % Altitudes: 780 a 830 m</p>	<p>Topos nivelados, estreitos e convexos. Perfil de vertente contínuo, convexo a retilíneo, podendo apresentar ruptura de declive negativa no sopé se em contato com colinas. Vales erosivos, abertos e pouco encaixados. Canais sobre rocha e solos de alteração. Densidade de drenagem média, com padrão subdendríco e treliça.</p> <p>Sustentado por migmatitos de paleossoma xistoso, migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos.</p> <p>Solo residual argiloso, argilo-siltoso e argilo-arenoso com proporções variáveis de grânulos de quartzo e feldspato. São rasos, com espessuras de 0,3 a 0,6m. Horizonte de alteração profundo.</p>	<p>Erosão laminar freqüente e rastejo ocasional, ambos de baixa intensidade.</p> <p>Ravinas e entalhe de canal ocasionais e de moderada a alta intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência, devido a erodibilidade dos solos de alteração.</p>
<p>Morrotos pequenos (MT p)</p> <p>Amplitude: 40 a 80 m Comp. Rampa: 100 a 200 m Inclinação: 30 % a 50 % Altitudes: 700 a 780 m</p>	<p>Formas com área inferior a 0,5 km². Topos nivelados, estreitos e convexos. Perfis de vertente descontínuos, com segmentos retilíneos e convexos e, no sopé, pedimento entalhado. Vales erosivos estreitos e encaixados nas cabeceiras e abertos onde ocorrem pedimentos. Canais sobre rocha e solos de alteração. Densidade de drenagem alta, com padrão subdendríco e treliça.</p> <p>Sustentado por migmatitos de paleossoma xistoso, migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos.</p> <p>Solo residual argiloso e argilo-arenoso, com proporções variáveis de grânulos de quartzo e feldspato. São rasos, com espessuras de 0,3 a 0,6m. Horizonte de alteração profundo.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Entalhe de canal, rastejo, escorregamentos planares e rotacionais são freqüentes e de moderada intensidade</p>
<p>Morros (M)</p> <p>Amplitude: 80 a 140 m Comp. Rampa: 100 a 250 m Inclinação: 28 % a 32 % Altitudes: 880 a 970 m</p>	<p>Topos desnivelados, estreitos, convexos e agudos. Perfil de vertente descontínuos com segmentos retilíneos e convexos. Vales erosivos encaixados. Canais sobre rocha e solos de alteração. Densidade de drenagem média, com padrão subdendríco e treliça.</p> <p>Sustentado por migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos.</p> <p>Solo residual argilo-siltoso e argilo-arenoso com proporções variáveis de grânulos de quartzo e feldspato. São rasos, com espessuras de 0,3 a 0,6 m</p>	<p>Predomina transporte fluvial de finos.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência, devido à inclinação de suas encostas</p>
<p>Planície de inundação (Pi)</p> <p>Inclinação: < 2%</p>	<p>Terrenos planos e inclinados em direção ao rio, compreendendo a planície de inundação e baixos terraços. Associam-se alagadiços e pântanos.</p> <p>Constituição: Sedimentos inconsolidados, com baixa capacidade de suporte, sendo constituídos por argila orgânica, argila siltosa, areia fina argilosa e ocasionalmente cascalhos. Espessuras de 3 a 6 m.</p>	<p>Freático elevado e enchentes sazonais. Deposição de finos durante as enchentes, por decantação, e de areias por acréscimo lateral, erosão lateral e vertical do canal.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à interferência desordenada, devido ao risco de inundação e contaminação.</p>

Quadro 8.1- 2- Tipos de Relevo da Serrania Costeira na Região de Estudo

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Escarpas em anfiteatros (Ea)</p> <p>Amplitude: 400 a 1000 m Comp. Rampa: 1500 a 3000 m</p> <p>Inclinação: Topo: 35% a 55% Meia encosta: 15% a 35% Sopé: 5% a 15%</p>	<p>Formadas por interflúvios dispostos de modo semicircular. Os interflúvios principais têm topos estreitos e agudos no alto da escarpa, tornando-se convexos na porção baixa. O perfil da escarpa é descontínuo, sendo retilíneo e rochoso no alto da escarpa e convexo na porção média e inferior. Vales erosivos encaixados. Canais em rocha, em blocos e matacões, com cachoeiras e poços, têm escoamento torrencial. Bacias de 3ª e 4ª ordem, com padrão dendrítico a subdendrítico e com alta densidade de drenagem.</p> <p>Sustentadas por xistos, filitos, quartzitos, migmatitos de paleossoma xistoso, migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos e rochas cataclásticas.</p> <p>Solo residual argiloso, argilo-siltoso e argilo-arenoso com proporções variáveis de grânulos de quartzo e feldspato. São rasos, com espessuras de 0,3 a 0,6m. Horizonte de alteração profundo.</p> <p>Depósito alveolar na meia encosta e em pontos de convergência de canais fluviais e cones de dejeção no sopé da escarpa.</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos localizadas e de moderada a alta intensidade.</p> <p>Entalhe, erosão e deposição fluvial e movimentos de massa do tipo escorregamento planar e rastejo são freqüentes, e de alta intensidade.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à interferência, devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos.</p>
<p>Escarpas em espigões (Ee)</p> <p>Amplitude: 600 a 900 m Comp. Rampa: 300 a 2000 m Inclinação: 15 % a 55 %</p>	<p>Formadas por interflúvios alongados e subparalelos associados a zonas de falhas. Os espigões têm topos estreitos, angulosos e por vezes rochosos, tornando-se convexos nas porções mais baixas. O perfil da escarpa é descontínuo, tem segmentos retilíneo e rochoso, e no terço inferior têm segmento convexo associado a corpos de tálus. Vales erosivos e profundos. Canal principal em rocha, blocos e matacões, com cachoeiras e poços, têm escoamento torrencial. Os afluentes são pouco encaixados e têm escoamento sazonal. Bacias de 3ª ordem, com padrão angular ou de treliça de junta, e média densidade de drenagem.</p> <p>Sustentados por rochas graníticas e cataclásticas, granitóides, e migmatitos homogêneos. O condicionamento básico é estrutural, estando geralmente associado a falhas de direção NE-SW. Variações no mergulho da foliação condicionam assimetrias nos vales, no grau de alteração das rochas e na disposição dos depósitos.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos, entalhe fluvial, rastejo e escorregamento são mais freqüentes e de moderada intensidade nas vertentes com caimento paralelo ao mergulho da foliação.</p> <p>Nas vertentes opostas à queda de blocos, é freqüente e intensa, devido à presença de encostas rochosas.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à interferência, devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos.</p>
<p>Cones de dejeção e corpos de tálus (CT)</p> <p>Inclinação: 10 % a 35 %</p>	<p>Rampas deposicionais subhorizontais e/ou convexas, associadas ao fundo de vales e ao sopé de vertentes íngremes. Formados por ação gravitacional, fluvial e pluvial.</p> <p>Constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção, intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas.</p>	<p>Entalhe vertical e lateral de canais é freqüente e de baixa intensidade.</p> <p>Rastejo freqüente e de alta intensidade. . Escorregamentos ocasionais e de alta intensidade. Acumulo de detritos localizados e ocasionais.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à interferência, devido à mobilidade dos depósitos.</p>

Quadro 8.1- 3-Tipos de Relevo da Baixada Litorânea na Região de Estudo

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Planície fluvial (Pf)</p> <p>Elevadas de 0,5 a 3 m acima do leito do rio Altitudes: 5 a 15 m</p>	<p>Áreas amplas, levemente inclinadas em direção ao rio e bem desenvolvidas nas proximidades do sopé da serra. É formada pela planície de inundação, pelo terraço baixo, que é inundado somente durante as cheias excepcionais e por alagadiços.</p> <p>Constituídas por seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xistos, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato. Ocasionalmente apresentam matações.</p>	<p>Freático elevado. Erosão laminar e em sulcos localizados, de baixa intensidade.</p> <p>Erosão lateral e vertical do canal, enchentes sazonais, deposição de finos durante as enchentes por decantação, e de areias e seixos por acréscimo lateral.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à ocupação, com risco de inundação e contaminação.</p>
<p>Terraço marinho (Tmc)</p> <p>Altitudes: 7 a 8 m</p>	<p>Áreas planas elevadas. Têm cordões marinhos curtos e espaçados e alagadiços nas depressões intercordões. Associam-se campos de dunas restritos.</p> <p>Constituídas por areias finas e muito finas, cimentadas ou não, resultantes de deposição marinha regressiva de idade pleistocênica (Fm. Cananéia).</p>	<p>Erosão fluvial na margem dos rios.</p> <p>Inundações nas depressões intercordões, devido ao freático elevado.</p> <p>Terrenos sensíveis à ocupação, devido à dificuldade de escoamento.</p>
<p>Planície Flúvio-Lagunar (Pflg)</p> <p>Altitudes: 3 a 8 m</p>	<p>Áreas planas onduladas que abrigam a faixa de movimentação dos canais meandantes. Associam-se alagadiços em canais abandonados, barras em pontal, barras longitudinais e ilhas. Nas áreas onde os rios atravessam as paleolagunas, ocorre remobilização fluvial, o que confere a estas faixas características distintas das planícies adjacentes.</p> <p>Constituídas por areia, silte, argilas e matéria orgânica. Cascalhos são restritos às proximidades da escarpa.</p>	<p>Erosão vertical e lateral do canal.</p> <p>Deposição lateral e vertical de sedimentos aluviais.</p> <p>Terrenos muito sensíveis à ocupação, devido à dificuldade de escoamento e ao risco de inundação.</p>
<p>Planície de maré (Pm)</p> <p>Altitudes: 0 a 3m</p>	<p>Áreas planas na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. Estão abrigadas das circulações mais enérgicas. Associam-se zonas mais elevadas, só atingidas pelas marés de sizígia, canais de maré meandantes e vegetação de mangue.</p> <p>Constituídas por solos moles formados por silte e argila (vasa) e grande quantidade de restos vegetais e conchas.</p>	<p>Inundações diárias, com intensa deposição de finos.</p> <p>Terrenos impróprios à ocupação, devido à inundação diária pela maré e à presença de solos moles.</p>
<p>Baixios (B)</p>	<p>Feições de deposição submersas, expostas durante as marés baixas. Formadas pela perda de velocidade dos fluxos de transporte, ou por barramento de correntes ou mudanças de condições químicas das águas.</p> <p>Constituídas por argilas siltosas, silte e areia muito fina.</p>	<p>Deposição contínua de sedimentos, que provoca a emersão da feição.</p>
<p>Morrotos e Morros isolados (MTMi)</p> <p>Amplitude: 80 a 150 m Comp. Rampa: 150 a 300 m Inclinação: 30 % a 60 % Altitudes: 80 a 150 m</p>	<p>Formas isoladas e desniveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente descontínuo, segmentos convexos e retilíneos. Vales erosivos e cumulativos com planícies estreitas. Canais em rocha e blocos. Baixa densidade de drenagem.</p> <p>Sustentados por migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos.</p>	<p>Escoamento laminar e concentrado, localizados e de moderada intensidade.</p> <p>Rastejo e escorregamentos freqüentes e de moderada a alta intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência, devido à inclinação de suas encostas e à erodibilidade dos solos de alteração.</p>

e) Drenagem (AII)

A análise das bacias de drenagem dos rios Quilombo, Cubatão e Mogi, que drenam o planalto e as escarpas da serra, e ainda os rios Jurubatuba e Diana, que drenam áreas adjacentes ao empreendimento, são importantes para o entendimento do aporte de sedimentos que vem ocorrendo no estuário e provocando mudanças significativas na morfologia, em consequência das interferências antrópicas na região.

Os rios que atingem a planície costeira perdem sua retilinidade e formam canais meândricos e sinuosos que passam a sofrer influência das marés, ampliando-se e dando origem aos largos que caracterizam a região do estuário.

Nas margens desses canais, na desembocadura dos rios, formam-se depósitos de siltes e argilas que dão origem a baixios que ficam submersos, sendo expostos nas marés baixas de sizígia. Esses depósitos têm forma variável e são produtos da perda de velocidade (competência) dos fluxos transportadores; de barramentos naturais provocados por correntes ou, ainda, de mudanças nas condições químicas das águas.

➤ Bacia do rio Cubatão

A bacia do rio Cubatão é formada pelas bacias dos rios Cubatão de Cima, Pilões e Perequê, que drenam o planalto e a escarpa serrana, enquanto seu curso inferior drena a planície costeira e recebe pequenos afluentes que drenam as encostas serranas adjacentes.

As bacias dos rios Cubatão de Cima, Pilões e Perequê apresentam padrão angular e de treliça, sendo o padrão subdendrítico subordinado. Essas bacias têm densidade de drenagem média a alta e drenam os relevos de Morrotes, Morrotes pequenos e Morros, sendo os vales geralmente erosivos, estreitos e encaixados, o que evidencia a grande capacidade de remoção de detritos dessas drenagens.

Na escarpa, esses rios apresentam cachoeiras e poços, com a presença de inúmeros alvéolos, onde soleiras litológicas provocam a acumulação de matacões, blocos, seixos e areias que são transportados pelas torrentes serranas. No sopé das escarpas, esses rios formam cones de dejeção nos quais se encaixam.

Na baixada, o rio Cubatão se aloja na Zona de Cisalhamento de Cubatão, formando um largo vale assimétrico com ampla sedimentação detrítica constituída por blocos, seixos e areia. Nas porções de montante, a planície apresenta detritos mais grossos que vão passando progressivamente para termos mais finos, até predominar os sedimentos arenosos.

Uma vez que os sedimentos finos ocorrem de modo restrito nas planícies, pode-se considerar que o fornecimento desses materiais para o estuário é contínuo, como bem evidenciam os pequenos deltas que aparecem na foz dos rios Cubatão e Mogi, transgredindo sobre a planície de maré.

➤ Bacia do rio Mogi

O rio Mogi também tem seu vale alojado na Zona de Cisalhamento de Cubatão, o que condiciona a formação da Serra do Morrão, na margem esquerda, e de vale assimétrico com afluentes mais desenvolvidos na Serra de Paranapiacaba, na margem direita.

Na cabeceira, o vale é erosivo e encaixado, com planícies fluviais estreitas que se tornam mais desenvolvidas após a confluência com o córrego da Onça, o qual drena trecho do planalto e a

escarpa. A planície é constituída por seixos, blocos e areia, estando o canal fluvial encaixado em até 2 m.

A ausência de sedimentos finos e o encaixe dos canais fluviais também evidenciam o caráter erosivo desse rio, que transporta continuamente sedimentos finos para o estuário, formando um pequeno delta em sua foz.

➤ Bacia do rio Quilombo

O rio Quilombo se encontra encaixado em forte alinhamento de direção N 50-60 E, paralelo à zona de Cisalhamento de Cubatão, que condiciona o espigão que constitui a Serra do Quilombo.

Em sua cabeceira, o canal se encaixa de 50 a 100 m no relevo, apresentando pequenos depósitos alveolares. O canal principal aprofunda seu encaixamento, atingindo amplitudes de 250 a 700m. No seu médio curso, o rio é ainda muito encaixado, e corta cones de dejeção e corpos de tálus que ocorrem em suas margens. Esses depósitos aumentam sua possança à medida que o rio atinge o baixo curso.

Do mesmo modo que outros rios da região, apresenta seleção e gradação granulométrica ao longo da planície fluvial, sendo que, próximo à foz, foram descritas intercalações com camadas argilosas contendo restos vegetais.

➤ Bacia do rio Jurubatuba

O rio Jurubatuba está encaixado na Zona de Cisalhamento de Jurubatuba, com orientação N 50-60 E, que condiciona a formação de espigão paralelo às serras do Morrão e do Quilombo.

Na zona de cabeceira, seu canal se encontra encaixado entre 100 e 150m no relevo, e esse entalhe aumenta à medida que o rio desce em direção à baixada, chegando a atingir profundidades de 200 a 350 m. Esse vale erosivo, profundamente encaixado, não apresenta depósitos, a não ser blocos e matações distribuídos ao longo do canal.

Ao atingir cotas entre 200 e 250m, começam a se depositar cones de dejeção que vão se ampliando até formar a planície fluvial. Do mesmo modo que os demais rios da região, o rio Jurubatuba corta seu cone de dejeção e se encaixa em até 2m na sua planície.

➤ Bacia do rio Diana

O rio Diana, embora possua uma bacia de menor magnitude, tem comportamento típico de um rio serrano, apresentando cabeceira com canais erosivos e encaixados no relevo, e com ampla sedimentação aluvionar no seu baixo curso, em parte interdigitada com os sedimentos mistos da planície costeira.

➤ Bacia do rio Sandi

O rio Sandi, cuja foz se posiciona ao lado do empreendimento, era um canal de maré meândrico que interligava o rio Jurubatuba à foz do rio Diana. Hoje, no entanto, a abertura de canal artificial modificou essa ligação, de modo que o antigo canal ficou em parte assoreado e sua parte restante recebe sedimentos diretos de uma pedreira, já apresentando significativas barras de assoreamento.

f) Dinâmica superficial (AII)

O planalto, as escarpas e a planície costeira constituem um todo dinâmico, onde os processos que atuam em cada um deles têm reflexos de diferentes magnitudes sobre os outros. Assim, a intensidade e a frequência dos processos erosivos que predominam no planalto e nas escarpas interferem diretamente na magnitude dos processos de deposição que são predominantes na planície costeira.

A dinâmica atual que caracteriza o Planalto Paulistano se manifesta de modo distinto nos tipos de relevo, sendo que alguns deles apresentam processos semelhantes.

Nos Morrotes, os processos erosivos são de baixa intensidade, sendo caracterizados pela ação generalizada do escoamento superficial e erosão laminar, e pela ocorrência restrita de rastejo nas porções mais íngremes das encostas. Nesses relevos, predominam vales erosivos com acentuado entalhamento dos canais que removem quantidades significativas de detritos.

Os relevos de Morrotes pequenos e de Morros, embora se diferenciem pela amplitude, apresentam encostas com declividades e constituição semelhantes. Esses atributos do relevo acabam por condicionar uma dinâmica caracterizada pela presença de erosão laminar e de erosão em sulcos ocasionais e de baixa intensidade, e pela ocorrência de rastejos, escorregamentos planares e rotacionais freqüentes e de moderada intensidade, associados a episódios de pluviosidade elevada. Nesses relevos, os vales erosivos e encaixados predominam, o que evidencia uma remoção acentuada de detritos finos que são resultantes do intenso intemperismo químico atual.

Nos locais onde as atividades antrópicas alteraram o perfil das encostas e dos solos com terraplenagens e aração, geralmente ocorre concentração do escoamento superficial e formação de ravinas que passam a afetar indistintamente esses relevos do planalto.

A Serra do Mar, por sua amplitude e pela declividade de suas escarpas, configura um relevo de alta energia potencial intensificada pela elevada pluviosidade da região, que ocupa o domínio da floresta tropical úmida. Essas condições permitem diferenciar, nessas áreas, dois conjuntos de processos: um ligado à alteração das rochas e aos movimentos de massa, e outro associado ao escoamento superficial e ao escoamento fluvial.

Os processos de intemperismo que ocorrem nas escarpas são intensos e predominantemente químicos, resultando na formação de horizontes de alteração de constituição argilo-silto-arenosa, cuja predominância de um ou de outro constituinte é função da composição da rocha.

Apesar das condições favoráveis à formação de espessos mantos de alteração, há uma constante remoção dos solos formados, devido à alta declividade das encostas. Assim, espessuras maiores de solo e horizonte de alteração ocorrem limitadas ao topo dos interflúvios, nas acumulações ao longo das encostas e nos depósitos associados à drenagem.

Os processos de remoção do material alterado ocorrem, principalmente, por meio de movimentos gravitacionais de massa (rastejos, escorregamentos, fluxos de detritos e quedas de blocos), e dos processos relacionados com transporte de massa (erosão superficial laminar, em sulcos e em ravinas) que têm sua ação minimizada pela cobertura florestal.

Os rastejos têm ocorrência generalizada e afetam os segmentos retilíneos e convexos das vertentes, com intensidade regulada pela sua inclinação. Comumente, estão associados a processos embrionários de escorregamentos.

Os escorregamentos mais comuns são do tipo planar ou translacional, que envolvem a cobertura vegetal, o solo de alteração e/ou o solo coluvionar com espessuras de 1 a 2 m. Esses escorregamentos, comumente, afetam pequenas áreas e ocorrem nos locais em que o solo é mais desenvolvido, como nas cabeceiras de drenagens da borda do planalto e próximo a rupturas de declive positivas, do topo de encostas perpendiculares aos interflúvios. Parte do material escorregado se acumula nas saliências das encostas, mas a maior parte se deposita a montante de rupturas de declive negativas ou no fundo dos vales, entulhando temporariamente os canais de drenagens.

Após a ocorrência de escorregamentos, e conseqüentemente da perda de cobertura vegetal, as áreas afetadas passam a sofrer a ação do escoamento superficial laminar ou concentrado, que atua removendo o material exposto na vertente e/ou acumulado, intensificando os processos erosivos e de atulhamento dos canais.

Durante os períodos de elevada pluviosidade, o intenso encharcamento do solo pode favorecer a ocorrência de fluxos de detritos, com grande poder destrutivo.

No sopé das escarpas e nas áreas com depósitos espessos, podem ocorrer escorregamentos rotacionais de ruptura profunda, sendo estes, no entanto, processos restritos.

A ocorrência de quedas de blocos é um processo localizado, associado aos segmentos de encostas mais íngremes e com afloramentos rochosos. A conjugação de sistemas de juntas com a foliação favorece o desprendimento de blocos que se acumulam no sopé da encosta, formando corpos de tálus ou campos de matações.

Nas escarpas serranas, o escoamento superficial das águas pluviais concentra-se rapidamente nos talwegues devido à forte inclinação, gerando um escoamento torrencial. A ação das torrentes forma vales erosivos profundamente encaixados, que entalham o embasamento rochoso e podem transportar até matações métricos durante as grandes chuvas. Essas torrentes atuam, também, solapando as margens dos canais e a base das encostas, acabando por provocar escorregamentos e quedas de blocos.

Devido à sua pequena dimensão, as bacias serranas apresentam picos máximos de cheia quase instantâneos durante e após as grandes chuvas, quando se dá o máximo potencial erosivo das torrentes. Nessa situação, a coincidência com episódios de escorregamentos pode provocar o atulhamento temporário da drenagem, cujo rompimento desencadeia fluxos de lama com forte poder destrutivo, os quais afetam as encostas dos anfiteatros e também provocam sérios assoreamentos na baixada.

As encostas da Serra do Mar constituem terrenos muito sensíveis a interferências, devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos. A ação antrópica tende a diminuir suas condições de estabilidade, intensificando os movimentos de massa e a ação erosiva das drenagens serranas.

Assim, a construção de vias de acesso como ferrovias, rodovias, oleodutos e dutos, bem como a ocupação urbana em vários pontos da escarpa, têm intensificado a ação dos processos erosivos e o fornecimento de detritos para a planície costeira, cuja morfologia apresentou mudanças significativas nos últimos 30 anos.

Na Baixada Litorânea, os processos de deposição ocorrem associados à mudança de gradiente e energia das encostas e dos canais fluviais. Desse modo, os materiais removidos das partes altas

das vertentes, por movimentos de massa ou pela erosão superficial, acumulam-se como corpos de tálus ou rampas de coluvião no sopé das escarpas e dos Morros e Morrotes isolados.

Ao longo das drenagens, os sedimentos mais grossos, removidos e transportados durante os períodos de alta pluviosidade, depositam-se em alvéolos e na forma de cones de dejeção que entulham os vales. A diminuição da competência do transporte fluvial faz com que, nas porções de montante, a planície seja constituída por detritos mais grossos que vão passando progressivamente para termos mais finos, até predominarem os sedimentos arenosos.

De modo geral, o ambiente de alta energia que predomina nessas drenagens remove os sedimentos finos depositados no contato com a planície de maré, dando origem a depósitos que formam baixios na foz e margens dos canais.

A presença da vegetação de mangue na planície de maré, contornando o estuário, favorece a retenção de sedimentos provenientes da erosão das encostas e do sistema fluvial, minimizando, assim, a intensidade do assoreamento.

Os depósitos na foz dos rios são formados por siltes e apresentam, na sua constituição, feldspatos e fragmentos líticos. A partir da planície de maré, o fluxo fluvial residual em direção aos baixos canais e à baía de Santos transporta, principalmente, material de natureza silto-argilosa em suspensão. Além da contribuição de sedimentos transportados pelos rios, as planícies de maré e vizinhanças do Estuário de Santos são acrescidas de sedimentos de origem oceânica (FÚLFARO e PONÇANO 1976).

O estuário santista, no que se refere à sedimentação, é uma região em equilíbrio e que não apresenta características de assoreamento rápido, sendo que taxas acentuadas de deposição de sedimentos ocorrem apenas na extremidade sul dos canais de São Vicente e Bertioga, na saída do canal do Porto para a baía e no Largo do Canéu (FÚLFARO e PONÇANO 1976).

8.1.4.2. Geomorfologia na Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada – AID e ADA

A Área de Influência Direta compreende a planície de maré que se desenvolve na foz dos rios Jurubatuba e Diana, onde será implantado o empreendimento; a planície de maré de áreas adjacentes à ilha dos Bagres, e da foz do canal da Bertioga no Estuário de Santos. Além das áreas sedimentares, estão incluídos na AID os trechos finais das Escarpas em Espigões (Serra do Quilombo, Morro dos Neves e o Morro do Gabriel) e alguns Morrotes e Morros isolados (Monte Cabrão, Morro do Guarapá e outros).

No estudo da AID, além das formas de relevo mapeadas, foram delimitadas algumas interferências antrópicas, tais como aterros, estradas e ferrovias, canais artificiais e pedreiras, que modificam seus atributos e a dinâmica superficial.

As unidades geomorfológicas e interferências mapeadas são apresentadas no mapa que constitui a **Figura 3 – Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada – Mapa Geomorfológico** (vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geomorfologia).

a) Tipos de relevo – AID e ADA

Os tipos de relevo que ocorrem na AID são as Escarpas em espigões, Cones de dejeção e Corpos de tálus, que fazem parte da Serra do Mar, e a Planície flúvio-lagunar, Planície de maré, Baixios, Morrotes e Morros isolados, que constituem as Baixadas Litorâneas.

Escarpas em espigões e morrotes, e morros isolados.

As Escarpas em espigões são representadas pelas porções terminais dos espigões que formam os relevos serranos, tendo aí características e comportamento semelhantes aos Morrotes e Morros isolados (**Fotos 8.1-1 e 8.1- 2**).



Foto 8.1- 1- Escarpas em espigões, morrotes e morros isolados, e planície de maré, na foz do canal de Bertioga (ADA)



Foto 8.1- 2- Porção terminal de escarpa da serra, com topo estreito e perfil de encosta descontínuo com segmentos convexos e retilíneos íngremes (AID)

São constituídas por migmatitos ofthalmíticos, quartzitos e rochas cataclásticas associadas a zonas de cisalhamento de direção N 50-60E. O horizonte de alteração dessas rochas é irregular, com espessuras de 1 a 10 m, sendo comum a presença de blocos e matacões semialterados. Os solos residuais são argilo-silto-arenosos, variando a proporção dessas frações em função do grau de migmatização das rochas (**Foto 8.1-3**).



Foto 8.1- 3- Porção terminal de escarpa em espigões, constituída por rocha do embasamento cristalino com espesso horizonte de solo residual

Nas vertentes com caimento paralelo ao mergulho da foliação, apresentam encostas com inclinações de 15% a 60%, caracterizadas pela presença de processos de erosão laminar, erosão em sulcos, rastejos e escorregamentos freqüentes de moderada intensidade. Nas vertentes opostas, devido à presença de encostas rochosas, a queda de blocos é o processo mais freqüente.

Em vários pontos, essas encostas têm sido utilizadas para exploração de pedreiras e áreas de empréstimo, expondo grandes extensões de solo e rocha à ação dos processos erosivos. Os materiais mobilizados afetam, diretamente, as áreas próximas, não tendo maior impacto sobre os canais de maré. Contudo, a pedreira existente no Morro da Guarapá (**Foto 8.1-4**) tem provocado assoreamento significativo no antigo rio Sandi, hoje alterado pela construção de um canal artificial.



Foto 8.1- 4- Pedreira no morro do Guarapá, onde a ocorrência de processos erosivos tem contribuído para o assoreamento dos rios Jurubatuba e Sandi.

Embora, na área estudada, esses sejam os terrenos mais sensíveis à ação antrópica – devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos – não se antevê nenhuma interferência direta dos mesmos com o futuro empreendimento.

➤ Cones de dejeção e corpos de tálus

Os depósitos de sopé de encosta caracterizam o contato das escarpas serranas com a planície costeira. Os cones de dejeção têm sua origem associada às drenagens atuais, enquanto que os corpos de tálus são formados essencialmente por processos gravitacionais. De modo geral, esses depósitos têm disposição e constituição semelhantes, o que dificulta sua individualização.

Esses terrenos apresentam inclinações de 10 a 35% e são constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção ocorrem intercalações de areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas.

Os cones de dejeção e corpos de tálus apresentam processos de rastejo freqüentes e de alta intensidade, sendo os escorregamentos ocasionais. O entalhe fluvial vertical e lateral de canais também é freqüente, porém apresenta baixa intensidade. No sopé das escarpas ocorre, em pontos localizados e de modo ocasional, acúmulo de detritos provenientes de escorregamentos e de torrentes.

Embora sejam áreas muito sensíveis à ação antrópica – devido à mobilidade dos depósitos – esses terrenos não terão interferência direta sobre o empreendimento.

➤ Planície flúvio-lagunar

A Planície flúvio-lagunar ocupa áreas próximas ao sopé das escarpas, nas porções mais interiores da planície costeira. É constituída por areias finas intercaladas com argilas e siltes, e em muitos locais pode estar recoberta por sedimentos grossos de dejeção.

Geralmente durante a estação das chuvas, apresentam escoamento difuso com formação de áreas alagadiças. Os processos erosivos permanecem restritos à erosão vertical e lateral dos canais fluviais, ocorrendo predomínio de processos de deposição lateral e vertical de sedimentos aluviais.

Por serem planos, esses terrenos são muito sensíveis à ocupação – devido à dificuldade de escoamento e ao risco de inundação, durante os períodos de alta pluviosidade associados à maré alta. Estima-se, no entanto, que também não terão interferência com o empreendimento.

➤ Planície de maré e baixios

A Planície de maré é o relevo predominante na área de implantação do empreendimento. Ela se desenvolve nos locais abrigados das circulações mais enérgicas, sendo constituída por áreas planas na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. No interior dessas planícies, ocorrem zonas mais elevadas, só atingidas pelas marés de sizígia. Essas áreas são constituídas por solos moles formados por areia fina, siltes e argilas (vasas), e grande quantidade de restos vegetais e conchas, sendo cortadas por canais de maré meândricos e recobertas pela vegetação de mangue (**fotos 8.1- 5 a 8.1-10**).



Foto 8.1- 5-Vegetação de mangue, característica de planície de maré, sobre os baixios, visíveis apenas nas marés baixas de sizígia.



Foto 8.1- 6-Planície de maré e baixios, constituídos por silte, areia muito fina e argila, que caracterizam a área do Empreendimento.



Foto 8.1- 7- Marcas onduladas nos sedimentos dos baixios, na área do empreendimento



Foto 8.1- 8-Vista do rio Sandi: canal de maré em cujas margens se depositam sedimentos silto-argilosos moles.



Foto 8.1- 9-Planície de maré constituída por areia fina silto-argilosa, na área do empreendimento (retroporto).



Foto 8.1- 10-Detalhe da foto anterior, mostrando a composição arenosa fina silto-argilosa da planície de maré na área do retroporto.

Está associada aos Baixios, que são feições de deposição submersa, expostas durante as marés baixas. Essas feições são formadas pela perda de velocidade dos fluxos de transporte, por barramento de correntes ou, ainda, por mudanças nas condições químicas das águas, sendo constituídas por siltes e argilas siltosas.

Esses terrenos são impróprios à ocupação – devido à inundação diária pela maré e à presença de solos moles – o que dificulta a implantação de obras de infra-estrutura e exige a total alteração de suas características.

b) Dinâmica superficial – AID e ADA

A análise dos tipos de relevo existentes na área do empreendimento, que se estendem pela região estudada, permitiu avaliar sua susceptibilidade frente aos processos de ocupação, uma vez que mostram diferentes situações de uso que acabaram por intensificar a ocorrência de processos de erosão nas encostas e de assoreamento das drenagens e da planície costeira.

As Escarpas em espigões, os Cones de dejeção e corpos de tálus, e os Morrotes e Morros isolados são os relevos mais susceptíveis à ocorrência de processos erosivos, sendo fonte de detritos para a Baixada Litorânea. No entanto, esses relevos não terão nenhuma interferência direta com o empreendimento.

Contudo, é importante assinalar que a ocorrência de processos erosivos nas encostas do planalto e escarpas da Serra do Mar tem intensificado o fornecimento de sedimentos para a planície costeira provocando, nos últimos 40 anos, significativo assoreamento nas proximidades da Ilha dos Bagres, praticamente interligada à planície.

A tendência a uma sedimentação mais acentuada nessa porção do largo do Canéu já havia sido apontada por FÚLFARO e PONÇANO (1976). Quando se compara a folha topográfica de Santos, elaborada com fotos aéreas de 1962, e as fotografias aéreas de 2002, constata-se que o assoreamento foi de grande magnitude, provocando mudança significativa no relevo. Nesse sentido, convém observar que a ocorrência de processos erosivos na pedra do Morro da Guarapá pode intensificar o assoreamento no canal do rio Sandi, e indiretamente favorecer o assoreamento no local do empreendimento.

No que se refere às Planícies de maré e Baixios, que serão afetados diretamente pelo empreendimento, deve-se destacar as interferências observadas, dentre as quais a implantação de aterros para a construção de rodovias e ferrovias, e a retificação de canal do rio Sandi. Os impactos mais significativos dessas interferências são:

- Formação de área alagada, não mais atingida pelas marés, entre os aterros da ferrovia e da rodovia;
- Alteração provocada pelo aterro da ferrovia, da morfologia da ilha onde está prevista a implantação do empreendimento, o qual ampliou a deposição e o crescimento do baixio costeiro, hoje já colonizado pela vegetação de mangue, e
- Alteração provocada pelo aterramento da planície, no padrão de circulação da maré, acarretando significativa alteração no ecossistema local.

Embora, na área do empreendimento, já ocorram várias situações de alteração significativa dos relevos, deve-se considerar que este deverá provocar novas alterações, afetando os ecossistemas associados, tanto nas áreas já degradadas da ilha como na área entre a foz dos rios Sandi e Diana.

8.1.5. Geologia nas Áreas de Influência

A área de interesse para a implantação do empreendimento encontra-se localizada a norte/nordeste da Cidade de Santos e a sul/sudoeste da Rodovia Piaçagüera-Guarujá, na margem esquerda do baixo estuário de Santos. É drenada pelos rios Sandi e Diana, e sofre influência do rio Jurubatuba a oeste, do Canal de Bertiooga a leste e do Canal de Piaçagüera a sul.

Os estudos referentes aos aspectos geológicos da área envolveram a compilação de diversos mapas geológicos, integrando-os para a apresentação em escala 1:50.000 do mapa geológico da Área de Influência Indireta (AII), contendo um quadro resumo onde foram caracterizadas as principais unidades geológicas.

A partir deste trabalho inicial, foram desenvolvidas etapas de campo para a identificação das unidades, e produzidas seções geológico-geotécnicas com base nas investigações de subsuperfície, representadas por sondagens à percussão.

Concomitantemente, foram delimitadas as principais unidades geológicas com base na interpretação de fotografias aéreas e comparações com os levantamentos geomorfológicos. A partir dessas informações, obteve-se como produto a cartografia geológica em escala 1:2.500 da Área de Influência Direta (AID), e que engloba a Área Diretamente Afetada (ADA).

Foram individualizadas as unidades que afloram na área, com enfoque principal para as coberturas sedimentares quaternárias da Planície Costeira, que recobrem grande parte da área do empreendimento.

Aspectos relacionados a possíveis erosões e movimentos de massa a montante, e o assoreamento na região do empreendimento são abordados, bem como a correlação em subsuperfície das coberturas sedimentares mais recentes.

8.1.5.1. Geologia na Área de Influência Indireta (AII)

A Área de Influência Indireta (AII) está limitada ao sul pela Planície Costeira, que se estende também para sudoeste e para leste/nordeste e, ao norte, pela Serra do Mar e pelo Planalto Paulistano, que produzem os sedimentos continentais transportados pelos rios que drenam a área de interesse.

A Geologia das unidades pré-cambrianas da AII está baseada na Carta Geológica de Santos (escala 1:250000), elaborada pela CPRM (1999) e que considera os avanços obtidos no campo geológico na década passada, tendo como referência trabalhos de cunho regional produzidos durante a década de 1980, como os mapeamentos elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - (BISTRICHI et al. 1981) e pelo Convênio DAEE/Unesp (1984).

A Geologia da Planície Costeira, no que se refere às coberturas sedimentares quaternárias, foi obtida do mapeamento efetuado por SUGUIO & MARTIN (1978), além das considerações feitas por outros autores.

De acordo com as compilações efetuadas, o arcabouço tectônico da AII compreende o Domínio Embu (Complexo Embu - Mesoproterozóico), em grande parte limitado com o Domínio Costeiro (Complexo Costeiro - Neoproterozóico), pela Zona de Cisalhamento Cubatão. A Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço separa as unidades do Complexo Costeiro.

As rochas Granitóides (neoproterozóicas ou mais jovens) constituem maciços mapeáveis em ambos os Domínios, e intrudem as unidades metamórficas dos complexos Embu e Costeiro.

As Coberturas Sedimentares quaternárias recobrem parcialmente as rochas metamórficas dos complexos Embu e Costeiro, bem como alguns maciços granitóides. Constituem, em grande parte, a Planície Costeira e estão representadas pelos depósitos marinhos e lagunares, pleistocênicos ou holocênicos, e por depósitos continentais como os aluviões, corpos de tálus e coluviões.

As unidades geológicas descritas a seguir podem ser visualizadas no Mapa Geológico Regional da Área de Influência Indireta (AII), em escala 1:50000, (**Figura 2– Área de Influência Indireta – Mapa Geológico vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geomorfologia**).

a) Domínio Embu

O Domínio Embu está representado na região por unidades pertencentes ao Complexo Embu, delimitadas a norte da Zona de Cisalhamento Cubatão.

A unidade 75 (CPRM 1999), cartografada desde a região a WNW da Cidade de Cubatão até as proximidades da Vila de Paranapiacaba, é constituída por biotita-gnaisses de composição granítica a granodiorítica, por vezes porfiroclásticos e/ou migmatizados. Corresponde à unidade litoestratigráfica PSeM (DAEE/Unesp 1984), também considerada do Complexo Embu, composta por migmatitos heterogêneos essencialmente estromatíticos, com paleossoma xistoso, gnáissico ou anfibolítico e migmatitos homogêneos variados, predominando os de natureza oftalmítica e facoidal.

Cabe ressaltar a presença de faixas alongadas paralelas à Zona de Cisalhamento de Cubatão, dispostas a NNW do cisalhamento principal, e que conteriam migmatitos diversos (unidade AcM) cartografadas pelo DAEE/Unesp (1984) como de idade arqueana e admitidas pela CPRM (1999) como pertencentes à unidade 75, mesoproterozóica.

Mais ao norte da Zona de Cisalhamento Cubatão, por uma grande extensão, ocorre a unidade 73a do Complexo Embu. É constituída por (granada)-sillimanita-micaxistos, por vezes feldspáticos e/ou migmatizados, com boudins de calciossilicáticas e metabásicas e com intercalações locais de biotita-gnaisses. Diferencia-se na região de Rio Grande da Serra, pelas as intercalações locais de biotita-quartzo-muscovita-xistos e (sillimanita)-granada-biotita-xistos, sendo individualizada como unidade 73b.

No contato com a Zona de Cisalhamento Cubatão e, mais ao norte, encaixada entre as unidades 73a e 73b, foi mapeada a unidade 71 do Complexo Embu, composta por quartzo-micaxistos e quartzitos, por vezes associados a metabasitos, milonitizados. São considerados pela CPRM (1999) como de idade mesoproterozóica. Segundo o Convênio DAEE/Unesp (1984), correspondem à unidade PsaX do Grupo Açungui (NeoProterozóico), sendo reconhecidos micaxistos, quartzo-micaxistos e, subordinadamente, quartzitos micáceos e gnaisses.

A noroeste, foi mapeada a unidade 74 do Complexo Embu (CPRM 1999), compreendendo (granada-sillimanita)-biotita-gnaisses, localmente migmatizados e com boudins da calciossilicáticas, quartzitos e anfíbolitos, lentes de xistos e mármores restritos, além de associações de biotita-milonito-gnaisses porfiroclásticos e corpos subordinados de biotita-ortognaisses. A unidade 74 foi considerada mesoproterozóica, mais antiga que as unidades 71, 73a, 73b e 75.

b) Domínio costeiro

O Domínio Costeiro pode ocorrer na forma de morros isolados inseridos na Planície Costeira, como a sul-sudeste do Canal de Bertioga, e como uma grande faixa na Serra do Mar, encaixada entre as zonas de cisalhamento Cubatão e Freires-São Lourenço. Considerados de idade neoproterozóica (CPRM 1999), nestas regiões constituem a unidade 34 do Complexo Costeiro, formada por migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, schlieren e estromatítica.

Foi também cartografado no Domínio Costeiro, entre a porção sul-sudeste da Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço e o Canal de Bertioga, a unidade 35 do Complexo Costeiro (CPRM 1999), que compreende (hornblenda)-biotita-migmatito e/ou granito-gnaiss porfiroclástico. Essa unidade também foi reconhecida em uma faixa alongada SW-NE, disposta entre a Zona de Cisalhamento de Cubatão e os maciços granitóides Morrão e Taiçupeba.

A oeste e nas redondezas do Canal de Piaçagüera, a SW de Cubatão e na região de São Vicente, ocorre a unidade 36 do Complexo Costeiro, formada por biotita-gnaisses e gradando para migmatitos estromatíticos.

As unidades 34, 35 e 36, neoproterozóicas, correspondem à unidade litoestratigráfica AcM do Complexo Costeiro, cartografada no trabalho do DAEE/Unesp (1984) como de idade arqueana.

A unidade AcM seria composta por migmatitos diversos, incluindo estromatíticos, metatexitos, diatexitos, biotita-gnaisses, granitóides e granitos gnáissicos, além de anfíbolitos e serpentinitos subordinados, localmente migmatizados.

c) Rochas ígneas

As rochas granitóides são consideradas intrusivas nos complexos Costeiro e Embu, formadas durante o Neoproterozóico ou mesmo no Paleozóico. No Domínio Costeiro, constituem cinco maciços que cortam as unidades do Complexo Costeiro.

A SW de Cubatão aflora o Maciço Granitóide Mãe Maria (unidade 15), intrusivo na unidade 36 do Complexo Costeiro. É constituído por (muscovita)-biotita-granito róseo, maciço e equigranular.

Nas proximidades da Baía de Santos, ocorre o Maciço Granitóide Santos-Itararé (unidade 16), circundado por depósitos arenosos quaternários marinhos, representado por (muscovita)-biotita-granito, róseo, maciço e equigranular.

Ao norte, também envolvido por depósitos quaternários e na ilha de Santo Amaro, a WSW da cidade de Guarujá, foram cartografados os maciços granitóides Santos e Guarujá (unidade 30), compostos por biotita-granito cinza-rosado, porfirítico.

A SSE da Zona de Cisalhamento Cubatão, entre as serras do Morrão e do Quilombo, ocorre o Maciço Granitóide Morrão (unidade 22), constituído por anfibólio-biotita-granitos a granodioritos equigranulares e com granada. Esse maciço foi considerado intrusivo durante o Paleozóico.

Em continuidade para NE, na região de Paranapiacaba e se aproximando da Zona de Cisalhamento Cubatão, aflora o Maciço Granitóide Taiapuê (unidade 25), de idade neoproterozóica. Compreende muscovita-biotita-granito cinza, inequigranular, por vezes porfirítico.

No Domínio Embu, ocorrem corpos graníticos intrusivos no extremo da área, nas unidades 71, 73a e 74, nos arredores do rio Jurubatuba, no Planalto Paulistano. Correspondem à unidade 43, denominada Granito Rio Grande da Serra, e representam maciços granitóides neoproterozóicos intrusivos no Complexo Embu. São constituídos por (granada)-muscovita-biotita-granitos (3b), cinza, equigranular.

Ainda na região de Rio Grande da Serra, intrusivos nas unidades descritas pela CPRM (1999) como 71 e 73a, o mapeamento efetuado pelo convênio DAEE/Unesp (1984) indica a existência de rochas intrusivas (PSeO_γ) representadas por granitos e granitóides polidiapíricos, com predominância de termos porfiríticos e de granulações variadas. Esses granitóides teriam idade cambriana-ordoviciana a neoproterozóica.

d) Zonas de cisalhamento Cubatão e Freire - São Lourenço

A Zona de Falhamento de Cubatão integra o Sistema de Megafalhas Cubatão-Além Paraíba (SADOWSKI 1991) ou o Sistema de Cisalhamento do Sudeste (ENDO & MACHADO 1993). Na região, o segmento Cubatão está associado a uma faixa de metassedimentos de baixo grau, separando as rochas de alto e médio grau de metamorfismo (Complexo Costeiro) das rochas de médio grau de metamorfismo (Complexo Embu). A terminologia adotada é Zona de Cisalhamento Cubatão, utilizada por outros autores (MACHADO & ENDO 1993) e mantida nos trabalhos da CPRM (1999). O termo também foi adotado para a Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço.

e) Coberturas sedimentares quaternárias

A planície de Santos tem cerca de 40 km de extensão por 15 km de largura máxima, sendo limitada, nas suas extremidades, pela Serra de Mongaguá ao sul e pela parte rochosa da ilha de Santo Amaro ao norte. Nas partes central e nordeste, a planície é drenada por uma rede de lagunas e canais de maré que delimitam as ilhas São Vicente e Santo Amaro.

Predominam os depósitos holocênicos formados durante a Transgressão Santos e os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue e areias marinhas litorâneas, por vezes retrabalhadas pelo vento. Localmente, são observados depósitos marinhos arenosos

pleistocênicos da Formação Cananéia e depósitos continentais representados por aluviões, corpos de tálus e coluviões.

Para o modelo evolutivo dos depósitos sedimentares da Planície Costeira na região, é necessário o entendimento das variações relativas do nível do mar durante o quaternário.

A Transgressão Cananéia (pleistocênica), ocorrida entre 120.000 e 100.000 anos A.P., elevou o nível do mar, na região de Santos, cerca de 7 m acima do nível de maré cheia atual, e foi seguida de uma regressão que teve seu máximo entre 17.500 e 17.000 anos A.P. e que provocou o rebaixamento do nível do mar a -110 m em relação ao nível do mar atual (SUGUIO & MARTIN 1978).

O recuo da linha da costa e o grande desnível topográfico verificados neste período provocaram intenso processo de dissecação do relevo, erodindo, assim, grande parte da Formação Cananéia.

Seguiu-se novo evento de subida do nível do mar, denominada Transgressão Santos (holocênica). Numerosas datações de conchas e fragmentos de madeira carbonizados, provenientes das formações lagunares, permitiram esboçar a curva de variação do nível marinho no Holoceno. O máximo da Transgressão Santos na região de interesse atingiu seu pico há cerca de 5.100 anos A.P., elevando o nível do mar entre 4,5 e 4,7 m acima do nível de maré alta atual.

Nos últimos 5.100 anos, o nível relativo do mar sofreu progressivo rebaixamento até a posição atual, intercalando, contudo, duas rápidas fases de flutuações. Ao redor de 3.800 anos A.P., passou por um mínimo relativo, com oscilações de 1,5 a 2 m abaixo do nível atual (Massad 1996). Ao redor de 3.500 anos A.P., o nível relativo do mar passou por um segundo máximo, situado em torno de +3,5 a +4 m.

Entre 3.000 e 2.500 anos A.P, foi constatado um pequeno rebaixamento, situado por SUGUIO (1999) em 2.800 anos A.P., e que provavelmente atingiu um nível inferior ao atual. Em torno de 1800 anos A.P., estima-se que o nível relativo do mar não poderia ter sido superior a +0,5 m.

➤ Depósitos pleistocênicos

Os depósitos pleistocênicos da Formação Cananéia, definida por SUGUIO E PETRI (1973) e que, de acordo com SUGUIO & MARTIN (1978), estão presentes na região de São Vicente e, principalmente, a oeste do Largo de São Vicente, em grande parte limitados ao sul pelo rio Piaçabuçu e ao norte pelo rio Branco. Compreende sedimentos marinhos litorâneos constituídos por areias em parte retrabalhadas pelo vento.

Na cartografia apresentada pelo Convênio DAEE/Unesp (1984), esses depósitos não foram individualizados, sendo considerados como sedimentos marinhos e lagunares indiferenciados, incluindo areias, argilas de mangues e areias litorâneas, todas referentes a depósitos holocênicos.

Em mapeamento mais recente (CPRM 1999), foram reconhecidos como pertencentes à Formação Cananéia, os depósitos que ocorrem a oeste do Largo de São Vicente, não sendo considerados aqueles a leste do largo, nos arredores do Município de São Vicente. Foram descritos como depósitos de praias intermarés a SSW do rio Piaçabuçu e, ao norte do rio Piaçabuçu, considerados como depósitos eólicos superpostos aos de praias intermarés.

Segundo SUGUIO & MARTIN (1978), a Formação Cananéia na Planície Costeira foi considerada associada a uma fase transgressiva conhecida, no Estado de São Paulo, como Transgressão

Cananeense. Ao longo da região entre Santos e Itanhaém, segundo os autores, afloram areias marinhas litorâneas freqüentemente retrabalhadas em superfície pelo vento.

Em estudos comparativos com outras regiões do mundo, SUGUIO & MARTIN (1978) admitem a deposição da Formação Cananéia entre 120.000 e 100.000 anos A.P., durante a qual o nível do mar nessa região esteve até 7 m acima do nível atual. A origem foi considerada marinha pela presença de estruturas de cordões litorâneos, identificadas a partir de fotografias aéreas. A presença de tubos fósseis de *Collanona* na formação arenosa do topo e as gretas de dissecação em intercalações argilosas nas areias do topo também corroboram a hipótese de deposição dessas areias em zonas litorâneas. Os cordões litorâneos são, também, indicativos do início da fase regressiva.

A Formação Cananéia comporta, na base, um depósito argilo-arenoso, cujos estudos de microfauna efetuados por SUGUIO e PETRI (1973) mostraram ser do tipo transicional, passando de um meio continental na parte inferior para um meio marinho na parte superior e caracterizando uma fase transgressiva. Em trabalhos das décadas de 1980 e 1990 o termo "argilas transicionais", empregado por Massad (1986 e 1996) corresponde a essas argilas de idade pleistocênica.

Não foram identificados, na Área de Influência Indireta, afloramentos desses depósitos argilosos na região entre Santos e Itanhaém, a nordeste da Baía de Santos e na região do Canal de Bertioga.

➤ Depósitos holocênicos

Após a deposição da Formação Cananéia, no transcurso da regressão que se seguiu com o nível do mar atingindo – 110 m em relação ao nível atual, instalou-se uma rede hidrográfica sobre esses depósitos, esculpindo vales profundos. Grande parte dos depósitos precedentes (pleistocênicos) foi erodida, talvez até o Embasamento Cristalino, ao redor da cota – 50 m.

Durante a última fase transgressiva, o mar inicialmente penetrou nessas zonas baixas, dando origem a um sistema de lagunas. Ao mesmo tempo, as partes altas, remanescentes da Formação Cananéia, foram erodidas pelo mar em transgressão, produzindo o material necessário para os depósitos arenosos marinhos holocênicos, formando ilhas-barreira na época do máximo transgressivo.

Tais ilhas isolaram zonas lagunares onde se depositaram sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica, contendo restos de conchas e fragmentos vegetais. Nos períodos regressivos subseqüentes, teria ocorrido acreção de cordões litorâneos às ilhas-barreira, formando faixas de vários quilômetros.

De acordo com SUGUIO & MARTIN (1978), numerosas sondagens, na região de Santos, são indicativas de que, em certas partes da planície, os depósitos argilosos lagunares podem atingir até cerca de 50 m de espessura.

SUGUIO & MARTIN (1978) individualizaram, na Planície Costeira, depósitos holocênicos marinhos e lagunares constituídos por areias e argilas relacionados aos sedimentos flúvio-lagunares e de baías.

Os sedimentos ocupam posição interior do continente, aproximando-se, inclusive, do sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão, nos largos do Canéu e da Pompeba. Podem, ainda, estar depositados atrás de morros e morrotes isolados na Planície Costeira, pertencentes às

unidades pré-cambrianas, depósitos esses que se estendem a partir da Baía de Santos até a região de Bertioga, sendo reconhecidos ao longo e nos arredores do Canal de Bertioga.

SUGUIO & MARTIN (1978) também mapearam, próximo à linha de costa atual, na região da Praia da Enseada (Guarujá), na cidade de Santos e cercanias e, ainda, a partir de Praia Grande por toda a costa em direção a Itanhaém, depósitos de areias marinhas litorâneas (holocênicas), localmente retrabalhadas pelo vento. Tais depósitos podem ser reconhecidos entre a parte externa dos depósitos arenosos da Formação Cananéia e o oceano.

A partir de fotografias aéreas, os autores cartografaram estruturas de cordões de regressão mostrando alinhamento nítido de cordões litorâneos. Constituem uma faixa contínua entre o oceano e os depósitos arenosos pleistocênicos, sendo que o topo dessas areias marinhas situa-se entre 4,5 e 4,7 m acima do nível de maré atual. A cidade de Santos está instalada sobre essas areias holocênicas que, por sua vez, repousam sobre sedimentos argilosos de origem lagunar.

Mais para o interior, nas zonas baixas, encontram-se formações argilo-arenosas de origem flúvio-lagunar constituindo, na parte central e nordeste da região entre Praia Grande e Bertioga, a maior parte dos depósitos quaternários.

➤ Sedimentos de mangues e pântanos (depósitos mistos atuais)

Nas margens das lagunas, nos canais de maré e nos cursos inferiores dos rios que drenam a Planície Costeira, desenvolvem-se importantes formações de mangues e pântanos atuais, cartografados como areias e argilas. Segundo SUGUIO & MARTIN (1978), as principais ocorrências foram delimitadas a oeste do Largo de São Vicente, junto aos rios Piaçabuçu, Mariana e Santana, e por grandes extensões nos arredores do Largo do Canéu, desde as proximidades de Cubatão, passando pela foz do rio Mogi, até a porção a SSW da Foz do rio Quilombo.

Recobrem, também, as cercanias da extremidade oeste do Canal de Bertioga, as desembocaduras dos rios Diana e Sandi, além de extensões consideráveis na margem esquerda do rio Jurubatuba, áreas estas que constituem, em grande parte, o local de implantação do empreendimento.

➤ Sedimentos continentais

Os sedimentos continentais ocorrem na forma de corpos de tálus e coluviões próximos ao sopé da Serra do Mar por toda a região, tendo sido reportados por SUGUIO & MARTIN (1978). Os aluviões estão associados aos rios que drenam a região.

Os aluviões ocorrem como depósitos de areias grossas e cascalhos associados às maiores drenagens, encaixados na Serra do Mar e no alto estuário da Planície Costeira. Os principais depósitos encontram-se nos rios Cubatão, Quilombo, Jurubatuba, Mogi e Branco. No vale do rio Cubatão ocorrem sedimentos grosseiros com seixos centimétricos a matações de até 2 m de diâmetro entremeados por areias grossas (SUGUIO 1969).

Os corpos de tálus acompanham a linha da escarpa serrana. Os maiores podem ser encontrados nas cotas mais baixas e se estendem até os vales dos rios, enquanto que, corpos menores podem ocorrer em cotas mais altas, ocupando depressões locais do embasamento (MACHADO FILHO 2000). SUGUIO & MARTIN (1978) identificaram diversos desses corpos em regiões de transição entre a base da Serra do Mar e a Planície Costeira. Têm composição heterogênea, reflexo das diversas unidades que afloram nas cotas superiores da serra, sendo constituídos por fragmentos rochosos angulosos a semi-arredondados, desde centimétricos a decimétricos, e até blocos com 1,5 a 2 m de diâmetro, imersos em uma matriz areno-silto-argilosa.

Os coluviões também ocorrem ao longo da faixa serrana ocupando os espigões até a meia-encosta e desaparecem junto aos talwegues. Recobrem as rochas pré-cambrianas na forma de corpos delgados com espessura em geral inferior a 1,5 m, constituídos pelos solos coluviais areno-silto-argilosos a silto-argilosos. Esses corpos, segundo RODRIGUES (1992), sustentam a vegetação das encostas.

➤ Coberturas sedimentares

Os depósitos associados à Formação Cananéia, de acordo com os trabalhos da CPRM (1999), em grande parte refletem a cartografia reconhecida por SUGUIO & MARTIN (1978), como observado para os depósitos arenosos litorâneos.

Contudo, os depósitos de areia e argilas holocênicos, sejam eles flúvio-lagunares e de baías, ou associados a mangues e pântanos, como individualizados por SUGUIO & MARTIN (1978), foram englobados pela CPRM (1999) nos depósitos lacustres paludais, unidade 6.

8.1.5.2. Geologia na Área de Influência Direta e Diretamente Afetada – AID e ADA

A Área de Influência Direta ocupa parte da porção norte do segmento Itanhaém-Santos da Planície Costeira. Está delimitada, ao norte, pelos contrafortes da Serra do Mar/Serra do Quilombo, e é recortada pelo Largo do Canéu a oeste e pelos rios Quilombo e da Onça, a noroeste. No centro, é drenada pelo Largo de Santa Rita e pelos rios Jurubatuba, Sandi e Diana, enquanto que o Canal de Bertioiga recorta a Planície na porção SE.

Na **Figura 4 (vide Anexo 4/Meio Físico, item Geomorfologia)**, é apresentado o mapa geológico da AID.

A região sul apresenta intensa atividade antrópica por toda sua extensão, abrangendo parte das cidades de Santos, Vicente de Carvalho e Guarujá. Ao norte dos largos do Canéu e Santa Rita, e do Canal de Bertioiga, essas atividades, apesar de intensas, concentram-se na ponta meridional da Ilha Barnabé e, mais ao norte, em pedreiras.

A principal pedreira se encontra no Morro do Guarapá, na margem esquerda do rio Jurubatuba, distando cerca de 1,5 km do centro geográfico da área do futuro empreendimento. Nesta pedreira, são observadas movimentação de terra e intensa retirada de rocha.

Uma outra pedreira tem suas atividades a cerca de 1 km a montante, no Jurubatuba, com o beneficiamento do produto sendo efetuado a cerca de 100 m da Rodovia Piaçagüera-Guarujá. A terceira está localizada a oeste, em área junto aos espigões escarpados da Serra do Mar, e seu acesso se faz pela Rodovia SP-55.

Nos trabalhos de campo efetuados, notou-se a retomada de atividade antrópica mais intensa no extremo norte da AID, a sul/sudoeste da Rodovia Piaçagüera-Guarujá, em área próxima a uma pedreira desativada, identificada nas fotos aéreas. As informações obtidas no local indicam tratar-se do futuro Aterro Sanitário de Santos, que se encontra em início de atividade (**Foto 8.1-11**).



Foto 8.1- 11- Planície de sedimentos flúvio-lagunares e de baías, com a serra do Quilombo ao fundo sustentada pela unidade 35 do Complexo Costeiro. Movimentação de terra para o aterro sanitário de Santos (AID).

Além da Rodovia Piaçagüera-Guarujá, as principais obras lineares que cortam a AID e a ADA são o Ramal Ferroviário Conceiçãozinha, a Rodovia SP-055 na região oeste e a estrada particular da Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp), que liga a Rodovia Piaçagüera-Guarujá à ilha Barnabé. Estradas secundárias também estão presentes. No extremo noroeste da AID, encontra-se parte do Terminal Marítimo Ultrafertil.

Essas áreas foram aterradas, provocando dificuldade no fluxo ou mesmo interrompendo a circulação natural das águas pelo baixo estuário. Outras áreas com atividades antrópicas - como aterros, áreas de empréstimos e canais retificados - também foram demarcadas.

As rochas pré-cambrianas que afloram na serra e na Planície Costeira pertencem ao Domínio Costeiro, sendo observadas rochas metamórficas de alto grau do Complexo Costeiro e rochas ígneas intrusivas, consideradas do Neoproterozóico.

a) Complexo costeiro

Os morrotes isolados que ocorrem na Planície Costeira, próximos ao Canal de Bertioga e nos arredores de Vicente de Carvalho, o Morro do Guarapá e alguns morrotes na região central, assim como as escarpas da Serra do Mar a norte/nordeste têm, como característica comum, estarem dispostas ao sul do rio Jurubatuba e, conseqüentemente, ao sul da Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço, zona essa que se encontra recoberta pelos sedimentos quaternários na AID. Representam feições de relevo esculpidas na unidade geológica 35 (CPRM 1999), composta por (hornblenda)-biotita migmatitos e/ou granito-gnaisses porfiroclásticos.

A norte/noroeste do rio Jurubatuba, na porção setentrional à Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço, as escarpas da Serra do Quilombo compreendem a unidade geológica 34 (CPRM 1999) do Complexo Costeiro. É composta por migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, *schlieren* e estromatítica.

➤ Rochas ígneas

As rochas ígneas (unidade 30) estão presentes a sul/sudoeste do Canal do Estuário, na Cidade de Santos e cercanias. Constituem o Maciço Granitóide Santos, composto por biotita-granitos cinza-rosado porfiríticos. Encontra-se circundado por sedimentos quaternários marinhos e lagunares. Constituem os morros e morrotes isolados da Planície Costeira, sendo representados, de oeste para leste, pelos morros do Ilhéu, Chico de Paula, Santa Rita, São Bento e do Bufo, e pelo Monte Serrat.

Os dois morrotes isolados observados na Ilha Barnabé têm direção geral acompanhando os morros de Santos, diferindo das unidades metamórficas do Complexo Costeiro, que exibem clara orientação sudoeste/nordeste, e paralela à direção geral da Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço. Dessa forma, esses morrotes são aqui considerados, preliminarmente, como corpos onde predominam rochas granitóides correlatas ao Maciço Granitóide Santos.

b) Coberturas sedimentares quaternárias

A ocorrência de afloramentos de areias marinhas litorâneas pleistocênicas da Formação Cananéia, as vezes retrabalhadas pelo vento e identificadas por SUGUIO & MARTIN (1978) na região de São Vicente, está além dos limites da AID. Exposições mais próximas ocorrem a SW, a cerca de 1km do Morro do Ilhéu.

Camadas de argilas médias a rijas entre 20 a 25 m de profundidade, às vezes com 15 m, identificadas em sondagens nas regiões da Alemoa e do Largo do Canéu, a cerca de 4 km a NW da ilha Barnabé, foram consideradas por MASSAD (1986) como argilas transicionais AT, da Formação Cananéia. Tal situação sugere a continuidade dessa formação em subsuperfície, desde os arredores de São Vicente, estendendo-se para o norte em profundidades cada vez maiores, o que indica uma maior exposição à erosão, das areias litorâneas e, a seguir, das argilas transicionais, durante o rebaixamento do nível do mar, ainda no Pleistoceno.

No fundo da região da ilha dos Bagres, segundo FÚLFARO & PONÇANO (1976), foram identificados abundantes pedaços de areia cimentada por carbonato de cálcio com alto conteúdo de fósseis marinhos, considerados como sendo *beach rock*. Parecem indicar a existência de antigos depósitos submersos de praia, posteriormente cimentados por carbonato de cálcio, que representariam resquícios de depósitos das areias marinhas litorâneas pleistocênicas, parcialmente preservadas.

Outros autores já haviam notado o progressivo desaparecimento das argilas transicionais em sondagens na Cidade de Santos (SUGUIO & MARTIN 1978) e, principalmente, para nordeste, na área da implantação do futuro empreendimento.

Uma das ocorrências identificadas em subsuperfície deve-se a TEIXEIRA (1960, *in* MASSAD 1986), que reconheceu a presença de camadas de argilas mais consistentes em uma localidade de Santos. MASSAD (1986) descreve a região como geograficamente protegida por morros e morrotes que teriam, em parte, impedido que a camada de argilas transicionais sofresse intensos processos erosivos, sejam marinhos ou continentais.

As investigações em subsuperfície, efetuadas entre outubro e dezembro de 2002 na ADA, sugerem uma situação diferenciada. Uma hipótese a se considerar é a ausência, na área, de morros e morrotes que poderiam proteger os depósitos pleistocênicos - no caso, as argilas transicionais - da erosão marinha provocada pelo avanço do mar durante a Transgressão Santos.

Deve-se considerar, no entanto, o desnível de -110 m do nível relativo do mar em relação ao nível atual, associado ao sistema de drenagem e à concentração de rios maiores que cortavam a região na época e dispunham de alta energia, promovendo a escavação generalizada de vales profundos. Na área do empreendimento, essa situação teria provocado a remoção completa das unidades pleistocênicas, expondo o embasamento pré-cambriano e seu solo de alteração, antes soterrados por até 50 m de coberturas sedimentares.

As grandes espessuras de argilas muito moles a moles, verificadas na campanha de sondagens e recobertas por delgadas camadas de mangues arenosos e argilosos são, em essência, depósitos holocênicos flúvio-lagunares e de baías, de sedimentos flúvio-lagunares associados à Transgressão Santos e nomeados por MASSAD (1986) como SFL.

c) Depósitos holocênicos associados ao estuário de Santos

As coberturas holocênicas que ocorrem na AID compreendem, por grande extensão, sedimentos de mangue e de pântano depositados nas margens de lagunas, nos canais de maré e nos cursos inferiores dos rios. Por conseguinte, recobrem amplas porções da ADA.

Os sedimentos flúvio-lagunares e de baías afloram mais ao norte, ainda na ADA. Em geral, na AID, encontram-se em cotas relativamente mais altas e se depositam mais para o interior do continente, aproximando-se do sopé da Serra do Mar (**Foto 8.1-11**).

Completam os depósitos holocênicos, em porções localizadas na AID, as areias marinhas litorâneas e os depósitos continentais, estes últimos representados por corpos de tálus e coluviões. Os aluviões parecem muito restritos na AID, mesmo junto aos rios maiores, não tendo sido cartografados. Depósitos de baixios estão associados ao assoreamento mais intenso nas desembocaduras de rios, nos largos e canais, sendo reconhecidos de forma subordinada apenas em certos locais da ADA.

Segundo FÚLFARO & PONÇANO (1976), o processo básico de circulação estuarina consiste em uma mistura de água doce vinda do continente, com água salgada oceânica, num ambiente parcialmente restrito, controlado pelas marés e correntes fluviais residuais, com efeitos de ondas e diferenças de densidades entre as águas.

A ação das correntes de maré do estuário santista suplanta a ação fluvial, com quase todos os canais e meios de circulação apresentando características marinhas e uma baixa taxa de sedimentação fluvial, em especial por transporte de fundo. A existência de foraminíferos no interior do canal do Porto demonstra a contribuição marinha, com a deposição do estuário sendo governada, predominantemente, por correntes de maré.

O sedimento típico do estuário é a lama, mas ocorrem depósitos arenosos. O estuário santista, segundo os autores, tem a marcante peculiaridade de ter siltes como sedimentos mais comuns, com gradações até depósitos arenosos constituídos por areia muito fina, configurando um ambiente de sedimentação caracterizado por baixa energia e baixa taxa de floculação.

O modelo geral da sedimentação do estuário indica sedimentos originados por aportes fluviais, de erosão local de bancos e de plataforma externa, tanto dos sedimentos derivados da erosão da plataforma continental como de sedimentos carregados pelas correntes paralelas à costa, inclusive os transportados ao longo da mesma a partir de rios adjacentes. Os rios da região de Cubatão também retrabalham sedimentos holocênicos depositados por ocasião da Transgressão Santos.

FÚLFARO & PONÇANO (1976) observam que o estuário se encontra em processo de assoreamento lento, tratando-se de uma área de grande equilíbrio de sedimentação. Este processo estaria restrito à faixa de segurança constituída pelos manguezais. Contudo, analisando-se as fotografias aéreas de maio/2002, comparativamente com as fotos de 1972 e com o mapa de SUGUIO & MARTIN (1978), nota-se que, na evolução do estuário nas últimas décadas, houve assoreamentos mais intensos nos arredores da ilha dos Bagres e na foz do rio Pedreira.

De interesse maior para o empreendimento, chama a atenção o aparecimento de baixios ao sul da foz dos rios Sandi e Diana, junto ao Ramal Ferroviário Conceiçãozinha, sugerindo a intensificação do assoreamento pela presença do aterro da ponte ferroviária, que avança em direção ao sul, sobre a extremidade oeste do Canal de Bertioga.

O aterramento desta região parece impedir, ao menos em parte, o escoamento dos sedimentos em suspensão ou por transporte de fundo para outras regiões do estuário ou mesmo para mar aberto. Esses sedimentos aí se depositam formando os baixios e, por consequência, ocorre a instalação de manguezais que, no futuro, permitirão o desenvolvimento de planícies de maré **(Foto 8.1-12)**.



Foto 8.1- 12- Aterro de encontro da ponte ferroviária do ramal Conceiçãozinha na porção sul da área do empreendimento, com depósitos de baixios e, ao fundo, a planície de maré

d) Areias marinhas litorâneas

Estão localizadas no extremo sul da AID, nos municípios de Santos e Vicente de Carvalho, em contato com os sedimentos flúvio-lagunares e de baías. No extremo Sudoeste da área recobrem, parcialmente, os morros isolados do Maciço Granitóide Santos. SUGUIO & MARTIN (1978) admitem que o topo dessas areias marinhas litorâneas atingem entre 4,5 e 4,7m acima do nível de maré alta, sendo que Santos se encontra assentada sobre estes sedimentos.

e) Sedimentos flúvio-lagunares e de baías (areias e argilas)

Na Área de Influência Direta (AID), os sedimentos flúvio-lagunares foram identificados preferencialmente ao norte dos largos do Canéu e Santa Rita, e dos canais de Piaçagüera (ou do Estuário) e Bertioga **(Foto 8.1-13)**.



Foto 8.1- 13- Margem Direita do Canal de Bertioga. Áreas Aplainadas das Coberturas Sedimentares Quaternárias, com Morrote Sustentado por Rochas do Complexo Costeiro

Constituem, nesta porção da AID, duas manchas irregulares, ambas mapeadas além dos limites da ADA.

A maior delas, ao norte da ADA, ocupa a porção setentrional da AID e se encontra, em grande parte, limitada ao norte pelo sopé da Serra do Mar. Envolve, ainda, grande parte do Morro do Guarapá, podendo estar sendo parcialmente erodida pelo rio Jurubatuba nas porções mais a montante.

A outra ocorrência foi mapeada na porção leste da AID, individualizada da mancha maior pelas escarpas alongadas da Serra do Mar, que nesta região compreende a unidade **35** do Complexo Costeiro. Em geral, suas cotas se elevam ao redor de 4 m de altitude e seus terrenos são constituídos por depósitos de argilas e areias sedimentados durante a Transgressão Santos, que teve seu máximo ao redor de 5.100 anos A.P.

Na porção nordeste da AID, as duas manchas mapeadas se encontram parcialmente recobertas por corpos de tálus, junto ao sopé da Serra do Mar.

Na porção meridional, os depósitos flúvio-lagunares junto aos cursos inferiores dos rios, podem sofrer influência das correntes de maré, tendo sido parcialmente recobertos pelos sedimentos finos dos depósitos de mangues atuais, associados às planícies de maré. Os depósitos flúvio-lagunares, representados pelas argilas e areias, são reconhecidos na ADA, em subsuperfície, através de sondagens.

Considerando-se o rebaixamento relativo do nível do mar atual em relação às cotas atingidas há 5.100 anos A.P., os depósitos flúvio-lagunares expostos mais a montante, podem estar sofrendo erosão parcial pelos rios, com a remoção de seus materiais que estariam sendo redepositados nas áreas de planície de maré.

SUGUIO & MARTIN (1978) mapearam, na cidade de Santos, depósitos flúvio-lagunares circundando seus morros, desde os arredores do Morro do Ilhéu até a leste/nordeste do Monte Serrat. Esses depósitos, para os autores, teriam continuidade para leste e estariam expostos em cotas mais elevadas na porção sudeste da AID, nos arredores de Vicente de Carvalho e Guarujá.

Contudo, atualmente, grande parte destas áreas se encontra parcialmente aterrada, devido à intensa atividade antrópica da região.

f) Sedimentos de mangues e pântanos (areias e argilas)

Na AID, grande parte dos terrenos é ocupada por depósitos associados às planícies de maré, construídos junto às margens de lagunas, nos canais de maré e nos cursos inferiores dos rios que drenam toda a região em suas cotas mais baixas.

Na AID e, principalmente, na ADA, os sedimentos de mangues e pântanos constituem a principal unidade geológica cartografada por SUGUIO & MARTIN (1978), também reconhecida neste trabalho. Compreendem depósitos de argilas e areias em geral muito finas (**fotos 8.1-14 e 8.1-15**).



Foto 8.1- 14– Areia Fina Argilosa Superficial da Unidade Geotécnica dos Mangues Arenosos, na Área do Empreendimento (retroporto).



Foto 8.1- 15- Camada superficial de areias finas, nos depósitos de mangue da planície de maré, próximo às margens da porção sul da área do empreendimento

Ocorrem desde NW, junto aos rios da Onça e Pedreira, e se prolongam pelas porções mais baixas dos arredores dos largos do Canéu e Santa Rita, até atingir as desembocaduras dos rios Jurubatuba, Sandi e Diana, onde ocupam extensa porção na região central da AID. Avançam, em seguida, para montante dos rios Jurubatuba e Sandi, chegando a atingir as cabeceiras do Diana na região nordeste da AID. Dispõem-se, ainda, por toda a extensão do Canal de Bertioga e seus afluentes, até os limites da AID, a leste/sudeste.

De acordo com FÚLFARO & PONÇANO (1976), considerando-se esses sedimentos no contexto de um sistema estuarino, ocorre amplo predomínio da influência das correntes de maré sobre o transporte fluvial, tido apenas como reliquiar. De acordo com esses autores, nos processos de sedimentação e assoreamento na região, predominam os depósitos de siltes com variações até areias muito finas.

Os sedimentos de mangues e pântanos (SUGUIO & MARTIN 1978) constituem os depósitos associados ao estuário santista de FÚLFARO & PONÇANO (1976) ou ainda correspondem, parcialmente, aos depósitos lacustres paludais (CPRM 1999). Representam, contudo, o acúmulo deposicional de materiais finos retidos pelos manguezais no médio e baixo estuários que tem, como reflexo mais importante, a expansão das áreas de planície de maré nessas regiões.

No alto estuário, o fluxo fluvial carrega sua carga sedimentar até o sopé das montanhas. O mangue, nesta região, detém grande parte da carga transportada por tração, através da função de filtro exercida por sua vegetação, liberando apenas a carga transportada por suspensão, para os largos e canais do médio estuário.

Para o interior do estuário, os feldspatos e os fragmentos líticos têm uma linha limite de ocorrência que coincide, grosso modo, com a faixa de manguezais, evidenciando que as frações mais grosseiras ficam nela retidas.

A vegetação do mangue se espalha lateralmente, favorecendo a deposição de sedimentos ao redor de suas raízes. Os bancos de lama, emersos durante a maré baixa, são ocupados por essa vegetação e se espalham lateralmente por acréscimo de detritos, originando um sistema complexo de canais que contornam pequenas ilhas vegetadas, as quais evoluem até a formação de planície de maré.

O sistema estuarino santista, mesmo que em aparente equilíbrio, reflete, no tempo geológico, um inexorável processo de assoreamento. Áreas antes identificadas como baixios algumas décadas atrás - como a porção norte/nordeste da ilha dos Bagres - atualmente encontram-se cobertas por manguezais e mostram, claramente, a expansão dos depósitos de planície de maré, hoje praticamente ligada ao continente.

Segundo FÚLFARO & PONÇANO (1976), a eventual erradicação desses manguezais poderá ter efeitos deletérios, favorecendo o acesso de sedimentos aí retidos a outras áreas do estuário, devido à eliminação do filtro natural existente, pela destruição da vegetação e a degradação das argilas.

➤ Baixios

Os baixios representam áreas onde o assoreamento é mais intenso. São também constituídos, preferencialmente, por depósitos de areias finas.

A principal ocorrência foi mapeada na porção oeste da AID, junto ao Largo do Canéu. Os avanços são verificados de norte para sul, nas proximidades da desembocadura do rio Pedreira, estendendo-se até a ilha dos Bagres. Outras áreas menores de baixios ocorrem nas margens da ilha Barnabé, junto ao Largo de Santa Rita e também na porção sul, atingindo áreas do futuro empreendimento.

Depósitos de baixios são reflexos da movimentação de correntes bidirecionais associadas às marés, que colocam a argila em suspensão e, com o movimento de vaivém, acabam por removê-la, provocando conseqüente concentração de areia. Grande parte das áreas de baixios formam-se dessa maneira.

Os cotovelos dos canais de maré e os pontões são também zonas preferenciais para o movimento de vaivém das águas, como ocorre nas proximidades da ilha dos Bagres e na extremidade norte do Canal do Porto, concentrando areia e formando baixios arenosos. O baixio que avança na área delimitada ao sul da foz do rio Diana/Sandi e o Ramal Conceiçãozinha, na ADA, parece refletir a aceleração do assoreamento causado pelo aterramento parcial do Canal de Bertioga, por ocasião da construção da Ponte Ferroviária (**Foto 8.1-12**).

Nessa região, a influência de correntes de maré também é de pouca penetração em direção à desembocadura do rio Sandi, local em que a existência de antigas barras mais arenosas acaba por dificultar o transporte de fundo no sentido Bertioga-Canal do Porto, permitindo a construção de baixios (FÚLFARO & PONÇANO 1976).

g) Sedimentos continentais

Os corpos de tálus representam, em essência, os principais depósitos mapeáveis de sedimentos continentais. São compostos por depósitos detríticos que se espalham junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar, ora recobrimo parcialmente os depósitos flúvio-lagunares, ora os depósitos de mangues associados à planície de maré.

Dois corpos principais foram delimitados na região nordeste e outros corpos, de ocorrência restrita, estão mapeados na AID. Um deles, no Morro do Guarapá, junto à pedreira em atividade, e dois outros, mais a noroeste, na base da Serra do Quilombo, recobrimo os sedimentos de mangue e de pântano.

Sua composição, em geral, é função das rochas expostas em cotas superiores aos depósitos, exibindo, com freqüência, fragmentos rochosos angulosos a semi-arredondados e blocos com até 2 m de diâmetro, envolvidos por uma matriz areno-silto-argilosa.

Os coluviões podem estar presentes na AID circundando as encostas externas dos morros e morrotes isolados ou, ainda, dispostos ao longo da faixa serrana como corpos delgados. Parecem constituir ocorrências muito restritas, não tendo sido delimitados, ou se encontram em aparente continuidade com os corpos de tálus, sendo cartografados conjuntamente com estes.

Os aluviões, na AID e na ADA, são transportados por rios que recortam a planície costeira e são governados, preferencialmente, por correntes de maré. Por essa razão, apresentam-se interdigitados com os depósitos flúvio-lagunares e de mangues e pântano.

Os depósitos aluvionares de interesse para a AID/ADA ocorrem no rio Sandi, nas proximidades do rio Jurubatuba, associados ao assoreamento provocado pelos detritos provenientes da pedreira do Morro do Guarapá.

8.1.6. Caracterização Geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA)

A caracterização geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA) teve, por base, trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico de campo; sondagens de simples reconhecimento, do tipo à percussão, executadas nas partes norte e sul da área e trechos submersos, e ensaios geotécnicos realizados em amostras de solos de áreas urbanas, industriais e portuárias de obras da Baixada Santista, próximas ao empreendimento.

Na **Figura 5 – Área Diretamente Afetada – Mapa Geológico e Localização das Sondagens (vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geomorfologia)**, são apresentadas as diferentes unidades geológicas visíveis em superfície, e a locação das investigações de subsuperfície. Também estão indicados os locais das obras pesquisadas, que incluem a Via Anchieta (ponte sobre o Canal do Casqueiro), Alemoa (Tanque de Óleo), Piaçagüera (Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa), ilha de Santo Amaro (Cais da Conceiçãozinha), Piaçagüera-Guarujá e outras.

8.1.6.1. Métodos de Trabalho

a) Investigações de subsuperfície

Para o estudo das características geotécnicas foram executadas 49 sondagens à percussão (SP) nas porções norte e sul da área do empreendimento, porções emersas e separadas pelo rio Sandi e pelo canal artificial que o interliga ao rio Diana, e atualmente ocupadas pela planície de maré. A campanha foi realizada de outubro a novembro de 2002.

Também foram efetuadas 33 sondagens à percussão no mar (SPM), na porção sul, em regiões de antigos baixios e do canal do estuário. A grande parte dessas investigações, assim como algumas outras sondagens na porção norte, estão posicionadas em locais próximos aos canais atuais. As sondagens foram executadas nos meses de novembro e dezembro de 2002.

Foram perfurados 3.093,49 m em solo e 0,71 m em rocha, totalizando 3.094,20 m, sendo 2.150,81 m nas SP's e 943,39 m nas SPM's. Nas SPM's e algumas SP's submersas, foram atravessados 122,35 m de lâmina-d'água até se atingir os materiais amostrados, devido à presença do mar e variações de maré.

A cada metro perfurado, foram realizados ensaios SPT - *Standard Penetration Test* – conforme a norma NBR-6484/2001 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), obtendo-se o índice de resistência à penetração, que é o número de golpes necessário para a cravação dos 30 centímetros finais de um amostrador-padrão com 45 centímetros de comprimento. Essa cravação é feita através da queda livre de um peso padronizado de 65 kg, lançado de uma altura de 75 centímetros.

As amostras foram extraídas a cada metro de profundidade por meio de um amostrador TERZAGHI – com diâmetros nominais interno e externo de 1 3/8" e 2", respectivamente – em furo com diâmetro de 2 1/2".

As cotas topográficas das bocas das sondagens, que apresentaram valores negativos, foram obtidas em porções alagadas nas margens, muito próximas de canais atuais ou abandonados, ou em regiões de baixios submersos pela maré alta. Tal situação é comum na porção sul da ADA.

A maioria das sondagens apresenta cotas positivas no interior dos terrenos da ADA, que variam de +0,33m (SP-06) a +2,26m (SP-37), altitudes muito próximas do nível do mar atual, reflexo de

áreas de planície de maré. Algumas sondagens apresentam cotas mais altas, como a SP-13 (2,65m); SP-14 (3,38m) e SP-46 (3,18m). Tais sondagens encontram-se assentadas em locais anteriormente aterrados, sendo as duas primeiras sobre o aterro do Terminal Ferroviário Conceiçãozinha e a última sobre aterro da estrada de acesso da Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp).

A partir das sondagens executadas e das informações de superfície, foram elaboradas seções geológico-geotécnicas longitudinais e transversais à área, para estudo das diferentes camadas de sedimentos e sua sistematização em unidades. As seções mais representativas constituem as **Figura 6 – Área Diretamente Afetada (ADA) – Seções Geológico-geotécnicas A, B, C e D** e **Figura 7 Área Diretamente Afetada (ADA) - Seções Geológico-geotécnicas E e F (vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geomorfologia)**.

b) Modelagem geotécnica

A partir da análise dos perfis geológicos elaborados, foram identificadas as unidades geológico-geotécnicas presentes, sua classificação no contexto que envolve a Baixada Santista, espessuras e condicionantes tais como profundidades de ocorrência e níveis do terreno original e do lençol freático. Também foram avaliadas as características geotécnicas que podem ser consideradas equivalentes às dos solos próximos à área do futuro empreendimento.

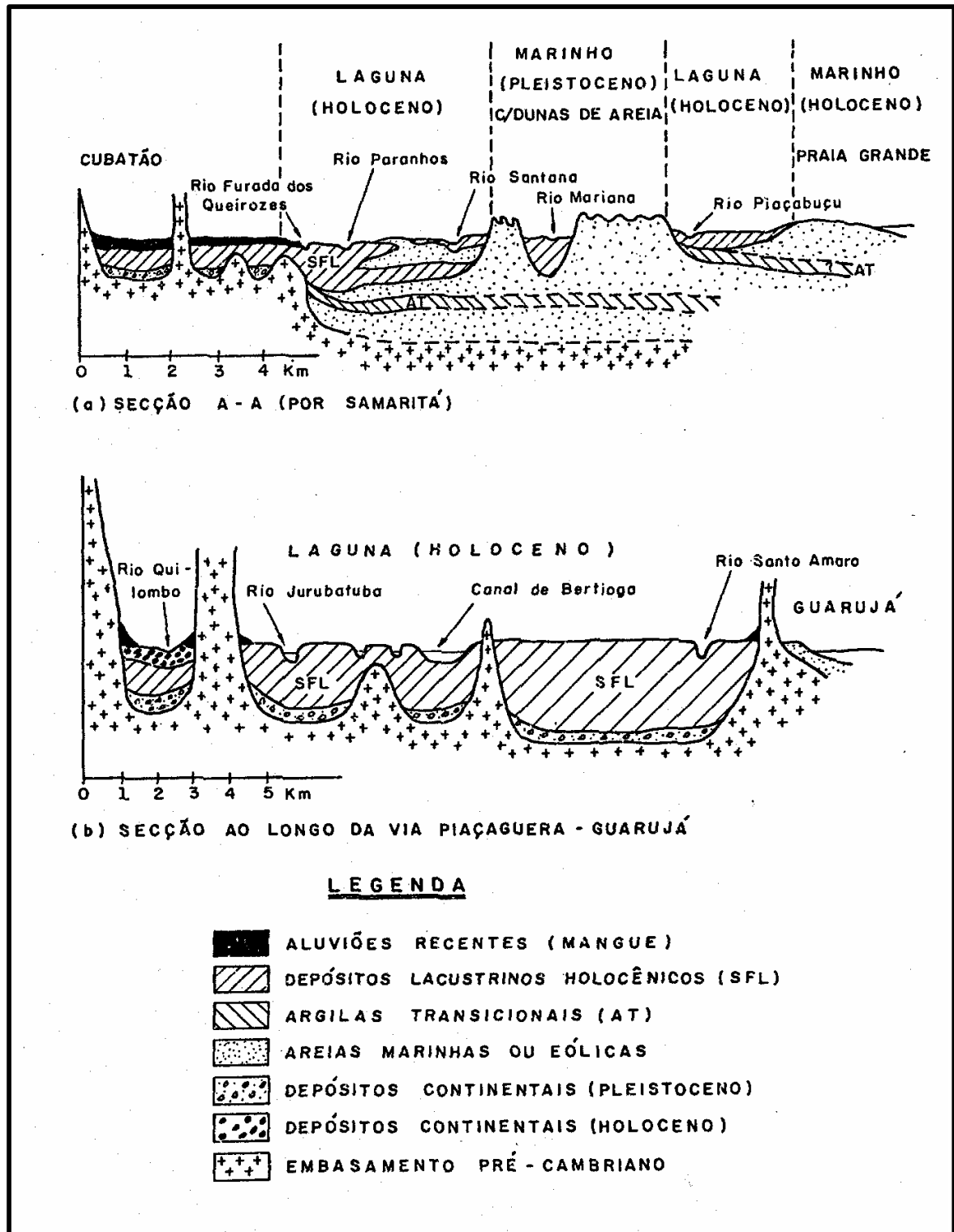
SUGUIO e MARTIN (1978), estudaram as argilas marinhas muito moles a moles do subsolo da Rodovia Piaçagüera–Guarujá, próximo à área do projeto, pertencentes aos sedimentos flúvio-Lagunares que se depositaram no Holoceno, a partir de 7000 anos A.P., e que constituem as argilas de SFL. A seção geológica esquemática desses pesquisadores (**Figura 8.1-6**), atravessa as regiões norte e leste da planície de Santos, junto à rodovia, ilustrando a presença e forma de ocorrência destas argilas.

As argilas de SFL também foram detectadas nas diversas sondagens executadas no local do empreendimento, razão pela qual serão ressaltadas suas propriedades neste diagnóstico.

c) Pesquisa bibliográfica

As características geotécnicas dos sedimentos – dando-se ênfase às argilas moles de SFL – foram obtidas a partir de trabalhos publicados nas últimas décadas, por pesquisadores que as avaliaram no contexto da história geológica dos sedimentos da Baixada Santista.

Figura 8.1- 6 - Seção Geológica Esquemática (*apud* SUGUIO E MARTIN, 1978a)



Entre os mais importantes trabalhos sobre o assunto, pode-se citar o de Façal Massad intitulado "Baixada Santista: Implicações da História Geológica no Projeto de Fundações" (1999). A caracterização feita por este autor, pode ser aplicada para os sedimentos das unidades geotécnicas da área do empreendimento.

Diversas propriedades destes solos e dos demais solos da região foram, também, resumidas e interpretadas a partir de norma técnica inédita da Cosipa (1992), desenvolvida pela empresa durante suas diversas fases de expansão e operação. São aqui apresentadas por serem consideradas, também, representativas das unidades geotécnicas descritas.

Os principais aspectos do comportamento dos solos moles referem-se à sua alta compressibilidade e baixa resistência, que serão descritas para melhor entendimento da importância das características geotécnicas levantadas, diante dos tipos de intervenções previstos na área do empreendimento.

8.1.6.2. Unidades Geológico-Geotécnicas

Os materiais atravessados refletem, especialmente no topo, a influência direta das correntes de maré, cujos depósitos são constituídos por sedimentos de mangues e pântanos.

Os sedimentos arenosos dos depósitos de mangues são mais espessos junto aos canais, mas também são verificadas ocorrências mais significativas de areias finas nos arredores de baixios, principalmente na porção sul. Nos locais mais interiores e relativamente mais altos da ADA também predominam, no topo, os depósitos arenosos de mangues, com ocorrências localizadas de depósitos argilosos, ambos de menor espessura.

Em profundidades maiores foi verificado o amplo predomínio de depósitos argilosos com até algumas dezenas de metros de espessura, representantes dos sedimentos flúvio-lagunares holocênicos, denominados SFL por MASSAD (1986).

Antes da base do depósito e recobertas pelos sedimentos argilosos, foram atingidas areias finas que, possivelmente, formam camadas arenosas distribuídas na base dos sedimentos flúvio-lagunares. Alternativamente, esses pacotes podem constituir porções superiores dos depósitos fluviais (aluviões holocênicos pretéritos), identificados logo abaixo e representados pelas areias médias e grossas com pedregulhos que, por ocasião do intenso rebaixamento do nível marinho, adentraram em direção ao mar.

Sob o depósito, as sondagens permitiram identificar um horizonte, por vezes espesso, de solo residual proveniente da alteração das rochas pré-cambrianas. Em algumas delas foram realizados ensaios de lavagem por tempo até o impenetrável, supondo-se ter sido atingido o topo do maciço rochoso, o que permite reconstituir parcialmente seu paleo-relevo.

As principais informações das sondagens realizadas podem ser consultadas nos **quadros 1 e 2 (vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geotecnia)** anexos, bem como um quadro-resumo das unidades geológico-geotécnicas com suas características principais e espessuras (**Quadro 3- vide Anexo 4 - Meio Físico – item Geotecnia**).

Da análise das investigações em subsuperfície realizadas e seções geológico-geotécnicas para a base, de mangue arenoso (SMGar), mangue argiloso (SMGag), argilas de sedimentos flúvio-lagunares (SFLag), areias finas de sedimentos flúvio-lagunares (SFLar), areias finas e médias de sedimentos flúvio-marinhos (SFM), areias grossas aluvionares de sedimentos fluviais (SFA), argilas transicionais da Formação Cananéia (AT), siltes argilosos de solo residual jovem (SRj) e gnaisses e

migmatitos (MGn) associados ao maciço rochoso. Essas unidades são descritas, detalhadamente, a seguir.

a) Sedimentos de mangue e pântanos

➤ Mangue arenoso (SMGar)

Os sedimentos de mangue arenoso têm espessuras variáveis entre 0,50 e 7,70 m, sendo mais delgados na parte norte e no sentido do interior do terreno da ADA, e mais espessos na porção sul e proximidades dos canais.

São constituídos por areias finas argilosas a areias finas siltsas, e em praticamente todas as amostras coletadas nesta camada, são observados restos vegetais e, eventualmente, lentes milimétricas de argilas. A cor predominante é marrom-escuro com cinza subordinada.

A elevação geral do mangue arenoso situa-se entre 0,33 e 2,26 m acima do zero hidrográfico da DHN. Os depósitos junto aos canais e na parte sul da ADA, eventualmente se mostram submersos por ocasião das oscilações positivas de marés.

As areias, em sua grande maioria, apresentam-se fofas, com valores de SPT predominantes entre 0/70 e 1/35, e alguns índices variando entre 1/100 (SP-02) até 3 golpes (SP-06).

Eventualmente, foram verificadas intercalações de camadas delgadas pouco compactas, com valores entre 5 e 7 (SP-02 e SP-09) a até medianamente compactas, atingindo 15 golpes (SP-03). Esses valores, apesar do caráter restrito, são muito altos quando comparados aos intervalos propostos por MASSAD (1986) para os mangues arenosos.

Por serem muito restritas, essas intercalações podem constituir depósitos locais de detritos fluviais no mangue arenoso, por ocasião de variações negativas no nível marinho em relação ao nível atual, nos últimos 5.100 anos A.P. (pequenas regressões), o que pode ter proporcionado as variações bruscas e localizadas nos valores de SPT. A presença de areia média e grossa na sondagem SP-13, junto à margem direita do rio Sandi, permite supor tal situação. Contudo, a intensa atividade antrópica que afetou esta região, com obras de desvio do leito do rio Sandi e a construção do ramal ferroviário nos arredores, não permite uma conclusão definitiva.

➤ Mangue argiloso

Os sedimentos do mangue argiloso afloram como depósitos menores e subordinados aos sedimentos de mangue arenoso, ocorrendo como interdigitações destes, e identificados pelas sondagens SP-25 a SP-28 e SP-42 a SP-48. As espessuras variam de 0,20 a 3,30 m (SP-48), com cotas do topo do depósito entre 1,34 m (SP-42) e 2,03 m (SP-27).

São constituídos por argilas siltsas com camadas subordinadas de argilas pouco siltsas a arenosas, sendo constante a presença de restos vegetais. Apresentam coloração marrom-escuro, cinza-escuro e eventualmente preta, e seus índices de resistência à penetração (SPT) variam de 0/75 (SP-48) a 1/38 (SP-27), sendo classificadas como argilas de consistência muito mole.

b) Sedimentos flúvio-lagunares (SFL)

A camada predominante nesta unidade geológica é representada por argilas muito moles a moles, reconhecidas por MASSAD (1986) como argilas do SFL. Em geral, ocorrem como uma espessa camada limitada no topo pelos sedimentos do mangue e na base por depósitos arenosos, mas também podem constituir camadas subordinadas, ocorrendo interdigitadas e de forma restrita no interior dos depósitos de mangue (SMG).

Também foram reconhecidas camadas arenosas subordinadas, denominadas areias do SFL, representadas por depósitos compostos essencialmente por areia fina, e ocorrendo como delgadas camadas isoladas no interior do pacote argiloso.

O pacote arenoso composto por areias finas a médias, que normalmente ocorre sotoposto às argilas do SFL, parece indicar uma gradação para sedimentos fluviais mais grossos. Admite-se, portanto, uma transição das areias finas e médias, provavelmente associadas a um ambiente flúvio-marinho ou mesmo litorâneo, para os sedimentos detríticos mais grosseiros (areias médias e grossas), considerados como depósitos fluviais, de acordo com o perfil de SUGUIO & MARTIN (1978).

Conforme observado por MASSAD (1986), entre o Canal de Bertiooga e o Guarujá, a sedimentação ocorreu em ambientes de calmaria (lagunas e baías) com a formação de espessas camadas de argila marinha. Já na região do rio Diana, registrou-se maior heterogeneidade no subsolo, com alternância entre camadas de argilas e areias descontínuas, provavelmente por se tratar de área de desembocaduras de rios.

➤ Argilas dos sedimentos flúvio-lagunares (SFLag)

As espessas camadas argilosas dos sedimentos flúvio-lagunares mostram a predominância de argilas puras, argilas siltosas e argilas pouco siltosas, com ocorrência eventual de argilas siltosas a pouco arenosas e, raramente, argilas arenosas. Com freqüência, são descritas intercalações de lentes milimétricas de areias muito finas a finas.

Caracteristicamente, contém restos de conchas e podem apresentar restos vegetais, e têm coloração cinza-escura, por vezes adquirindo tonalidades esverdeadas.

Quando se encontram interdigitadas como delgadas camadas nos depósitos de mangues, suas espessuras variam ao redor de 1 a 3 m, mas no pacote principal sua espessura varia entre 15 e 25 m, podendo atingir até 30 m. Em algumas sondagens foram observadas espessuras maiores, como é o caso das SP-21, SP-23 e SP-47, ao redor de 31 m; SP-38, com 32,5 m, e da sondagem SP-26, onde as argilas atingem cerca de 33 m.

As argilas são altamente plásticas, de consistência muito mole a mole, com índices de resistência à penetração em geral variando entre 1 e 2, mas sendo registrados também, com freqüência, valores de SPT oscilando entre 0/90 (SP-43) e 0/50 (SP-24). Índices mais altos são eventuais, e podem atingir máximos entre 4 (SP-17) e 5 golpes (SP-16), ou até 6, como observado na sondagem SP-36.

➤ Areias dos sedimentos flúvio-lagunares (SFLar)

Delgadas camadas arenosas, aparentemente sem continuidade lateral, ocorrem intercaladas de forma muito subordinada nas porções intermediárias do pacote argiloso. Sua espessura varia de

0,4 a 2,5 m, tendo-se detectado camadas mais espessas, com até 5 m, conforme indicado pela sondagem SP-10.

São constituídas por areias finas siltsosas a pouco argilosas, cinza a cinza-escuras, mas comumente podem ocorrer intercalações milimétricas de lentes de argilas siltsosas cinza-escuras. Também são observados restos de conchas eventuais e, mais raramente, gradações para camadas de areias finas a médias.

As camadas arenosas podem ser visualizadas nas sondagens SP-03, SP-04, SP-07, SP-10, SP-13, SP-14 e SP-16, sendo as areias, em geral, fofas a pouco compactas, com raras intercalações de areias medianamente compactas com pequena espessura. Os valores de SPT variam de 2 até 11 golpes.

c) Areias transicionais holocênicas flúvio-marinhas ou litorâneas (SFM)

São constituídas por areias finas a médias, siltsosas ou não, por vezes argilosas, de coloração cinza a cinza-clara e, eventualmente, amarela ou cinza-escura.

A espessura da camada arenosa varia, comumente, entre 1 e 4 m, mas podem ser de apenas 0,5 m ou atingir entre 6 e 6,5 m, conforme detectado pelas sondagens SP-09 e SP-14. Camadas mais significativas foram atravessadas pelas investigações SP-11 e SP-30, registrando-se espessuras entre 8 e 9 m.

Os índices de resistência à penetração (SPT) variam entre 2 e 3 golpes (areias fofas) a 18 golpes (medianamente compactas), sendo que, ocasionalmente, foram atravessadas delgadas camadas de areia compacta, com SPT's maiores que 19, conforme observado nas sondagens SP-07, SP-20 e SP-43, e atingindo 36 golpes na sondagem SP-41.

d) Areias de depósitos fluviais basais nos aluviões (SFA)

Os depósitos fluviais basais são representados por camadas de areias que se encontram depositadas sobre os solos residuais jovens provenientes da ação dos processos intempéricos sobre as rochas pré-cambrianas. Considerando que grande parte das unidades pleistocênicas foi removida da região por erosão, essas camadas são consideradas holocênicas.

Esses sedimentos são constituídos por areias médias a grossas e, por vezes, finas a grossas, pouco argilosas e, mais raramente, siltsosas a pouco siltsosas. É freqüente a presença de pedregulhos, sugerindo possíveis transições para cascalhos basais. São de coloração cinza a cinza-clara e cinza-amarelada, sendo raramente encontradas tonalidades cinza-escuras.

As espessuras dos depósitos variam desde 0,25 a 0,5 m (SP-32, SP-18, SP-31 e SP-38) até ao redor de 7 m (SP-17 e SP-46) e, em duas sondagens executadas, as camadas atravessadas apresentam espessuras ainda maiores, atingindo cerca de 10 m na SP-19 e por volta de 15 m na SP-22.

Os índices de resistência à penetração (SPT) variam entre 5 e 7 (areia pouco compacta) e 9 a 18 (areia medianamente compacta), mas são observados trechos fofos nas camadas mais finas, como na sondagem SP-45. Raramente, são verificados trechos de areias compactas, com índices entre 19 e 35 golpes, como ocorre nas sondagens SP-08, SP-11, SP-17, SP-19, SP-20, SP-30 e SP-36, e nas sondagens SP-14 e SP-34, paralisadas ao atingir o impenetrável à percussão no interior dos depósitos.

e) Argilas transicionais da Formação Cananéia (AT)

Nas porções basais da camada de argilas do SFL nota-se, nas sondagens SP-27, SP-44 e SP-47, índices de SPT superiores a 5, indicando consistência mole a média. Na sondagem SP-27, esses valores passam de 8 (consistência média) para 4 (mole), à medida que o furo se aprofunda; na SP-44, é atravessada uma camada de argila siltosa, pouco arenosa, com espessura de 2,70 m e índices de SPT entre 5 e 7 golpes, parecendo confirmar a existência de uma elevação preservada de argilas transicionais AT, pleistocênicas.

Outra possível ocorrência, preservada como testemunho da Formação Cananéia, pode ter sido identificada na sondagem SP-47, que atravessa um pacote composto por argila pouco siltosa com restos de conchas e coloração cinza-escura. Observa-se, no entanto, que os índices de resistência à penetração mudam bruscamente na base do pacote, com passagem da camada superior (de consistência muito mole), para uma provável camada basal pleistocênica, com SPT de 13 golpes (consistência rija), sugerindo a existência de resquícios das argilas transicionais AT.

Por constituírem intervalos de amostragem muito curtos, parece provável que os supostos depósitos de argilas transicionais tenham sido quase que totalmente removidos na região, por ocasião da fase regressiva e, posteriormente, durante a Transgressão Santos. Contudo, as sondagens executadas, ainda que preliminarmente e de forma bastante localizada, podem indicar a existência de testemunhos argilosos da Formação Cananéia, que se encontram soterrados na região da ADA, por cerca de 30 m de sedimentos holocênicos.

f) Solos residuais

O manto de intemperismo que constitui os perfis de solo abrange os produtos de alteração das rochas pré-cambrianas. Esses perfis são denominados solos residuais e subdivididos em solos residuais maduros, dispostos no topo do manto de intemperismo, e solos residuais jovens, sotopostos e evoluídos diretamente a partir das rochas (**Foto 8.1-16**).



Foto 8.1- 16- Área desativada da pedreira do morro do Guarapá, com exposição parcial de solo residual de granito-gnaiss da unidade 35 do Complexo Costeiro

➤ solo residual maduro (SRm)

Em geral apresenta coloração e textura homogêneas, são isotrópicos e porosos e podem apresentar, próximo à superfície, uma camada de matéria orgânica. Por se tratar de um horizonte de solo mais evoluído, não preserva as características texturais e estruturais originais e a cor da rocha. Seu contato com a camada inferior é gradativo e tem espessuras muito variáveis.

As amostras de solos residuais obtidas na campanha de sondagem efetuada na ADA não indicaram a existência de solo residual maduro (SRm), o que pode ser explicado pela intensidade dos processos erosivos que atuaram na região, escavando quase por completo os sedimentos da Formação Cananéia e esse horizonte de solo. Contudo, no topo de morros e morrotes que margeiam a ADA, como, por exemplo, no Morro do Guarapá, as áreas expostas em cotas mais altas nas proximidades das pedreiras em atividade exibem solos de textura homogênea, isotrópicos e de coloração avermelhada, caracterizados como SRm.

➤ solo residual jovem (SRj)

Em geral apresentam coloração variegada, são anisotrópicos e preservam a textura e as estruturas originais da rocha, que se tornam gradativamente mais visíveis em profundidade, até atingir o topo rochoso, cujo contato é brusco. A maioria das sondagens efetuadas na ADA atravessou parcialmente o horizonte do solo residual jovem.

Abaixo da camada de areia grossa do SFA, ocorre um horizonte de solo residual jovem composto por silte argiloso a silte argiloso pouco arenoso, comumente micáceo e/ou caulínico, em geral, cinza-esverdeado. Esses solos são fofos ou moles superficialmente e apresentam alta compactidade ou consistência rija a dura em profundidade.

Em algumas investigações, como na sondagem SP-13, podem ocorrer intercalações de argila siltosa média a dura, com índices de SPT variando de 9 a 35 ou, como na sondagem SP-23, areia fina a média pouco argilosa, medianamente compacta a compacta, com valores de SPT entre 9 e 38.

Em diversas sondagens, foram realizados ensaios de lavagem por tempo até o impenetrável, o que permite supor que foi atingido o topo do maciço rochoso, sendo possível estimar a espessura do horizonte do solo residual jovem.

As espessuras do SRj podem ser bastante reduzidas, ao redor de um metro (SP-16), mas apresentam grandes variações. Em geral, esse horizonte possui mais de 2 m e pode atingir espessuras entre 8 e 14 m, sendo, também, encontrados horizontes com cerca de 16 m (SP-08) ou até 19,5 m (SP-11).

O topo do horizonte de SRj aparenta ser ondulado e irregular, tendo sido atingido em profundidades ao redor de 28,5 a 30 m, e a profundidades entre 37 e 39 m nas partes mais profundas. Na sondagem SP-07, seu topo foi atingido a cerca de 43,5 m de profundidade.

g) Migmatitos e Gnaisses (MGn)

O topo do maciço rochoso foi inferido a partir das cotas de ocorrência do material considerado impenetrável nos ensaios de lavagem por tempo, nas sondagens realizadas.

Situa-se abaixo do solo residual jovem, entre 29,5 m (SP-16) e 58 m (SP-11) de profundidade. A partir das características da rocha original preservadas no solo residual jovem, como mineralogia,

textura e estruturas, e de fragmentos coletados nas sondagens à percussão, foi possível identificar os gnaisses e migmatitos como as principais unidades pré-cambrianas que constituem o arcabouço da ADA.

8.1.6.3. Comportamento de Solos Moles

a) Adensamento e compressibilidade

Nas argilas muito moles saturadas – que representam a unidade predominante no subsolo da área do empreendimento – um dos aspectos de maior interesse para a engenharia geotécnica é a determinação das deformações devidas a carregamentos verticais na superfície do terreno ou em cotas próximas a esta. Os recalques decorrentes de tais deformações podem ser de magnitudes consideráveis e prejudiciais às estruturas ou aterros implantados.

Normalmente, os recalques ocorrem de forma lenta, após a aplicação de cargas sobre a superfície do terreno, face à necessidade de saída da água dos vazios do solo que são, em geral, de baixa permeabilidade. Este processo é conhecido como adensamento e está associado a parâmetros de compressibilidade dos solos moles.

Os parâmetros de compressibilidade podem ser investigados através do ensaio de adensamento realizado em laboratório, que consiste na compressão controlada de uma amostra de solo contida em um molde, sem qualquer deformação lateral. Neste ensaio, o carregamento é feito por etapas, registrando-se, para cada carga, a deformação em vários intervalos de tempo. O ensaio simula o comportamento do solo quando ele é comprimido, por exemplo, pela ação de novas camadas de solo ou quando se constrói um aterro sobre o mesmo.

Entre as várias propriedades consideradas no adensamento, tem-se a tensão de pré-adensamento (σ_a), que é a tensão à qual o solo foi submetido anteriormente à tensão atual. A história dos carregamentos nos sedimentos argilosos se manifesta no ensaio de adensamento, através desta tensão. Quando comparamos a tensão de pré-adensamento com a tensão efetiva atual, do solo em estudo, conhecemos um pouco de sua evolução ao longo do tempo.

À relação entre a tensão de pré-adensamento (σ_a) e a tensão efetiva atual, dá-se o nome de razão de sobre-adensamento (RSA). Às vezes, a tensão de pré-adensamento é igual à tensão efetiva no solo por ocasião da amostragem, ou seja, o solo nunca esteve submetido, anteriormente, a maiores tensões. Nesse caso, o solo é considerado normalmente adensado.

Pode ocorrer, também, da tensão de pré-adensamento ser sensivelmente maior do que a tensão atuante no solo no momento da amostragem, sendo o solo, neste caso, denominado sobreadensado. Eventualmente, a tensão de pré-adensamento obtida no ensaio pode ser inferior à tensão efetiva do solo, estimada com base no perfil geológico, o que pode ocorrer em caso de adensamento devido a carregamentos recentes.

Em função da interpretação da tensão de pré-adensamento, da RSA e das novas tensões a ser aplicadas sobre o terreno como cargas de fundações de edificações, cargas de aterros, etc., a Mecânica dos Solos dispõe de equações para a estimativa de recalques.

Os parâmetros de compressibilidade obtidos nos ensaios de adensamento – tais como o índice de compressão (C_c), índice de recompressão (C_r) e o coeficiente de compressibilidade (a_v), assim como seu estado natural, definido pelo índice de vazios (e) – influem diretamente no cálculo de recalques.

A evolução dos recalques com o tempo depende das características dos sedimentos, da presença de camadas de areias que facilitam a expulsão da água do subsolo e da permeabilidade das argilas.

Através do coeficiente de adensamento (c_v), o qual é função do coeficiente de compressibilidade (a_v), da permeabilidade (k) e do índice de vazios (e) das argilas, pode-se avaliar a evolução dos recalques com o tempo, os quais são proporcionais aos carregamentos sobre as argilas e, portanto, variáveis durante o período construtivo.

O conhecimento dos parâmetros de compressibilidade dos sedimentos e dos recalques provocados pelos carregamentos devidos às obras e sua evolução com o tempo permitem prever os seus impactos e estabelecer medidas para a sua mitigação e monitoração, nas diferentes etapas executivas do cronograma de construção e de operação do empreendimento.

b) Resistência ao cisalhamento

Quando se quer analisar a estabilidade de um aterro sobre solos moles, é necessário verificar se sua resistência ao longo de uma superfície teórica de ruptura, é suficiente para resistir ao peso que será aplicado. A resistência de um solo no estado em que se encontra, antes de ocorrer qualquer drenagem, é chamada resistência não drenada (S_u). A resistência da argila no seu estado natural depende do índice de vazios (e) e da tensão de pré-adensamento.

Pela consistência muito mole ($SPT \leq 2$) a mole (SPT entre 3 e 5), predominante nestes sedimentos, a resistência não drenada (S_u) das camadas superficiais é baixa e crescente com a profundidade. Seu conhecimento é fundamental para os estudos de engenharia que contemplam a estabilidade de taludes de aterros ou de maciços de materiais granulares sobre solos moles, estabilidade de taludes de escavações, e o dimensionamento e verificação do comportamento de estacas e fundações rasas.

Os parâmetros de resistência dos solos podem ser obtidos por meio de ensaios especiais de laboratório sobre amostras indeformadas, ensaios de campo em diversas profundidades e através de correlações. Em laboratório, são utilizados ensaios de compressão triaxial sobre amostras saturadas, não drenadas e com tensões programadas.

O ensaio de campo mais utilizado é o de palheta ou vane test, que utiliza uma palheta de seção em forma de cruz, a qual é cravada em argilas saturadas de consistência mole a rija e, por rotação, é submetida ao torque necessário para se atingir a ruptura do solo por cisalhamento, em condições não drenadas.

Também podem ser realizados no campo, os ensaios de piezocone, muito empregados na Baixada Santista em Conceiçãozinha (MASSAD 1999). Seu princípio é bastante simples, pois consiste de cravação no terreno, com velocidade constante, de uma ponteira cônica que fornece o registro contínuo da resistência à penetração, que é correlacionada à estratigrafia do subsolo, obtida a partir de sondagens.

Através deste ensaio, obtém-se a resistência de ponta (q_c), o atrito lateral (f_s), e diversas correlações para depósitos de argilas moles, inclusive o coeficiente de adensamento radial (Ch), a partir da interpretação dos ensaios de dissipação de pressões neutras geradas durante a cravação do cone no solo. Com base nesses elementos, é possível a avaliação dos mecanismos de sobre-adensamento e como os mesmos interferem nas propriedades geotécnicas das argilas.

8.1.6.4. Características Gerais dos Sedimentos da Baixada Santista

Em função dos índices de SPT, e de sua distribuição, as argilas marinhas são classificadas em:

- a) Argilas de mangues, de deposição recente, com valores de SPT nulos;
- b) Argilas de sedimentos flúvio-lagunares (SFL), com índices de SPT entre zero e 2 golpes. Conforme os dados bibliográficos disponíveis, em função do modo de deposição dos sedimentos argilosos de SFL, estes podem conter intercalações de outros materiais e, quanto mais arenosos, apresentarão índices de compressão mais baixos e densidades naturais mais elevadas, e
- c) Argilas Transicionais (AT), compostas por solos continentais e marinhos depositados durante o Pleistoceno, são muito sobre-adensadas e têm índices de SPT superiores a 5.

No início da década de 90, investigações realizadas no Cais da Conceiçãozinha, próximo ao empreendimento, permitiram a diferenciação das argilas SFL e AT nos sedimentos. Foram consideradas suas granulometrias, consistências, índices de SPT, profundidades e espessuras, obtendo-se as seguintes características gerais:

- a) Argilas moles e médias sempre representam argilas de SFL, e as rijas correspondem às argilas transicionais (AT). Quando o depósito sedimentar apresenta camadas arenosas no topo, as argilas de SFL mais arenosas ocorrem imediatamente abaixo destas;
- b) Argilas transicionais (AT) ocorrem entre as profundidades de 19 e 25 m;

A diferenciação das diversas camadas dos sedimentos pode ser feita conforme os valores de SPT obtidos, segundo o seguinte critério: mangue argiloso (zero), mangue arenoso (1/60 a 1/40), argilas de SFL (zero a 4) e argilas transicionais (AT) (5 a 25).

8.1.6.5. Propriedades Geotécnicas dos Sedimentos

Algumas tabelas e figuras originais, contendo parâmetros geotécnicos de interesse e resumidas por MASSAD (1999), são apresentadas, uma vez que podem ser consideradas orientativas para o melhor conhecimento das características dos sedimentos da Baixada Santista e para a previsão de problemas geotécnicos.

No **Quadro 8.1-4** observam-se as faixas prováveis de propriedades dos sedimentos, classificados como mangue (espessura máxima de 5 m), argilas de SFL (espessura máxima de 50 m) e argilas transicionais (AT) (espessuras entre 20 e 45 m). Características de valores diferenciados para esses três tipos de sedimento, são agrupadas na porção superior da tabela, e na porção inferior agrupam-se as de valores semelhantes.

Para a diferenciação dos sedimentos, MASSAD ressalta que se deve recorrer a propriedades de estado, como índice de vazios (e), índices de SPT e resistência não drenada (S_u), com faixas de valores bastante distintas. A resistência não drenada (S_u) das argilas da Baixada Santista, por exemplo, mostra tendência sempre crescente com a profundidade e valores de 3KPa para os Mangues; 10 a 60KPa para as argilas de SFL, e superiores a 100KPa para as argilas transicionais (AT).

Conforme os dados do **Quadro 8.1-4**, outros parâmetros podem ter valores distintos para os três sedimentos, como é o caso do coeficiente de adensamento (c_v), obtido em laboratório para as

argilas de SFL, que quando relacionado aos obtidos no campo se mostra 15 a 100 vezes maior. Essa diferença significativa demonstra a necessidade de se estabelecer critérios para as hipóteses de aplicação desse parâmetro, face à sua influência no estudo dos tempos de recalque das argilas compressíveis do subsolo.

Algumas características e relações são semelhantes para os três tipos de sedimentos, ressaltando-se o fator de compressibilidade ($C_c / 1 + e_0$), que influi nos cálculos dos recalques; o coeficiente de empuxo em repouso (k_0), que pode ser utilizado para a estimativa de empuxos em contenções e de atrito negativo em estacas devidos ao adensamento de argilas moles, e os índices de consistência (LL e IP), muito utilizados em correlações.

Nos **quadros 8.1-5 e 8.1-6**, são apresentados valores de adensamento e de resistência não drenada (S_u) para argilas de SFL de diversos locais da Baixada Santista, com índices de SPT iguais a zero e $RSA \leq 2$, e com SPT entre 1 e 4 e $RSA > 2$, mostrando que as tensões de pré-adensamento e as resistências não drenadas, obtidas por meio de ensaios de palheta (vane-test), aumentam com a profundidade.

No **Quadro 8.1-5**, incluem-se o vale do rio Diana e o Canal de Bertioga, próximos ao empreendimento. Da análise dessa tabela, conclui-se que os parâmetros obtidos na região são similares aos dos demais locais relacionados, e muito diferentes dos relacionados no **Quadro 8.1-6**.

Essa comparação mostra a relação entre os valores de SPT e da Razão de Sobre-Adensamento e os parâmetros de compressibilidade e resistência, nas argilas de SFL.

Nos solos da área do futuro empreendimento tem-se, às vezes mais superficialmente, grandes espessuras de argilas com valores de SPT iguais a zero e, portanto, espera-se comportamento diferenciado para essas camadas – principalmente quanto ao seu adensamento – em relação às camadas mais profundas, com índices de SPT mais elevados.

O **Gráfico 8.1-2** mostra a história das tensões através de resultados de ensaios de piezocone em Conceiçãozinha (MASSAD 1999). A presença de argilas AT em profundidade foi constatada através da análise da magnitude das tensões de pré-adensamento, com valores entre 400 e 800KPa, superiores às das argilas de SFL, que apresentam valores entre 100 e 200KPa.

Esses ensaios também confirmaram que as pré-pressões de adensamento (σ_a), para as argilas de SFL, crescem linearmente com o peso efetivo de terra (σ_{vo}), sendo: $\sigma_a = \text{constante} + \sigma_{vo}$. A constante dessa relação varia, em 60% dos casos, de 80 a 120 KPa.

Quadro 8.1- 4 - Síntese das Propriedades Geotécnicas

Características	Mangue	SFL	AT
Profundidade (m)	≤5	≤50	20 ≤ z ≤ 45
e	> 4	2-4	< 2
$\bar{\sigma}_a$ (kPa)	< 30	30-200	200-700
RSA	1	1,1-2,5	> 2,5
SPT	0	0-4	5-25
s_u	3	10-60	> 100
γ_n (kN/m ³)	13,0	13,5-16,3	15,0-16,3
Difrenças			
Argilo-minerais	K/I	K/M/I	K/I
Materia orgânica	25%	6% (1)	4% (1)
Sensitividade	-	4-5	-
ϕ' (1) e (2)	-	24	19
$C_{\alpha e}$ (%)	-	3-6	-
C_v^{Lab} (cm ² /s) (3)	(0,4-400).10 ⁻⁴	(0,3-10).10 ⁻⁴	(3-7).10 ⁻⁴
C_v^{Lab}/C_v^{Campo}	-	15-100	-
Adesão em estacas(kPa)	-	20-30	60-80
δ (kN/m ³)	26,5	26,6	26,0
% < 5 μ	-	20-90	20-70
LL	40-150	40-150	40-150
IP	30-90	20-90	40-90
IA	1,2-2,2	0,7-3	0,8-2,0
IL (%)	50-160	50-160	20-90
Semelhanças			
$C_c/(1+e_o)$	0,35-0,39 (0,36)	0,33-0,51 (0,43)	0,35-0,43 (0,39)
C_r/C_c (%)	12	8-12	9
$\bar{E}_L/\bar{\sigma}_a$ (RSA > 1)	13	13-18	11
$\bar{E}_L/\bar{\sigma}_v$ ($\bar{\sigma}_a \leq \bar{\sigma}_v \leq 2\bar{\sigma}_a$)	8	6-10	7-11
$\bar{E}_L/\bar{\sigma}_v$ ($\bar{\sigma}_v \geq 2\bar{\sigma}_a$)	6-7	5-7	5-7
E_1/s_u (4)	-	138	143
E_{50}/s_u (4)	-	237	234
$s_u/\bar{\sigma}_c$ (4)	-	0,34RSA ^{0,78}	0,40RSA ^{0,60}
$s_u/\bar{\sigma}_a$ (4)	-	0,28	0,30
K_o (LAB)	-	0,57RSA ^{0,45}	0,58RSA ^{0,45}

Legenda: (1) - Para teores de argila (% < 5 μ) ≥ 50%; (2) ϕ' DE ENSAIOS CID ou S; (3) Normalmente Adensada; (4) ENSAIOS CIU ou R; (5) K - Caulinita; M - Montmorilonita; e I - Ilita.

Quadro 8.1- 5-Baixada Santista: argilas de SFL, com $RSA \leq 2$ e $SPT = 0$

Local	SPT	γ_n (kN/m ³)	$C_c/(1+e_0)$	$\bar{\sigma}_a$ (kPa)	s_u (kPa) (VT)
Alemoa	0	15,5	0,33	35+5,5z	13+2,0z
Cubatão	0	13,5	0,47	20+3,5z 30+5,0z	6+1,7z 15+1,6z
Vale dos R. Moji e Piaçaguera	0	13,6	-	24+3,6z	8+1,8z
		14,0	-	33+3,5z	14+1,7z
Vale do R. Quilombo	0	14,2	0,42	33+4,2z	11+1,7z
		14,0	0,44	13+4,0z	6+2,3z
Vale do R. Jurubatuba	0	13,8	0,48	26+3,8z	18+1,4z
Vale do R. Diana/Canal Bertioga	0	14,6	0,41	28+4,6z	7+2,1z
		13,5	0,45	21+3,7z	7+1,6z
Ilha de Santo. Amaro	0	13,5	0,51	27+3,3z	15+1,0z
		13,8	0,48	22+3,8z	5+2,1z

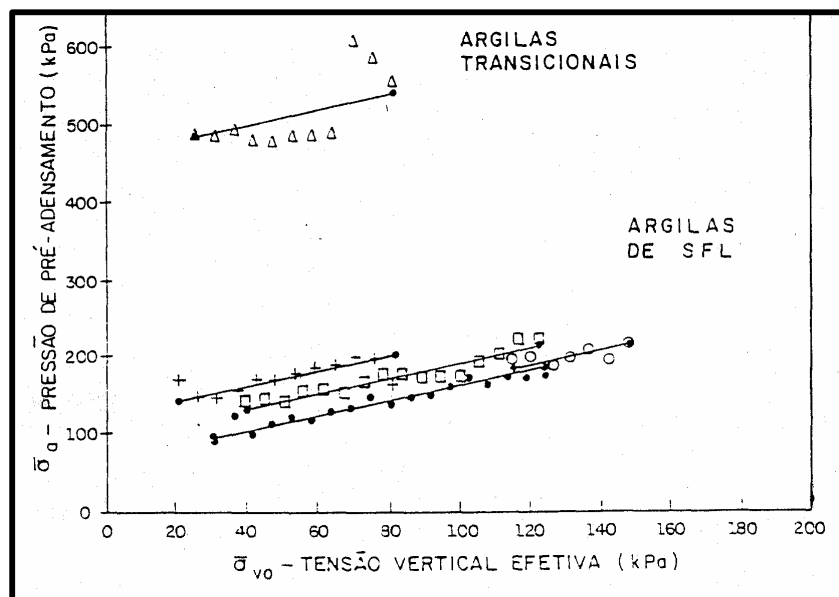
Notas: Dados de Massad (1985-a) VT - Vane Test.

Quadro 8.1- 6 – Baixada Santista: argilas de SFL, com $RSA > 2$ e $1 \leq SPT \leq 4$

Local	SPT	γ_n (kN/m ³)	$C_c/(1+e_0)$	$\bar{\sigma}_a$ (kPa)	s_u (kPa) (VT)
Conceiçãozinha	0,3+0,077z	14,8+0,05z	0,34 *	80+5,3z *	35+2,3z
Saboó	0,4+0,113z	-	-	-	32+2,0z
Macuco	0,3+0,100z	14,9+0,10z	-	-	26+2,4z

Notas: Dados de Teixeira (1994), exceto aqueles com * (Massad, 1985-a) VT - Vane Test.

Gráfico 8.1- 2- História das Tensões nos Ensaios de Piezocone em Conceiçãozinha



8.1.6.6. Parâmetros Geotécnicos

Em sua norma técnica interna para projeto e execução de obras de terra e fundações, a Cosipa (1992) recomenda, desde que não haja indicações específicas, a adoção de parâmetros geotécnicos médios para as argilas moles e outros solos da área de sua Usina, em Piaçagüera. Tais parâmetros foram obtidos a partir de inúmeros ensaios, em execução desde a década de 60.

Dos diversos parâmetros pesquisados, são reproduzidos, neste diagnóstico, os valores médios obtidos nos ensaios de caracterização, compressibilidade, deformabilidade e resistência de algumas das unidades geotécnicas presentes na área. Observamos, porém, que ocorre grande variabilidade nos resultados encontrados.

a) Aterros

Parâmetros	Aterro Argiloso	Aterro Arenoso
Peso Específico Natural	$\gamma = 18\text{KN/ m}^3$	$\gamma = 18\text{KN/ m}^3$
Peso Específico Natural Submerso	$\gamma' = 11 \text{ t f / m}^3$	$\gamma' = 11\text{KN / m}^3$
Coesão	$c = 20\text{KPa}$	$c = 0.0\text{t KPa}$
Ângulo de Atrito	$\varphi = 18^0$	$\varphi = 30^0$

b) Argilas moles

% de Argila	Média
ABNT	65
MIT	54

a) Granulometria

Limites de Atterberg	Média (%)
Liquidez	115
Plasticidade	41
Índice de Plasticidade	74

b) Plasticidade

Parâmetros	Média
Peso Específico	$\gamma = 14\text{KN / m}^3$
Teor de umidade	$h = 112 \%$
Índices de Vazios Natural	$e_0 = 3$
Peso Específico dos Grãos	$\delta = 26.7\text{KN / m}^3$

c) Índices físicos

Parâmetros	Média
Índice de Compressão (C_c)	1.50
Índice de Recompressão (C_r)	0.07
Índice de Expansão (C_e)	0.24
Fator de Compressibilidade ($C_c / (1 + e_0)$)	0.38
Coefficiente de Adensamento vertical (cm^2/S) (C_{vv})	0,004

d) Compressibilidade – ensaios edométricos

Condição	Módulo de Elasticidade (E)	Coefficiente de Poisson (ν)
Não Drenada	100 a 200Kgf / cm^2	0.5
Drenada	20 a 40Kgf / cm^2	0.2

e) Deformabilidade

Sedimentos	Resistência Não Drenada
Mangue Virgem	$S_u = 0.5 + 0.17 \times Z(t f / m^2)$
Aterro com idade superior a 1 ano, sobre o Mangue Virgem	$S_u = 1.0 + 0.17 \times Z(t f / m^2)$

f) Resistência não drenada (*vane test*)

(Obs: Z = Profundidade a partir do topo da camada de Argila Mole)

Tipos de Solicitações	Ângulo de Atrito
Não Drenadas – Ensaios Q	$\varphi = 0^0$
Adensado - Não Drenadas – Ensaios R	$\varphi = 15^0$
Drenadas – Ensaios S	$\varphi = 18^0$

g) Resistência (ensaios de laboratório)

c) Camadas de areia e cascalho

Parâmetros	Areia	Cascalho
Peso Específico Natural	$\gamma = 18\text{KN/m}^3$	$\gamma = 18\text{KN/m}^3$
Peso Específico Natural Submerso	$\gamma' = 8\text{KN/m}^3$	$\gamma' = 8\text{KN/m}^3$
Coesão	$c = 0.0\text{KPa}$	$c = 0.0\text{KPa}$
Ângulo de Atrito	$\phi = 35^0$	$\phi = 40^0$

d) Solo de alteração de migmatito/ gnaiss

Parâmetros	Silte Arenoso	Silte Argiloso
Peso Específico Natural	$\gamma = 18\text{KN/m}^3$	$\gamma = 18\text{KN/m}^3$
Peso Específico Natural Submerso	$\gamma' = 10\text{KN/m}^3$	$\gamma' = 10\text{KN/m}^3$
Coesão	$c = 20\text{KPa}$	$c = 30\text{KPa}$
Ângulo de Atrito	$\phi = 35^0$	$\phi = 25^0$

8.1.6.7. Aterros sobre Solos Moles na Baixada Santista

De acordo com MASSAD (1999), no **Quadro 8.1-7** estão resumidos dados de recalques de aterros monitorados na Baixada Santista, e indicados dados de adensamento relativos à Razão de Sobre-Adensamento e do Coeficiente de Adensamento, bem como a relação b/H , onde b é a largura da área aterrada e H é a espessura da camada de argila.

Os sedimentos dos subsolos apresentam espessuras variáveis, com camadas espessas de argilas de SFL nas obras da ilha de Santo Amaro, Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa) e Itapema. Observa-se que os recalques (ρ_f) devido à construção de aterros são, de maneira geral, significativos, variando de 44 a 108 cm perante as diferentes características e mecanismos de adensamento.

A maioria dos solos das obras indicadas no **Quadro 8.1-7** apresenta camadas de argilas transicionais (AT) – com pouca representatividade na área do futuro empreendimento – sob as camadas de argilas de SFL. Os sedimentos AT têm valores de SPT mais elevados, podem ser rijos e possuem parâmetros mais favoráveis quanto à resistência não drenada (superiores às das argilas SFL) e índices de vazios (inferiores aos das argilas SFL). As argilas de SFL, nos exemplos da tabela 4, têm espessura máxima de 22 m, em geral inferiores às da área do empreendimento, onde podem atingir até 35 m.

Considerando-se as obras de aterro previstas, face à predominância de argilas de SFL no subsolo – com grandes espessuras e índices de SPT por vezes iguais a zero – prevê-se recalques de grandes magnitudes, principalmente nos locais onde os aterros apresentarão maiores espessuras.

Quadro 8.1- 7- Casos de Aterros na Baixada Santista

TIPO	LOCAL	CASO	SEÇÃO EXPERIMENTAL	SUBSOLO	RSA	ρ_f (cm)	C_{vw}	b/H	MECANISMOS DE ADENSAMENTO
ATERROS	MIGRANTES	I	SE 1 EST 62 + 2.6m	5 m SFL sobre 12 m AT	1,6 & 3,1	96	>1,2 (50)*	3,0	Oscilação Negativa do N.M e Peso Total de Terra
		II	SE 2 62 + 1.8m	5 m SFL sobre 12 m AT	1,6 & 3,1	100	>2,5 (100) *	3,0	Oscilação Negativa do N.M e Peso Total de Terra
		III	SE 3 (EST 56)	12.7 m SFL sobre 4 m AT	1,5	145	2,3 (100) *	4,0	Oscilação Negativa do N.M e Peso Total de Terra
		IV	SE 4 (EST 128)	11.9 m AT	1,7	13	1,6	4,0	Peso Total de Terra
		V	SE 5 (EST 40)	13.0 m SFL	1,5	-	1,1 (50)*	4,0	Oscilação Negativa do N.M
	COSTAS	VI	RN 2	1.3 m Mangue sobre 14.1SFL	1,0	50	2,7 (100) *	1,5	Oscilação Negativa do N.M, exceto para o Mangue.
		VII	RN 3	1.3 m Mangue sobre 14m SFL	1,0	63	1,1 (50)*	1,5	Oscilação Negativa do N.M., exceto para o Mangue.
	ITAPEMBA	VIII	PLACAS CENTRAIS	18 m SFL sobre 6.8 m AT(?)	1,9	64	3,3 (15)*	1,5	Oscilação Negativa do e Peso Total de Terra.N.M
		IX	PLACAS LATERAIS	18 m SFL sobre 6.8 m AT(?)	1,9	44	3,2 (15)*	1,5	Oscilação Negativa do N.M. e Peso Total de Terra
	DESTOAMAR	X-a (ATERRO h=4,4m)	MR (BERMA)	12 m SFL sobre 14 m AT(?)	2,6 & 2,0	41	-	7,0	Principalmente Ação de Dunas e Peso Total de Terra.
				12 m SFL sobre 14 m AT(?)	2,6 & 2,0	59	-	7,0	Principalmente Ação de Dunas e Peso Total de Terra.
		XII (ATERRO h=5,8m)	1ª. ETAPA 2ª. ETAPA 3ª. ETAPA 4ª. ETAPA	22 m SFL sobre 18 m AT	1,9	5 16 41 108	-	2,8	Principalmente Ação de Dunas e Peso Total de Terra.
FUNDAÇÕES FLEXÍVEIS (BASES)	ALMOATANQUE DE ÓLEO		ESTÁGIO 1			16	4,7 (60)		
		XI	ESTÁGIO 2	9.5 m SFL	1.6	34	3,4 (45)*	6.0	Oscilação Negativa do N.M.
			ESTÁGIO 3			55	3,4 (45)		

LEGENDA: SFL - Argilas flúvio-lagunares de baías (Holocênicas) AT - Argilas Transicionais (Pleistocênicas)

RSA - Relação de Sobreadensamento ρ_f - Recalques Finais Observados

C_{vw} - Coeficiente de Adensamento de Campo (Equivalente) b/H - Relação entre largura da área carregada e espessura da camada de argila (*) - Relação entre C_{vw} de campo e C_{vw} de Laboratório

8.1.6.8. Estacas Cravadas nos Sedimentos

Quando uma estaca atravessa uma camada de solo compressível, podem ocorrer esforços adicionais sobre a mesma, tais como empuxos horizontais na camada de solo e atrito negativo. Nas estacas verticais, o atrito negativo corresponde a um acréscimo na carga axial, decorrente de um recalque na camada compressível. Nas estacas inclinadas existirá, também, um esforço de flexão decorrente desse recalque (ALONSO 1988).

MASSAD (1999) relacionou os atritos laterais unitários máximos em estacas – para o cálculo de capacidades de carga – com a história geológica dos sedimentos, em particular da tensão de pré-adensamento, analisando resultados de provas de carga.

Entre as conclusões mais importantes, definiu as faixas de valores dos Atritos Laterais Unitários Máximos (f_{max}), para as várias unidades geológico-geotécnicas ocorrentes na Baixada Santista, constatando que tais atritos dependem da proporção relativa entre os diversos sedimentos atravessados por elas, e praticamente independem do comprimento das estacas.

O **Quadro 8.1-8** mostra os valores de Atritos Laterais Unitários Máximos (f_{max}) por unidade geológico-geotécnica em diversas obras, registrando os menores valores – entre 20 e 30KPa – para as argilas de SFL.

8.1.6.9. Esforços sobre Fundações de Obras Preexistentes

Embora sem registro nas obras pesquisadas, sobre problemas trazidos por esforços sobre fundações de estruturas preexistentes, o problema será abordado pela sua relevância para as instalações portuárias em questão, uma vez que os aterros a serem construídos junto ao ramal ferroviário da Conceiçãozinha irão sobrecarregar as fundações de seus aterros e pilares, bem como das estruturas do novo cais e píeres nas diversas fases de ampliação do porto.

Quadro 8.1- 8- Valores de Atrito Unitário Máximo (f_{max}) por Unidade Geotécnica

Local	Valores de f_{max} (kPa)		
	SFL	AT	AREIAS HOLOC
Ponte Mar Pequeno	20	80	40
Ponte do Casqueiro	20	70	40
Ponte do R. Branco	-	-	50
Dados de Teixeira	20-30	55	-
Dados de Vargas	21-33	-	-
Alemoa/PQU	20	60	-

As deformações de argilas moles subjacentes a aterros, junto a encontros de pontes ou estruturas portuárias, podem transmitir cargas adicionais às estacas presentes na sua fundação.

A solicitação se dá por arraste (atrito negativo) devido ao adensamento posterior das mesmas sob a ação de aterros, com formação de pressões laterais que induzem tensões de flexão nas estacas (TSCHEBOTARIOFF 1978).

No caso de novas obras estaqueadas, as solicitações adicionais podem ser previstas e as estacas dimensionadas para resistir aos esforços previstos. Como medidas corretivas, ALONSO (1988) descreve algumas práticas utilizadas para dirimir pressões horizontais no subsolo.

Aterros a ser construídos próximo a pilares de pontes ou de outras estruturas estaqueadas devem ser dimensionados levando-se em consideração tanto o potencial de atrito negativo quanto o de flexão das estacas, considerando-se os condicionantes estruturais e os parâmetros geotécnicos do subsolo e dos aterros de encontro. Para garantia da integridade das obras, poderão ser aplicados reforços nas suas fundações, e a utilização de métodos construtivos adequados e monitoramento.

8.1.7. Hidrogeologia nas Áreas de Influência

8.1.7.1. Aspectos Legais

a) Legislação federal

O Código de Águas de 1934, demasiado centralizador do seu domínio para a União, considera as águas subterrâneas como bens imóveis, associados à propriedade da terra. Incorpora normas reguladoras que preservam direitos adquiridos, inibem a monopolização da exploração e a poluição das águas subterrâneas, reconhece o fato da sua estreita relação com as águas superficiais e limita o direito e exploração das águas subterrâneas, sempre que a obra interfira na ocorrência das águas superficiais.

A Constituição Federal de 5 de outubro de 1988 muda o status das águas subterrâneas, estabelecendo um novo regime para as mesmas, conferindo-lhes caráter de bem público de propriedade dos Estados e Distrito Federal e distingue claramente águas subterrâneas de recursos minerais do subsolo, sendo, portanto, as águas minerais de competência da União.

Assim, a questão das águas subterrâneas foi afastada do cenário nacional, pois o artigo 26 da Constituição Federal, declara as águas subterrâneas como bem de domínio dos Estados. O problema ocasionado por esse artigo está sendo amplamente discutido por técnicos de diversos órgãos, tanto da União como dos Estados. Isto porque não foram considerados alguns pontos como a indissociabilidade do ciclo hidrológico águas superficiais subterrâneas e que os aquíferos não tem limites de Estados, bacias e/ou países.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, definiu cinco instrumentos essenciais à boa gestão dos recursos hídricos, um deles é a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que tem como objetivo assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício desse direito.

A outorga é, portanto, o ato administrativo de autorização, mediante o qual o poder público outorgante faculta ao outorgado o uso do recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. Portanto, a aplicação desse instrumento representa uma oportunidade de exercer o controle do uso das águas subterrâneas.

A Lei Federal nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos incorpora as mudanças de dominialidade das águas subterrâneas estabelecidas pela Constituição de 1988 e mantém tratamento diferenciado para as águas ditas "minerais". Quanto à gestão das águas subterrâneas, recomenda a utilização de mecanismos de outorga das concessões de exploração como principais instrumentos de gestão.

No Artigo 19, a cobrança do uso de recursos hídricos, objetiva:

I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor.

II - incentivar a racionalização do uso da água.

III - obter recursos financeiros para o financiamento dos parâmetros e intervenções contempladas nos planos de recursos hídricos.

Quanto às normas reguladoras, apresenta significativa contribuição relativa aos aspectos de poluição e superexploração de aquíferos, proibindo a poluição das águas subterrâneas, exigindo o monitoramento de aterros sanitários e estudos de vulnerabilidade de aquíferos.

O Decreto-Lei nº 382, de 22 de setembro de 1999, publicado no "Diário da República" nº 222/99 SÉRIE I-A, de 22 de setembro de 1999, Ministério do Ambiente: Estabelece Perímetros de Proteção para Captações de Águas Subterrâneas Destinadas ao Abastecimento Público.

É um instrumento preventivo para assegurar a proteção das águas subterrâneas, é a instituição de perímetros de proteção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.

1. Trata-se de áreas definidas na vizinhança dessas captações em que se estabelecem restrições de utilidade pública ao uso e transformação do solo, em função das características pertinentes às formações geológicas, que armazenam as águas subterrâneas exploradas pelas captações e dos caudais extraídos, como forma de salvaguardar a proteção da qualidade dessas águas subterrâneas.

2. As captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público de água para consumo humano de aglomerados populacionais com mais de 500 habitantes ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m³/dia ficam abrangidas pelo disposto no presente diploma para todas as zonas de proteção previstas e definidas nos termos do presente decreto-lei.

3. Todas as captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público de água para consumo humano são abrangidas pelo disposto no presente diploma no que diz respeito à delimitação da zona de proteção imediata.

A Lei Federal nº 9.984 de 17 de julho de 2000 institui a Agência Nacional de Águas (ANA), atribuindo, à mesma, a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, em articulação com os órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, dando competência ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei nº 9.433 para promover a articulação de planejamentos, nos diversos níveis, dos setores usuários de água.

A ANA passa a ser a autoridade outorgante, em âmbito nacional, para o uso dos recursos hídricos de seu domínio.

A Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e dá outras providências.

O primeiro marco para a integração das águas subterrâneas e superficiais no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos foi a elaboração, pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas – CTAS-Federal e aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), da Resolução nº 15, publicada em 12 de janeiro de 2001, que estabelece diretrizes para gestão integrada das águas.

A Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002 (publicada no DOU de 4 de julho de 2002), estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem considerar os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável.

b) Legislação estadual

A Lei nº 6.134 de 2 de janeiro de 1988, regulamentada pelo Decreto nº 32.955 de 7 de fevereiro de 1991, dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo e dá outras providências.

A Constituição Estadual, no Artigo 205, estabelece que o Estado instituirá, por lei, sistema integrado de gerenciamento dos recursos hídricos para:

I. a utilização racional das águas superficiais e subterrâneas e sua prioridade para abastecimento das populações;

II. a proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;

No Artigo 206, determina que as águas subterrâneas, reservas estratégicas para o desenvolvimento econômico-social e valiosa para o suprimento de água às populações, deverão ter programa permanente de conservação e proteção contra a poluição e super exploração, com diretrizes em lei.

No Artigo 208, estabelece que fica vedado o lançamento de efluentes e esgotos urbanos e industriais, sem tratamento, em qualquer corpo d'água.

O Decreto nº 32.954 de 7 de janeiro de 1991 dispõe sobre a aprovação do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) editado em 1990. O PERH apresenta um diagnóstico do uso dos Recursos Hídricos, os cenários de utilização e os Programas de Duração Continuada (PDC), necessários ao controle e recuperação dos mesmos.

A Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento das Águas Superficiais e Subterrâneas.

No Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), aprovado pela Lei nº 9.034/94, dividiu-se o Estado de São Paulo em 22 unidades de gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHs), classificando-se as bacias hidrográficas em quatro categorias – industrial, em industrialização, agropecuária, e de conservação. A Bacia Hidrográfica da Baixada Santista tem seu uso classificado como Industrial de acordo com a Carta do Meio Ambiente e sua Dinâmica (Cetesb, 1985).

O PERH 94/95 estabeleceu, ainda, a hierarquia dos usos prioritários da água, indicando os PDCs que abrangem quase todos os aspectos ligados aos recursos hídricos, os investimentos recomendados para as bacias, com base nas prioridades e metas de qualidade, e os requisitos de conteúdo dos relatórios anuais de situação dos recursos hídricos. Apresenta também recomendações para a elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas e para o processo de implantação da cobrança pelo uso da água.

A Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994 estabeleceu as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI's) - a Bacia Hidrográfica da Baixada Santista foi enquadrada na UGRHI 7 - e os Programas de Duração Continuada (PDC). Destaca-se o PDC- 4, que trata do Desenvolvimento e Proteção das Águas Subterrâneas:

1. Controle da perfuração de poços profundos e da exploração de águas subterrâneas:

- Desenvolvimento do cadastramento de poços tubulares profundos.
- Licenciamento da perfuração de poços e da exploração de águas subterrâneas.
- Gestão de aquíferos em áreas críticas de superexploração ou poluição.

2. Cartografia Hidrogeológica:

- Execução, publicação e divulgação da cartografia hidrogeológica básica.

3. Proteção da Qualidade das Águas Subterrâneas:

- Execução de cartografia da vulnerabilidade natural dos aquíferos à poluição.
- Cadastramento das fontes reais ou potenciais de poluição dos aquíferos subterrâneos.
- Zoneamento da vulnerabilidade dos aquíferos à poluição, desenvolvimento, implantação e aplicação de legislação de proteção.

4. Cooperação com os municípios para exploração, conservação e proteção das águas subterrâneas:

- Avaliação hidrogeológica, projeto e perfuração de poços tubulares profundos.
- Operação, controle e manutenção de sistemas de extração de águas subterrâneas.
- Convênios de cooperação entre estado e municípios para gestão dos aquíferos de interesse local, especialmente os situados em áreas urbanas.

O Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996, põe em prática a outorga de direito de uso das águas superficiais e subterrâneas, definindo os seguintes tipos de outorga:

- Autorização: quando para a implantação de qualquer empreendimento, que demande a utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, dependerá de manifestação prévia do Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE, por meio de autorização.
- Licença de execução: a execução da obra, destinada à extração de águas subterrâneas. A licença de execução não confere ao seu titular o direito de uso do recurso hídrico.
- Concessão ou autorização: a outorga do direito de uso se fará por concessão quando a água destinar-se ao uso de utilidade pública ou a captação ocorrer em terreno do domínio público e por autorização, quando a água extraída destinar-se a outras finalidades.

A Câmara Técnica de Águas Subterrâneas foi instituída em 14 de fevereiro de 2000 pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) e tem como objetivo preservar os depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, de acordo com o previsto na Lei Estadual nº 6.134, de 02 de junho de 1988, e na Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. São competências da câmara técnica: discutir e propor diretrizes para a gestão integrada de águas subterrâneas, levando em conta sua interconexão com as águas superficiais, e as interações observadas no ciclo hidrológico; a exploração de água subterrânea; outorga de direito de uso; o licenciamento ambiental e a proteção dos aquíferos.

Em síntese, a legislação estadual, de acordo o Segundo Plano Estadual de Recursos Hídricos, editado em 1994 classifica a Baixada Santista, onde se insere a área em estudo, como bacia hidrográfica de uso industrial. A Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, que estabeleceu as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI's), enquadrou a Bacia Hidrográfica da Baixada Santista como UGRHI 7, sujeita aos os Programas de Duração Continuada (PDC), onde se destaca o PDC- 4, que trata do Desenvolvimento e Proteção das Águas Subterrâneas.

c) Normas técnicas aplicáveis

- ABGE (1996): Ensaios de Permeabilidade em Solos - Orientações para sua Execução no Campo. São Paulo/SP.
- ABGE (1996): Boletim no 04 (3a Edição Revisada). 30p. São Paulo/SP.
- ABNT (1987): Resíduos Sólidos - Classificação. NBR 10.004. Rio de Janeiro/RJ.
- ABNT (1987): Amostragem de Resíduos - Procedimento. NBR 10.007. Rio de Janeiro/RJ.
- ABNT (1997): Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem. ABNT/NBR 13.895. São Paulo/SP.
- CETESB (1987): Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água. São Paulo/SP.
- CETESB (1997): Norma 06.010 - Anexo A: Orientação para Coleta de Amostras. São Paulo/SP.
- NBR 9.897 (1897): Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores. São Paulo/SP.
- NBR 9.898 (1997): Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores. São Paulo/SP.
- ASTM (1995): Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Releases Sites. Philadelphia PA, USA.

8.1.7.2. Caracterização Hidrogeológica da Área de Influência Indireta (AII)

Na planície da Baixada Santista, predominam dois sistemas aquíferos importantes: o Cristalino e o Sedimentar. O Aquífero Cristalino desenvolve-se no substrato rochoso de idade pré-cambriana, onde predomina um regime de fluxo em meio fraturado. O Aquífero Sedimentar desenvolve-se nos sedimentos sotopostos ao embasamento, predominando regime de fluxo em meio poroso.

No contexto regional é possível diferenciar duas áreas de comportamento hidrodinâmico muito distintas: a Serra do Mar e subjacências, classificada como Área de Recarga; e a Faixa Litorânea, que está disposta paralelamente ao Oceano Atlântico e corresponde à Área de Descarga de ambos os aquíferos.

Na área de descarga, em função da interação entre águas salinas e não salinas (doce), ocorre uma série de processos de natureza advectiva e difusiva, que produz uma zona gradativa de mistura, designada de Cunha Salina.

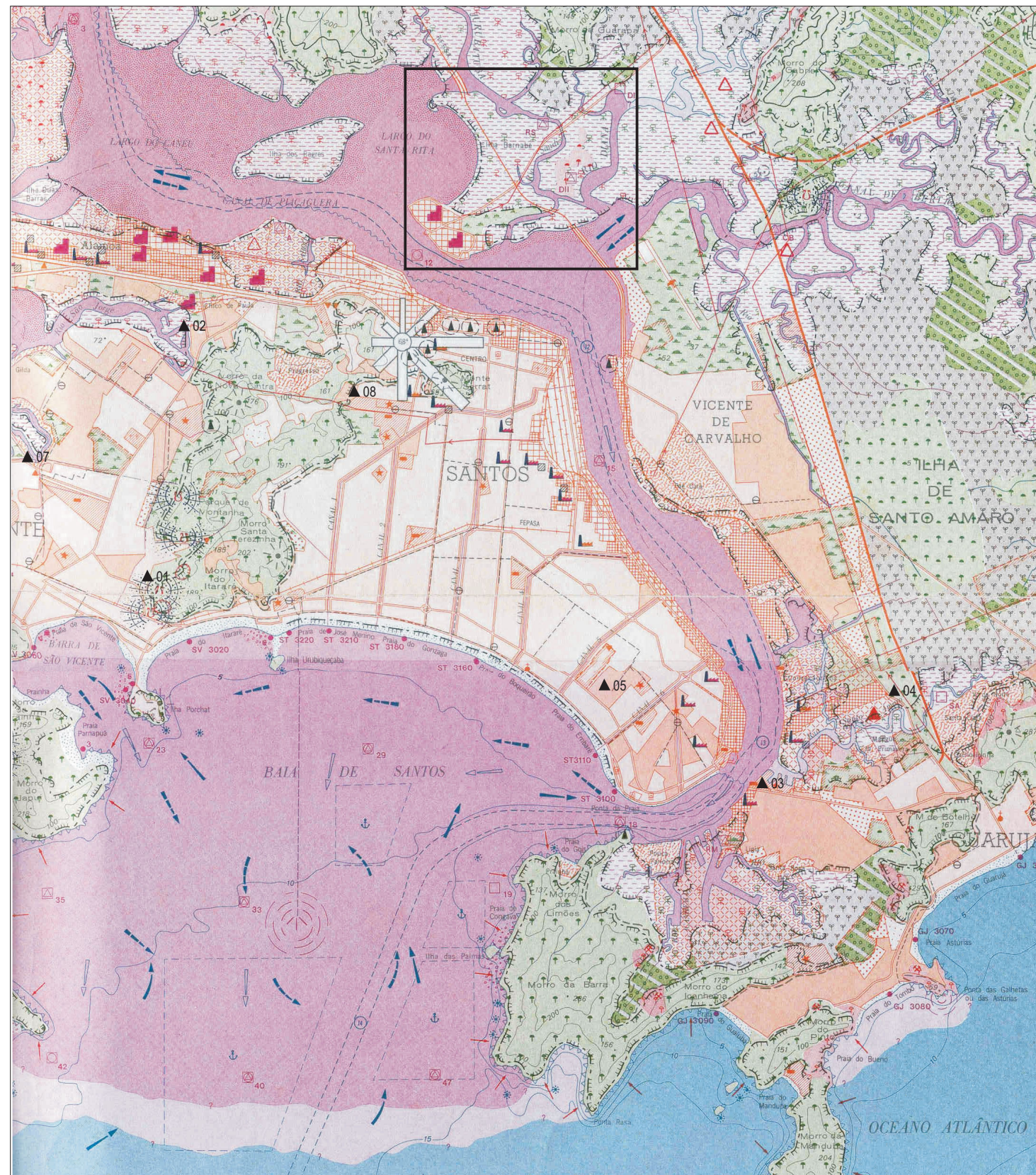
Foi realizada junto ao banco de dados do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) para a verificação de poços de exploração de água, sendo identificado, em um raio aproximado de 8 Km, 8 poços. A **tabela** a seguir apresenta o cadastro de poços de exploração de água.

Tabela 8.1- 7-Cadastro dos Poços de Exploração de Água - DAEE (19/12/2002)

Número	Situação	Proprietário	Coordenadas (UTM)	
			N	S
1	Licença de Operação	Carrefour Com. E Ind.	7349,08 km	360,90 km
2	Cadastrado e Desativado	Atacadão Dist. Com. e Ind.	7352,37 km	361,28 km
3A	Solicitação Licença de Execução	Iate Clube de Santos	7346,36 km	369,04 km
3B	Solicitação Licença de Execução	Iate Clube de Santos	7346,30 km	369,22 km
4	-	Dow Química SA.	7347,68 km	370,66 km
5A	-	Miramar Emp. Imobil. Ltda.	7347,79 km	366,71 km
5B	-	Miramar Emp. Imobil. Ltda.	7347,71 km	366,82 km
6	-	Concrebrás SA.	7349,00 km	370,77 km
7	-	Gran Ville Hotel Emp. Tur.	7350,65 km	358,72 km
8	-	Terracom Eng. Ltda.	7351,60km	363,60 km

Fonte: DAEE (2002)

A localização da área onde o poço está inserido está apresentada na **Figura 8.1-7 – Localização dos poços cadastrados no DAEE.**



LEGENDA

II - DINÂMICA DO MEIO AMBIENTE
DEGRADAÇÕES E DEFESA

7 - DEGRADAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA TERRA

MODIFICAÇÕES E DEGRADAÇÕES NATURAIS

MODIFICAÇÕES E DEGRADAÇÕES PROVOCADAS PELO HOMEM

RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E SEU POTENCIAL POLUIDOR

8 - POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

FORMAS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

DOMÍNIO CONTINENTAL. POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA

DOMÍNIO MARÍTIMO E ESTUARINO

FONTES DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

PRINCIPAIS	SECUNDÁRIAS

9 - POLUIÇÃO DO AR

FONTES DE POLUIÇÃO DO AR

PRINCIPAIS	SECUNDÁRIAS

▲ 01 Poços Cadastrados DAEE
 □ Limites da Área Investigada



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Localização dos Poços Cadastrados no DAEE

8.1.7.3. Caracterização Hidrogeológica da Área de Influência Direta (AID)

No estuário santista, a água doce aflui pelas cabeceiras e escoar permanentemente para jusante, em direção ao oceano. Entretanto, durante as marés de enchente ou por ocasião da passagem das frentes frias, a água salgada oceânica, mais densa penetra no estuário, em direção às cabeceiras. (UMAH, 2000).

Como resultado, cresce o volume da água na camada que flui mar afora e, para compensar este acréscimo, verifica-se uma maior intrusão de água salgada pela camada inferior, desenvolvendo-se uma circulação longitudinal, na qual a água mais doce move-se para jusante na camada superior, e a água mais salgada move-se para montante na camada inferior. Sendo possível verificar uma estratificação estável de densidade nas condições de equilíbrio.

O fato de a água doce fluir para jusante é responsável por maior transporte residual para jusante do que para montante.

Tendo em vista a literatura escassa, e a similaridade nas características dos fatores físico e biótico, pode ser considerado a existência, na região das bacias dos rios Sandi e Diana, do mesmo Aquífero Superior, descrito na ADA, sendo este descrito como aquífero do tipo livre inserido em substrato de natureza porosa, composto basicamente por siltes e argilas, ocorrendo intercalações de faixas mais ou menos argilosas, que configuram uma situação de interdigitação de fácies litológicas. Estas variações estão ligadas aos processos de deposição destes sedimentos, que ocorreram em ambientes fluviais e flúvio-lacustrinos.

8.1.7.4. Caracterização Hidrogeológica da Área Diretamente Afetada (ADA)

a) Métodos de trabalho

➤ Levantamento geofísico

Os trabalhos de geofísica foram realizados no período de 5 a 15 de dezembro de 2002, e objetivaram evidenciar e delimitar uma possível Cunha Salina penetrante ao aquífero local, orientando futuros projetos de exploração das águas subterrâneas.

Em virtude das características do local (Zona de Mistura de Águas Salinas e Não Salinas), optou-se pelo emprego dos métodos de Sondagem Elétrica Vertical e Caminhamento Elétrico, ambos baseados no princípio da Eletroresistividade, que apresenta bons resultados para ambientes onde as diferenças de Condutividade Elétrica (CE) são significativas.

Os trabalhos consistiram na execução de cinco perfis perpendiculares ao eixo do Canal de Bertioaga (**Figura 8.1-8 – Localização dos Serviços de Geofísica**), sendo três perfis realizados na porção norte da área, e dois na porção sul, totalizando 1.800 m de linhas geofísicas, e 8 sondagens elétricas verticais.

Figura 8.1- 8- Localização dos Serviços de Geofísica (ver pasta Figuras Volume II)

Os resultados obtidos com este levantamento são apresentados no **Relatório sobre Levantamento Geofísico para Determinação de Zonas de Intrusão Salina em Subsuperfície (Anexo 4/Meio Físico – item Hidrogeologia)**.

➤ Instalação de poços

Os poços foram implantados no período de 5/11 a 15 de dezembro de 2002, tendo como objetivo construir a rede de monitoramento das águas subterrâneas locais, possibilitando assim monitorar a superfície potenciométrica, estabelecer a direção e velocidade do fluxo subterrâneo, obter os valores de condutividade hidráulica do substrato e permitir a coleta de alíquotas das águas subterrâneas para determinações analíticas.

Os poços foram instalados pela ANGEL Geologia e Meio Ambiente, seguindo as normas 6.010 da Cetesb e NBR 13.784 da ABNT. As sondagens para implantação dos poços foram realizadas pela EPT - Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A., utilizando-se para tanto o método de sondagem manual por lavagem com trépano (ver **Fotolog no Anexo 4/Meio Físico-item Hidrogeologia**).

A localização dos poços instalados é apresentada através da **figura** a seguir.

Figura 8.1- 9-Localização dos Poços Instalados (ver pasta Figuras Volume II)

➤ **Poços de monitoramento**

Os Poços de Monitoramento (PM) foram construídos no diâmetro interno de 2" em PVC Geomecânico® da Fortilit. As sondagens foram abertas no diâmetro de 4", e o espaço anelar entre a sondagem e o furo foi completado por pré-filtro de areia grossa lavada e selo bentonítico. Para evitar assoreamento por partículas de silte e areia fina, a porção filtrante dos poços foi revestida com manta tipo bidin.

A **Tabela 8.1-8 – Resumo dos Aspectos Construtivos dos PMs** apresenta de forma resumida as características dos PMs instalados. Os perfis litológicos e construtivos destes poços são apresentados no **Anexo 4/Meio Físico – item Hidrogeologia**.

Tabela 8.1- 8 - Resumo dos Aspectos Construtivos dos PMs

	Prof. (m)	Intervalo filtrante (m)	N.A.(cm)	coordenadas	coordenadas	Área
PM-01	3,0	0,50 – 3,0	0,452	365585	7353843	sul
PM-02	3,0	0,50 – 3,0	0,391	365693	7353836	sul
PM-03	3,0	0,50 – 3,0	0,425	365885	7353899	sul
PM-04	4,5	0,50 – 4,5	0,592	365972	7353993	sul
PM-05	3,0	0,50 – 3,0	0,395	365854	7353870	sul
PM-06	4,0	0,50 – 4,0	0,621	366068	7353970	sul
PM-07	4,0	0,50 – 4,0	0,671	366182	7353956	sul
PM-08	3,5	0,50 – 3,5	0,580	366474	7353947	central
PM-09	3,5	0,50 – 3,5	0,581	366554	7353978	central
PM-10	3,5	0,50 – 3,5	0,525	366556	7354051	central
PM-11	4,5	0,50 – 4,5	0,801	366345	7353984	central
PM-12	3,5	0,50 – 3,5	0,505	366347	7354122	central
PM-13	4,5	0,50 – 4,5	0,915	366218	7354069	central
PM-14	3,0	0,50 – 3,0	0,475	366182	7354221	central
PM-15	3,5	0,50 – 3,5	0,775	366267	7355248	norte
PM-16	3,0	0,50 – 3,0	0,450	366464	7355285	norte
PM-17	3,0	0,50 – 3,0	0,395	366510	7355357	norte
PM-18	3,0	0,50 – 3,0	0,515	366253	7355087	norte
PM-19	3,5	0,50 – 3,5	0,845	366460	7355095	norte
PM-20	3,0	0,50 – 3,0	0,375	366665	7355090	norte
PM-21	3,0	0,50 – 3,0	0,325	366777	7355177	norte
PM-22	3,0	0,50 – 3,0	0,565	366658	7354881	norte
PM-23	3,0	0,50 – 3,0	0,471	366465	7354889	norte
PM-24	3,0	0,50 – 3,0	0,491	366261	7354889	norte
PM-25	3,0	0,50 – 3,0	0,485	366164	7354780	norte
PM-26	3,0	0,50 – 3,0	0,500	366266	7354592	norte
PM-27	3,0	0,50 – 3,0	0,495	366263	7354337	norte
PM-28	3,0	0,50 – 3,0	0,460	366060	7354554	norte
PM-29	3,0	0,50 – 3,0	0,420	365967	7354383	norte
PM-30	3,0	0,50 – 3,0	0,415	366666	7354694	norte
PM-31	3,0	0,50 – 3,0	0,495	366466	7354687	norte
PM-32	3,5	0,50 – 3,5	0,775	365673	7354496	norte

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ Poços multiníveis

Os Poços Multiníveis (PMN) objetivaram verificar a existência de componentes verticais no fluxo subterrâneo local, assim caracterizando potenciais Zonas de Descarga.

Cada PMN foi construído com três níveis hidráulicos distintos: a – raso (por volta de 4,0 m), b – médio (5,0 m), e c – profundo (15,0 m). Estes níveis correspondem a uma seção filtrante de 1,0 m, destinada a obter a carga hidráulica nesta profundidade. A relação das cargas em diversas profundidades é que caracterizará a direção vertical do fluxo subterrâneo.

Estes poços foram construídos em PVC marrom no diâmetro interno de 1”, com as sondagens sendo realizadas em 4”. Da mesma forma que os PMS, a seção filtrante destes poços também foram revestidas com bidin.

A **Tabela 8.1-9** resume os aspectos construtivos destes poços, sendo seus perfis construtivos apresentados no **Anexo 4/Físico – item Hidrogeologia**.

Tabela 8.1- 9-Resumo dos Aspectos Construtivos dos PMNs

Ponto	Prof. (m)	NA (m)	Intervalo Filtrante (m)	Coordenadas Geográficas (UTM)	
PMN-1a	4,0	0,875	3,0 – 4,0	366.308	7.354.030
PMN-1b	5,0	0,865	4,0 – 5,0		
PMN-1c	15,5	0,824	14,5 – 15,5		
PMN-2a	4,5	0,325	3,5 – 4,5	366.465	7.354.889
PMN-2b	5,5	0,335	4,5 – 5,5		
PMN-2c	16,5	0,955	15,5 – 16,5		
PMN-3a	4,0	0,705	3,0 – 4,0	365.961	7.354.984
PMN-3b	5,0	0,895	4,0 – 5,0		
PMN-3c	16,5	1,25	15,5 – 16,5		

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ Poço de bombeamento

O Poço de Bombeamento (PB) foi locado na porção central da porção norte da ADA a cerca de 1,0 m do PM-23, e 2,0 m do PMN-02. Este poço também foi construído no diâmetro interno de 2”, em PVC Geomecânico® da Fortilit, sendo revestido com manta tipo bidin.

Sua profundidade é de 6,5 m, com a seção filtrante locada no intervalo de 0,5 a 6,5 m. Este PB foi construído para a realização de um Ensaio de Bombeamento com o intuito de se obter os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero local.

O perfil construtivo deste poço é resumido na **tabela** a seguir:

Tabela 8.1- 10- Resumo dos Aspectos Construtivos do PB

Poço	Prof. (m)	Intervalo Filtrante (m)	Intervalo do Pré-Filtro (m)	Intervalo do Selo (m)
PB-01	6,5	6,5 – 0,5	6,5 – 0,3	0,0 – 0,3

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ **Levantamento planialtimétrico**

O nivelamento topográfico dos poços instalados foi realizado para se obter as Cargas Hidráulicas dos mesmos. Este serviço foi realizado pela ANGEL Geologia e Meio Ambiente a partir de datums fornecidos pela Hidrotopo. A **tabela** a seguir resume as altitudes inventariadas.

Tabela 8.1- 11-Altitudes dos Poços Instalados

Poço	Cota (m)
PM-01	1,992
PM-02	1,662
PM-03	1,801
PM-04	2,936
PM-05	1,776
PM-06	2,552
PM-07	2,168
PM-08	2,262
PM-09	2,456
PM-10	2,721
PM-11	2,862
PM-12	2,675
PM-13	2,669
PM-14	1,785
PM-15	3,819
PM-16	2,281
PM-17	1,916
PM-18	1,988
PM-19	2,67
PM-20	1,703
PM-21	1,778
PM-22	1,778
PM-23	1,843
PM-24	2,049
PM-25	2,058
PM-26	2,025
PM-27	2,427
PM-28	2,123
PM-29	1,952
PM-30	2,061
PM-31	2,301
PM-32	2,326
PMN-01a	1,835
PMN-01b	2,940
PMN-01c	2,760
PMN-02a	1,706
PMN-02b	1,893
PMN-02c	1,763
PMN-03a	2,445
PMN-03b	2,490
PMN-03c	2,470
PB-01	1,938

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ Ensaios hidrogeológicos - Slug Test

Estes ensaios foram realizados entre os dias 15 e 20 de dezembro de 2002, em dez dos poços de monitoramento instalados com o intuito de quantificar a Condutividade Hidráulica do substrato local. Os ensaios do tipo Slug Test foram propostos por Hvorslev (1951), e consistem em monitorar a recuperação do nível d'água de um poço mediante uma perturbação momentânea.

A partir da remoção de 30 a 70% da coluna d'água do poço, monitora-se a recuperação do nível d'água. Os resultados obtidos são tratados através de gráficos de recuperação x tempo, construídos em papel monolog, e dependendo da inclinação e formatação da linha obtida, calcula-se a condutividade hidráulica do meio poroso.

Os resultados obtidos através destes ensaios têm caráter pontual, pois devido ao pequeno volume explotado não é possível influenciar sensivelmente o aquífero, sendo o valor de Condutividade Hidráulica obtido correspondente aos arredores do poço ensaiado.

O tratamento dos dados coletados foi realizado para cada um dos PMs, utilizando-se para tanto o software Aquifer Test da Waterloo Hydrogeologic Inc. A **tabela** a seguir resume os resultados obtidos, e os Memoriais de Cálculo são apresentados no **Anexo 4/Meio Físico – item Hidrogeologia**.

Tabela 8.1- 12- Resumo dos Resultados dos Ensaios Slug Test

Ponto	Condutividade Hidráulica (cm/s)
PM-04	$5,75 \times 10^{-5}$
PM-08	$6,42 \times 10^{-6}$
PM-11	$6,90 \times 10^{-5}$
PM-13	$4,33 \times 10^{-5}$
PM-15	$2,08 \times 10^{-5}$
PM-17	$4,21 \times 10^{-5}$
PM-22	$6,43 \times 10^{-5}$
PM-23	$1,88 \times 10^{-4}$
PM-24	$1,43 \times 10^{-5}$
PM-31	$3,73 \times 10^{-5}$
Valor Médio	$4,855 \times 10^{-5}$

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ Ensaios hidrogeológicos - Ensaio de aquífero

A metodologia de realização do Ensaio de Aquífero consiste em se fixar uma vazão de exploração para um poço qualquer, e monitorar a evolução do nível d'água deste poço e de outros poços de monitoramento ao longo do tempo de realização do ensaio.

A cota de rebaixamento e vazão de bombeio são fixadas pela capacidade de exploração do aquífero ensaiado. Designa-se neste caso a cota de rebaixamento de Nível Dinâmico do poço, e a vazão de bombeio de Vazão Ideal de Exploração.

Dependendo da permeabilidade, cada aquífero responderá de forma diferente à este ensaio. Aquíferos de baixa permeabilidade fornecerão raios de influência pequenos e vazões de exploração baixas, e aquíferos de alta permeabilidade o contrário.

Este ensaio permite ainda a obtenção de alguns condicionantes físicos do aquífero, como a Transmissividade (grandeza que indica o quanto de água é transmitida horizontalmente em um aquífero), e o Coeficiente de Armazenamento (grandeza adimensional que representa a capacidade de liberação de água por um volume de substrato poroso). Por ter maior influência no aquífero ensaiado do que os ensaios Slug Test, os resultados obtidos têm caráter mais regionalizado, e sendo o substrato uniforme, pode-se considerar os parâmetros obtidos como representante do aquífero como um todo.

Este ensaio foi realizado no PB-01 ao longo dos dias 16 e 17 de dezembro de 2002, tendo a duração de 13 horas. A influência do bombeamento realizado no PB-01 foi monitorada a partir do PM-23, e conjunto PMN-02. Optou-se por estes conjuntos de poços basicamente por três motivos: acesso facilitado, não influência das oscilações de maré e coluna d'água adequada ao ensaio.

Os dados coletados foram tratados pelo método de Neuman (1975), que é o método utilizado para desenvolver análises de ensaios em aquíferos do tipo livre, realizados a partir de poços semi-penetrantes. Este tratamento permite obter algumas das características físicas importantes destes aquíferos, como o Coeficiente de Armazenamento e a Transmissividade.

A condutividade hidráulica também pode ser obtida através deste ensaio, correspondendo ao quociente da divisão da transmissividade pela espessura do aquífero. Para este cálculo, consideramos que a espessura saturada do aquífero livre local é da ordem de 53 m (média da profundidade do topo rochoso, obtida a partir das sondagens da EPT - Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A.).

O tratamento dos dados coletados foi realizado utilizando-se o software Aquifer Test da Waterloo Hydrogeologic Inc. Os resultados obtidos com este tratamento são apresentados no **Anexo 4/Meio Físico - item Hidrogeologia**, e resumidos na **tabela** a seguir.

Tabela 8.1- 13- Resumo dos Resultados do Ensaio de Aquífero (Neuman, 1975)

Nível Estático (m):	0,49
Nível Dinâmico (m):	1,70
Vazão Ideal de Exploração (L/h)	30,0
Transmissividade (m ² /min):	2,13 x 10 ⁻⁶
Condutividade Hidráulica (m/min):	4,02 x 10 ⁻⁸
Coeficiente de Armazenamento:	5,83 x 10 ⁻²

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente

➤ **Amostragem das águas subterrâneas**

A campanha de amostragem das águas subterrâneas foi realizada nos dias 17 e 18 de dezembro de 2002, quando foram coletadas dez amostras dos poços (PM): 4, 8, 11, 13, 15, 17, 22, 23, 24 e 31 (**Figura 8.1-9– Localização dos Poços Instalados**). Estes poços foram escolhidos em função de sua localização geográfica representativa da área. No dia 21/02/2003 foram recoletadas as amostras dos PM-08 e PM-24.

Os poços foram previamente desenvolvidos de modo a permitir a coleta de alíquotas representativas do aquífero local, utilizando-se para tanto o método de Amostragem em Baixo Regime de Fluxo (EPA, 1996). Este método consiste em extrair um pequeno e constante volume d'água do poço a ser amostrado, não causando perturbações excessivas nas águas amostradas, evitando processos de oxigenação e volatilização de possíveis contaminantes presentes.

Perturbações excessivas das águas subterrâneas durante o processo de amostragem podem modificar as características físico-químico das mesmas, promovendo precipitação e solubilização de íons, e volatilização de compostos semivoláteis e voláteis dissolvidos. As amostras de água subterrânea foram coletadas através do uso de válvulas de retenção de Teflon, conectadas a tubos de polietileno dedicados (um tubo por ponto de coleta) e acondicionadas em frascos apropriados, preservadas e armazenadas em cooler a uma temperatura média de 4°C.

As medições *in situ* para os parâmetros temperatura, condutividade elétrica e pH foram realizadas dentro dos poços logo após a coleta das amostras de água subterrânea (**Tabela 8.1-14- Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas**).

Tabela 8.1- 14- Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas

Amostras de Água Subterrânea		Limite de Detecção	Poços de Monitoramento / Identificação Referência de Laboratório										Valor de Intervenção CETESB
			PM-04 / 3765E001	PM-31 / 3765E009	PM-11 / 3765E002	PM-13 / 3765E003	PM-15 / 3765E004	PM-17 / 3765E005	PM-22 / 3765E006	PM-23 / 3765E007	PM-24 / 0134S002	PM-08 / 0134S001	
Parâmetros Analisados													
Metais (mg/L)	Cádmio	0,004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,005 ⁽¹⁾
	Chumbo	0,010	0,023	0,027	0,027	0,26	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01 ⁽¹⁾
	Cromo	0,016	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05 ⁽¹⁾
	Cobre	0,010	nd	nd	nd	nd	0,010	nd	nd	nd	nd	nd	2 ⁽¹⁾
	Estanho	0,500	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Manganês	0,012	0,295	0,639	0,166	0,432	0,964	0,407	0,426	0,295	0,428	0,288	0,1 ⁽²⁾
	Mercúrio	0,001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001 ⁽¹⁾
	Níquel	0,020	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05 ⁽⁴⁾
	Vanádio	0,500	0,024	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Alumínio	0,200	nd	nd	0,818	nd	2,06	nd	nd	nd	0,319	0,359	0,2 ⁽²⁾
	Zinco	0,001	0,007	nd	0,007	0,012	0,008	0,016	0,004	0,016	nd	nd	5 ⁽²⁾
Ânions (mg/L)	Nitrogênio Total	0,03	1,18	4,57	0,79	2,53	2,81	18,2	4,86	3,08	24	37	**
	Nitrogênio Amoniacal	0,03	N.D.	4,3	0,75	0,58	1,69	14,7	3,12	2,92	5,08	5,360	**
	Nitrato	0,017	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,800	0,800	**
	Nitrito	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,012	nd	**
	Fosfato	0,01	0,078	0,011	0,192	nd	0,025	2,140	0,71	0,379	3,39	3,990	**
	Cloreto	0,50	43,0	16,9 x 10 ³	157,0	23	13,0 x 10 ³	18,1 x 10 ³	14,4 x 10 ³	11,1 x 10 ³	25,7x10 ³	17,7x10 ³	**
PCB (ng/L)	Tricloro BZ#28	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Tetracloro BZ#52	0,1	nd	nd	1,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Pentacloro BZ#101	0,1	nd	nd	7,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,93	**
	Pentacloro BZ#118	0,1	nd	nd	1,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Hexacloro BZ***	0,1	nd	1,7	3,5	nd	nd	1,2	nd	nd	nd	5,4	1000 (1)
	Heptacloro BZ#180	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,5	**
PCB (ng/L) - Isômeros	Tricloro BZ	0,1	nd	nd	nd	nd	0,44	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Tetracloro BZ	0,1	0,71	nd	4,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Pentacloro BZ	0,1	nd	nd	16,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	Hexacloro BZ	0,1	nd	nd	7,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,7	**
	Heptacloro BZ	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	TOTAL PCB's		0,71	1,7	43,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0	11	
Semivoláteis (µg/L)	Fenol	0,01	nd	nd	nd	nd	0,46	nd	nd	0,29	nd	nd	0,1 ⁽³⁾
	2-metilfenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	3-metilfenol	0,01	nd	0,10	nd	nd	30,71	0,97	nd	0,33	nd	nd	**
	4-metilfenol	0,01	nd	0,54	nd	nd	0,55	0,33	nd	0,38	nd	nd	**
	2 clorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2, 4 dimetilfenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2, 6 diclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2, 4 diclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2-nitrofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2,4,6-triclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	200 ⁽¹⁾
	4-nitrofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2,4,5-triclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2,3,4,6-tetraclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	pentaclorofenol	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9 ⁽¹⁾

CONTINUA

Tabela 8.1.-14-Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas (continuação)

Amostras de Água Subterrânea		Limite de Detecção	Poços de Monitoramento / Identificação Referência de Laboratório										Valor de Intervenção CETESB
			PM-04 /	PM-31 /	PM-11 /	PM-13 /	PM-15 /	PM-17 /	PM-22 /	PM-23 /	PM-24 /	PM-08 /	
Parâmetros Analisados			3765E001	3765E009	3765E002	3765E003	3765E004	3765E005	3765E006	3765E007	0134S002	0134S001	
Semivoláteis (µg/L)	diclorobenzeno***	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	40⁽⁵⁾
	hexacloroetano	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	1,2,4-triclorobenzeno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	1,3-butadieno-hexacloro	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	1,2,4,5-tetraclorobenzeno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	2-cloronaftaleno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	hexaclorobenzeno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1⁽¹⁾
	naftaleno	0,01	nd	0,34	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100⁽⁵⁾
	acenaftileno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	acenafteno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	fluoreno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	fenantreno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	antraceno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	fluorantreno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	pireno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	benzo(a)antraceno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	criseno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	benzo(b)fluoranteno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	benzo(k)fluoranteno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	benzo(a)pireno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	indeno(123-CD)pireno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	dibenzo(a,h)antraceno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	benzo(ghi)perileno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	dimetilftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	dietilftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	dibutilftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	butilbenzilftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	bis(2-etilhexil)ftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	di-n-octilftalato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	alfa-BHC	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
beta-BHC	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	
gama-BHC	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	
delta-BHC	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	
heptachlor	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	
aldrin	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03⁽¹⁾	
epoxy heptachlor	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	
endulsulfan 1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**	

CONTINUA

Tabela 8.1.-14-Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas (Continuação)

Amostras de Água Subterrânea	Limite de Detecção	Poços de Monitoramento / Identificação Referência de Laboratório										Valor de Intervenção CETESB	
		PM-04 / 3765E001	PM-31 / 3765E009	PM-11 / 3765E002	PM-13 / 3765E003	PM-15 / 3765E004	PM-17 / 3765E005	PM-22 / 3765E006	PM-23 / 3765E007	PM-24 / 0134S002	PM-08 / 0134S001		
Parâmetros Analisados													
Semivoláteis (µg/L)	4,4-DDE	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	dieldrin	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	endrin	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,6 ⁽¹⁾
	endosulfan 2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	4,4 DDD	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	endrin aldeido	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	endosulfan sulfato	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	4,4-DDT	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	endrin ketone	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**
	metoxichlor	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	**

Fonte: CETESB (2001) – Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.

(nd): Não detectado.

Diclorobenzeno *** Somatória dos compostos químicos 1,3-diclorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno e 1,2-diclorobenzeno.

HexacloroBZ*** Somatória dos compostos hexacloroBZ#138 e hexacloroBZ#153.

(**) Não estabelecido.

(1) Padrão de Potabilidade da Portaria 1469 do Ministério da Saúde para substâncias que apresentam risco à saúde.

(2) Padrão de Potabilidade da Portaria 1469 do Ministério da Saúde para aceitação de consumo (critério organoléptico).

(3) Padrão de Potabilidade da Portaria 36 do Ministério da Saúde

(4) Comunidade Econômica Européia

(5) Obtido com base no valor de intervenção para solo no cenário agrícola/Área de Proteção Máxima – AP Max – não estabelecido.

As amostras coletadas foram acondicionadas e armazenadas segundo os padrões internos adotados pela ANGEL Geologia e Meio Ambiente, sendo imediatamente refrigeradas e encaminhadas ao Laboratório Analytical Solutions, que realizou as seguintes determinações analíticas:

- Orgânicos: fenol, 2-metilfenol, 3-metilfenol, 4-metilfenol, 2-clorofenol, 2,4-dimetilfenol, 2,6-diclorofenol, 2,4-diclorofenol, 2-nitrofenol, 2,4,6-triclorofenol, 4-nitrofenol, 2,4,5-triclorofenol, 2,3,4,6-tetraclorofenol, pentaclorofenol, 1,3-diclorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, 1,2-diclorobenzeno, hexacloroetano, 1,2,4-triclorobenzeno, 1,3-butadienohexacloro, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, 2-cloronaftaleno, hexaclorobenzeno, naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluorantreno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(123-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno, dimetilftalato, dietilftalato, dibutilftalato, dibutilftalato, butilbenzilftalato, bis(2-etilhexil)ftalato, di-n-octiloftalato, alfa, beta, gama e delta-BHC, heptachlor, aldrin, epoxy heptachlor, endosulfan 1, 4,4-DDE, dieldrin, endrin, endosulfan 2, 4,4-DDD, endrin aldeido, endosulfan sulfato, 4,4-DDT, endrin ketone e metoxiclor.
- PCBs (Bifenilas Policloradas): tricloro, tetracloro, pentacloro, hexacloro e heptacloro.
- Metais: cádmio, chumbo, cromo, cobre, estanho, manganês, mercúrio, níquel, vanádio, zinco e alumínio.
- Não-metálicos: Série Nitrogenada (nitrogênios totais, amoniacal, nitrato e nitrito), fosfato e cloretos.

Os resultados obtidos com estas determinações são resumidos na **Tabela 8.1-14**, e os **Laudos das Análises Químicas – Águas Subterrâneas** são apresentados no **Anexo 4/Meio Físico – item Hidrogeologia**.

8.1.7.5. Avaliação Hidrogeológica na ADA

Os resultados do levantamento geofísico indicam a existência de duas unidades de natureza hidroquímica distintas: a Superior e a Inferior. Este modelo é evidenciado através dos Caminhamentos Elétricos 3, 4 e 5 (**Figura 8.1-10-Perfis eletroresistivos CE-03, CE-04 e CE-05**), onde é possível diferenciar estas duas unidades.

A Unidade Superior corresponde ao pacote siltico-argiloso, de baixa resistividade elétrica. Neste litotipo ocorre um aquífero onde as águas subterrâneas são caracterizadas por elevada CE, que é consequência de sais dissolvidos (águas salobras). A unidade Inferior é caracterizada por águas menos saturadas, com baixa CE e consequente maior resistividade, sugerindo a presença de “água doce” nesta profundidade.

Nos perfis CE-1 e 2, ambos realizados na porção sul da ADA, o comportamento dos valores de resistividade indicam uma situação pouco diferente da anteriormente citada. Em ambos os perfis ocorrem anomalias de alta resistividade nas porções superficiais do terreno, sugerindo a presença de águas mais resistivas (menor concentração de sais dissolvidos).

A **Figura 8.1-11** apresenta o mapa potenciométrico local elaborado com as medidas de nível d'água do dia 17/12/2002. Os valores de Carga Hidráulica são apresentados na **Tabela 8.1-15**. O **Anexo 4-Meio Físico/Diagnóstico – item Hidrogeologia** apresenta as **Seções Geológicas A-A', B-B', C-C's, D-D' e E-E'**.

Geomorfologicamente, a área estudada corresponde a um mangue, onde a máxima altitude local é de 3,0 m acima do nível do mar. Na porção norte da área, predomina vegetação típica de mangue, parcialmente alagada e sob influência das oscilações de maré.

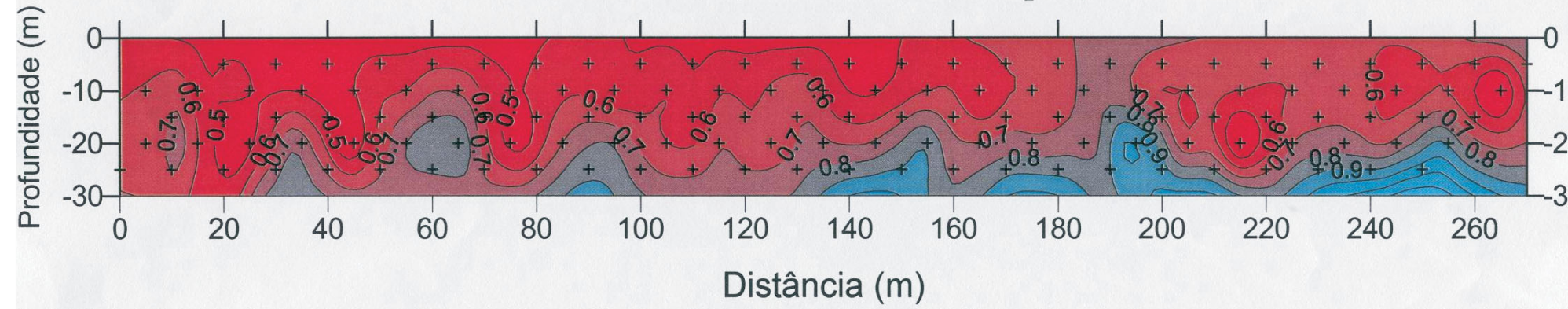
Na porção sul, predominam dois tipos de vegetação: os mangues, que se distribuem nas regiões periféricas desta área, e a restinga, que se concentra na porção nordeste desta área lateralmente à linha férrea (**Figura 8.1-11**). Estes mangues também são parcialmente alagados e sofrem influência das oscilações de maré. A restinga, por se situar numa área mais elevada, não está sob influência das marés.

Ambas as áreas são permeadas por Braços de Mar, cuja dinâmica fluvial é drenante, fortemente influenciada pelas oscilações de maré. A presença de águas de naturezas químicas diferentes, e severos processos de flúvio e deflúvio, caracterizam as águas superficiais locais como salobras.

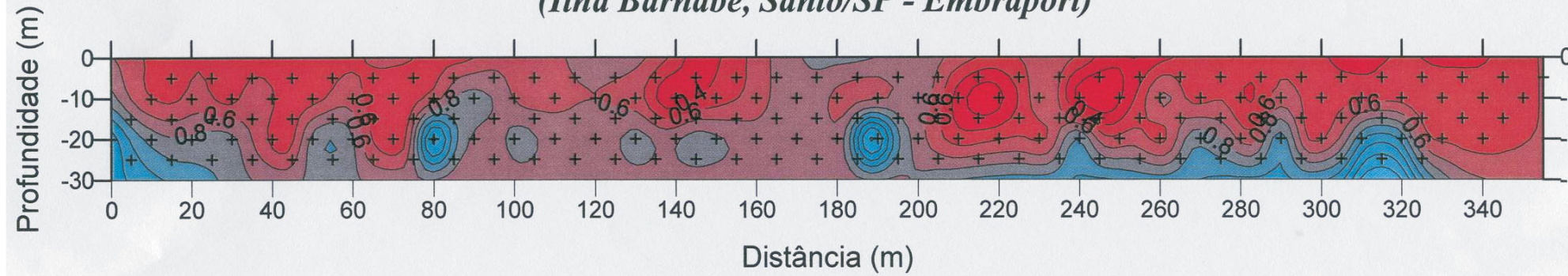
Esta característica também é parcialmente imprimida às águas subterrâneas, sobretudo na área da porção norte da ADA e porções leste e sul da porção sul da ADA (elevados teores de cloreto).

Com base nas observações e interpretações, anteriormente descritas pode-se diferenciar na área de estudo dois sistemas aquíferos distintos: Superior e Inferior. A **Figura 8.1-12** ilustra o modelo hidrogeológico proposto para o local, sendo o mesmo descrito a seguir.

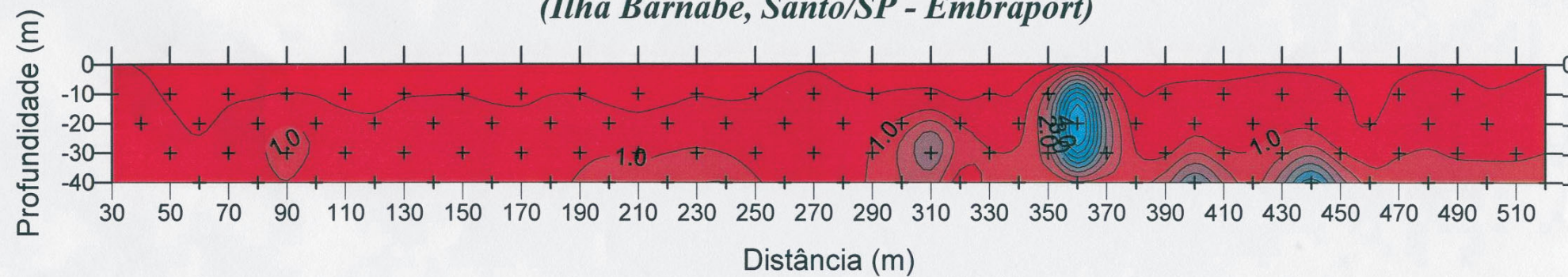
CAMINHAMENTO ELÉTRICO - CE 3
(Ilha Barnabé, Santos/SP - Emraport)



CAMINHAMENTO ELÉTRICO - CE 4
(Ilha Barnabé, Santo/SP - Emraport)



CAMINHAMENTO ELÉTRICO - CE 5
(Ilha Barnabé, Santo/SP - Emraport)



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Perfis Eletroresistivos CE-03, CE-04 E CE-05

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-10

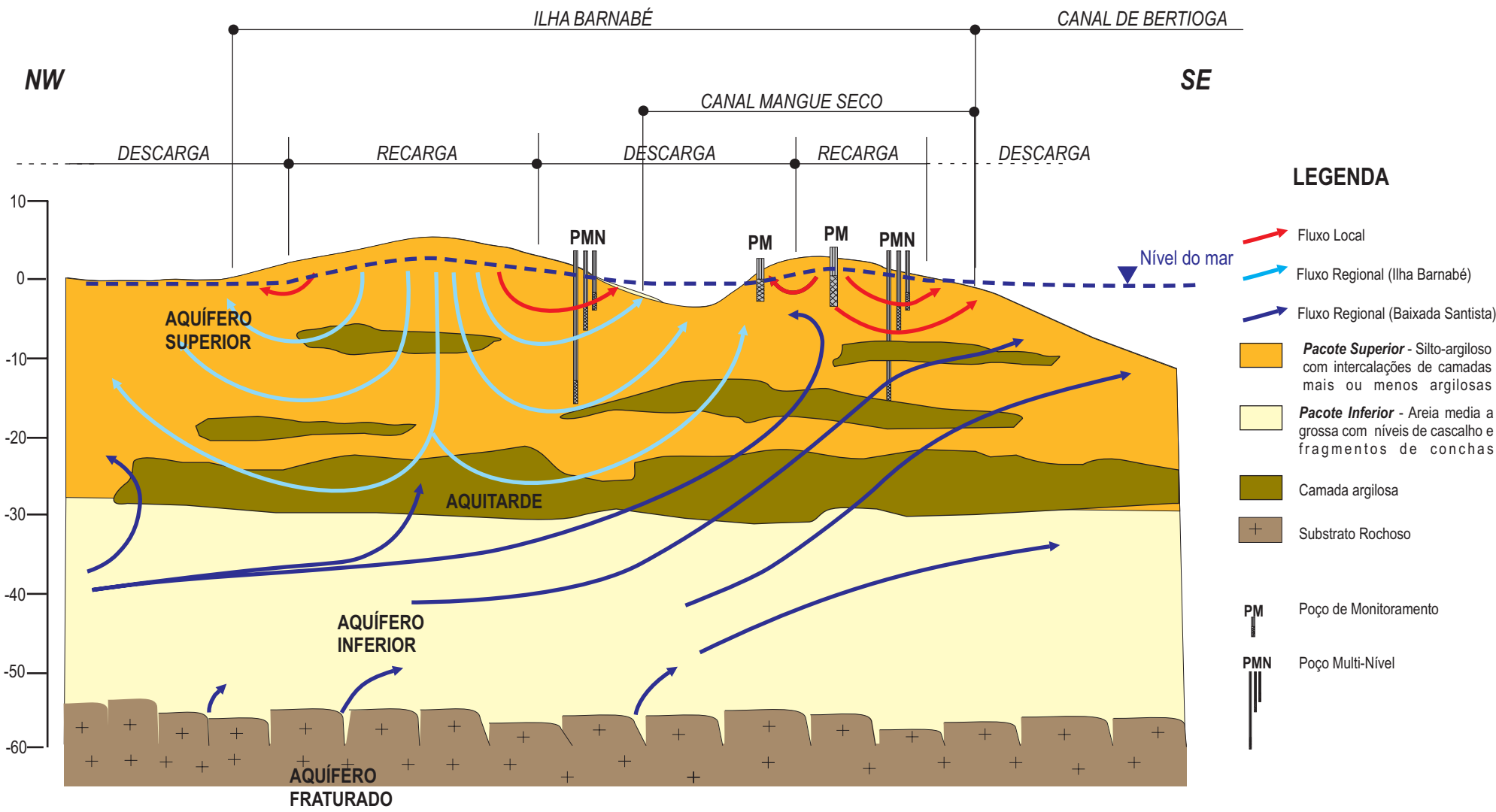
FONTE: ANGEL GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE, 2003.

Figura 8.1- 11- Mapa Potenciométrico em 17/12/2002 (ver pasta Figuras Volume II)

Tabela 8.1- 15- Medidas da Carga Hidráulica em 17/12/2002

Poço	Cota (m)	Nível d'água (m)	Fase Livre (m)	Carga Hidráulica (m)	Carga Hidráulica Corrigida (m)
PM-01	1,992	0,635	0,000	1,357	1,357
PM-02	1,662	0,595	0,000	1,067	1,067
PM-03	1,801	0,425	0,000	1,376	1,376
PM-04	2,936	0,595	0,000	2,341	2,341
PM-05	1,776	0,395	0,000	1,381	1,381
PM-06	2,552	0,625	0,020	1,927	1,922
PM-07	2,168	0,671	0,000	1,497	1,497
PM-08	2,262	0,580	0,000	1,682	1,682
PM-09	2,456	0,581	0,000	1,875	1,875
PM-10	2,721	0,525	0,000	2,196	2,196
PM-11	2,862	0,801	0,000	2,061	2,061
PM-12	2,675	0,505	0,000	2,170	2,170
PM-13	2,669	0,915	0,000	1,754	1,754
PM-14	1,785	0,475	0,000	1,310	1,310
PM-15	3,819	0,775	0,000	3,044	3,044
PM-16	2,281	0,455	0,000	1,826	1,826
PM-17	1,916	0,395	0,000	1,521	1,521
PM-18	1,988	0,515	0,000	1,473	1,473
PM-19	2,67	0,845	0,000	1,825	1,825
PM-20	1,703	0,375	0,000	1,328	1,328
PM-21	1,778	0,395	0,000	1,383	1,383
PM-22	1,778	0,565	0,000	1,213	1,213
PM-23	1,843	0,471	0,000	1,372	1,372
PM-24	2,049	0,495	0,000	1,554	1,554
PM-25	2,058	0,485	0,000	1,573	1,573
PM-26	2,025	0,501	0,000	1,524	1,524
PM-27	2,427	0,495	0,000	1,932	1,932
PM-28	2,123	0,465	0,000	1,658	1,658
PM-29	1,952	0,421	0,000	1,531	1,531
PM-30	2,061	0,415	0,000	1,646	1,646
PM-31	2,301	0,495	0,000	1,806	1,806
PM-32	2,326	0,775	0,000	1,551	1,551
PMN-01a	1,835	0,720	0,000	1,115	1,115
PMN-01b	2,940	0,565	0,000	2,375	2,375
PMN-01c	2,760	0,525	0,000	2,235	2,235
PMN-02a	1,706	0,325	0,000	1,381	1,381
PMN-02b	1,893	0,955	0,000	0,938	0,938
PMN-02c	1,763	0,335	0,000	1,428	1,428
PMN-03a	2,445	0,705	0,000	1,740	1,740
PMN-03b	2,490	1,250	0,000	1,240	1,240
PMN-03c	2,470	0,850	0,000	1,620	1,620
PB-01	1,938	0,490	0,000	1,448	1,448

Fonte: Serviços de Campo Angel Geologia e Meio Ambiente



- LEGENDA**
- Fluxo Local
 - Fluxo Regional (Ilha Barnabé)
 - Fluxo Regional (Baixada Santista)
 - Pacote Superior** - Silto-argiloso com intercalações de camadas mais ou menos argilosas
 - Pacote Inferior** - Areia média a grossa com níveis de cascalho e fragmentos de conchas
 - Camada argilosa
 - + Substrato Rochoso
 - PM** Poço de Monitoramento
 - PMN** Poço Multi-Nível



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Modelo Hidrogeológico Conceitual Local e Regional

Sem Escala	MARÇO/2003	Figura 8.1-12
------------	------------	----------------------

FONTE: ANGEL GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE, 2003

a) Aquífero superior

Trata-se de um aquífero do tipo livre inserido em substrato de natureza porosa, composto basicamente por siltes e argilas, ocorrendo intercalações de faixas mais ou menos argilosas, que configuram uma situação de interdigitação de fácies litológicas. Estas variações estão ligadas ao processo de deposição destes sedimentos, que ocorreram em ambientes fluviais e flúvio-lacustrinos.

Este aquífero ocorre desde a superfície, e seu nível d'água é sub-aflorante. A espessura total deste meio poroso é de 25 a 30 m, limitando-se abaixo com o Aquífero Inferior. Este contato, apesar de gradacional, é marcado por uma presença mais significativa da fração argilosa, que torna o meio menos permeável. Hidraulicamente esta porção mais argilosa comporta-se como um aquitarde.

A Condutividade Hidráulica média da porção superficial desta unidade é de 5×10^{-5} cm/s, valor este que pode ser extrapolado para o pacote sedimentar como um todo. Este valor é compatível com sedimentos de natureza siltico-argilosa, que geralmente armazenam aquíferos de baixa capacidade de exploração. Os resultados do Ensaio de Aquífero também indicam uma baixa capacidade de exploração para este pacote, evidenciada por baixos valores de vazão (30 L/h), e transmissividade (2×10^{-6} m²/min).

Neste aquífero ocorrem dois regimes de fluxo de natureza distinta: o local e o regional (**Figura 8.1-12**). O fluxo local ocorre nos primeiros metros deste aquífero (até 5 m de profundidade), sendo representado através do Mapa Potenciométrico da **Figura 8.1-11**. Os resultados obtidos através dos PMs, PMNs (Níveis a e b), e PB são relativos a esta porção do aquífero Superior.

A unidade geomorfológica onde este fluxo é melhor caracterizado é denominado Porção norte da ADA. As águas provenientes das chuvas ou infiltrantes durante as marés cheias, deslocam-se ao longo do meio poroso, perdendo carga hidráulica e destinando-se às Zonas de Descarga, que correspondem às margens dos afluentes e braços de mar. Trata-se de um mecanismo de fluxo em meio poroso, simples, com Zonas de Descarga e Recarga.

A principal recarga deste aquífero ocorre de forma difusiva, não se concentrando em um só ponto, e sendo consequência da infiltração das águas salinas durante a fase de maré cheia. Esta característica imprime às águas coletadas, a partir deste aquífero, elevados teores de cloretos e consequentemente da Condutividade Elétrica (CE). Grosseiramente, pode-se dizer que a direção deste fluxo acompanha a topografia local.

Tratando-se de um pacote homogêneo, pode-se estimar a velocidade das águas subterrâneas para este horizonte, segundo a Lei de Darcy, conforme segue:

$$V = K \times I / n_e, \text{ onde:}$$

$$V = \text{velocidade de deslocamento em cm/s}$$

$$K = \text{condutividade hidráulica} = 5 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

$$I = \text{gradiente hidráulico} = 1,5 \%$$

$$n_e = \text{porosidade efetiva} = 20 \%$$

A porosidade efetiva (n_e) de 20 % corresponde a um valor médio obtido experimentalmente para sedimentos siltico-argilosos (Fetter, 1994). Desta forma, estima-se que a velocidade média das águas subterrâneas na área estudada esteja em torno de 12 m/ano. Deve-se ressaltar que esta velocidade corresponde a velocidade média das águas subterrâneas no substrato local, que é resultado da composição da velocidade vertical com a horizontal.

Abaixo deste regime de fluxo de caráter local, ocorre o fluxo regional (de 5 a 30 m de profundidade - **Figura 8.1-12**). Este regime está inserido no contexto regional da Ilha Barnabé, e para seu entendimento é necessário avaliar todo o contexto hidrogeológico em que está inserido. A Zona de Recarga para este regime de fluxo está localizada a NW da área de interesse, e deve coincidir com a porção central da Ilha Barnabé. As águas de recarga deste regime de fluxo são originadas pelos processos de infiltração que ocorrem em decorrência das precipitações, e concentram-se sobretudo nas porções centrais mais elevadas da Ilha Barnabé, que justamente por esta característica estão fora da área de influência das marés.

A área de estudo representa a Zona de Descarga deste fluxo, onde a componente de fluxo vertical é significativa e ascendente. Esta componente foi caracterizada através das relações de carga hidráulica obtidas nos PMNs (**Figura 8.1-12.**), onde os níveis mais profundos destes poços possuem cargas hidráulicas superiores às determinadas nos níveis mais rasos, e por anomalias hidroquímicas e de carga hidráulica detectadas nos PMs.

Todos os PMNs apresentaram componente de fluxo vertical ascendente, caracterizando o local como Zona de Descarga. Anomalias de Cargas Hidráulicas elevadas foram detectadas nos PM-04, 11, 06, 13 e 15, que podem estar interceptando linhas de fluxo de sentido ascendente.

A diferenciação hidroquímica foi observada através dos teores de cloretos obtidos nos poços PM-04, 11 e 13, que são em muito reduzidos quando comparados ao *background* geral dos poços, sendo esta redução conseqüência da presença de águas menos saturadas (água doce), proveniente dos processos de recarga existentes na porção interior da Ilha Barnabé.

Esta caracterização revela um cenário hidrodinâmico interessante, onde possíveis contaminações injetadas nas águas subterrâneas da porção sul ou norte da ADA impactariam as porções superficiais do Aquífero Superior (fluxo local), direcionando estes contaminantes às Zonas de Descarga locais num prazo relativamente rápido. O fluxo regional ascendente impediria que estes contaminantes adentrassem a níveis profundos do aquífero, evitando impactos de maiores proporções ao contexto regional.

Estima-se que devido a forte componente de fluxo vertical regional, mesmo com a impermeabilização da superfície local e conseqüente eliminação da recarga por marés e precipitações, o fluxo nas áreas da porção norte e sul da ADA devem continuar com a mesma configuração.

b) Aquífero inferior

As principais evidências deste aquífero são as diferenciações litológicas obtidas através das sondagens da EPT – Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A., as anomalias geofísicas detectadas em profundidade (18 m na porção sul da ADA e 30 m na porção norte da ADA), e os relatos de artesianismo em algumas das sondagens profundas realizadas.

Este aquífero ocorre a partir de uma profundidade média de 25 m, estendendo-se até o limite com o Embasamento Cristalino, que nesta área está a cerca de 53 m de profundidade (**Figura 8.1-12**). Esta unidade é formada por areias médias a grossas, com intercalações de níveis de cascalho e conchas, onde se desenvolve um aquífero do tipo confinado, cujo aquífero corresponde a porção inferior do Aquífero Superior.

As águas deste aquífero estão inseridas no contexto de fluxo subterrâneo da Baixada Santista, onde as Zonas de Recarga correspondem à Serra do Mar e adjacências, e a Zona de Descarga à Área Costeira próxima ao Oceano Atlântico. Neste fluxo somam-se os aportes provenientes do Aquífero Fraturado, também de expressão regional.

Por se tratar de uma Zona de Descarga, há contribuição deste pacote para o pacote superior, contribuição esta evidenciada a partir das sondagens profundas onde se verificou artesianismo. Segundo os resultados do levantamento geofísico, é provável a presença de "água doce" neste aquífero, com uma menor quantidade de sais dissolvidos, o que abre a possibilidade de exploração destas águas.

A natureza deste fluxo, regional e ascendente, reduz a possibilidade de contaminação destas águas por contribuições provindas das atividades do futuro porto, porém faz-se necessário a realização de análises químicas para a verificação da qualidade destas águas. A eventual exploração racional deste aquífero deve ser precedida de ensaios específicos, como o teste de bombeamento, que fornecerá a vazão ótima de operação.

Em síntese, na ADA identificados dois aquíferos com características hidrodinâmicas distintas, denominados neste estudo de Superior e Inferior.

O Aquífero Superior é do tipo livre e está alojado em substrato de natureza porosa (basicamente siltes e argilas). A espessura total deste aquífero é de 25 a 30 m, limitando-se abaixo com o Aquífero Inferior. O nível d'água desta unidade é aflorante e a Condutividade Hidráulica é da ordem 5×10^{-5} cm/s, caracterizando uma baixa capacidade de exploração para este pacote. A velocidade das águas subterrâneas está em torno de 12 m/ano.

O Aquífero Inferior ocorre a partir de uma profundidade média de 25 m, estendendo-se até o limite com o Embasamento Cristalino. Esta unidade é formada por areias médias a grossas, com intercalações de níveis de cascalho e conchas, onde se desenvolve um aquífero do tipo confinado, cujo aquífero corresponde a porção inferior do Aquífero Superior.

No Aquífero Superior, foram observados dois regimes de fluxo de natureza distinta: o local e o regional. O fluxo local ocorre nos primeiros metros desta unidade, e o regional a partir deste até o contato com a unidade inferior, a 25 m, em média, de profundidade. O regime de fluxo local ocorre nas porções emersas, condicionando as águas subterrâneas às Zonas de Descarga. O fluxo regional está inserido no contexto da Ilha Barnabé.

No Aquífero Inferior, prevalece o fluxo subterrâneo da Baixada Santista, onde as Zonas de Recarga correspondem à Serra do Mar e adjacências, e a Zona de Descarga à Área Costeira próxima ao Oceano Atlântico. Neste fluxo somam-se os aportes provenientes do Aquífero Fraturado, também de expressão regional. Neste aquífero existe a possibilidade, que deverá ser confirmada por estudos específicos, de exploração de água doce.

A natureza de todos estes fluxos (local, regional e regional da Baixada Santista), é ascendente, caracterizando a maior parte da área em estudo como Zona de Descarga.

8.1.7.6. Qualidade das Águas Subterrâneas na Área Diretamente Afetada (ADA)

a) Resultados físico-químicos

Os resultados físico-químicos obtidos para as águas subterrâneas locais não indicam a presença de anomalias possivelmente relacionadas à presença de contaminantes (**Tabela 8.1-14**). O pH médio destas águas manteve-se dentro do intervalo de normalidade (6,9 a 7,3 UpH), caracterizando um ambiente levemente alcalino. Com uma temperatura média de 24°C, estas águas são marcadas por uma elevada CE, onde os valores determinados atingiram 50 mS/cm.

b) Resultados analíticos

Os resultados analíticos obtidos a partir das alíquotas coletadas são resumidos na **Tabela 8.1-14**.

➤ *Metais*

Dentre os inorgânicos pesquisados somente as determinações de chumbo sugerem a presença de contaminação. Os demais elementos foram detectados sob forma de traços (vanádio, cobre e zinco). Os teores de manganês e alumínio apresentam concentrações acima do Limite de Potabilidade reportado na Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000 do Ministério da Saúde (critério organolótico), que é de 0,1 e 0,2 mg/L, respectivamente. Estas concentrações estão associadas à característica da água, salobra/salina.

O chumbo foi detectado nas amostras provenientes dos PM-04 (0,023 mg/L), PM-11 (0,027 mg/L) e PM-13 (0,026 mg/L). Estes teores são considerados indicativos de contaminação por não condizerem com o *background* local (a maioria das amostras não identificou a presença deste elemento), e por estarem acima do Limite de Potabilidade reportado na Portaria 1469 de 29/12/2000 do Ministério da Saúde (risco à saúde), que é de 0,01 mg/L.

Como as amostras do PM-04, 11 e 13 estão localizadas nos arredores da Linha Férrea, é bem provável que esta contaminação esteja relacionada às atividades desenvolvidas pela ferrovia, ou durante sua construção.

➤ *Inorgânicos*

Os inorgânicos não evidenciaram anomalias. Observa-se a presença de nitrogênio total com concentrações mais significativas nos poços PM-08 (37 mg/L), 17 (18,2 mg/L) e 24 (24 mg/L).

O espectro correspondente à Série Nitrogenada indicou a presença de nitritos no PM-24 (0,012 mg/L) e nitratos no PM-08 e 24 (0,80 mg/L) com baixos teores, atestando a qualidade destas águas quanto à presença de dejetos de origem animal, incluindo-se o antrópico.

Destaca-se, dentre os parâmetros analisados, os elevados teores de cloretos, que novamente evidenciam a influência das águas salobras marinhas sobre a área (maré cheia). Os poços PM-04, 11 e 13, que estão fora da área de influência das marés, apresentam teores de cloretos menos significativos.

➤ *Orgânicos*

Dentre as determinações de orgânicos realizadas, observou-se a presença de compostos fenólicos (fenol e metilfenol), e de um hidrocarboneto poliaromático (naftaleno).

As formas fenólicas foram encontradas preferencialmente na amostra proveniente do PM-15 (30,7 ug/L de 3-metilfenol, 0,55 ug/L de 4-metilfenol, e 0,46 ug/L de fenol), que fica locado lateralmente à via de acesso principal à Ilha Barnabé. Os PM-17, 23 e 31 também apresentaram traços de fenóis.

A ocorrência de fenol no PM-15 pode estar associada às atividades de transporte desenvolvidas na rodovia. No demais PMs (17 e 31), os fenóis ocorreram sob forma de traços e no PM-23 com teores de 0,29 µg/L, sendo sua origem não identificada.

A determinação de 0,34 ug/L de naftaleno nas águas do PM-31 pode estar relacionada a contaminações provenientes do diesel e graxas utilizadas nos equipamentos de sondagem.

➤ PCBs

Traços de PCBs foram detectados nos PM-4 e 11 na porção sul da ADA, e PM-08, 17 e 31 na porção norte da ADA. As concentrações detectadas são muito baixas, de ordem de ng/L (PPT), e não sugerem contaminação local por ação antrópica. Provavelmente estes traços estão ligados a um *background* global destes compostos.

Em síntese, os resultados físico-químicos não indicaram a presença de anomalias possivelmente relacionadas à presença de contaminantes.

Dentre os compostos inorgânicos e metais, foram detectadas anomalias de chumbo e cloretos. O chumbo possivelmente está relacionado às atividades desenvolvidas na ferrovia (concentra-se ao seu redor), e os cloretos são consequência das oscilações de maré sobre a área em estudo.

Dentre os compostos orgânicos, observou-se a presença de fenóis e de um hidrocarboneto poliaromático. As formas fenólicas foram encontradas preferencialmente em um poço que fica locado lateralmente à via de acesso principal à Ilha Barnabé, não sendo identificada sua origem. A presença do naftaleno pode ser atribuída ao próprio processo de sondagem.

Bifenilas policloradas, os denominados PCBs, foram detectadas em baixíssimas concentrações (traços) na porção sul e norte da ADA, não sugerindo contaminação local por ação antrópica. Provavelmente, estes níveis de concentração, muito próximos ao limite de detecção do método analítico, estão ligados ao *background* global destes compostos.

8.1.8. Diagnóstico da Sedimentação nas Áreas de Influência – Parte Imersa

8.1.8.1. Métodos de Trabalho

a) Perfilagem sísmica contínua de alta resolução

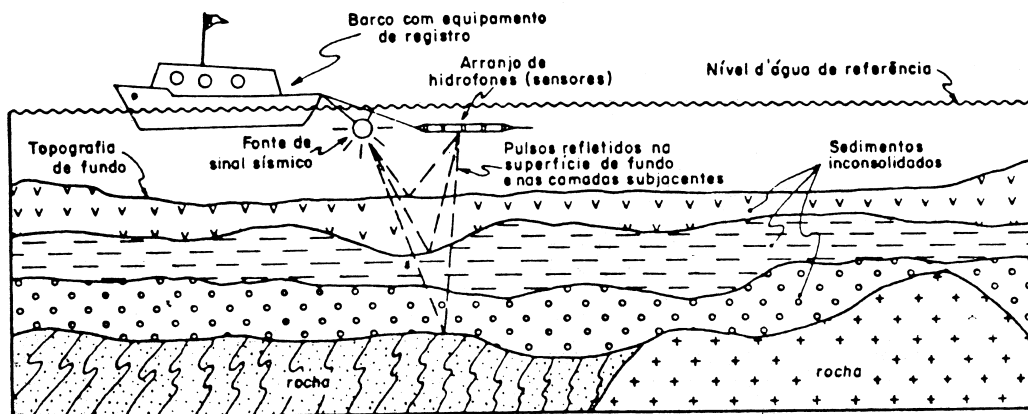
A perfilagem sísmica contínua de alta resolução constitui-se num método indireto de investigação de áreas submersas, e baseia-se no princípio da reflexão de ondas acústicas nas interfaces dos estratos sedimentares que apresentam contraste de impedância acústica (velocidade de propagação das ondas acústicas x densidade do meio).

A perfilagem sísmica de alta resolução lida com frequências que podem variar entre 2 kHz e 1.000Hz. Tem por objetivo a identificação de estratos sedimentares rasos, atingindo uma profundidade de investigação geralmente inferior a 100 metros.

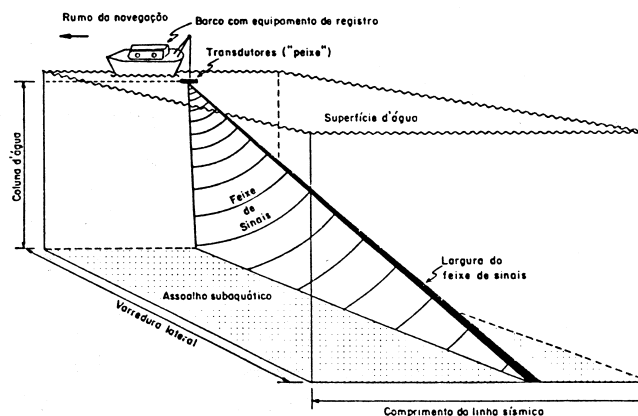
A geração do sinal sísmico (ondas acústicas) que irá percorrer a coluna de água e penetrar nos estratos sedimentares ocorre através de uma fonte acústica repetitiva, submersa, que emite frentes de onda em intervalos de tempo pré-determinados.

Estas frentes de ondas propagam-se na água e nos estratos sedimentares subjacentes com velocidades de propagação que variam segundo as características físicas de cada meio. A ocorrência de contrastes de velocidade e densidade, ou seja, de impedância acústica, entre dois estratos permite que parte da energia das frentes de onda seja refletida na interface entre estes, e retorne à superfície, onde é captada por sensores (hidrofonos), sendo conduzida ao sistema de processamento e gravação. A geometria deste método geofísico é apresentada na **Figura 8.1-13**.

Figura 8.1- 13-Geometria dos Métodos de Levantamento Geofísico



A) Perfilagem sísmica contínua de alta resolução



B) Sonografia de Varredura Lateral

Na interpretação dos registros sísmicos obtidos a partir deste método, a velocidade de propagação do som em cada meio constitui-se num parâmetro relativamente complexo de ser determinado, na medida em que está condicionada por uma série de parâmetros físicos do meio, dentre os quais se destacam: porosidade, cimentação, teor em água e matéria orgânica e tensão de confinamento (Souza, 1995).

Para o presente projeto utilizou-se um sistema de aquisição de dados sísmicos Meridata MD-DSS, que se constitui em um sistema digital de aquisição, acoplado a três fontes sísmicas distintas, a saber: a) pinger (frequência de 24 kHz); b) chirp (frequência de 2 a 8 kHz) e, c) boomer (frequência de 300 a 1.000Hz). A utilização simultânea de três fontes sísmicas diferentes permite a aquisição, tanto de dados de alta resolução (frequências altas), quanto uma maior penetração (frequências mais baixas que também correspondem a potências mais altas). Todo o sistema é georreferenciado por um receptor DGPS Leica, integrado a um software de navegação.

O processamento e interpretação dos dados são feitos através dos softwares dedicados SVIEW e MDPS, a partir dos quais são gerados os perfis digitais e elaborados os modelos de espessura de sedimentos.

Para a estimativa de espessuras foram atribuídas as seguintes velocidades sísmicas: a) água= 1.450 m/s; b) Unidade 1= 1.600 m/s; c) Unidade 2= 1.650m/s; d) Unidade 3= 1.700m/s.

b) Sonografia de varredura lateral

A sonografia de varredura lateral é uma técnica de perfilagem que, através da emissão de um feixe sonoro largo, direcionado obliquamente em direção ao fundo, permite o registro das variações de textura e relevo do fundo.

A emissão do sinal sonoro é executada em intervalos regulares de tempo por dois transdutores submersos e apontados para ambos os lados da superfície do fundo, relativamente à posição destes na coluna de água. Ambos os transdutores atuam independentemente e são também responsáveis pela recepção dos sinais.

A **Figura 8.1-13** ilustra de maneira esquemática, a geometria do método e dos registros obtidos em campo.

No presente levantamento foi utilizado um sistema Marine Sonic, com transdutor de 300 kHz e varredura lateral de 100 metros para cada lado, acoplado a uma ecossonda Ocean data BathyMF com DGPS Northern Navigation integrado.

Os mosaicos de sonar que recobrem toda a área foram elaborados com o software SonarWeb.

8.1.8.2. A Sedimentação no Estuário Santista

O atual modelo teórico de circulação e sedimentação no estuário foi estabelecido por Fúlfaro e Ponçano (1976), a partir de levantamentos sedimentológicos que visavam a determinação da faciologia do fundo, bem como das principais tendências de movimentação destes sedimentos ao longo do estuário.

No alto estuário santista as águas dos rios provenientes da Serra do Mar adentram o estuário, em especial na região do canal do porto, originando um predomínio de fluxo unidirecional que se propaga em direção à baía de Santos.

Fúlfaro e Ponçano (1976), ao descreverem as características dos fluxos fluviais do alto estuário, diretamente vinculados às drenagens que têm suas nascentes no complexo serrano à retaguarda, demonstraram que a faixa de mangue que circunda o estuário detém grande parte da carga transportada por tração junto ao fundo (sedimentos arenosos), liberando para os canais apenas a carga em suspensão, de natureza siltico-argilosa.

A área do médio estuário é palco da influência de correntes de maré, sofrendo a movimentação provocada pela ação marinha a partir da baía de Santos.

Nesta área, de acordo com Yassuda (1991), o contato entre o fluxo unidirecional fluvial e o fluxo marinho é vertical, correspondendo a uma zona de quebra de energia de transporte sedimentar no sistema.

Este quadro, do alto e médio estuário santista, configura um processo geral de sedimentação em ambiente de baixa energia, com predomínio de sedimentação siltico-argilosa.

O estuário santista, no que se refere a processos atuais de sedimentação, é uma região de equilíbrio instável, onde apenas localmente ocorrem processos mais intensos de sedimentação, destacando-se as extremidades sul dos canais de São Vicente e do Porto, junto à desembocadura da baía, o largo do Caneú e as proximidades da confluência do canal da Bertioga, junto a área do empreendimento Embraport. Estudos de sedimentação recentes indicaram para a região da confluência do canal da Bertioga com o canal do porto, valores de taxa de sedimentação da ordem de 2 mm/ano.

8.1.8.3. Diagnóstico da Sedimentação na Área de Influência Direta (AID)

Foram perfilados 5.323 metros de linhas sísmicas no âmbito dos rios Sandi e Diana (AID) (**figuras 8.1-14 e 8.1-15**).

Os padrões deposicionais nos rios Sandi e Diana seguem estruturação semelhante à encontrada no canal principal do porto de Santos, com a presença das mesmas unidades sedimentares. Entretanto a Unidade 1 parece ser menos evidente nestes rios sugerindo a existência de fluxos mais intensos nos eixos dos canais fluviais.

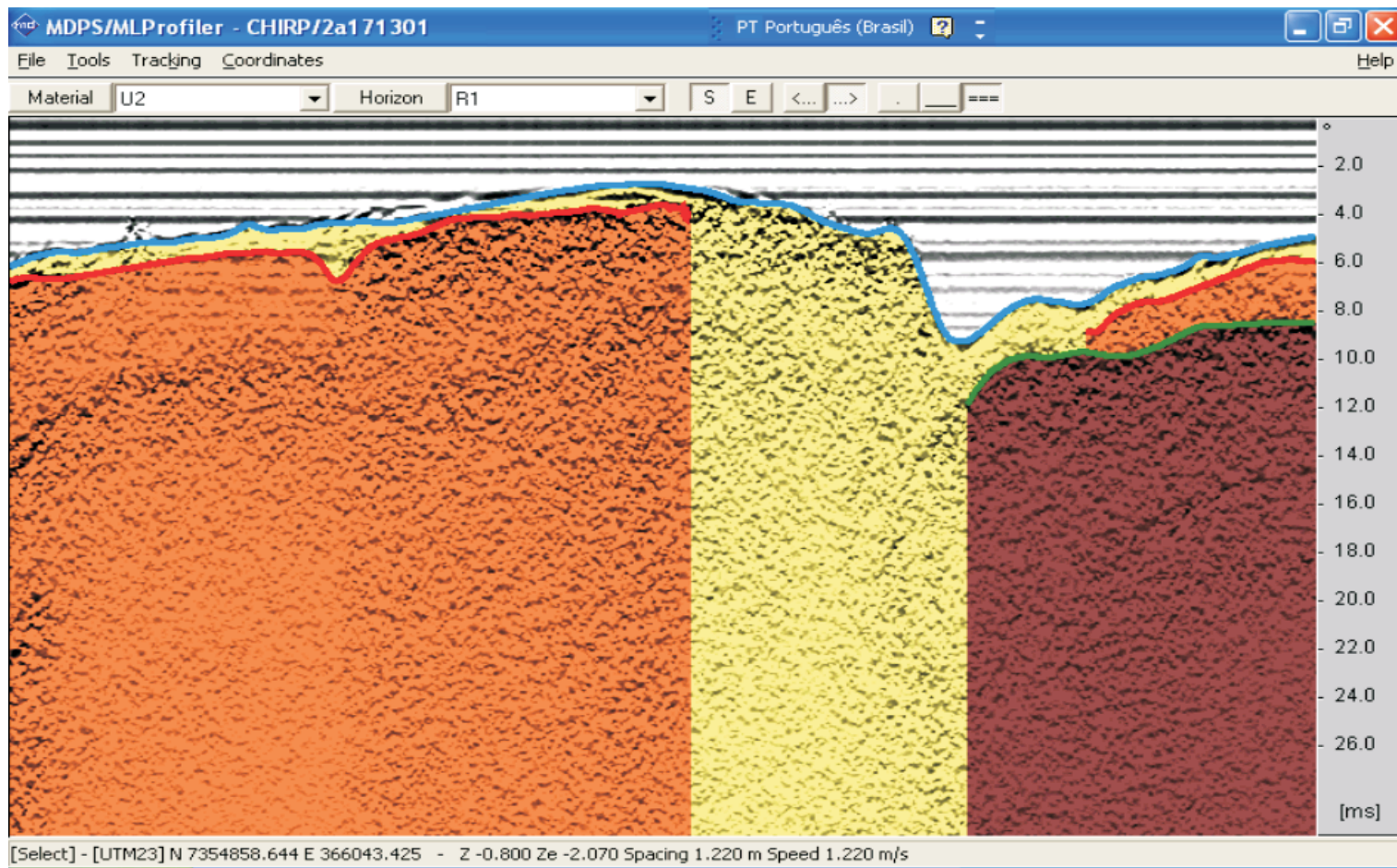
Dada a configuração meandrante dos rios, as maiores espessuras de sedimentos atuais acham-se dispostas ao longo das margens convexas. Neste sentido, o padrão deposicional em ambos os rios caracteriza-se pela ocorrência de bancos arenosos, relativamente opacos à penetração do sinal sísmico, nas margens convexas, e pela erosão parcial de sedimentos previamente depositados, nas margens côncavas.

8.1.8.4. Diagnóstico da Sedimentação na Área Diretamente Afetada (ADA)

Foram perfilados 20.397 m de linhas sísmicas na área contígua ao Canal do Porto de Santos, defronte ao empreendimento (ADA) (**Figura 8.1-16**).

a) Unidades sísmicas

Foram identificadas nos registros obtidos quatro unidades sísmicas, separadas entre si por refletores sísmicos, contínuos ou não, e com características de reflexão distintas (**Figura 8.1-17**).



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

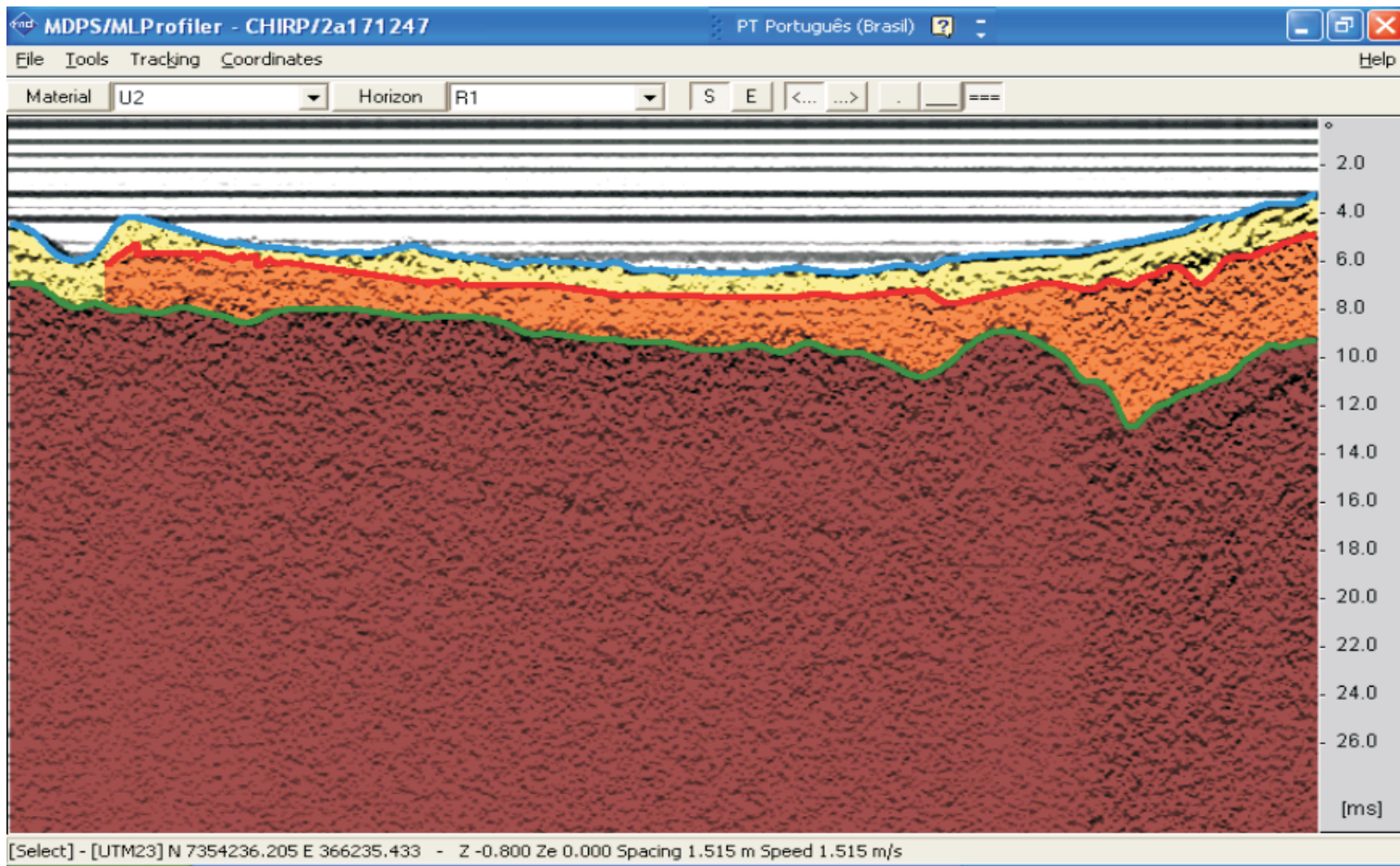
Características Sísmicas do Rio Sandi

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-14

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

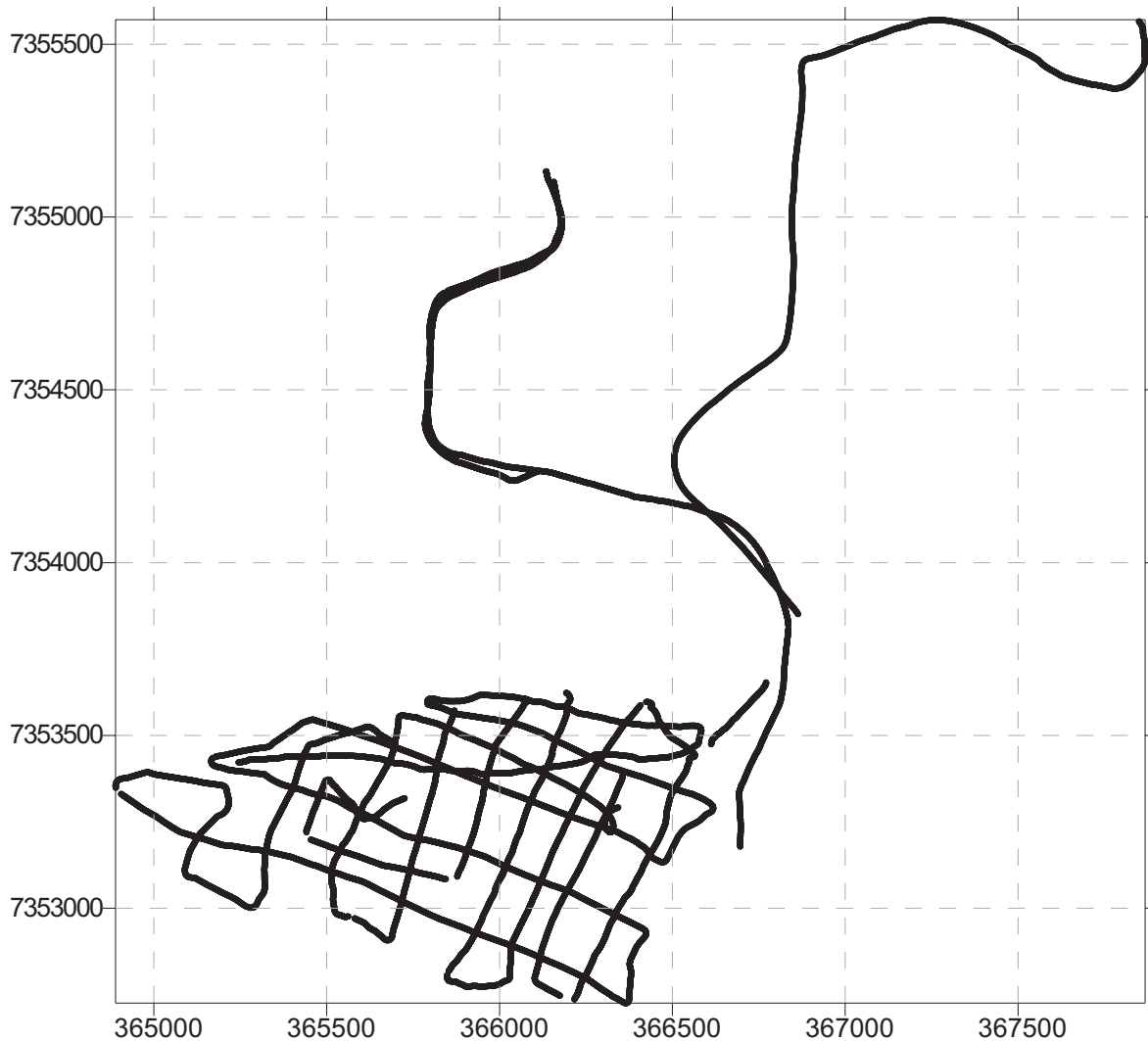
Características Sísmicas do Rio Diana

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-15

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

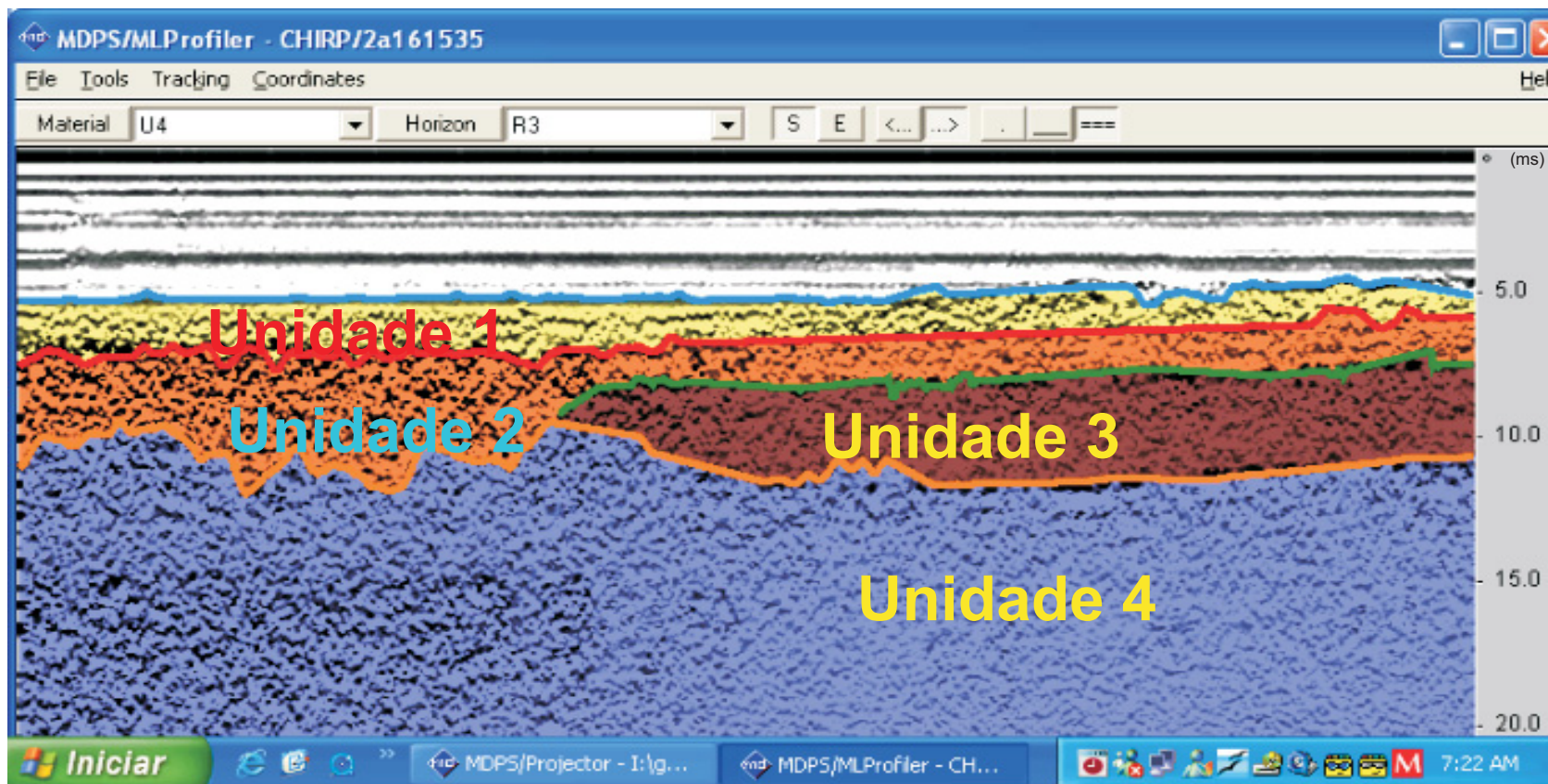
Derrota do Levantamento Sísmico

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-16

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Relações de Contato entre as Unidades Sísmicas

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-17

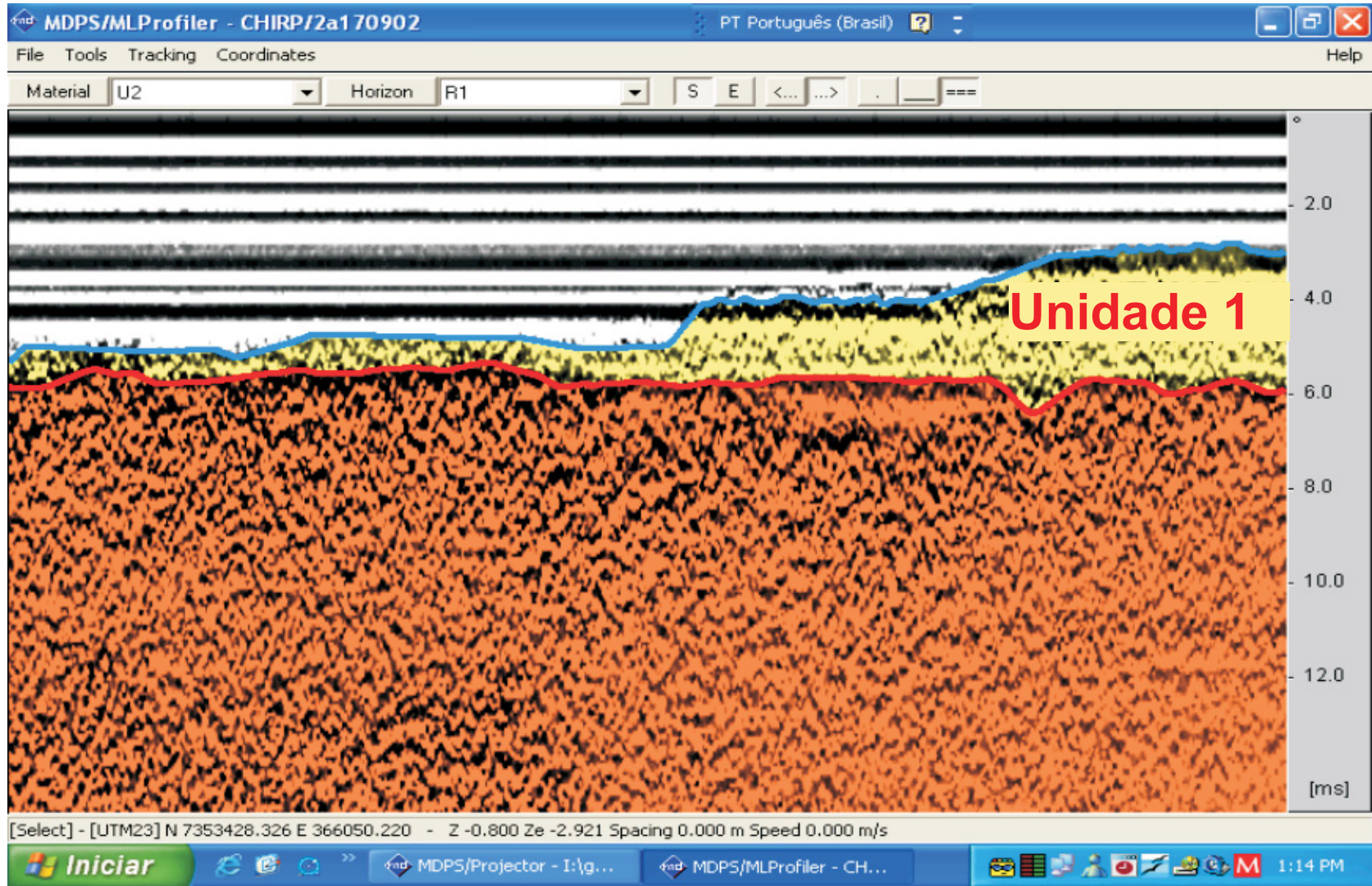
FONTE: EMBRAPORT, 2003.

➤ Unidade 1

Unidade superior caracterizada por variações laterais de espessura (**figuras 8.1-18 e 8.1-19**) e padrão de reflexão passando de transparente a parcialmente transparente ao sinal sísmico, representativo da ocorrência de uma variação de composição sedimentológica.

Na área junto ao canal do porto a espessura desta unidade varia de 0 a mais de 2,5 metros, com os maiores valores ocorrendo no extremo noroeste (coordenadas 7353400, 365200) e norte (7353500, 366350). As menores espessuras ocorrem no extremo leste (7353100, 366400) e na porção mais central da área de levantamento (7353250, 365450).

A Unidade 1 é separada da unidade subjacente por um refletor forte e contínuo. A Unidade 1 representa os sedimentos atuais depositados sob as condições hidrodinâmicas presentes no estuário.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

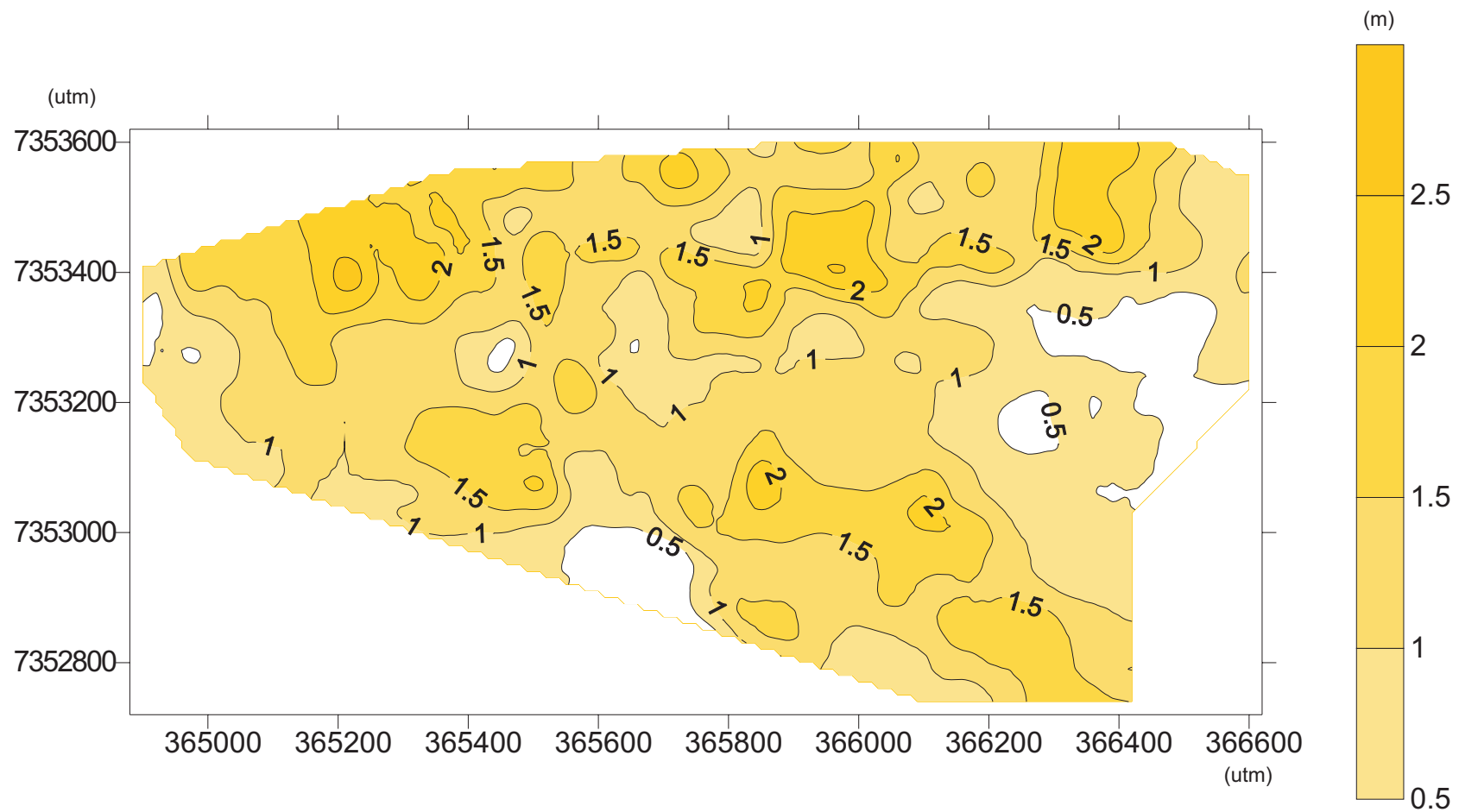
Características Sísmicas da Unidade 1

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-18

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



Valores em metros, assumindo-se uma velocidade de propagação de 1600 m/s.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Mapa de Espessura de Sedimentos da Unidade 1

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-19

FONTE: EMBRAPORT, 2003

➤ Unidade 2

Unidade caracterizada por relativa transparência ao sinal sísmico (**Figura 8.1-20**), sugerindo uma natureza argilosa para a seqüência. Apresenta espessura variável (**Figura 8.1-21**). As maiores espessuras ocorrem em três áreas distintas e podem atingir mais de 7 metros, localizando-se a noroeste (7354500, 365100), no extremo norte (7353550, 365800), e no extremo leste (7353150, 366450).

Separada da Unidade 3 por um refletor descontínuo representa, possivelmente, os sedimentos transgressivos holocênicos, depositados em nível de mar alto.

➤ Unidade 3

Unidade de espessura determinada apenas em alguns poucos setores da área de levantamento, uma vez que sua base foi identificada apenas localmente (**Figura 8.1-22**). Corresponde, possivelmente, a sedimentos arenosos a areno-argilosos, depositados anteriormente às lamas marinhas da Unidade 2, em fase de nível do mar abaixo do nível atual, podendo representar a superfície pré-adensada.

Dado o seu potencial geotécnico foi elaborado um mapa de isóbatas do topo da Unidade (**Figura 8.1-23**). A topografia da Unidade revela dois altos topográficos com profundidades menores que 5 metros, localizados nas porções norte (7353500, 365500) e nordeste (7353500, 366500), aprofundando-se em direção ao eixo do canal do porto, onde atinge mais de 15 metros de profundidade.

➤ Unidade 4

Corresponde aos pacotes de sedimentos não diferenciados, mais profundos, possivelmente de características texturais finas, compactadas, podendo estar em contato superior com as unidades 2 e 3 (**Figura 8.1-24**). Sua base não foi determinada podendo representar as argilas lagunares presentes em sub superfície de expressivas áreas da ilha de Santo Amaro.

➤ Embasamento cristalino

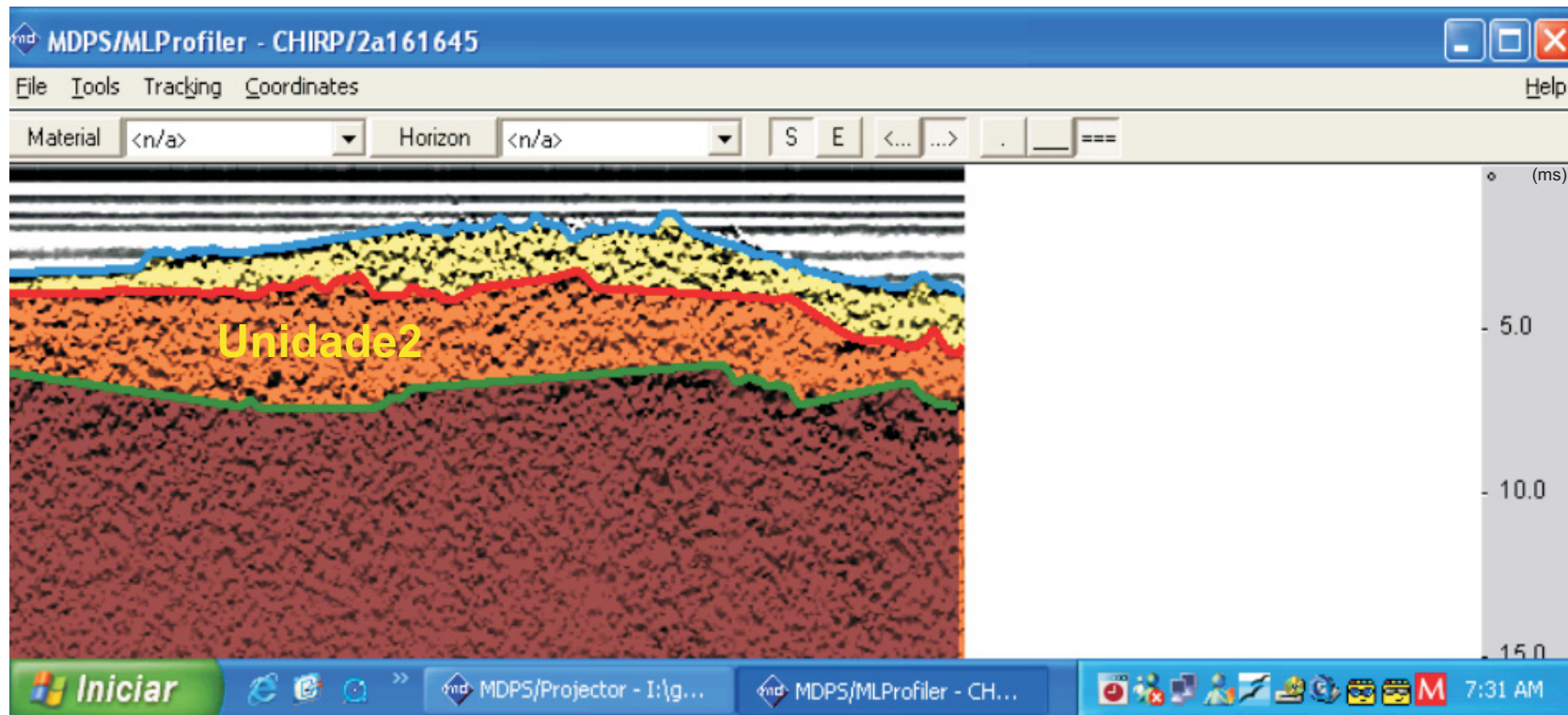
O embasamento cristalino não pode ser identificado em nenhum setor da área de estudo, devendo achar-se a mais de 40 metros de profundidade em toda a área marinha/estuarina.

b) Padrões de sonar

A análise do mosaico de sonar (**Figura 8.1-25**) indicou pouca variabilidade na textura da superfície de fundo sendo que o mesmo apresenta, em quase toda a superfície, um padrão de rugosidade de baixa a média, indicativos de sedimentação arenosa muito fina a siltosa, com a presença de poucas feições conspícuas de micro relevo.

Foram observadas algumas feições de características alongadas, provavelmente relacionadas com atividades de navios, tais como lançamento de ancoras ou manobras de atracação ou deslocamento, particularmente nas áreas junto à coordenada 7353300, 366250.

A norte da área, próximo à coordenada 7353400, 365500 desenvolvem-se duas feições alongadas, na forma de terraços, que se estendem segundo a direção oeste-leste, por cerca de 550 metros.



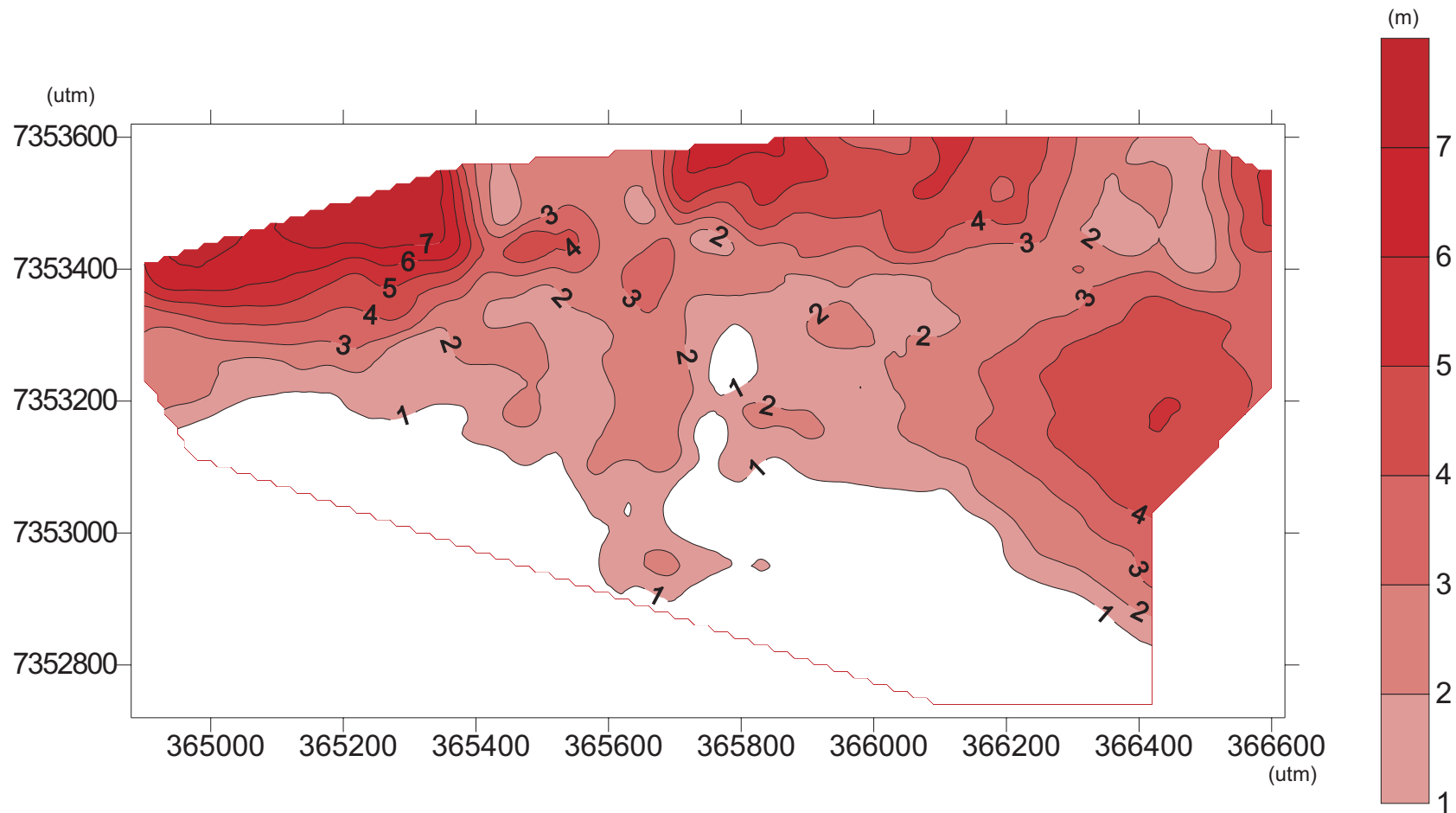
TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Características Sísmicas da Unidade 2

Sem Escala	MARÇO/2003	Figura 8.1-20
------------	------------	---------------

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



Valores em metros, assumindo-se uma velocidade de propagação de 1650 m/s.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

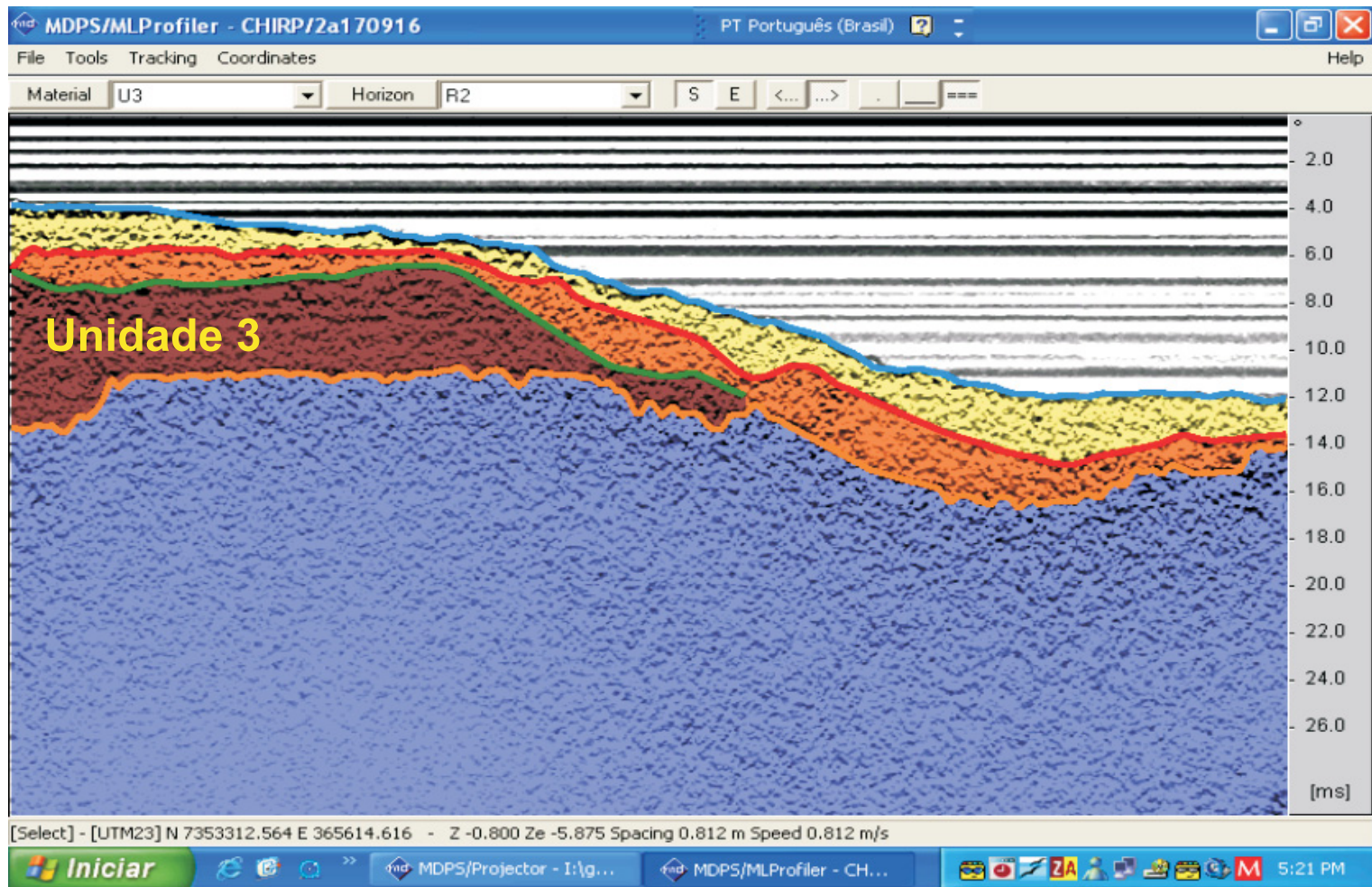
Mapa de Espessura de Sedimentos da Unidade 2

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-21

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

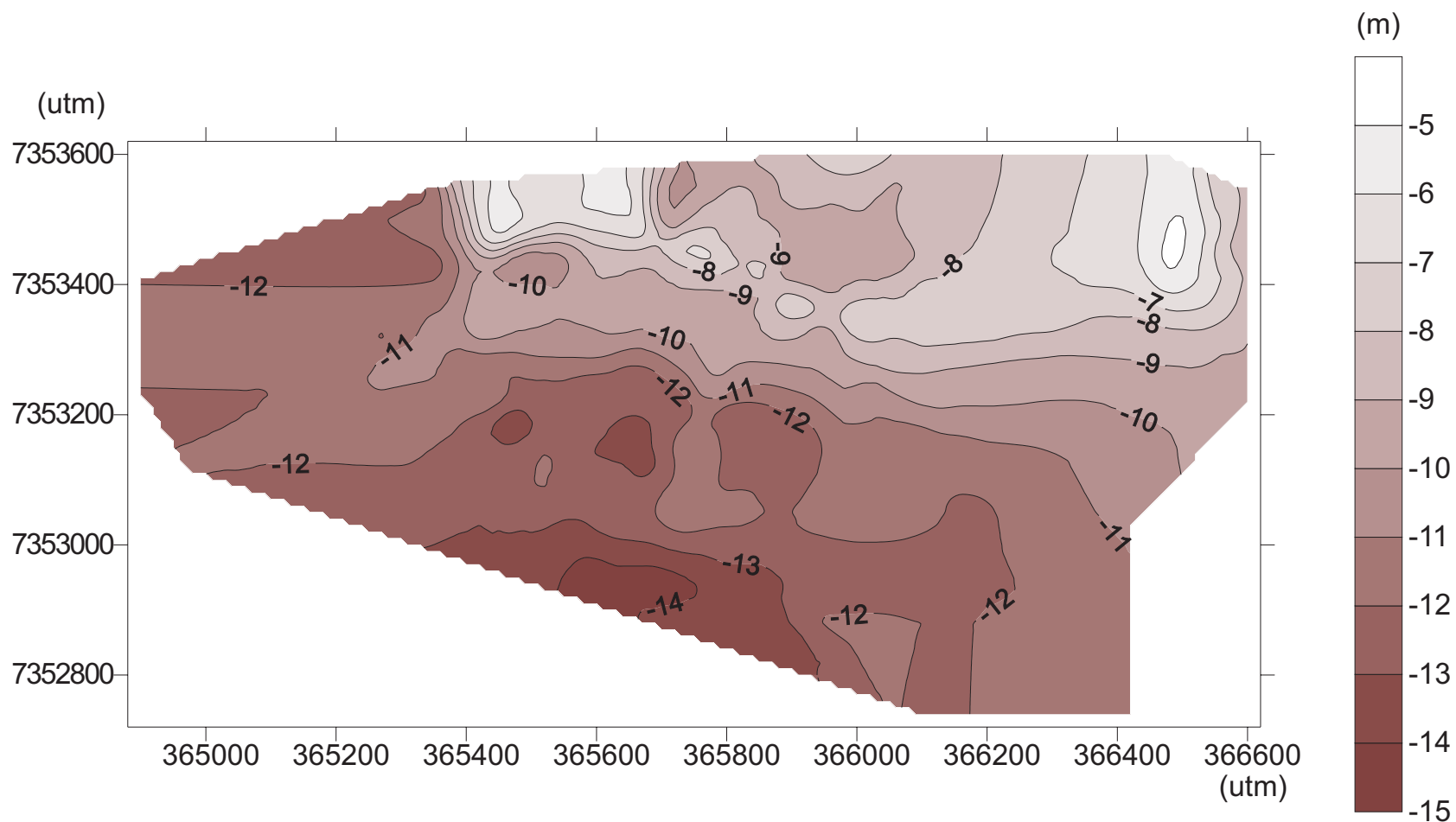
Características Sísmicas da Unidade 3

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-22

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



Valores em metros, assumindo-se uma velocidade de propagação de 1450, 1600 e 1650 m/s, para a água, Unidade 1 e Unidade 2, respectivamente.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

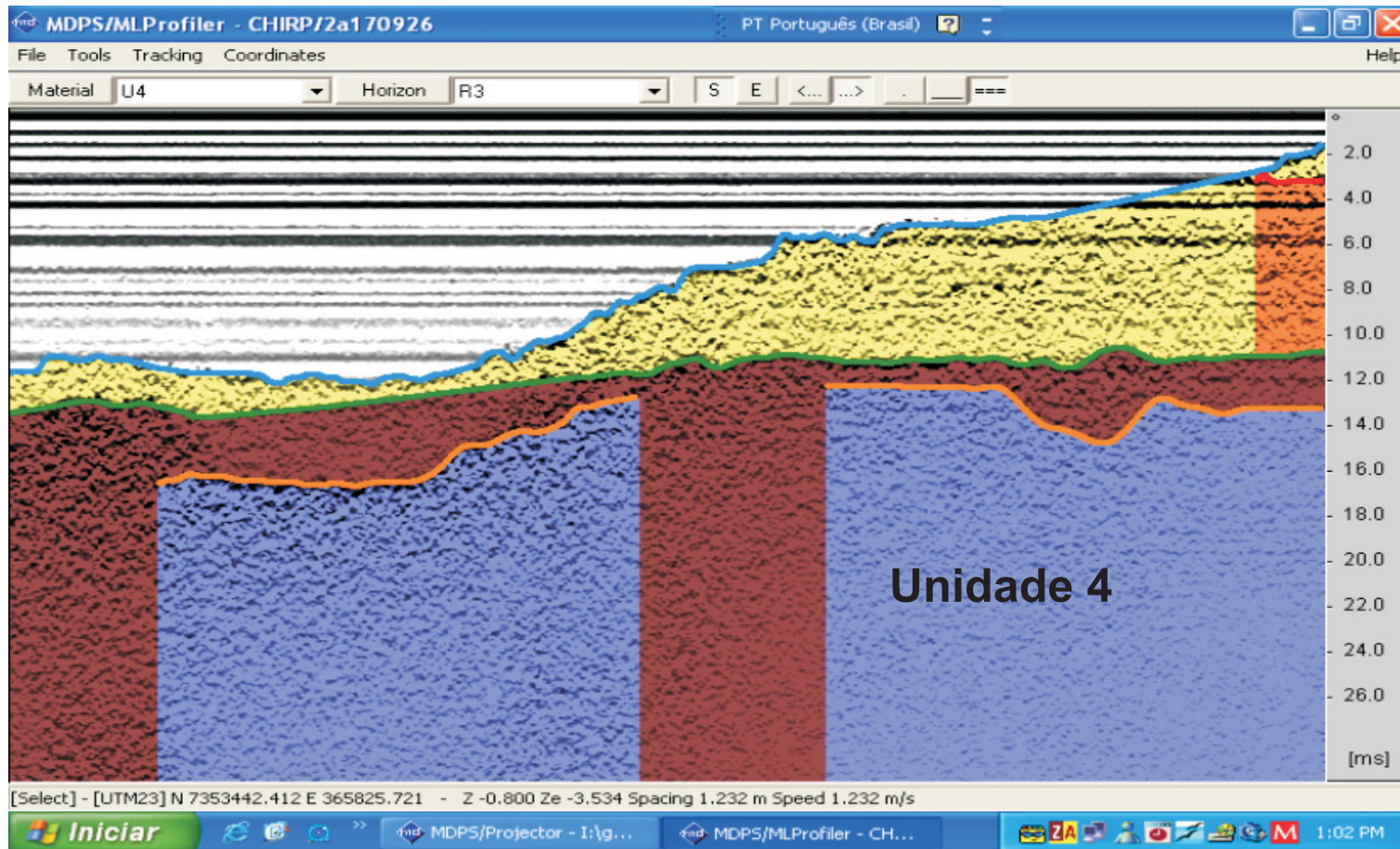
Mapa de Isóbatas do Topo da Unidade 3

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-23

FONTE: EMBRAPORT, 2003



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

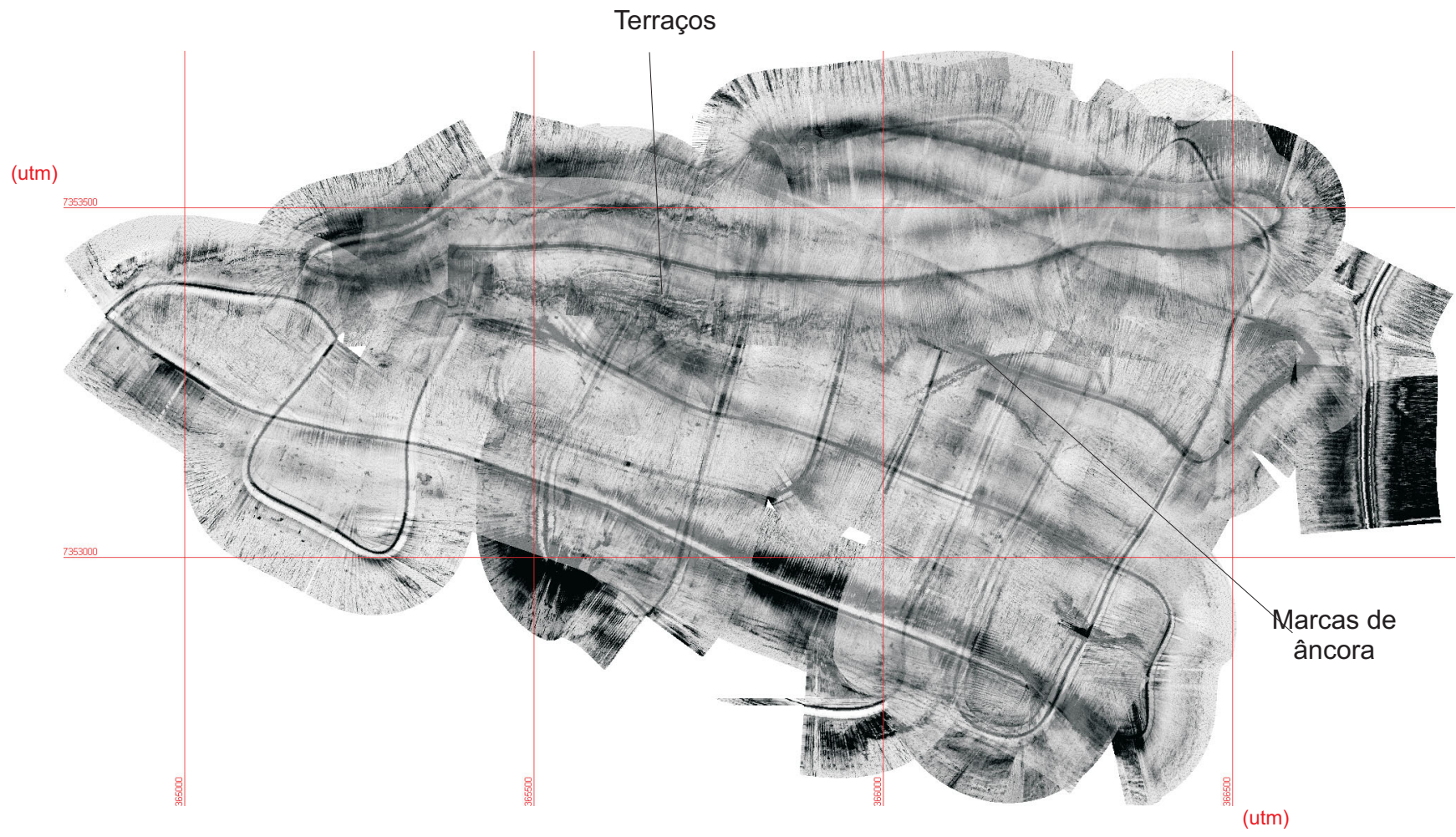
Características Sísmicas da Unidade 4

Sem Escala

MARÇO/2003

Figura 8.1-24

FONTE: EMBRAPORT, 2003.



TERMINAL PORTUÁRIO EMBRAPORT
 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA/RIMA

Mosaico de Sonar de Varredura Lateral do Canal do Porto Defronte ao Empreendimento Embraport

Sem Escala	MARÇO/2003	Figura 8.1-25
------------	------------	---------------

FONTE: EMBRAPORT, 2003.

Além disso, algumas manchas irregulares, de dimensões métricas a decamétricas, espalham-se por toda a área revelando a existência de manchas de sedimentos de textura mais grossa.

A ausência de estruturas sedimentares assimétricas, tais como ondulações, sugere a pouca efetividade atual, junto ao fundo, para o transporte sedimentar unidirecional.

Portanto, na ADA, o levantamento geofísico indica a ocorrência de quatro unidades sísmicas distintas, com relações de contato diferenciadas entre si.

A Unidade 1 (seqüência de topo) apresenta um padrão de reflexão ao sinal sísmico, de transparente a parcialmente transparente, indicativo da ocorrência de variação sedimentológica ao longo da seqüência.

Esta seqüência sedimentar representativa da dinâmica sedimentar atual (de centena a milhar de anos), existente no estuário santista apresenta variação lateral de espessura, com os menores valores sendo identificados nas porções mais a leste e central, da área estuarina de levantamento. Em áreas muito restritas esta unidade é quase ausente. As maiores espessuras, compreendendo valores de cerca de 2,5 metros, estão presentes no extremo noroeste da área indicando uma predominância de sedimentação atual de termos mais finos (lamas) neste setor, em contraposição à deposição de sedimentos mais arenosos nas porções central e oriental da área estuarina do empreendimento.

A área junto a confluência do canal da Bertioga com o canal do estuário, junto a ilha Barnabé e às desembocaduras dos rios Sandi e Diana, apresenta uma dinâmica atual de baixa energia com deposição de sedimentos finos (lamas e lamas arenosas).

Nesta área as taxas de sedimentação atual (100 anos) obtidas com o estudo do decaimento radioativo do ^{210}Pb (espectrometria gama), indicaram valores de cerca de 2 mm/ano.

A disposição espacial desta unidade indica na certeza de existência de sedimentos finos (lamas) e matéria orgânica em suspensão nas águas do estuário, uma dinâmica sedimentar mais intensa nas áreas de menor expressão de espessura destes sedimentos, visto o predomínio de termos mais arenosos não recobertos, ou misturados, aos sedimentos finos presentes na coluna de água do sistema.

A variabilidade lateral da composição granulométrica da seqüência de topo, desta unidade, indica além da existência nas porções mais centrais e a leste da área, de uma dinâmica sedimentar atual mais intensa, impeditiva da deposição da carga em suspensão, uma capacidade de retrabalhamento dos sedimentos arenosos, de fundo, preexistentes ou provenientes da erosão das áreas emersas adjacentes. Esta condição dinâmica é suposta a partir da identificação de feições alongadas, na forma de terraços, que se estendem, aproximadamente, na direção oeste - leste, quase paralela à atual linha de costa da ilha Barnabé.

A Unidade 1 é separada da unidade subjacente por um refletor forte e contínuo.

A Unidade 2 é caracterizada por uma relativa transparência ao sinal sísmico sugerindo natureza predominantemente argilosa para toda a seqüência.

Esta unidade apresenta, nas áreas de maior ocorrência, espessuras superiores a 7 metros, separadas da Unidade 3 por um refletor descontínuo.

Considerado o modelo evolutivo da planície santista proposto por Suguio e Martin (1978), a Unidade 2 deve representar os sedimentos transgressivos holocênicos, depositados em nível do mar mais alto do que o atual. Desta forma, sua natureza, pouca idade, espessura e pequeno recobrimento, determinam sua baixa compactidade e capacidade de suporte. A compactação diferencial desta seqüência não adensada é a responsável pela inclinação, de alguns edifícios assentados sobre estes sedimentos na cidade de Santos.

A Unidade 3 foi determinada apenas em alguns poucos setores da área. Corresponde, possivelmente, aos sedimentos arenosos a areno-argilosos, depositados previamente às lamas marinhas da Unidade 2.

Em profundidade variável ao longo da área de levantamento, com mergulho no sentido do eixo do canal do estuário, está disposta a Unidade 4, com características de refletividade ao sinal sísmico indicativa de uma seqüência sedimentar composta de termos finos (argilas, siltes-argilosos), compactados, com baixo teor de água contido no sedimento. Esta seqüência deve ter sido depositada em ambiente de baixa energia correspondendo, provavelmente, a seqüência lagunar explicitada por Suguio & Martin (1978).

A espessura desta unidade não pode ser determinada na impossibilidade da identificação de sua base (contato) com a unidade subjacente.

O embasamento cristalino não foi detectado nos perfis sísmicos executados indicando que, na área estuarina adjacente ao empreendimento, a rocha sã se encontra disposta a profundidades superiores a 40 metros.

Os levantamentos sonográficos não indicaram a existência de feições de fundo dignas de destaque, com exceção de feições de escavação provocada por embarcações atracadas na área estuarina frontal à ilha Barnabé. A ausência de indicativo de preenchimento atual destas feições de corte, por sedimentos finos dispostos ao longo da coluna de água do estuário, são outro indicativo do predomínio de uma dinâmica sedimentar mais intensa nas porções centrais, atualmente submersas, da área do empreendimento.

Na área mais a oeste, de ocorrência de pronunciada sedimentação fina, é identificada emborcada uma pequena embarcação de madeira naufragada, aflorante em fase de maré baixa.

As seqüências sedimentares identificadas nos registros obtidos ao longo dos canais fluviais dos rios Sandi e Diana, apresentam estruturação semelhante às descritas para a área próxima ao canal do estuário, com a presença das mesmas unidades sedimentares.

Porém, a seqüência de topo, Unidade 1, é menos evidente ao longo dos canais fluviais, sugerindo a existência de fluxos mais intensos, impeditivos de uma sedimentação mais ampla, na forma de "lençóis", que recobririam os fundos destes canais.

Dada a configuração meandrante dos rios, as maiores espessuras de sedimentos atuais acham-se dispostas ao longo das margens convexas. Neste sentido, o padrão deposicional se caracteriza pela ocorrência de bancos arenosos, relativamente opacos à penetração do sinal sísmico, nas margens convexas, e pela erosão parcial dos sedimentos pré-existent nas margens côncavas. Esta dinâmica se apresenta impeditiva a um melhor levantamento sísmico contínuo, pois que em função da dinâmica de maré, os fluxos destes canais fluviais (enchente e vazante) redistribuem e distorcem as configurações espaciais dos bancos arenosos, gerando feições arenosas alongadas que condicionam o canal profundo (navegação), a praticamente um eixo único onde pode ser executado o levantamento.

A partir das características texturais das seqüências sedimentares identificadas na área de implantação do empreendimento, pode-se estimar que a execução da bacia de atracação, que implica na remoção total do material existente entre a cota mínima do empreendimento e a cota de rebaixamento pretendida, irá gerar um material de características areno/argilosas, em menor quantidade, e argilosa e/ou argilo/arenosa em maior quantidade, com baixa capacidade de coesão.

8.1.9. Modelagem Matemática da Hidrodinâmica, Transporte e Deposição de Sedimentos nas Áreas de Influência do Empreendimento

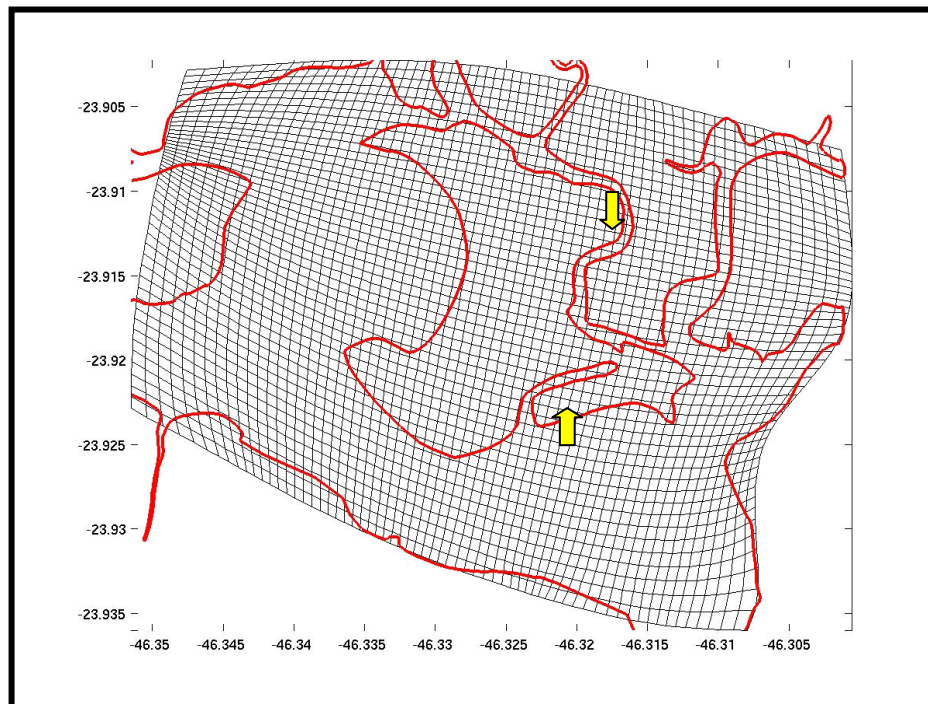
O diagnóstico da hidrodinâmica, transporte e deposição de sedimentos nos canais ocorreram em área que inclui a ADA e parte da AID, assim definida: limitada a sul, leste e oeste pelo estuário santista e ao norte pelo limite da Ilha Barnabé com o continente (**Figura 8.1-26**).

Devido à natureza dos processos que envolvem a hidrodinâmica de sedimentos no Estuário de Santos, esse estudo não se aplica à AII do empreendimento. Os volumes de sedimento e as plumas de baixa salinidade, oriundas dos rios próximos à ADA, são de proporções desprezíveis, quando comparadas ao volume total dos corpos hídricos da AII, ou mesmo ao estuário de Santos, melhor dimensionado à AID.

O método matemático empregado exigiu que o domínio computacional implementado para esse estudo abrangesse parte substancial da AID. Tal exigência visou satisfazer as condições de ação das diversas forçantes empregadas, bem como as condições de propagação e dissipação de energia no interior do domínio. Apesar disso, os resultados da modelagem ou o diagnóstico da hidrodinâmica e do transporte de sedimentos se aplica somente ao domínio aquático da ADA destacando, principalmente, a foz dos Rios Diana e Sandi, a entrada do Canal de Bertioiga e a região ao largo da Ilha Barnabé, em frente à ADA.

Esta área é bordejada parcialmente por manguezais, definida como planície de maré estando sob influência das variações do nível do mar e seus sucessivos movimentos de avanço e recuo.

As correntes associadas a essas oscilações, junto com a descarga de águas de baixa salinidade e os aportes de sedimentos, configuram as questões principais a serem tratadas neste EIA, para subsidiar a previsão, identificação e avaliação de impactos advindos da intervenção neste meio, principalmente representadas pelas atividades de aterro e dragagem, na fase de instalação, e a dragagem, na fase de operação do empreendimento.

Figura 8.1- 26-Domínio computacional (grade numérica).

Obs.: A resolução foi diminuída para melhor visualização e as setas indicam a área do empreendimento (FUNDESPA, 2003)

Os principais tributários do estuário nesta área são o Rio Diana e o Rio Sandi, os quais convergem para desaguar muito próximo à ADA. O Canal de Bertiooga, a Noroeste da ADA, é uma conexão importante no sistema estuarino santista. Embora sua carga de sedimentos seja negligenciável, é uma ligação entre o estuário e o oceano aberto, permitindo a movimentação de peixes e demais organismos. A vazão e o aporte de sedimentos dos tributários referidos são pouco expressivos, principalmente entre os meses de julho e novembro, época de regime pluvial menos intenso.

Durante o outono e inverno, o regime de ventos local é predominantemente de leste, com intensidades médias em torno de 3 m/s e rajadas de até 15 m/s. Dessa forma, a combinação entre a ocorrência dos fenômenos atmosféricos (deslocamentos de sistemas frontais, mais frequentes e intensos durante o inverno) e os períodos de maré de sizígia (amplitudes de maré mais intensas) conferem a esse sistema condições energéticas intensas, importantes para o estudo da hidrodinâmica e do transporte de sedimentos coesivos (argilas e silte) e não coesivos (areias finas e matéria orgânica depositada).

A circulação local é dominada pelo efeito das marés, cujas componentes principais estão na banda de frequência semidiurna: M2 e S2, e diurna: O1 e K1, com amplitudes de, respectivamente, 0,60 m; 0,32 m; 0,10 m e 0,05 m. A interferência entre as componentes semidiurnas produz uma modulação de período quase quinzenal, quando as correntes são intensificadas (maré de sizígia) e atenuadas (maré de quadratura). As correntes têm intensidades que oscilam entre 0,00 e $\pm 0,50$ m/s. A distribuição de salinidade e temperatura apresenta variabilidade em escalas diurnas e sazonais. A estratificação vertical de massa é mais intensa durante o verão, enquanto no inverno o estuário é mais homogêneo. Valores típicos de salinidade estão entre 23-27, enquanto a temperatura dessas águas está entre 20-25 °C (FUNDESPA, 2003).

8.1.9.1. Método de Trabalho

a) O modelo ECOMSED

Realizou-se modelagem matemática da circulação e do transporte de sedimentos nas proximidades da Ilha Barnabé e no Estuário de Santos, SP, incluindo a área objeto do projeto (**Figura 8.1-26**).

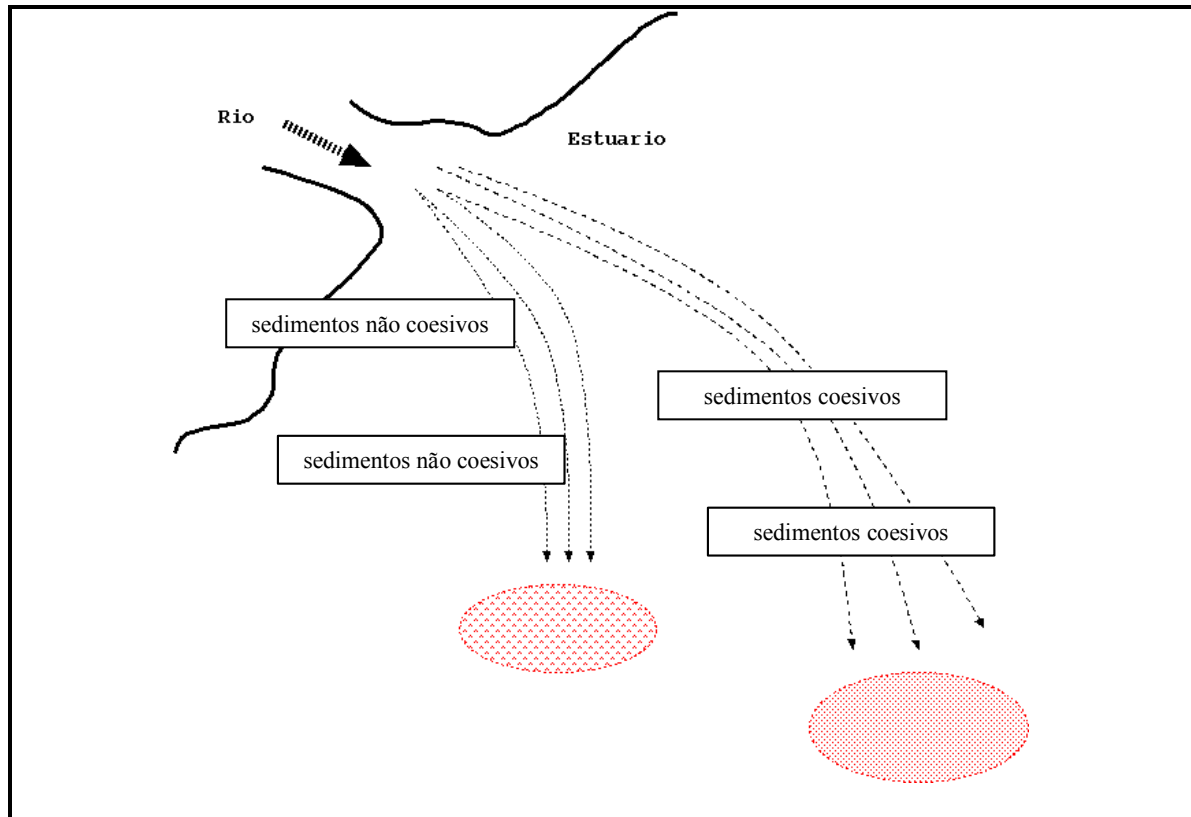
Empregou-se o modelo matemático Estuarine and Costal Ocean Model and Sediment Transport - ECOMSED para resolver os aspectos da circulação e do transporte de sedimentos. Trata-se de um modelo que resolve por completo o sistema de equações diferenciais que regem o escoamento do fluido geofísico (as correntes).

O modelo considera a influência de vários processos, forças e grandezas envolvidas no movimento de correntes, tais como gradientes de densidade, marés, advecção e difusão de sal, temperatura e momentum, além de dispor de um sofisticado submodelo de fechamento para resolver a turbulência.

O módulo de transporte de sedimentos, acoplado ao hidrodinâmico, resolve os principais processos da dinâmica de sedimentos, considerando as formulações que dependem da probabilidade de ocorrência de floculação e precipitação das partículas coesivas (diâmetro menor do que 75 μm) e da dinâmica dos sedimentos mais grossos (não coesivos, diâmetro entre 75 e 500 μm).

A **Figura 8.1-27** ilustra resumidamente como o modelo resolve os processos de dispersão de sedimentos. Aqueles, coesivos, percorrem uma distância maior pelo estuário, a partir da foz do rio. Entretanto, durante esse percurso, parte desses sedimentos se aglutina num processo de floculação e precipitação, tratado por uma seleção de modelos estatísticos. A formulação selecionada foi de Partheniades. Os sedimentos não coesivos, tais como a areia fina, se depositam no estuário a uma distância menor da foz.

Figura 8.1- 27- Diagrama representando a dinâmica dos sedimentos coesivos e não coesivos (FUNDESPA, 2003)



Na **Figura 8.1-26** apresenta-se o domínio modelado, representado por uma grade horizontal apropriada para o esquema de diferenças finitas (grade de Arakawa, tipo C). A estrutura vertical é discretizada por uso de um sistema de transformação de coordenadas, onde a profundidade z , absoluta, muda para outra coordenada, σ , de referência relativa à superfície do mar ($\sigma = 0$) e ao leito marinho ($\sigma = -1$).

b) Dados utilizados

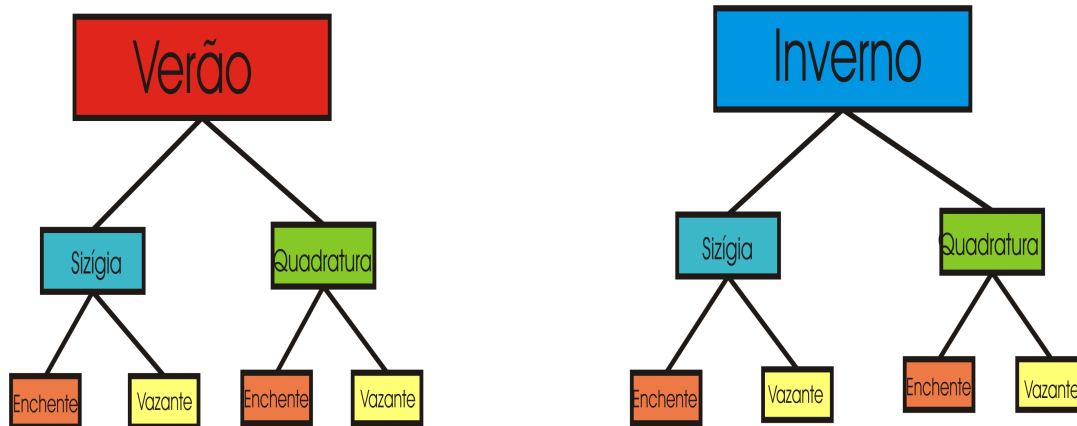
O escoamento no estuário santista é basicamente dominado pelo regime de marés, pelas características físico-químicas da água do mar (temperatura e salinidade), as quais se traduzem por gradientes horizontais e verticais de pressão, bem como pelo regime meteorológico (tensão de cisalhamento dos ventos, gerando movimentos horizontais na água do mar).

Parte das informações utilizadas para implementar e, posteriormente, calibrar o modelo foram obtidas da literatura disponível, tais como as constantes harmônicas de maré, descrição das massas de água e dados cartográficos e batimétricos, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Terminais Portuários S.A. (Embraport) e Hidrotopo.

Os dados complementares, quais sejam, temperatura, salinidade (via condutividade elétrica), corrente e concentração de sedimentos, foram obtidos em duas campanhas de medição, que pretendiam representar os dois períodos de regime sazonais antagônicos (verão e inverno),

considerando os sub-regimes de maré: preamar e baixa-mar, durante a sizígia e a quadratura (**diagrama a seguir**).

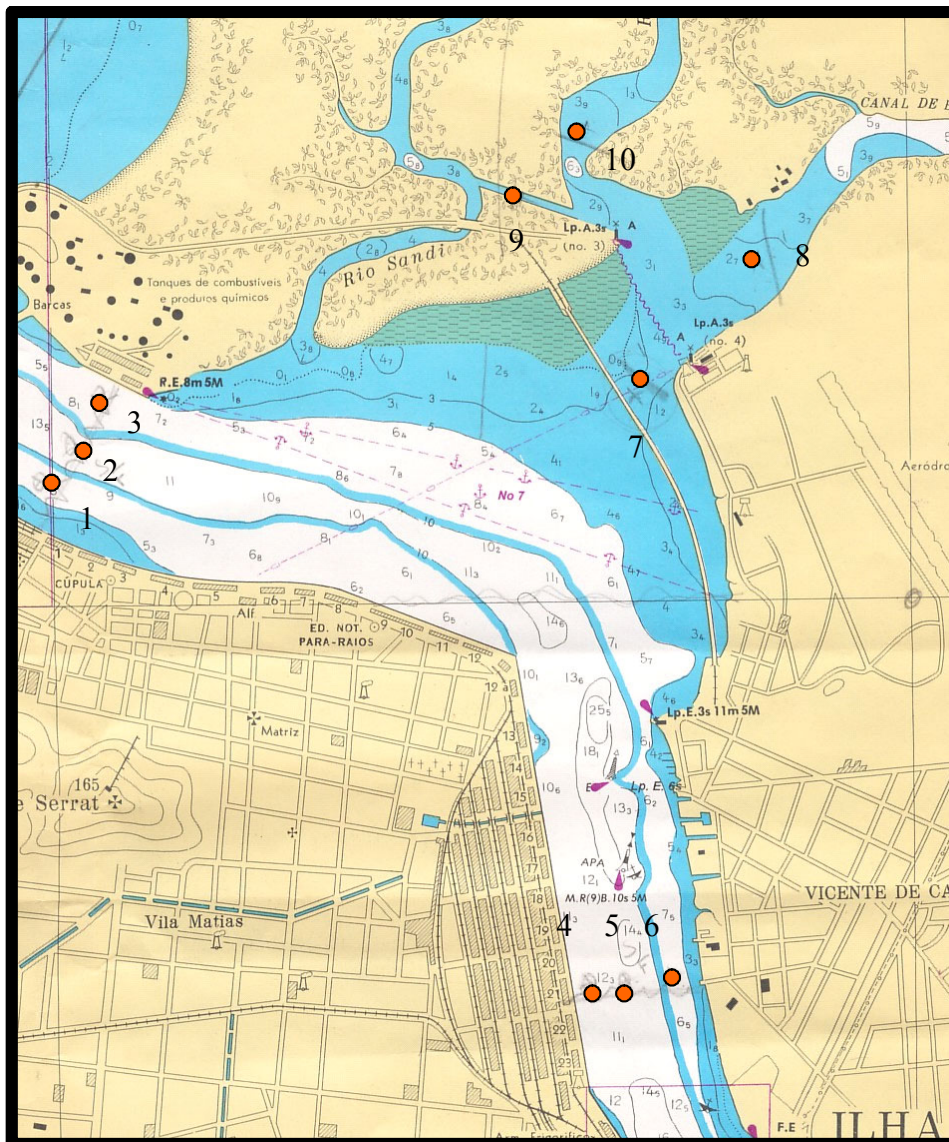
Diagrama 8.1- 1-Organização das atividades de campo de acordo com a ocorrência dos eventos. (FUNDESPA, 2003)



Os dados, coletados em pontos das áreas de influência direta, indireta e diretamente afetada (AID, AII e ADA) representados na **Figura 8.1-28**, durante as campanhas de inverno de 2002 e verão de 2003, são apresentados no **Anexo 4 - Meio Físico – item Hidrodinâmica – mapas de sedimentos e de correntes**. Os dados de temperatura e salinidade são apresentados em forma gráfica, tal como expressos nos **Anexo 4 - Meio Físico – item Hidrodinâmica (Apêndice A – Inv2002 – Dados de temperatura e salinidade, coletados na campanha de inverno de 2002; e Apêndice B - Dados de temperatura e salinidade, coletados na campanha de verão de 2003)**, considerando as duas estações climáticas mencionadas. Ainda no **Anexo 4 - Meio Físico – item Hidrodinâmica** é apresentado o material em suspensão coletado durante o inverno de 2002, que se refere às medições de sedimento em suspensão, enquanto que as Medições de correntes durante o inverno/2002; e Medições de correntes durante o verão/2003, referem-se aos dados de correntometria.

O estudo de transporte de sedimentos e da circulação considerou, ainda, os aspectos geomorfológicos atuais da Ilha Barnabé, bem como o estado de condições ambientais mais relevante. A linha de costa, na área analisada, e a conformação batimétrica do terreno submerso foram consideradas inalteradas, para a situação atual e na situação que considera a intervenção, dada pelo empreendimento proposto.

Figura 8.1- 28-Localização das estações oceanográficas.



Obs.: As amostras de sedimentos em suspensão foram tomadas nos Pontos 7, 8, 9 e 10 (BRASIL, 1981)

8.1.9.2. Diagnóstico da Hidrodinâmica, Transporte e Sedimentação na Área Diretamente afetada (ADA)

a) Nível do mar e correntes

O modelo hidrodinâmico reproduziu satisfatoriamente o campo espacial e as variações temporais, tanto para os deslocamentos do nível do mar, de estrutura espacial bi-dimensional, quanto para a estrutura tri-dimensional das correntes e demais propriedades objeto dessa modelagem matemática. Para a modelagem dos processos de dispersão e re-suspensão de sedimentos coesivos e não-coesivos, os resultados também foram satisfatórios, quando comparados aos valores de concentração observados em regiões próximas à desembocadura dos rios Diana e Sandi.

O comportamento harmônico da maré local é de natureza determinística, como visto no **Gráfico 1 (Anexo 4 - Meio Físico – item Hidrodinâmica)**. Neste gráfico, tem-se o resultado da modelagem matemática para o nível do mar (painel do topo) e das componentes de velocidade norte e leste (painel central e abaixo). As oscilações de curto período, tão bem representadas no registro de nível do mar, referem-se às variações de maré semidiurnas, de período aproximado das componentes harmônica lunar e solar (M2 e S2 - períodos em torno de 12 horas). As oscilações de mais longo período são nitidamente evidenciadas pela modulação da envoltória. Caracterizam o efeito mais relevante da interação dos astros no sistema Lua-Sol-Terra, de periodicidade aproximada de $\frac{1}{2}$ ciclo lunar (ou 14 dias).

As correntes, embora assinalem a mesma natureza harmônica das marés, são distorcidas pelo efeito baroclínico e pela capacidade do modelo resolver os aspectos não lineares inerentes a esse tipo de escoamento. O modelo hidrodinâmico utilizado incorpora, em sua formulação, a estrutura de massa tridimensional do estuário, considerando as diferenças de densidade do fluido assinaladas, principalmente, pelas descargas fluviais de águas menos salinas.

Os gráficos e mapas apresentados no **Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica** contemplam os resultados sintetizados do estudo de vários casos, com enfoque na dinâmica dos processos de dispersão de sedimentos, nas proximidades da ADA. Ainda, esses resultados reproduzem a situação original ou atual das conformações batimétricas e da geometria costeira.

Os Mapas de Corrente 1 a 4 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**) mostram a distribuição horizontal dos vetores velocidade da corrente, com destaque à área em frente à do empreendimento proposto.

Esses resultados contemplam o efeito das forçantes baroclínicas, introduzidas pelos gradientes de salinidade e temperatura das descargas fluviais no estuário, além do efeito das marés e de um vento do quadrante Leste, de velocidade 1,5 m/s. Tais condições ambientais foram as mais representativas, no estudo da dispersão dos sedimentos dessa região de interesse. Embora os vetores impressos não possuam a mesma escala, o modelo foi capaz de diferenciar os aspectos dinâmicos da circulação estagnada, nos instantes correspondentes ao estofa de preamar e baixa-mar. As velocidades máximas, correspondentes à fase intermediária entre a preamar e baixa-mar, atingem 0,20 m/s, na área em frente à do empreendimento proposto. Em outros locais, essas intensidades alcançam 0,35 a 0,40 m/s.

O estado hidrodinâmico atual é caracterizado pela influência da maré e da interação das oscilações do nível do mar, gerando movimentos horizontais associados, com a componente da circulação relativa à contribuição dos diversos afluentes que aportam no estuário, oriunda da drenagem da AII.

A mistura dessas águas, de características termodinâmicas diferentes, contribui para definição das massas de água e da zona de mistura no estuário santista. As linhas de corrente principais seguem, na AID, a orientação do canal de navegação, alternando em sinal e amplitude, dependendo da fase da maré e de suas modulações. Essas amplitudes variam, tipicamente, entre 0,20 e 0,40 m.s^{-1} , dependentes das condições mencionadas.

Nos embaiamentos, desembocaduras e áreas mais abrigadas, a hidrodinâmica assume, em geral, características que dependem das conformações batimétricas e geográficas particulares do domínio. Nesses ambientes, é freqüente a formação de vórtices, principalmente nas fases de transição da maré (estofa de preamar e baixamar).

Com relação à massa de água do estuário santista, sua distribuição o caracteriza como um estuário parcialmente misturado. Assim o efeito baroclínico, em sua circulação, cede lugar perante a importância da maré.

As medições de material sólido em suspensão, na ADA, indicaram valores típicos entre 10 e 50 mg.l, correspondendo às estações seca e chuvosa, respectivamente. Evidentemente, essas concentrações devem ser distintas em outros domínios da AII e AID, mas sempre irão depender da presença de fontes de sedimentos (rios e canais).

Na ADA, os resultados obtidos do modelo matemático para a circulação, calibrado pelas observações de corrente *in situ* mostraram que a região imediatamente ao largo do empreendimento sofre com o "ataque" das correntes durante a fase de maré enchente. Esta situação confere característica particular a hidrodinâmica local, a qual sugere a ocorrência de processos erosivos da linha de costa e processos de deposição sedimentares, também nas imediações da área do empreendimento proposto.

Do ponto de vista hidrodinâmico, a área em frente à do empreendimento provavelmente é a mais energética do domínio estudado. As correntes são relativamente intensas, uma vez que este segmento costeiro sofre ataque frontal do escoamento, canalizado através da porção sul do Canal de Santos. O modelo matemático foi bastante eficiente no sentido de evidenciar esse efeito.

A conformação da linha de costa, neste segmento costeiro, é evidenciada pela presença de um pontal, o qual age como defletor do escoamento. Quando o fluxo incide nesse pontal, por ocasião da maré enchente, o escoamento é bifurcado, como mostra o Mapa de Correntes 4 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**). Pela direita segue, erodindo o pontal, em direção à outra margem, na entrada do Canal de Bertiooga. Pela esquerda flui rente ao segmento costeiro relativo à ADA, erodindo-o e logo em seguida, enfraquecido, permite a rápida deposição dos sedimentos erodidos. Vale ressaltar que, embora o modelo de sedimentos desenvolvido não tenha considerado esse processo de erosão da linha costeira, o modelo hidrodinâmico e a conformação atual da linha de costa sustentam essa consideração.

Por ocasião do fluxo reverso, na maré vazante, o fluxo segue por linhas de corrente imateriais, que percorrem o caminho inverso da situação descrita, convergindo para a extremidade do pontal. Algum material em suspensão, remobilizado da camada mais superficial do leito sedimentar ou disponível por outro processo, tende então a depositar-se adiante do pontal. Um estudo de consolidação desse material, ora disponível, ora removido, seria um preciosismo desnecessário para os propósitos desse estudo, uma vez que a circulação residual (somatório do fluxo em um período exato da maré) é inexpressiva, bem como os volumes contabilizados de sedimento erodido/remobilizado em cada fase da maré.

b) Distribuição de sedimentos

Os mapas de sedimentos 1 a 4 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**) mostram a distribuição horizontal dos sedimentos coesivos, na camada superficial do mar. Essa seqüência representa os instantes de tempo $t=10$, 13, 15 e 18 horas, contados a partir do instante em que o modelo entra em equilíbrio (instante em que o ruído transiente inicial desapareceu). Esses instantes, visualizados pela linha amarela, no topo das figuras, indicam o instante do ciclo da maré semidiurna. Desse modo, o instante $t=10$ corresponde à preamar, onde os sedimentos estão "aprisionados" no interior dos rios, por efeito de represamento da foz. A concentração de sedimentos está expressa em g/l e a barra de cores identifica a escala de valores.

Além da descarga de sedimentos atribuída aos rios, foi simulado o efeito de operação de dragagem em frente à área do empreendimento. A “mancha” de mais elevada concentração, visualizada a partir do Mapa de Sedimentos 2, mostra o traço dos sedimentos coesivos revolvidos que atingem a superfície. Nessa simulação de dragagem, consideramos a remobilização de 6 toneladas de sedimentos, ao longo de 48 horas de operação de dragagem. O mesmo valor foi considerado para os sedimentos não-coesivos (areia fina e média).

Os mapas de sedimentos 5 a 8 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**) mostram a distribuição dos sedimentos na camada intermediária entre a superfície e o fundo do mar (meia água). A concentração é maior, comparativamente a mesma fase de maré, para a distribuição superficial de sedimentos.

As concentrações de sedimentos coesivos na camada próxima ao leito do mar (fundo) são maiores, de acordo com os mapas de sedimentos 9 a 12 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**). São efetivamente mais elevadas, pois consideramos que a maior porcentagem de material revolvido se dá nas camadas de maior profundidade, onde a abertura da draga aspira o leito sedimentar.

Os mapas 11 e 12 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**) mostram, além dos sedimentos provenientes dos rios e da dragagem, uma extensa área ao longo do Porto de Santos. Essas concentrações representam o efeito das correntes na remobilização da camada de sedimento mais externa, ou seja, da interface sedimento-água. O modelo de sedimentos resolve a estratificação de sete camadas de sedimentos consolidados, em que a camada interfacial é a de número 1.

A modelagem de transporte de sedimentos indica que a área em frente à do empreendimento está em processo de alteração morfológica, conforme denuncia a conformação de sua atual linha de costa. Os processos erosivos da linha de costa e os erosivos/sedimentares do leito marinho (*bed layer*) definem as zonas mais sensíveis atualmente, sensibilidade esta definida pelo embate direto das correntes de maré, principalmente durante as fases enchentes, dos períodos de sizígia. Por outro lado, o embaçamento formado à oeste da Ilha Barnabé (Largo do Canéu) foi caracterizado, com a aplicação do modelo de sedimentos, como sendo de alta taxa de sedimentação, ou seja, com um comportamento de “sorvedouro” de material particulado.

Conclui-se que a área diretamente afetada pelo empreendimento e arredores não é muito sensível aos aportes de sedimentos oriundos dos rios Diana e Sandi, muito menos aos processos que ocorrem pela entrada do Canal de Bertioga. A maior parte dos sedimentos, coesivos e não coesivos, fica aprisionada nos canais de ligação entre o trecho final dos rios e o estuário. A pluma de concentração de material em suspensão, bem como de material particulado de maior granulometria oscilam segundo o regime das marés, conforme evidenciado na seqüência dos Mapas de Sedimentos 1 a 12 (**Anexo 4/Meio Físico – item Hidrodinâmica**). Mesmo considerando os casos extremos, com concentração de sedimentos supra-reais, a área de estudo permanece alheia aos processos de descarga sedimentar oriundos dos rios considerados.

8.1.10. Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e da Água Superficial nas Áreas de Influência do Empreendimento

O estuário de Santos comporta um dos maiores pólos industriais e o maior porto da América Latina. A região apresenta um histórico de poluição que tem sido documentado e estudado desde os anos 50, quando as primeiras indústrias de base se instalaram na região. A última avaliação geral das condições ambientais do estuário foi realizada em 1999 e publicada em 2001 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) de São Paulo. Neste trabalho, foi constatado que o sedimento do estuário é o compartimento que apresentou, em comparação com a água e os organismos, a maior variedade de contaminantes, bem como maior frequência de detecção e que alguns compostos encontrados estão muitas vezes acima das concentrações que podem causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos (Cetesb, 2001).

A poluição gerada no ambiente terrestre, que é carregada pela rede de drenagem ou emitida para o ar e transferida pela precipitação, atingindo o estuário onde sofre processos físico-químicos como dissolução, adsorção e decantação e termina por acumular-se no sedimento. Este compartimento passa a ser um reservatório e ao mesmo tempo uma fonte de poluentes, devendo ser analisado quanto à possibilidade de gerar impactos significativos à qualidade da água e da saúde dos organismos aquáticos.

Realizou-se a caracterização da qualidade dos sedimentos e também da água e dos organismos na parte das áreas de influência que compreendem o estuário santista, uma vez que estes compartimentos se relacionam quando se diz respeito à distribuição e concentração dos contaminantes no estuário. A contaminação dos organismos, no entanto, apesar de ter alguns aspectos de sua caracterização mencionados neste capítulo, será detalhada no **item 8.2.3.6, subitem e**, no diagnóstico do meio biótico nas áreas de influência do empreendimento.

8.1.10.1. Considerações Básicas sobre a Contaminação em Ambientes Estuarinos

a) Parâmetros físico-químicos do estuário e sua influência na contaminação

Os estuários são sistemas dinâmicos, complexos e únicos, caracterizados pela zona de mistura entre a água doce, de origem continental, com a água salina, de origem marinha. Os sedimentos do estuário não podem ser enquadrados como sendo de água doce ou marinha e apresentam grande variabilidade sazonal e espacial.

Por estarem na interface entre a água doce e o ambiente marinho, os estuários possuem um gradiente bem definido em relação a diversas variáveis físicas e químicas, incluindo salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, potencial de oxirredução ou redox, nutrientes, quantidade e composição de partículas. Esses gradientes condicionam a distribuição e a dinâmica populacional de diversas espécies e interferem diretamente na disponibilidade dos poluentes. Os gradientes existem não somente na extensão do estuário, entre o rio e o mar lateralmente, mas também verticalmente (da coluna d'água ao sedimento).

➤ Salinidade

A concentração de sais minerais dissolvidos na água do mar é geralmente expressa como salinidade. A salinidade é uma convenção que se aproxima da massa em grama de sólidos obtidos a partir da secagem de 1 kg de água do mar a 480 °C até que seja atingido um peso constante. Durante esta secagem, a matéria orgânica é completamente oxidada, os brometos e os iodetos são substituídos por uma quantidade equivalente de cloretos e os carbonatos convertidos a óxidos (Aminot & Chaussepied, 1983). Entre os principais íons responsáveis pela formação de sais na

água, destacam-se os cátions sódio, cálcio, magnésio e potássio e os ânions cloretos, sulfatos e bicarbonatos.

A salinidade é somente referida na legislação ambiental para dividir os ambientes aquáticos nas Classes referidas na Resolução nº 20 do Conama (1986), na qual caracteriza-se o tipo de água devido à quantidade de sal presente, como segue:

- Águas doces: salinidade igual ou inferior a 0,5.
- Águas salobras: salinidade entre 0,5 e 30.
- Águas salinas: salinidade igual ou superior a 30.

A salinidade interfere diretamente na disponibilidade de certos poluentes na interface água - sedimento. O coeficiente de partição (K_{ow}) de um contaminante é definido como a relação entre a concentração do contaminante no sedimento e a parte dissolvida na água intersticial. O aumento na salinidade aumenta a transferência de matéria orgânica dissolvida da água para o sedimento, e a matéria orgânica particulada formada pode adsorver compostos químicos hidrofóbicos. Como resultado, um aumento na salinidade geralmente resulta em um aumento de K_{ow} para compostos químicos hidrofóbicos (Chapman & Wang, 2001). Por outro lado, K_{ow} para metais podem diminuir (p.ex. Cd, Zn), aumentar (p.ex. Fe) ou se manter constante (p.ex. Ir) quando a salinidade aumenta.

Por afetar a partição de contaminantes entre o sedimento e a água intersticial, a salinidade também afeta a biodisponibilidade dos contaminantes no sedimento do estuário. Enquanto o aumento da salinidade pode aumentar a concentração do metal na água, o aumento de Ca^{2+} e Cl^- pode diminuir sua biodisponibilidade neste meio (Chapman & Wang, 2001).

➤ **Potencial hidrogeniônico (pH)**

Este parâmetro representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade da água.

O pH é um parâmetro fundamental na avaliação de ambientes aquáticos, podendo ser a causa de muitos fenômenos físicos, químicos e biológicos, porém, pode também ser conseqüência de uma série de fenômenos. Por exemplo, o pH alcalino é responsável por uma maior percentagem de amônia não ionizada presente na água, sendo este composto bastante tóxico. Além desse composto, o pH também exerce uma forte influência sobre a toxicidade de outros compostos químicos, tais como o ácido sulfídrico (H_2S), que aumenta seu percentual em pH ácido, e os metais pesados, cujos compostos tendem a se dissolver em meio ácido, tornando-os mais tóxicos e biodisponíveis (Vinatea Arana, 1997).

As variações de pH no meio aquático estão relacionadas com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Altos valores de pH podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese, há consumo de gás carbônico e, portanto, diminuição do ácido carbônico da água e conseqüente aumento do pH. Em ambientes com taxa de respiração elevada (por exemplo, muita matéria orgânica e muitas bactérias decompositoras aeróbicas) ocorre o inverso, pois há liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico, com conseqüente decréscimo do pH, o que é comum em locais de lançamentos de efluentes orgânicos. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado acidificando o meio. As águas naturais, em geral, têm pH compreendido entre 4 e 9 e, principalmente nos oceanos, são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos e de metais alcalinos e alcalinos terrosos. Os valores de pH acima ou abaixo da neutralidade podem afetar a vida aquática, pois podem atuar diretamente nos processos de

permeabilidade das membranas celulares, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extracelular e entre os organismos e o meio (Esteves, 1998).

A faixa de pH que não é diretamente letal aos peixes está entre 5 e 9. Entretanto, a toxicidade de vários poluentes comuns é fortemente afetada pela mudança de pH dentro do ecossistema aquático, e o aumento da acidez ou da alcalinidade podem tornar estes poluentes mais tóxicos.

➤ **Oxigênio dissolvido**

O oxigênio é um elemento químico essencial para organismos aeróbicos (que necessitam de oxigênio livre para viver), é o gás mais abundante na água, depois do nitrogênio, e também o mais importante. Durante a decomposição da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio. Dependendo da intensidade com que esse oxigênio é consumido e da taxa de aeração do ambiente, podem vir a ocorrer mortes de organismos aquáticos, inclusive peixes (Von Sperling, 1996).

Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbicas no meio e a geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos, que assim tornam-se mais solúveis e biodisponíveis como, por exemplo, metais pesados e fosfato.

As principais fontes de oxigênio na água são intercâmbios com a atmosfera, a própria água e a produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese.

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros para controle dos níveis de poluição das águas. Ele é fundamental para manter e verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe poluentes orgânicos. É utilizado para controlar processos de aeração e é um parâmetro indispensável nos estudos da atividade fotossintética e da corrosividade da água.

Vários fatores, naturais e antrópicos, podem levar às baixas concentrações de oxigênio. Como fatores antrópicos, podemos citar o aporte de alimento excessivo na água, aumentando a carga de matéria orgânica a ser decomposta pelas bactérias, e a contaminação da água com substâncias e compostos inorgânicos oxidáveis.

No estuário, em condições anóxicas, freqüentes nos sedimentos ricos em matéria orgânica, alguns metais como Fe e Mn são mobilizados dos sedimentos e permanecem dissolvidos na coluna d'água, enquanto outros metais, tais como Cd, Cu, Zn e Cr, podem ser removidos da coluna d'água, por precipitação na forma de sulfetos ou por outro tipo de redução, tornando-se insolúveis (Chapman & Wang, 2001).

➤ **Potencial redox**

Os ciclos biogeoquímicos dos elementos traços, os quais são fortemente influenciados pelas reações de oxirredução, dependem do grau de oxidação do meio. A maioria dessas reações é mediada pelos organismos marinhos e alimentadas pela energia derivada da radiação solar transformada pelos organismos fotossintetizantes em matéria orgânica com liberação de O₂.

Os processos redox não atingem o equilíbrio devido ao contínuo suprimento de energia solar e atividade de plantas e algas. Entretanto, os princípios termodinâmicos podem ser usados para prever a direção e as razões relativas das reações de oxirredução, cujos reagentes apresentam grau diferenciado de solubilidade na água. Para tal, encontram-se disponíveis tabelas que levam em consideração as características hidroquímicas do meio e a concentração do elemento (metal).

Reações de oxirredução nas águas são fortemente controladas pela redução de O_2 e pela oxidação da matéria orgânica, tendo em vista estes serem os mais abundantes agentes de oxidação e de redução encontrados no ambiente aquático.

➤ **Granulometria**

Os estuários, em geral, apresentam-se heterogêneos quanto à granulometria dos sedimentos, devido não somente às variações entre água doce e marinha, das correntes e marés que atuam no transporte dos sólidos em suspensão e, também, entre a variada e complexa composição dos sedimentos. Diferentes sedimentos podem ter diferentes capacidades de armazenar contaminantes. A granulometria do sedimento é, provavelmente, o fator mais importante no controle da concentração de metais no substrato dos estuários e demais ecossistemas aquáticos, pois existe correlação entre a diminuição do tamanho do grão e sua capacidade de adsorção de poluentes (Chapman & Wang, 2001). Portanto, teoricamente, existe maior probabilidade de se encontrar poluentes na fração mais fina do sedimento, isto é, sedimento com predominância de silte e argilas com diâmetros de partícula menores que 63 μm .

➤ **Matéria orgânica**

A matéria orgânica dissolvida contém grupos funcionais carregados negativamente e que adsorvem metais pesados formando complexos organometálicos. Em águas estuarinas, onde a concentração de matéria orgânica excede 10 mg/l, uma quantidade significativa de metais traço está presente na forma de complexos. Dessa forma, a matéria orgânica desempenha um importante papel no controle da biodisponibilidade desses elementos. Isto traz conseqüências biológicas, pois alguns metais são micronutrientes e outros são tóxicos. Infelizmente, a compreensão sobre o papel da matéria orgânica na especiação metálica ainda é limitada (Libes, 1992). Isto é, em grande parte, devido à ausência de conhecimento no que tange a natureza química e o comportamento da matéria orgânica dissolvida.

Uma grande variedade de compostos orgânicos dissolvidos estão presentes nas águas marinhas, costeiras e estuarinas, onde os grupos funcionais responsáveis pela complexação dos metais são primariamente os R-COOH, R-OH, R₂-NH, R-NH₂ e, R-SH, onde R representa alguma estrutura orgânica. Muitos compostos contêm mais de um desses grupos e são capazes de formarem múltiplas ligações ou associações com metais.

A maioria dos compostos orgânicos tem grande afinidade com os metais e possibilita que os organismos concentrem metais em seus tecidos, podendo chegar a mais de 1 milhão de vezes a concentração do metal dissolvido na coluna d'água.

b) O comportamento dos contaminantes no sedimento e na coluna d'água

Os mecanismos pelos quais as substâncias tóxicas movem-se da coluna d'água para o sedimento de fundo e vice-versa estão presentes de forma mais notável na água intersticial, ocorrendo em sedimentos estuarinos até uma profundidade de um metro abaixo da superfície. A água retida pelo sedimento fornece um meio propício para a troca de poluentes entre o sedimento e a água (Partheniades, 1992).

O tamanho da partícula de sedimento, a quantidade de matéria orgânica, a composição química dos diferentes tipos de sedimento, assim como a quantidade e propriedades dos contaminantes, influenciam o grau e a extensão da contaminação no ambiente.

Os contaminantes ligados às partículas do sedimento podem ser ressuspensos, transportados pela coluna d' água e depositados em áreas distantes da fonte primária. Sob certas condições os contaminantes podem sofrer dessorção e serem liberados para a coluna d' água. Assim, o sedimento não é somente um armazenador de contaminantes, mas também uma fonte.

➤ **Metais**

Os metais que são encontrados no ambiente aquático ocorrem nas seguintes formas: (1) em solução, como íons inorgânicos, e em complexos orgânicos e inorgânicos, (2) adsorvidos a superfícies, (3) em partículas orgânicas sólidas, (4) cobrindo partículas de detritos após precipitação e adsorvido em óxidos, principalmente de ferro e manganês, (5) compondo a estrutura cristalina dos detritos, e (6) precipitados em fases puras (Duinker, 1980). Apesar dos metais ocorrerem nas formas dissolvida, coloidal e particulada nas águas salinas e salobras, a concentração nas formas dissolvidas é geralmente baixa. Como são reativos com as partículas, os metais são rapidamente adsorvidos às partículas suspensas assim que entram no ambiente aquático indo se depositar no sedimento, no fundo dos estuários (Kennish, 1996). Entretanto, os metais adsorvidos às partículas de sedimento podem ser ressuspensos durante tempestades, marés mais baixas e revolvimento mecânico do fundo, em atividades humanas como a passagem de embarcações e dragagem.

A distribuição e transporte dos metais pesados nos estuários são controlados tanto por processos físicos como biogeoquímicos e passam por variados graus de reciclagem no estuário. Os organismos aquáticos influenciam significativamente nesta ciclagem. O fitoplâncton pode utilizar vários metais em sistemas enzimáticos que catalisam etapas importantes da glicólise, ciclo do ácido tricarbóxico e da fotossíntese. O zooplâncton e os organismos bentônicos filtradores facilitam a remoção dos metais do sedimento estuarino consolidando-os no material fecal. A bioperturbação do fundo contribui para redistribuir os metais ligados às partículas orgânicas resultantes de vegetais e animais mortos e liberá-los para a água intersticial e a água de fundo em contato com sedimento. No entanto, o sedimento contém de 3 a 5 vezes a mais a concentração de metais pesados do que as concentrações encontradas na água de fundo.

A acumulação de metais pelos organismos aquáticos ocorre principalmente pela ingestão de alimentos e partículas de sedimento contendo metais adsorvidos, ou pela retirada, através de filtração, dos metais solubilizados na água intersticial e na coluna d' água.

A biodisponibilidade dos metais no estuário depende de uma série de fatores e processos dentre os quais se destacam:

- a) Mobilização dos metais para a água intersticial e suas especiações químicas;
- b) As transformações dos metais;
- c) Controle exercido pelos componentes principais do sedimento com os quais os metais se ligarão preferencialmente;
- d) Influência da salinidade, potencial de oxirredução e pH.

➤ **Compostos Semivoláteis (SVOCs)**

A concentração de SVOCs é menor na coluna d'água do que na biota e nos sedimentos, devido, em parte, à baixa solubilidade em água desses compostos. Enquanto o número de anéis aromáticos ou peso molecular dos SVOCs aumentam, a solubilidade diminui. A fração aquosa dos SVOCs consiste da parte mais solúvel dos componentes de baixo peso molecular. SVOCs dissolvidos na coluna d'água degradam rapidamente por foto-oxidação que é acelerada por altas temperaturas, oxigênio dissolvido e incidência de radiação solar.

Os SVOCs tendem a se acumular nos sedimentos de fundo e, portanto, os organismos bentônicos são constantemente expostos a esses contaminantes, especialmente em áreas que recebem grandes quantidades de poluentes. Entretanto, os sedimentos contaminados com SVOCs possuem biodisponibilidade limitada aos organismos marinhos, o que reduz seu potencial tóxico.

Diversos estudos de quantificação de SVOCs em animais marinhos e estuarinos têm sido realizados, especialmente com moluscos bivalves, que acumulam SVOCs rapidamente e tem pouca capacidade de metabolizá-los. Diferentes organismos possuem a capacidade de metabolizar SVOCs, em parte devido a uma atividade enzimática específica que varia conforme o organismo. Resumidamente, os organismos que possuem maiores conteúdos lipídicos, baixa atividade enzimática específica e distribuição próxima às fontes de poluentes, são mais passíveis de acumular SVOCs.

➤ **Bifenilas Policloradas (PCBs)**

Os PCBs têm contribuído com a contaminação do ambiente marinho por mais de 50 anos. Ao longo destes anos, este contaminante distribuiu-se nos ambientes marinhos e estuarinos e hoje ocorre em praticamente todas as plantas e espécies de animais marinhos.

Os PCBs são deletérios à vida marinha, especialmente nos níveis tróficos superiores que tendem a acumular estes compostos nos tecidos. Os PCBs têm sido associados às anormalidades na reprodução de mamíferos marinhos e a diversas doenças crônicas em humanos (lesões de pele, problemas de reprodução, doenças no fígado), além de ser carcinogênico.

Diversos estudos têm demonstrado que os PCBs são potencialmente danosos à biota marinha devido à sua grande estabilidade, persistência, lipofilicidade e por serem pouco metabolizados por sistemas biológicos. Acumulam-se na cadeia alimentar, e em níveis elevados podem causar efeitos crônicos à saúde humana.

A concentração do PCB diminui conforme aumenta a profundidade do oceano. Os PCBs ocorrem em maiores concentrações nos oceanos abertos e em áreas costeiras, na camada superficial da água que é naturalmente enriquecida por compostos lipídicos.

Os PCBs, por terem alta afinidade por particulados, rapidamente são adsorvidos por partículas finas do sedimento e matéria orgânica e subseqüentemente "decantam" no sedimento de fundo do oceano.

8.1.10.2. Qualidade da Água Superficial nas Áreas de Influência

a) Aspectos legais

Os principais diplomas legais que dispõem sobre a prevenção e controle da poluição e o enquadramento dos corpos d'água são descritos abaixo:

- **Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976** – aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

No Art. 7º, do Capítulo I - da Classificação das águas, fica assim definido: *As águas interiores situadas no território do Estado, para os efeitos deste Regulamento, serão classificadas segundo os seguintes usos preponderantes:*

I – Classe 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II – Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);

III – Classe 3 – águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;

IV – Classe 4 – águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

- **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977** - dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976.
- **Resolução Conama nº 20** – dispõe sobre a classificação, segundo usos preponderantes as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

Esta resolução define a destinação, por classes de uso, dos vários corpos de água. No caso específico do empreendimento, salientam-se os de Classe 2 e 7, conforme segue:

Para os corpos de água **Classe 2** - *águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.*

E, para as águas de Classe 7 – **Águas salobras**, destinadas: *à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.*

b) Caracterização da qualidade das águas do estuário de Santos e da ADA

➤ Estuário de Santos

Os estuários são sistemas dinâmicos, complexos e únicos, como já foi dito anteriormente, e caracterizam-se pelas zonas de mistura entre a água doce, proveniente dos rios, com a água salina, dos mares.

As águas mais densas do oceano penetram pela camada de fundo do estuário. A mistura vertical, resultante do atrito de fundo e dos fluxos turbulentos gerados pela ação da maré, tendem a eliminar os gradientes verticais e longitudinais de salinidade na região de mistura.

São os seguintes os valores máximos, mínimos e médios das descargas mensais (m^3/s) verificados no Estuário de Santos:

Tabela 8.1- 16-Valores Descargas Mensais

Rio	Qmax	Qmin	Qmed
Cubatão	233.00	20.40	127.09
Perequê	20.60	0.36	5.73
Mogi	9.14	0.75	11.76
Quilombo	6.96	0.81	9.32
Jurubatuba	9.66	0.45	12.90
Total	279.36	22.75	166.80

A salinidade tende a aumentar em profundidades maiores (cerca de 33 mg/l), aumentando também a concentração de sedimentos devido ao transporte sólido da maré e do estuário. Para garantir uma menor salinidade (25 mg/l) e menor teor de sedimentos recomenda-se que tomadas d'água do estuário (para incêndio, por exemplo), posicionem-se, no máximo, até 5 metros abaixo do nível da água.

O Terminal Portuário Embraport localiza-se, praticamente, no meio da zona de mistura do estuário. Esse local, influenciado pela ação da maré, apresenta fluxos reversíveis em relação ao eixo longitudinal do estuário. Esses fluxos dependem das vazões máximas e mínimas hidrológicas combinadas com as conjunções astrais (quadratura e sizígia) e com os fatores meteorológicos (frentes frias).

O estuário não está enquadrado nos critérios da Resolução Conama nº 20 e, nesses casos, adota-se a classe mais restritiva para efeito das análises ambientais. Para águas consideradas salobras, tais como a do estuário, a Classe 7 é a mais restritiva e destinada a usos mais nobres.

➤ Rios Sandi e Diana

Os rios Sandi e Diana, no continente, (sem a influência das marés) são considerados de Classe 2, segundo o Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Na sua foz, no estuário, onde adquirem características salobras, são considerados de Classe 7. Observa-se que essas duas

classes se equivalem, sendo que a Classe 7 é, em relação a alguns poucos parâmetros (de proteção à biota, por exemplo), ainda mais rigorosa que a Classe 2.

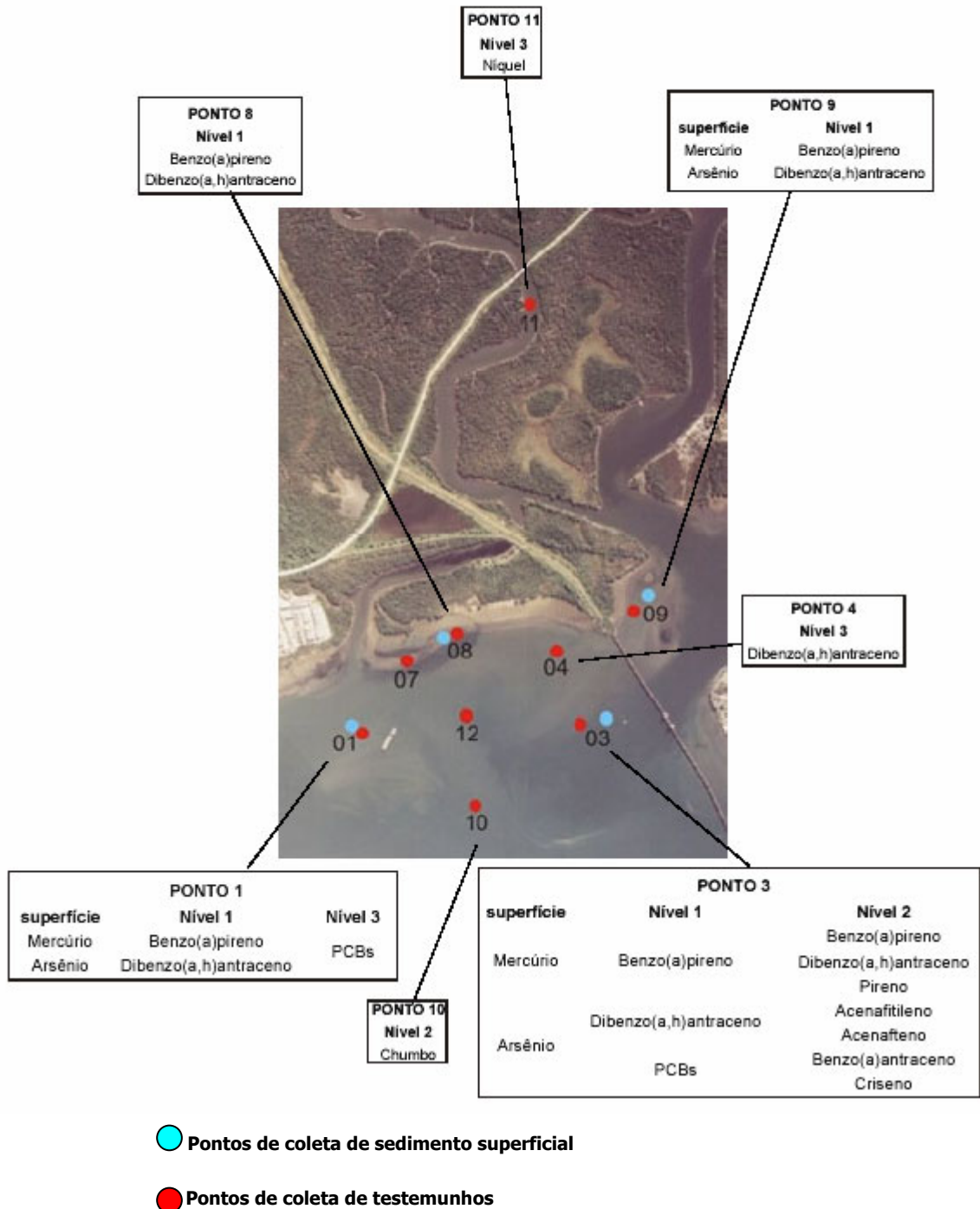
8.1.10.3. Métodos de Trabalho para o Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e dos Solos na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Com a finalidade de caracterizar a situação atual da contaminação da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, foram coletadas amostras dos diferentes compartimentos que compõe a ADA: 1. solo superficial (0-20 cm), nas áreas com vegetação; 2. sedimento superficial; 3. amostras da coluna d'água; 4. amostras de sedimento com testemunho e 5. organismos aquáticos, sendo a caracterização desses últimos apresentada **no item 8.2.3.6, subitem e (Meio Biótico)**.

Para tanto, foram realizadas três campanhas de coleta de amostras. Na primeira campanha, foram coletadas amostras de sedimento em colunas indeformadas de 2 a 3 metros de profundidade. Na segunda campanha, foram coletadas amostras de organismos representativos do estuário e, na última campanha, foram coletadas amostras de solo superficial, sedimento superficial e água de fundo.

As campanhas de amostragem de sedimentos, água, solo e organismos foram realizadas na Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento. Encontra-se na **Figura 8.1-29**, o mapa com a localização dos pontos de amostragem de água, sedimento e solo.

Figura 8.1-29 – Pontos de coleta de sedimento superficial e amostra testemunhos



Os quadros indicam os pontos e os contaminantes cujas concentrações estão acima dos critérios que correspondem ao Nível 1 da proposta da Resolução Conama para caracterização de sedimento a ser dragado.

Na coleta dos organismos, os indivíduos foram capturados em vários locais, respeitando-se os limites da área de estudo, tendo em vista a necessidade de uma quantidade mínima de exemplares para realizar as análises e garantir uma maior representatividade da coleta (**item 8.2.3.6, subitem e**).

a) Caracterização físico-química

Para a caracterização química dos sedimentos foram determinados os parâmetros químicos analisados que estão contidos na **Tabela 8.1-17**. Foram analisados, em todas as amostras, metais, compostos semivoláteis (SVOCs) e bifenilas policloradas (PCBs). As análises químicas e granulométricas foram realizadas pelo Laboratório Analytical Solutions S.A. e a metodologia empregada está contida nos laudos enviados pelo laboratório que constam do **Anexo 4 - Meio Físico - item Sedimentos (Laudos de Análise da Contaminação do Sedimento Superficial, Água do Estuário e Solo)** deste relatório.

Tabela 8.1- 17 - Lista dos compostos químicos analisados na água, no sedimento e nos organismos aquáticos

METAIS PESADOS	Arsênio			
	Cádmio			
	Chumbo			
	Cobre			
	Cromo			
	Estanho			
	Manganês			
	Mercúrio			
	Níquel			
	Vanádio			
	Zinco			
SEMIVOLÁTEIS	Compostos fenólicos	HPAs	2-clorofenol	Acenafteno
			4-cloro-3-metilfenol	Acenaftileno
			2,4-diclorofenol	Antraceno
			2,6-diclorofenol	Benzo-a-antraceno
			4-nitrofenol	Fluoreno
			2,4-dimetilfenol	Pireno
			2,4-dinitrofenol	Benzo-a-pireno
			fenol	Benzo-b-fluoranteno
			2-metil-4-dinitrofenol	Benzo-ghi-pirelano
			tetraclorofenol	Benzo-k-fluranteno
			2-metilfenol	Indeno-1,2,3,cd-pireno
			3-metilfenol	Criseno
			4-metilfenol	Dibenzeno-a-antraceno
			2-nitrofenol	Fenantreno
			2,4,5-triclorofenol	Fluoranteno
2,4,6-triclorofenol	Naftaleno			
PCBs TOTAIS	Heptacloro BZ			
	Heptacloro BZ # 180			
	Hexacloro BZ			
	Hexacloro BZ # 138			
	Hexacloro BZ # 153			
	Hexacloro BZ # 156			
	Hexacloro BZ # 169			
	Pentacloro BZ			
	Pentacloro BZ # 101			
	Pentacloro BZ # 105			
	Pentacloro BZ # 118			
	Pentacloro BZ # 126			
	Tricloro BZ			
	Tricloro BZ # 28			
	Tetracloro BZ			
	Tetracloro BZ # 52			
Tetracloro BZ # 77				

b) Amostragem de água, sedimento e solo**➤ Água de fundo**

A coleta de amostra da coluna d' água foi realizada, utilizando-se a garrafa Van Dorf, numa profundidade de cerca de 0,5 metro acima do nível do sedimento (**Foto 8.1-17**). As amostras foram acondicionadas em frascos apropriados e preservadas de acordo com o parâmetro a ser analisado, segundo Standard Methods 19ª Ed. (APHA, 1995) (**Foto 8.1-18**). As amostras foram mantidas sob refrigeração e encaminhadas ao laboratório para as análises químicas.



Foto 8.1- 17 – Garrafa de Van Dorf utilizada para a coleta de amostras de água de fundo



Foto 8.1- 18 – Armazenamento da amostra de água coletada pela garrafa de Van Dorf

➤ **Sedimento**

Com o objetivo de caracterizar a situação de contaminação dos sedimentos das áreas de influência do empreendimento, foram realizadas duas coletas distintas:

1. Amostras de sedimento em colunas indeformadas (testemunho), com profundidades superiores a 2 metros foram coletadas nos dias 1 , 2 e 3 de outubro de 2002. Estas amostras visaram à caracterização da contaminação ao longo do perfil de profundidade do sedimento, com o objetivo de caracterizar a quantidade do material a ser dragado e seu impacto potencial no local de disposição (**Foto 8.1-19**).
2. Amostras de sedimento superficial (0-10cm), coletadas no dia 2 de dezembro de 2002, com o auxílio de um pegador de fundo do tipo Van Veen, com a finalidade de se fazer uma correlação de contaminação química com dados ecotoxicológicos e da comunidade de organismos bentônicos (**Foto 8.1-20**).



Foto 8.1- 19– Tubo de Coleta Retirado da Água



Foto 8.1- 20– Pegador de Fundo do Tipo Van Veen para Coleta de Sedimento Superficial

- **Sedimento testemunho**

A definição da rede de amostragem foi feita com base em dados secundários e avaliação conjunta com a equipe de geofísica e hidrodinâmica. Em cada ponto de amostragem, foi aferida a profundidade do sedimento e marcada a localização do ponto da amostragem em coordenadas UTM (com aparelho GPS da marca Garmin, modelo Etrex Summit).

Foram coletadas 12 colunas de sedimento no local proposto para instalação do terminal portuário. Foram utilizados tubos amostradores de alumínio de três polegadas, com 6 metros de comprimento e paredes de 1 milímetro de espessura.

Os testemunhos coletados representam amostras indeformadas de sedimento, extraídos com tubos metálicos, através de vibração (*vibracore*) (**Foto 8.1-21**). Na embarcação, foi feita a caracterização textural do sedimento de topo e de base de cada amostra.

Para as análises químicas, granulométricas e de organismos presentes nas amostras, cada testemunho foi dividido em três sub-amostras de 0,50m: a primeira com o 0,50m superior, considerada Nível 1, uma segunda com a parte intermediária do tubo (de 0,80m a 1,30m), chamada de Nível 2, e a terceira com o último 0,50 m do tubo, denominada Nível 3. As extremidades de cada segmento foram hermeticamente fechadas e identificadas com o número do testemunho, embaladas com saco de polietileno, acondicionadas em caixa de isopor com gelo e enviadas ao Laboratório Analytical Solutions, em São Paulo-SP, para análises químicas e granulométricas (**Fotos 8.1-22 e 8.1-23**).



Foto 8.1- 21– Testemunhos variando de comprimento de acordo com a profundidade, textura e compactação do sedimento nos diferentes locais de coleta



Foto 8.1- 22-Divisão do testemunho para preparação de amostras



Foto 8.1- 23– Acondicionamento das amostras em caixa de isopor com gelo

Para a caracterização da fauna bentônica presente nas amostras de sedimento testemunho, foram separadas partes dos testemunhos dos Pontos 2, 3, 5 e 6, que foram congeladas. As amostras, depois de descongeladas, foram individualmente passadas por peneiras de malha 0,5 mm, para retenção da macrofauna bentônica. O material retido pela peneira foi conservado em frascos com álcool a 70% e, em laboratório, analisado com o auxílio de uma lupa estereoscópica para a triagem e identificação da fauna.

- **Sedimento da camada superficial**

A partir de uma avaliação preliminar das análises químicas dos sedimentos coletados com testemunhos, foram escolhidos os locais de amostragem que apresentaram maior grau de contaminação para realizar uma campanha complementar de amostragem, coletando-se apenas o sedimento superficial e a água de fundo, na região dos Pontos 1, 3, 8 e 9 (**Figura 8.1-29**).

Para a coleta das amostras de sedimento da camada superficial, utilizou-se o pegador tipo Van Veen (**Foto 8.1-20**). Foram efetuadas várias pegadas de sedimento (o suficiente para se obter o volume necessário); foram então transferidos para bandejas plásticas e homogeneizados (**Foto 8.1-24**). De cada amostra composta, foram retiradas subamostras destinadas às análises químicas, granulométricas e ecotoxicológicas. As amostras foram colocadas em frascos adequados, acondicionadas em caixas de isopor, cobertas com gelo e encaminhadas ao laboratório Analytical Solutions e ao Laboratório Tecam – Tecnologia Ambiental Ltda., para realização dos ensaios químicos e ecotoxicológicos, respectivamente. Nos laboratórios, as amostras permaneceram sob refrigeração a 4° C até o início das análises.

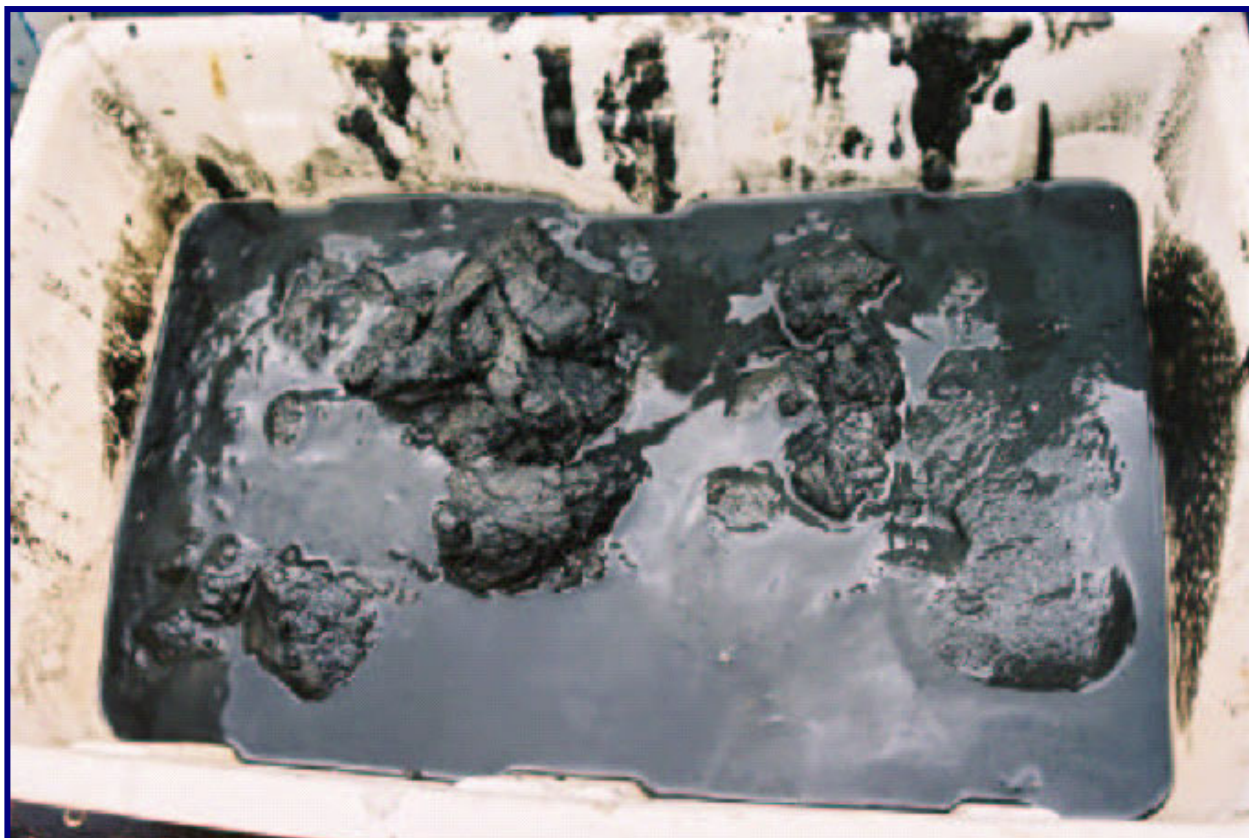


Foto 8.1- 24– Amostra de sedimento superficial homogeneizado em bandejas plásticas

c) Solos

Os locais de amostragem do solo foram definidos a partir das diferentes fisionomias vegetais: manguezal, restinga, área de transição e apicum (**Figura 8.1-29**). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração, até serem enviadas aos laboratórios onde foram realizados ensaios químicos e granulométricos.

8.1.10.4. Diagnóstico da Qualidade dos Sedimentos e dos Solos na Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Informações referentes aos pontos de coleta, tais como coordenadas UTM, profundidade do local da coleta de sedimentos e comprimento do testemunho, estão sintetizadas na **Tabela 8.1-18**.

Tabela 8.1- 18– Localização geográfica dos pontos de amostragem da água e do sedimento na Área de Influência Direta do Projeto Embraport, Santos

Ponto de coleta (testemunho)	Hora	Data	Coordenadas (UTM)	Precisão	Profundidade no local de coleta	GPS	Profundidade da Amostra (testemunho)
1	10h32	2/out	365463/7353499-23K	9m	3,5m	8	2,00m
2	12h03	2/out	365908/7353465-23K	7m	4,0m	11	1,90m
3	12h57	2/out	366344/7353457-23K	7m	4,0m	13	2,30m
4	13h34	2/out	366261/7353715-23K	10m	2,3m	16	1,90m
5	14h29	2/out	365852/7353662-23K	10m	2,0m	18	1,98m
6	15h08	2/out	365591/7353577-23K	7m	2,0m	20	3,08m
7	15h43	2/out	365672/7353708-23K	8m	0,8m	21	2,40m
8	16h25	2/out	365910/7353766-23K	9m	0,8m	23	2,60m
9	17h05	2/out	366601/7353826-23K	10m	0,6m	26	3,90m
10	10h30	3/out	365856/7353219-23K	8m	7,8m	41	2,00m
11	11h25	3/out	366211/7355066-23K	8m	3,0m	42	2,50m
12	12h45	3/out	365872/7353475-23K	8m	6,0m	46	3,00m

As tabelas contendo os dados e os resultados das análises químicas, bem como a comparação com os valores orientadores para classificação de sedimentos provenientes de dragagem, propostos na Resolução Conama, para avaliação do grau de contaminação de sedimentos de estuário, estão nas **tabelas 8.1-17 a 8.1-29.**

a) Água de fundo

As análises de metais das amostras de água de fundo indicam que em todos os pontos amostrados (1, 3, 8 e 9) o níquel está presente em níveis acima do limite de qualidade proposto pela Resolução Conama nº 20, de 1986. Os outros metais analisados estão abaixo dos padrões desta Resolução, ou não foram detectados. Na **Tabela 8.1-19**, encontram-se os valores de metais obtidos na análise de água de fundo.

Tabela 8.1- 19– Análise de Metais na Água (mg/kg)

Metais analisados	PONTO 01	PONTO 03	PONTO 08	PONTO 09	Padrão de qualidade para Classe V– Água salina, segundo Resolução Conama nº20/1986
Cd	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,005
Pb	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,01
Cr	0,29	0,258	0,273	0,276	-
Cu	0,013	N.D.	N.D.	N.D.	0,05
Mn	0,04	0,021	0,024	0,029	0,1
Hg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,0001
Ni	0,141	0,124	0,128	0,138	0,1
Zn	0,01	N.D.	N.D.	N.D.	0,17
As	N.D.	0,011	N.D.	N.D.	0,05

	Abaixo do padrão de qualidade
	Acima do padrão de qualidade
nd	Não detectado

A presença de níquel acima de valores internacionais de referência está, provavelmente, relacionado a um nível naturalmente elevado de ocorrência deste metal no estuário de Santos, como demonstram os dados obtidos neste levantamento e o estudo realizado pela Cetesb em 1999 (CETESB, 2001), entre outros. Este metal é encontrado com frequência em rochas presentes na Serra do Mar.

Nenhum dos PCBs ou compostos SVOCs foram detectados nas amostras de água.

b) Sedimento testemunho

Nas tabelas apresentadas a seguir os valores de qualidade de sedimento utilizados como referência são os valores estabelecidos na Resolução Conama, ora em discussão, sobre a caracterização de material a ser dragado que serão utilizados pela Cetesb na avaliação do grau de contaminação de sedimentos de estuário. Estes critérios compreendem os valores de TEL

(*threshold effect level* – nível de efeito limiar) e PEL (*probable effect level* – nível de efeito provável), canadenses (CCME, 1999), para pesticidas organoclorados e alguns HPAs e os valores de ERL (*effect range low* – intervalo de efeito baixo) e ERM (*effect range medium* – intervalo de efeito médio), para metais pesados e os demais HPAs. Estes critérios são derivados de diretrizes de qualidade de sedimento do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – ERL e ERM; do Estados Unidos e do *Environment Canada* – TEL e PEL, órgão de Meio Ambiente do Canadá. Para os compostos que não estão previstos nesta Resolução foram utilizados outros padrões ou critérios utilizados em outros países apenas como uma referência para inferir a magnitude da contaminação.

➤ Metais

As análises químicas de metais para amostras de sedimento testemunho estão apresentadas na **Tabela 8.1-20**. Os metais que apresentaram concentrações (mg/kg) acima de ERL foram chumbo e níquel. Cada um destes metais foi encontrado em apenas um dos doze pontos amostrados. Vanádio e manganês também foram detectados, no entanto, não existem critérios previstos na Resolução Conama para estes metais. Em comparação ao valor utilizado pela Província de Ontário no Canadá para qualidade de sedimentos em relação ao manganês todos os pontos apresentam valores inferiores ao LEL (*Lowest effect level* – menor nível de efeito) que corresponde a 1100 mg/Kg.

Tabela 8.1- 20– Concentração de Metais no sedimento coletado com testemunhos nas 3 profundidades amostradas

Testemunho (ponto)	profundidade	Ref. - amostra Laboratório	cádmio	chumbo	chromo	coBRE	estanho	manganês	mercúrio	níquel *	vanádio	zinco	arsênio
1	nível 1	3222E001	nd	20,0	30,7	26,4	nd	212,0	nd	12,2	26,2	67,0	3,9
	nível 2	3222E002	nd	6,9	29,3	6,4	nd	132,0	nd	11,4	18,0	25,3	2,2
	nível 3	3222E003	nd	7,8	43,4	10,6	nd	170,0	nd	17,3	28,6	32,0	2,1
3	nível 1	3222E004	nd	42,8	46,0	46,8	nd	429,0	nd	17,9	42,8	76,5	5,1
	nível 2	3222E005	nd	7,4	31,2	6,4	nd	271,0	nd	12,6	21,2	26,8	1,4
	nível 3	3222E006	nd	7,2	47,8	13,0	nd	282,0	nd	18,6	40,8	45,0	4,2
4	nível 1	3222E007	nd	9,4	37,8	6,5	nd	284,0	nd	14,2	19,1	46,0	2,4
	nível 2	3222E008	nd	36,1	41,8	27,3	nd	333,0	nd	17,0	38,1	71,0	4,4
	nível 3	3222E009	nd	7,6	24,2	4,3	nd	210,0	nd	10,4	11,2	17,8	0,8
7	nível 1	3222E010	nd	7,1	20,7	8,0	nd	90,5	nd	9,0	12,6	21,4	1,1
	nível 2	3222E011	nd	6,1	32,6	16,9	nd	105,0	nd	15,0	15,4	18,8	2,0
	nível 3	3222E012	nd	6,2	23,0	7,3	nd	184,0	nd	7,8	13,5	15,6	1,6
8	nível 1	3222E013	nd	9,1	23,0	8,1	nd	73,0	nd	10,6	9,4	25,4	nd
	nível 2	3222E014	nd	8,4	37,9	6,0	nd	207,0	nd	16,1	17,6	22,7	2,5
	nível 3	3222E015	nd	7,0	28,5	5,6	nd	258,0	nd	10,9	19,2	22,1	0,8
9	nível 1	3222E016	nd	9,4	31,5	10,8	nd	190,0	nd	12,9	22,6	43,8	2,9
	nível 2	3222E017	nd	11,0	33,2	9,1	nd	386,0	nd	13,3	21,6	39,2	5,2
	nível 3	3222E018	nd	5,9	29,4	10,8	nd	322,0	nd	11,8	21,0	23,4	2,0
	nível 4	3222E019	nd	6,4	28,1	6,8	nd	251,0	nd	11,2	20,7	23,9	1,4
10	nível 1	3222E020	nd	24,7	45,8	29,7	nd	452,0	nd	18,2	38,6	80,5	3,5
	nível 2	3222E021	nd	65,0	38,0	25,2	nd	310,0	nd	15,4	31,2	61,5	4,2
	nível 3	3222E022	nd	3,5	45,7	10,4	nd	402,0	nd	18,2	44,8	41,3	3,9
11	nível 1	3222E023	nd	9,4	35,8	10,4	nd	232,0	nd	14,2	28,8	34,2	5,7
	nível 2	3222E024	nd	10,0	53,0	20,6	nd	374,0	nd	18,8	45,8	49,1	5,3
	nível 3	3222E025	nd	nd	60,0	17,0	nd	630,0	nd	22,8	54,5	49,0	3,3
12	nível 1	3222E026	nd	16,2	34,0	15,0	nd	290,0	nd	14,0	19,3	66,5	2,3
	nível 2	3222E027	nd	6,9	29,2	6,6	nd	186,0	nd	11,3	18,6	32,9	2,8
	nível 3	3222E028	nd	6,1	26,6	5,1	nd	246,0	nd	10,2	19,4	22,6	1,9
	nível 4	3222E029	nd	5,7	27,5	9,4	nd	87,0	nd	12,5	10,5	13,4	0,6
Nível 1 (Res. Conama)			1,2	46,7	81	34	x	x		20,9	X	150	8,2
Nível 2 (Res. Conama)			9,6	218	370	270	x	x		51,6	X	410	70

* segundo proposta de Resolução Conama



abaixo do Nível 1



sem padrão



acima do Nível 1*



nd não detectado

Tabela 8.1- 21- Concentração de Compostos Orgânicos no Sedimento Coletado com Testemunhos nas 3 Profundidades Amostradas

Testemunho (ponto)	profundidade	Ref. - amostra Laboratório	4-metilfenol	naftaleno	acenaftileno	acenafteno	fluoreno	fenantreno	antraceno	fluorantreno	pireno	benzo(a) antraceno	criseno	benzo(b) fluorantreno	benzo(k) fluorantreno	benzo(a) pireno	indeno 1,2,3 cd pireno	dibenzo(a,h)antraceno	benzo(ghi)perileno	SOMA de PAHs
1	nível 1	3222E001	nd	nd	15,20	nd	nd	nd	nd	19,44	16,84	14,77	15,24	107,80	109,97	165,56	78,39	9,78	70,37	256,83
	nível 2	3222E002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E003	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
3	nível 1	3222E004	nd	nd	7,03	12,12	nd	nd	nd	28,98	61,10	39,56	40,06	97,59	80,47	104,97	71,09	8,09	62,50	301,91
	nível 2	3222E005	nd	9,08	58,35	19,39	18,36	66,29	74,88	407,02	866,80	178,61	170,96	419,72	487,86	710,16	316,20	28,89	263,92	2608,79
	nível 3	3222E006	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,84	8,35	4,45	5,35	9,33	9,46	11,86	nd	nd	nd	37,85
4	nível 1	3222E007	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,22	13,96	7,05	7,50	11,75	13,30	14,34	12,45	11,38	nd	68,45
	nível 2	3222E008	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,84	3,56	4,30	nd	nd	nd	4,3
	nível 3	3222E009	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
7	nível 1	3222E010	54,17	nd	nd	nd	nd	15,34	nd	34,36	28,28	18,67	19,48	21,17	15,64	29,18	12,87	nd	12,60	145,31
	nível 2	3222E011	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E012	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
8	nível 1	3222E013	nd	5,29	17,52	nd	nd	7,44	16,35	20,37	19,25	17,38	16,42	153,81	168,43	206,70	120,35	10,44	99,85	337,16
	nível 2	3222E014	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E015	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
9	nível 1	3222E016	nd	nd	8,72	nd	nd	nd	nd	16,04	17,81	15,50	11,59	61,66	59,52	120,32	55,18	7,25	43,97	197,23
	nível 2	3222E017	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,01	7,44	4,57	4,45	11,89	9,29	16,18	11,07	nd	9,20	37,65
10	nível 1	3222E018	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 2	3222E019	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E020	nd	nd	4,82	nd	nd	10,01	6,44	25,81	20,98	16,62	17,63	25,84	17,64	28,21	17,61	nd	15,34	130,52
11	nível 1	3222E021	nd	nd	6,69	nd	nd	8,89	5,28	26,17	26,09	19,93	19,74	43,89	44,51	61,80	39,64	4,94	33,72	179,53
	nível 2	3222E022	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E023	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
12	nível 1	3222E024	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 2	3222E025	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
	nível 3	3222E026	nd	nd	4,77	nd	nd	7,29	3,81	19,74	19,65	11,11	9,56	23,75	17,57	26,52	23,59	nd	18,85	102,45
	nível 4	3222E029	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0
Nível 1 (Res. Conama)			x	160	44	16	19	240	85,3	600	665	74,8	108,0	x	x	88,8	x	6,22	x	3000
Nível 2 (Res. Conama)			x	2100	640	500	540	1500	1100	5100	2600	693,0	846,0	x	x	763,0	x	135	x	

abaixo do Nível 1
 sem padrão
 acima do Nível 1*
 nd
 não detectado

➤ **Compostos SVOCs**

Compostos SVOCs foram encontrados em oito pontos de amostragem, em diferentes profundidades. O local que apresentou o maior número de compostos acima de do Nível 1 da Resolução foi no Nível 2 do Ponto 3. Fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno e benzo(a)pireno foram os compostos mais freqüentemente encontrados.

Compostos que não possuem parâmetros previstos pela proposta de Resolução do Conama foram detectados em diversos pontos. Os maiores valores destes compostos foram detectados também no Ponto 3, Nível 2. Estes compostos são: benzo(b)fluorantreno, benzo(k)fluoranteno, indeno (1,2,3 cd) pireno, benzo (g,h,i) perileno. No Ponto 7, Nível 1, foi detectado o composto 4-metil fenol, que também não possui parâmetro nesta Resolução. Em comparação com valores utilizados pela Província de Ontário no Canadá para qualidade de sedimentos, os valores de LEL (*Lowest effect level* – menor nível de efeito) para os compostos benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3cd)pireno e benzo(g,h,i)pirileno só são ultrapassados também no Ponto 3, Nível 2 (valores de LEL correspondem respectivamente a 240, 200 e 170 ug/Kg). Em relação à soma dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) que constam na proposta de Resolução (somatório de apenas 13 compostos), o valor estipulado (3000 ug/Kg) não foi ultrapassado em nenhum dos pontos de coleta.

➤ **Bifenilas Policloradas (PCBs)**

O parâmetro para PCBs previsto na proposta da Resolução refere-se apenas a valores totais e não sendo discriminados os compostos separadamente. Os PCBs foram encontrados em todos os pontos tendo ultrapassando o Nível 1 (ERL) da Resolução nos pontos 1 e 3 sendo o maior valor encontrado no Ponto 1 no Nível 3 correspondendo a 44 ug/kg, este valor corresponde ao dobro do parâmetro de Nível 1 previsto na Resolução mas é 4 vezes menor que o valor correspondente ao Nível 2 da Resolução (**Tabela 8.1-22**).

Tabela 8.1- 22 -Concentração de PCBs no sedimento coletado com testemunhos nas 3 profundidades amostradas

Testemunho (ponto)	altura no sedimento	Ref. - amostra Laboratório	Trichloro BZ #28	Tetrachloro BZ #52	Pentachloro BZ #101	Pentachloro BZ #118	Hexachloro BZ #153	Hexachloro BZ #138	Heptachloro BZ #180	Trichloro BZ	TetrachloroBZ	PentachloroBZ	HexachloroBZ	HeptachloroBZ	PCBs totais
1	nível 1	3222E001	0,04	0,09	0,45	0,20	0,51	0,49	0,17	0,01	0,76	1,30	0,87	0,38	5,3
	nível 2	3222E002	nd	0,03	0,08	0,04	0,11	0,13	0,06	0,01	0,18	0,20	0,16	0,09	1,1
	nível 3	3222E003	0,05	0,20	2,70	1,60	5,10	5,80	3,10	nd	2,50	7,50	8,20	7,70	44,0
3	nível 1	3222E004	0,27	0,52	1,90	0,60	2,10	2,10	0,93	0,38	4,00	4,60	3,60	2,40	23,0
	nível 2	3222E005	0,13	0,22	0,61	0,19	0,45	0,42	0,15	0,18	1,90	1,10	0,90	0,35	6,6
	nível 3	3222E006	0,01	0,03	0,10	0,06	0,13	0,14	0,07	nd	0,15	0,23	0,08	nd	1,0
4	nível 1	3222E007	0,24	0,53	1,60	0,43	1,00	0,91	0,26	0,28	3,50	4,10	2,10	0,92	16,0
	nível 2	3222E008	0,03	0,06	0,26	0,11	0,29	0,30	0,11	nd	0,45	0,69	0,51	0,28	3,1
	nível 3	3222E009	0,03	0,06	0,27	0,13	0,37	0,40	0,14	0,01	0,29	0,79	0,59	0,29	3,4
7	nível 1	3222E010	0,03	0,03	0,16	0,09	0,26	0,30	0,14	nd	0,24	0,29	0,39	0,27	2,2
	nível 2	3222E011	0,02	0,03	0,15	0,09	0,23	0,24	0,12	nd	0,32	0,37	0,37	0,31	2,2
	nível 3	3222E012	0,03	0,05	0,24	0,11	0,38	0,42	0,29	nd	0,27	0,65	0,53	0,59	3,6
8	nível 1	3222E013	0,15	0,26	0,73	0,21	0,54	0,53	0,19	0,15	2,00	1,90	0,92	0,52	8,1
	nível 2	3222E014	0,16	0,31	0,85	0,22	0,55	0,49	0,17	0,23	2,30	2,20	1,10	0,35	9,0
	nível 3	3222E015	0,04	0,07	0,25	0,14	0,35	0,39	0,16	nd	0,51	0,73	0,54	0,34	3,5
9	nível 1	3222E016	0,17	0,31	0,85	0,24	0,57	0,56	0,17	0,13	2,40	2,20	1,10	0,49	9,2
	nível 2	3222E017	0,05	0,07	0,29	0,14	0,37	0,38	0,17	nd	0,73	0,80	0,53	0,32	3,9
	nível 3	3222E018	0,05	0,06	0,27	0,13	0,30	0,35	0,14	nd	0,40	0,54	0,44	0,14	2,8
	nível 4	3222E019	0,03	0,04	0,18	0,10	0,26	0,30	0,11	nd	0,20	0,50	0,38	0,28	2,4
10	nível 1	3222E020	0,03	0,04	0,19	0,11	0,28	0,29	0,15	0,02	0,49	0,58	0,38	0,36	2,9
	nível 2	3222E021	0,13	0,26	0,78	0,23	0,51	0,49	0,22	0,15	2,20	2,10	1,10	0,57	8,7
	nível 3	3222E022	0,01	0,03	0,16	0,09	0,20	0,23	0,10	nd	0,23	0,40	0,16	0,21	1,8
11	nível 1	3222E023	0,03	0,05	0,57	0,33	2,30	2,40	2,60	nd	0,56	1,50	3,00	5,40	19,0
	nível 2	3222E024	nd	0,05	0,25	0,13	0,32	0,34	0,15	0,01	0,33	0,69	0,42	0,23	2,9
	nível 3	3222E025	0,10	0,15	0,62	0,27	0,70	0,75	0,30	0,04	1,40	1,80	1,20	0,80	8,0
12	nível 1	3222E026	0,04	0,06	0,30	0,16	0,38	0,41	0,19	0,01	0,58	0,83	0,59	0,37	3,9
	nível 2	3222E027	0,57	0,99	2,20	0,43	0,92	0,77	0,18	1,10	6,70	5,40	2,20	0,72	22,0
	nível 3	3222E028	0,01	0,01	0,08	0,05	0,12	0,14	0,07	nd	0,06	0,22	0,18	0,15	1,1
	nível 4	3222E029	0,07	0,19	0,60	0,31	0,70	0,78	0,30	nd	1,40	1,80	1,20	0,83	8,1
Nível 1 (Res. Conama)															22,7
Nível 2 (Res. Conama)															180

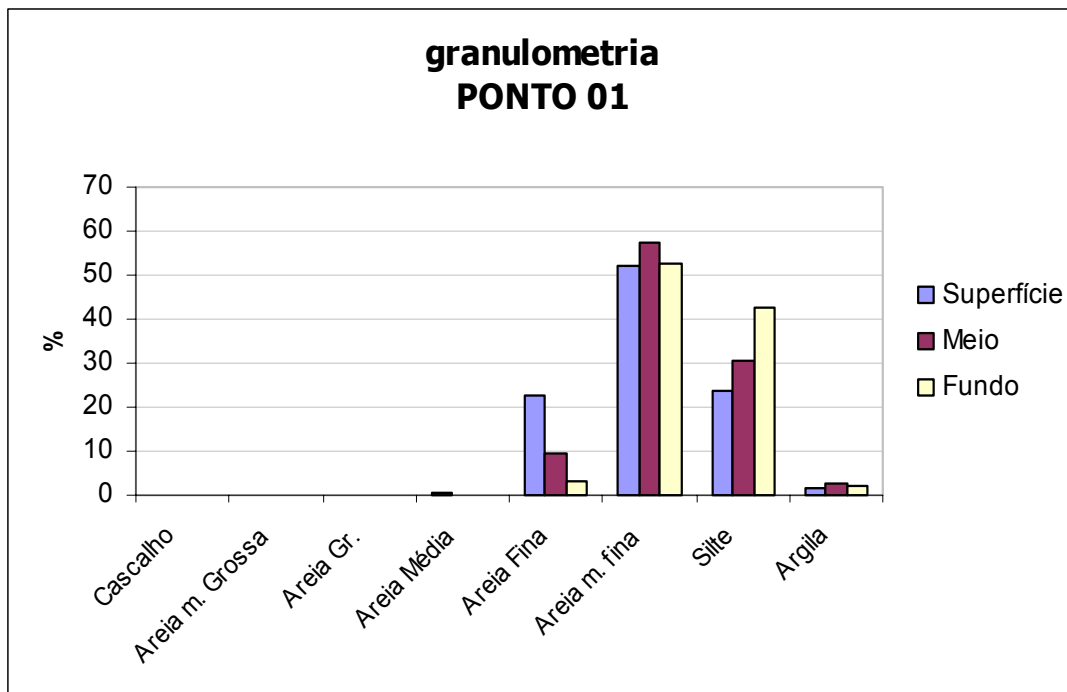
OBS : parâmetro FDEP,1994

	Abaixo de Nível 1 (Res. CONAMA)
	Acima de Nível 1 (Res. CONAMA)
	sem padrão
nd	não detectado

➤ **Granulometria do sedimento testemunho**

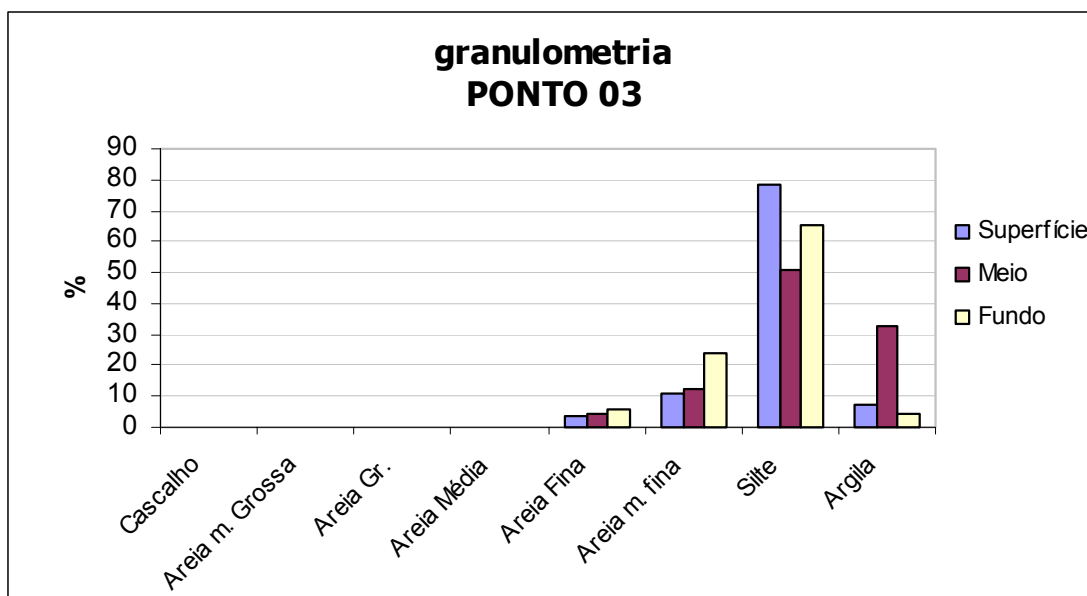
Para análise destes resultados, realizou-se a classificação textural do sedimento em cada ponto e em cada nível de profundidade amostrado, bem como a composição percentual das classes granulométricas de cada ponto. A maioria dos pontos amostrados é composta por areia siltosa em todos os níveis de profundidade, principalmente nos níveis médio e fundo. Alguns pontos apresentam areia lamosa ou silte arenoso no sedimento de superfície. Nos **gráficos 8.1-3 a 8.1-11** estão representadas as proporções de cada classe granulométrica, em cada ponto amostrado. Um quadro resumindo a concentração de contaminantes encontrados em cada ponto segue cada gráfico na intenção de se comparar a granulometria com a maior ou menor concentração de poluentes. Nenhum padrão ou tendência foi observado a partir desta comparação.

Gráfico 8.1- 3- Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 1



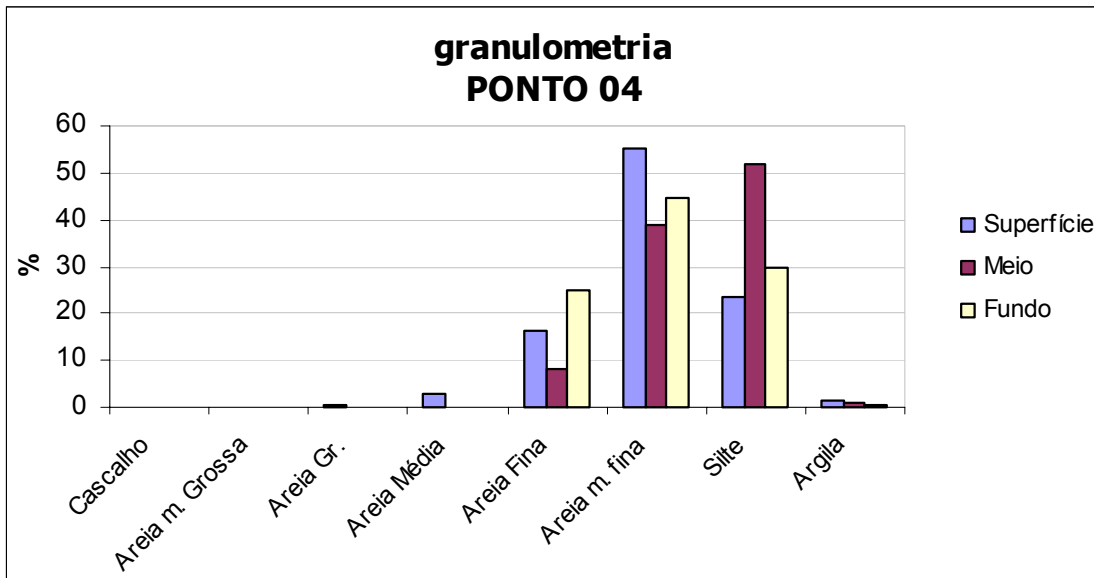
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 01 - testemunho						
	superfície		Nível 1 – Nível 2	meio	fundo		Nível 1 – Nível 2
metais (mg/kg)	x		x	x	x	x	x
PCB (ug/kg)	x		x	x	PCBs totais	44	22,7 - 180
PAHs (ug/kg)	benzo(a)pireno	165,56	88,8 – 763,0		x	x	x
	dibenzo(a,h)antraceno	9,78	6,22 – 135,0				

Gráfico 8.1- 4- Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 3.



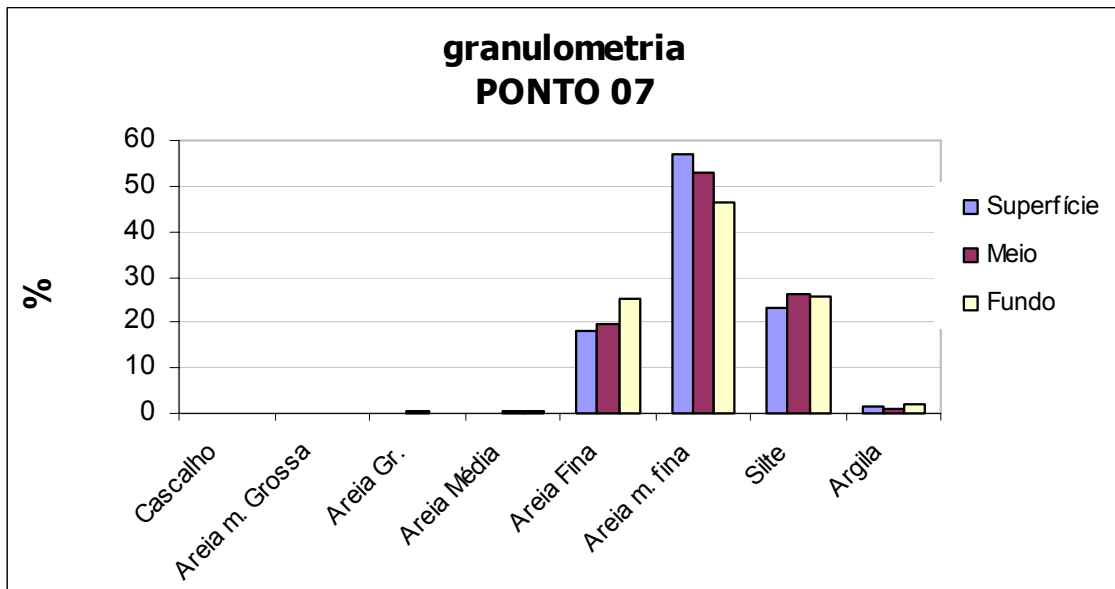
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 03 - testemunho							
	superfície		Nível 1 – Nível 2	meio		Nível 1 – Nível 2	fundo	
metais (mg/kg)	x		x	x		x	x	
PCB (ug/kg)	PCBs totais		23	22,7 - 180		PCBs totais	x	x
PAHs (ug/kg)	benzo(a)pireno	104,97	88,8 – 763	acenaftileno	58,35	44 - 640	x	
				benzo(a)pireno	710,16	88,8 – 763	x	
				pireno	866,8	665 - 2600	x	
	dibenzo(a,h)antraceno	8,09	6,22 - 135	benzo(a)antraceno	178,61	74,8 - 693	x	
				criseno	170,96	108 - 846	x	
				dibenzo(a,h)antraceno	28,89	6,22 - 135	x	

Gráfico 8.1- 5- Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 4



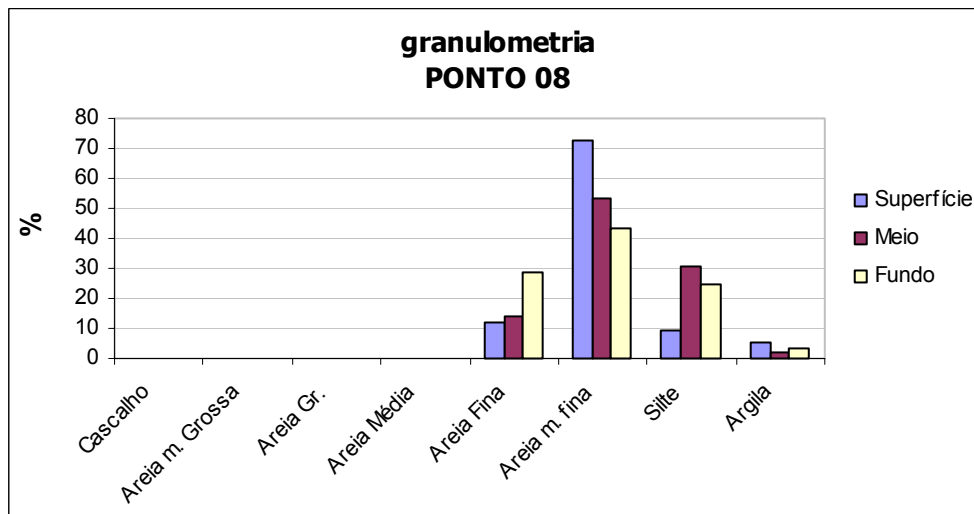
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 04 - testemunho			
	superfície	Nível 1 – Nível 2	meio	fundo
metais (mg/kg)	x	x	x	x
PCB (ug/kg)	x	x	x	x
PAHs (ug/kg)	dibenzo(a,h)antraceno 11,38	6,22 - 135	x	x

Gráfico 8.1- 6 - Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 7



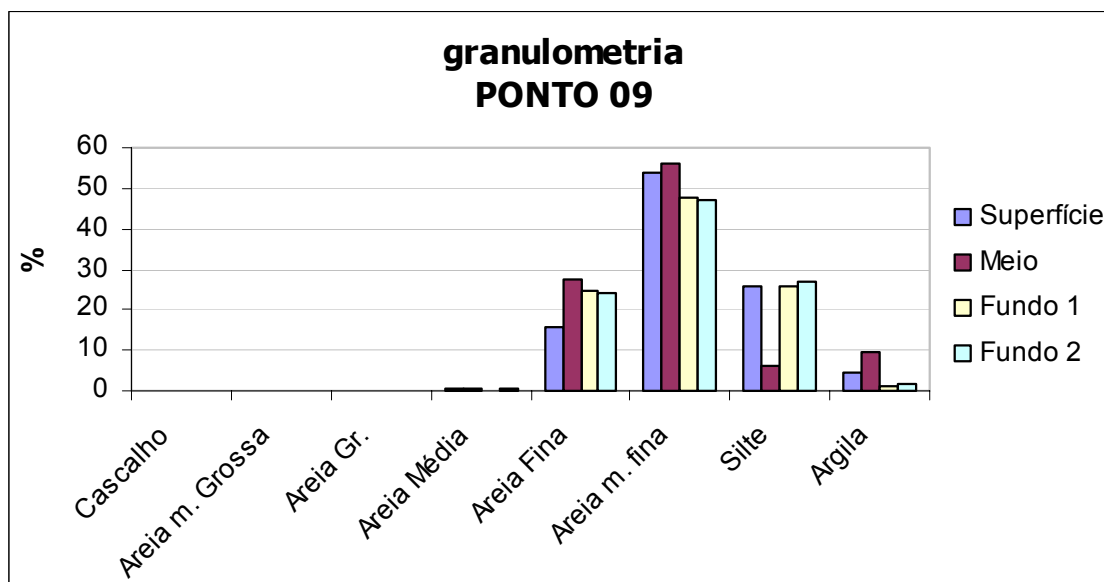
nenhum parâmetro encontrado acima de TEL

Gráfico 8.1- 7 - Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 8



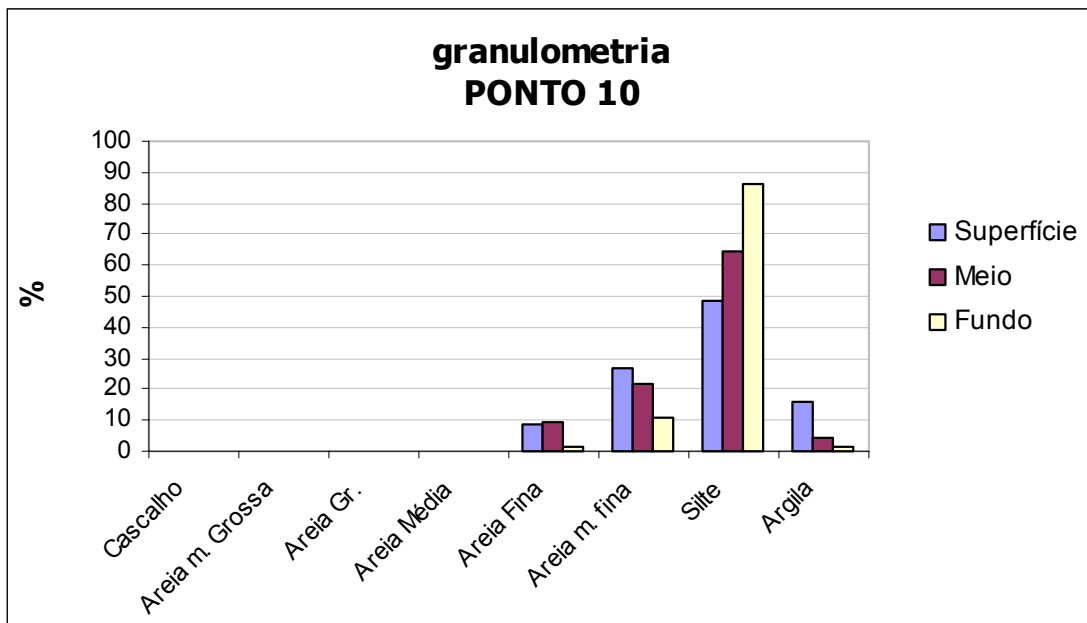
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 08 - testemunho				
	superfície	Nível 1 – Nível 2	meio	fundo	
metais (mg/kg)	x	x	x	x	
PCB (ug/kg)	x	x	x	x	
PAHs (ug/kg)	dibenzo(a,h)antraceno	10,44	6,22 - 135	x	x
	benzo(a)pireno	206,7	88,8 - 763,00	x	x

Gráfico 8.1- 8- Análise granulométrica do sedimento do testemunho do Ponto 9



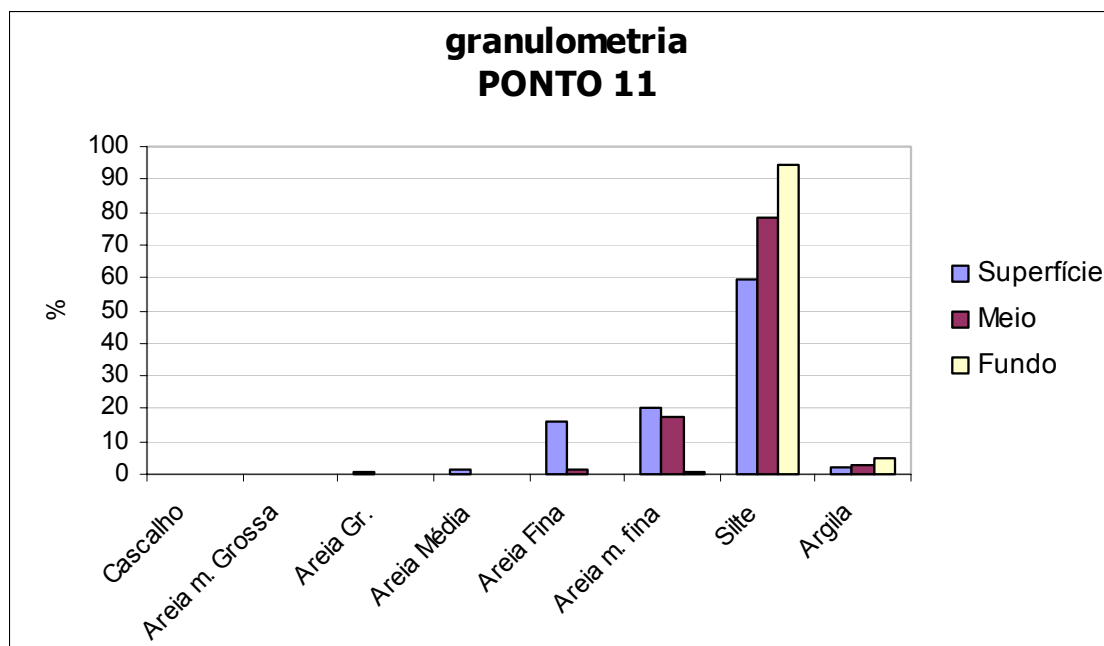
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 09 - testemunho					
	superfície	Nível 1 – Nível 2	meio	Fundo 1	Fundo 2	
metais (mg/kg)	x	x	x	x	x	
PCB (ug/kg)	x	x	x	X	x	
PAHs (ug/kg)	dibenzo(a,h)antraceno	7,25	6,22 - 135	x	X	X
	benzo(a)pireno	120,32	88,8 - 763,00	x	x	x

Gráfico 8.1- 9- Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 10



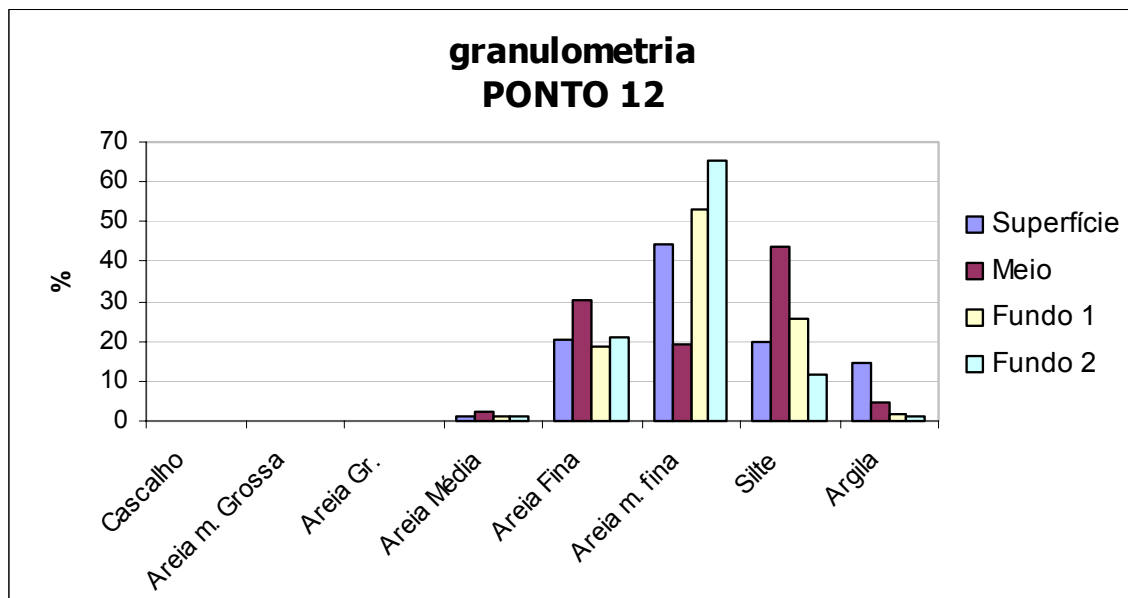
Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 10 - testemunho				
	superfície	meio		Nível 1 – Nível 2	fundo
metais (mg/kg)	x	chumbo	65,00	46,7 - 218	x
PCB (ug/kg)	x	x		x	x
PAHs (ug/kg)	x	x		x	x

Gráfico 8.1- 10- Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 11



Parâmetros acima de Nível 1	PONTO 11 - testemunho				
	superfície	meio	fundo		Nível 1 – Nível 2
metais (mg/kg)	x	x	níquel	22,80	20,9 - 51,6
PCB (ug/kg)	x	x	x		x
PAHs (ug/kg)	x	x	x		x

Gráfico 8.1- 11-Análise granulométrica do sedimento testemunho do Ponto 12



c) Sedimento superficial

➤ Análises químicas do sedimento superficial

• Metais

Os resultados das análises químicas de metais em amostras de sedimento superficial estão contidos na **Tabela 8.1-23**. Os metais que apareceram com concentrações (mg/kg) acima do Nível 1 (ERL) da proposta de Resolução do Conama para qualidade de sedimentos de dragagem foram mercúrio e arsênio, nos Pontos 1, 3 e 9. No Ponto 8, o mercúrio não foi detectado. Os demais metais foram encontrados em todos os pontos, porém, em valores inferiores ao nível provável de efeito adverso a biota (Nível 1 da Resolução Conama). Os nutrientes, nitrogênio e fósforo, também se encontram em concentrações inferiores aos níveis de alerta previstos nesta Resolução.

Tabela 8.1- 23 - Análise de metais no sedimento superficial (mg/Kg)

Metais analisados	PONTO 01 (3686E001)*	PONTO 03 (3686E002)*	PONTO 08 (3686E003)*	PONTO 09 (3686E004)*	Nível 1	Nível 2
Cd	nd	nd	nd	nd	1,2	9,6
Hg	0,541	0,485	nd	0,323	0,15	0,71
Ni	4,95	6,08	1,38	3,71	20,9	51,6
As	8,76	14,2	3,28	9,83	8,2	70
Pb	15,3	11,6	4,06	5,4	46,7	218
Cu	13,7	14,4	5,07	7,72	34	270
Cr	13,9	16,4	4,19	12,4	81	370
Mn	156	269	27,5	187	460 [†]	1100 [‡]
Zn	56,2	76,3	16,2	59,4	150	410
Nutrientes						
P	332	282	80,5	188	2.000	
N	860	785	551	1,10 . 10 ³	4.800	

* Número de Referência da Amostra do Laboratório

† Proposta de Resolução do CONAMA para caracterização de material de dragagem.

‡ (OMEE, 1991) – NEL: *no effect level* (nível de efeito não observado)

* (OMEE, 1991) – LEL : *low effect level* (nível de efeito baixo)

	Abaixo do Nível 1
	Acima do Nível 1
nd	Não detectado

➤ Compostos SVOCs

Alguns dos compostos SVOCs analisados foram encontrados apenas nos Pontos 8 e 9. O único hidrocarboneto policíclico aromático (PAH) encontrado acima do Nível 1 previsto na proposta de Resolução do Conama para caracterizar sedimentos foi o antraceno no ponto 8 (**Tabela 8.1-24**). Os compostos benzo(k)fluranteno, indeno(1-2-3-CD)pireno e benzo(ghi)pirileno, que não possuem critério de comparação na Resolução, encontram-se abaixo do nível de efeito baixo (LEL – *lowest effect level*) da Diretriz de Qualidade de Sedimento da Província de Ontario no Canadá (valores de 240, 200 e 170 ug/Kg) (OMEE, 1991).

Tabela 8.1- 24- Análise de SVOCs no sedimento superficial (ug/kg)

SVOCs	PONTO 01 (3686E001)*	PONTO 03 (3686E002)*	PONTO 08 (3686E003)*	PONTO 09 (3686E004)*	Nível 1**	Nível 2
fenantreno	nd	nd	80,55	34,67	240	1500
antraceno	nd	nd	128,97	10,33	85,3	1100
fluorantreno	nd	nd	79,97	44,65	600	5100
pireno	nd	nd	90,59	43,67	665	2600
benzo(a) antraceno	nd	nd	48,35	16,51	74,8	693
criseno	nd	nd	92,37	33,05	108	846
benzo(b) fluoranteno	nd	nd	85,32	34,85		
benzo(k) fluoranteno	nd	nd	71,74	23,92		
benzo(a) pireno	nd	nd	74,78	26,3	88,8	763
indeno(1-2-3- CD) pireno	nd	nd	36,56	nd		
benzo(ghi) pirileno	nd	nd	31,53	nd		

*Número de Referência da Amostra do Laboratório

**Proposta de Resolução do Conama para caracterização de material de dragagem

	Abaixo do Nível 1
	Acima do Nível 1
	Sem padrão
nd	Não detectado

➤ Bifenilas Policloradas (PCBs)

Os PCBs totais foram encontrados nos Pontos 1, 3, 8 e 9 , porém, nenhum valor encontrado está acima do Nível 1 previsto para esse composto na proposta da Resolução Conama (**tabela a seguir**).

Tabela 8.1- 25- Análise de PCBs no sedimento superficial (ug/Kg)

PCBs (ug/kg)	PONTO 01 (3686E001)*	PONTO 03 (3686E002)*	PONTO 08 (3686E003)*	PONTO 09 (3686E004)*	Nível 1 **	Nível 2
Trichloro BZ #28	0,03	nd	0,03	nd	-	-
Tetrachloro BZ #52	0,03	nd	nd	0,02	-	-
Pentachloro BZ #101	0,09	0,07	0,12	0,1	-	-
Pentachloro BZ #118	0,05	0,05	0,08	0,07	-	-
Hexachloro BZ #153	0,13	nd	0,3	0,25	-	-
Hexachloro BZ #138	0,21	0,17	0,41	0,31	-	-
Heptachloro BZ #180	0,14	nd	0,23	0,13	-	-
Trichloro BZ	nd	nd	nd	0,01	-	-
TetrachloroBZ	0,05	0,07	0,1	0,12	-	-
PentachloroBZ	0,16	0,13	0,23	0,29	-	-
HexachloroBZ	0,08	0,09	0,15	0,23	-	-
HeptachloroBZ	0,09	nd	0,19	nd	-	-
PCBs totais	1	0,57	1,8	1,5	22,7	180

*Número de Referência da Amostra do Laboratório

**Proposta de Resolução do Conama para caracterização de material de dragagem

	Abaixo do Nível 1
nd	Não detectado

➤ Análise ecotoxicológica da água intersticial do sedimento superficial

De acordo com as recomendações da Cetesb, foram realizados ensaios ecotoxicológicos com a água intersticial do sedimento superficial coletado. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório Tecam, credenciado pelo órgão ambiental, que aplica as normas estabelecidas pela Cetesb para este tipo de ensaio.

Os resultados obtidos (**Anexo 4/Meio Físico – item Sedimentos – Laudos de Análise da Contaminação do Sedimento Superficial, Água do Estuário e Solo**) foram considerados inconclusivos em decorrência do organismo-teste utilizado ser muito sensível à amônia presente em todas as amostras em níveis elevados, podendo, eventualmente, influenciar nos resultados produzindo falsos positivos (efeito negativo ao interferente e não aos contaminantes) e por isso, estes resultados devem ser interpretados com muita cautela.

Em virtude destes acontecimentos, apenas os dados químicos e granulométricos foram considerados para caracterizar a contaminação do sedimento no local de estudo.

d) Solos

Os solos amostrados neste levantamento constituem-se de sedimentos fluviomarinheiros emersos, onde se estabeleceram comunidades vegetais permanentes de manguezais e vegetação de restingas. No entanto, estes locais apresentam cotas topográficas pouco elevadas e sofrem a influência de marés excessivamente altas (ressacas).

➤ Análises químicas dos solos

- **Metais**

Os resultados obtidos para metais no solo encontram-se na **Tabela 8.1-26**. Dentre os metais analisados, somente cádmio e mercúrio não foram detectados em nenhum dos pontos amostrados.

A avaliação do nível de contaminação de metais no solo foi feita em relação aos valores orientadores da Cetesb para cenário agrícola (mais restritivo) e residencial. Os valores encontrados não ultrapassaram nenhum dos valores orientadores.

- **Compostos SVOCs**

Na **Tabela 8.1-27**, estão representados os resultados obtidos para os compostos SVOCs no solo. Somente no Ponto 5, foram encontrados diversos compostos SVOCs, tais como fenantreno, antraceno, fluorantreno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno. Não existem valores orientadores de contaminação do solo para estes compostos. No entanto, todos os valores encontrados situam-se abaixo dos valores de Nível 1 previsto na proposta de Resolução para qualidade de sedimento marinho.

Nos Pontos 1, 2 e 4, não se detectou compostos SVOC. No Ponto 3, fenol foi detectado (34,6 ug/kg), porém muito abaixo dos valores orientadores para este composto (5000 e 10000 ug/kg).

- **Bifenilas Policloradas (PCBs)**

As análises de PCBs das amostras de solo mostram que em todos os pontos foram detectados PCBs (**Tabela 8.1-28**). O ponto 5 é o que apresenta o maior valor de PCBs totais (2,0 ug/kg). Não existem valores orientadores para este composto em solo. No entanto, os valores observados são inferiores a 10% do valor de Nível 1 previsto na proposta de Resolução para qualidade de sedimento marinho, o que significa que o nível de contaminação pode ser considerado desprezível.

Tabela 8.1- 26- Análise de metais no solo

Ponto de Amostragem	1 (3686E009)*	2 (3686E010)*	3 (3686E011)*	4 (3686E012)*	5 (3686E013)*	
Localização	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Sul	Ponto Sul	
Tipo de Vegetação	Apicum	Manguezal	Restinga	Manguezal	Restinga	
Metais analisados						CETESB Valor Orientativo para Cenário-agrícola (Cetesb, 2000)
Cd	nd	nd	nd	nd	nd	10
Pb	4,47	3,42	7,71	3,67	85,3	200
Cr	4,16	3,96	2,21	3,99	4,8	300
Cu	3,55	4,64	4,7	4,65	28,9	100
Mn	10,9	12,2	7,39	13,1	8,82	-
Hg	nd	nd	nd	nd	nd	2,5
Ni	1,35	1,4	1,12	1,33	1,58	50
Zn	5,53	15,9	10,2	7,71	11,7	500
As	2,93	2,04	0,515	2,74	nd	25
P	84,2	171	109	70,2	258	-
N	954	1,00E+03	2,60E+03	691	2,61E+03	-

* Valor de Referência da Amostra do Laboratório

	Abaixo do Nível 1
nd	Não detectado

Tabela 8.1- 27- Análise de SVOCs no solo (ug/Kg)

Ponto de Amostragem	1 (3686E009)*	2 (3686E010)*	3 (3686E011)*	4 (3686E012)*	5 (3686E013)*	
Localização	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Sul	Ponto Sul	
Tipo de Vegetação	Apicum	Manguezal	Restinga	Manguezal	Restinga	
compostos SVOCs (ug/kg)						Valor Orientativo para
						Cenário-agrícola (Cetesb, 2000) cenário residencial
fenol	nd	nd	34,6	nd	nd	10000
fenantreno	nd	nd	nd	nd	44,78	-
antraceno	nd	nd	nd	nd	11,04	-
fluorantreno	nd	nd	nd	nd	56,34	-
pireno	nd	nd	nd	nd	69,95	-
benzo(a)antraceno	nd	nd	nd	nd	36,93	-
criseno	nd	nd	nd	nd	76,46	-
benzo(b)fluoranteno	nd	nd	nd	nd	54,68	-
benzo(k)fluoranteno	nd	nd	nd	nd	52,4	-
benzo(a)pireno	nd	nd	nd	nd	55,61	-


	Abaixo do Nível 1
nd	Não detectado

Tabela 8.1- 28- Análise de PCBs no solo (ug/Kg)

Ponto de Amostragem	1 (3686E009)*	2 (3686E010)*	3 (3686E011)*	4 (3686E012)*	5 (3686E013)*
Localização	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Norte	Ponto Sul	Ponto Sul
Tipo de Vegetação	Apicum	Manguezal	Restinga	Manguezal	Restinga
PCBs (ug/kg)					
Trichloro BZ #28	0,02	nd	0,04	nd	nd
Tetrachloro BZ #52	nd	0,03	0,03	0,03	0,03
Pentachloro BZ #101	0,08	0,09	0,11	0,08	0,13
Pentachloro BZ #118	0,05	nd	0,07	0,06	0,07
Hexachloro BZ #153	0,14	nd	0,23	0,17	0,3
Hexachloro BZ #138	0,18	0,19	0,31	0,2	0,39
Heptachloro BZ #180	0,12	0,11	0,18	0,08	0,22
Trichloro BZ	0,01	nd	nd	nd	nd
TetrachloroBZ	7	0,14	0,13	0,05	0,09
PentachloroBZ	0,13	0,16	0,27	0,1	0,27
HexachloroBZ	0,08	0,08	0,26	0,1	0,26
HeptachloroBZ	nd	0,05	0,18	nd	0,27
PCBs totais	0,87	0,85	1,3	0,86	2

* Valor de Referência da Amostra do Laboratório

8.1.10.5. Perfil dos Contaminantes

Características físico-químicas e o perfil toxicológico dos contaminantes encontrados neste estudo, presentes na água, sedimentos e organismos aquáticos, estão descritos no **Anexo 4 - Meio Físico – item Sedimentos – Perfil dos Contaminantes**.

a) Água

De uma forma geral, a maioria dos contaminantes analisados nas águas de fundo coletadas não foi detectada pelos métodos adotados e encontram-se, portanto, dentro dos padrões de qualidade recomendados para a água de Classe 7.

Segundo a Resolução Conama nº 20, de 1986, a seguir são discutidos os resultados que apontam para a contaminação do ambiente aquático estudado.

Neste diagnóstico, verificou-se uma alta concentração de níquel na água de fundo do estuário, acima do limite de qualidade estabelecido na Resolução Conama nº 20, de 1986, fato que merece atenção, já que este metal apresenta grande potencial tóxico (Ministério do Interior, 1979). Os dados existentes para este metal no estuário de Santos, como já foi mencionado, parecem estar relacionados a ocorrências naturais do metal em rochas presentes na Serra do Mar sendo, portanto, de origem natural e não antrópica.

A toxicidade do níquel pode variar bastante, dependendo das condições físico-químicas presentes, como pH, temperatura, salinidade entre outras. Bryant *et al.* (1985) demonstraram que sua toxicidade diminui com o aumento da salinidade, o que pode contribuir para a minimização de seu impacto nas águas salobras do estuário.

Além do níquel, foram detectados cobre, manganês, zinco e arsênio, todos abaixo do padrão de qualidade estabelecido pela Resolução Conama nº 20, de 1986. O cromo estava presente em todas as amostras de água de fundo, em valores que podem ser considerados como reduzidos.

Os resultados encontrados nas análises de compostos SVOCs na água de fundo refletem baixa concentração na coluna d'água devido, em parte, à baixa solubilidade destes compostos. O comportamento de partição dos SVOCs nos sedimentos e particulados em suspensão resulta numa maior concentração desses contaminantes nos sedimentos do que na coluna d'água (Chapman & Wang, 2001).

A fração aquosa dos SVOCs consiste na parte mais solúvel dos componentes de baixo peso molecular. SVOCs dissolvidos na coluna d'água degradam rapidamente e talvez por isso não tenham sido encontrados na área de estudo.

Os teores de metais pesados e compostos orgânicos semivoláteis nas águas de fundo refletem a contaminação existente nos sedimentos do estuário e, com exceção do níquel, não representam impactos significativos ao ecossistema aquático. Os teores de níquel, em níveis acima dos padrões de qualidade em todas as amostras analisadas, encontram-se muito próximos ao valor do padrão legal. Considerando-se, ainda, o fato da salinidade contribuir na redução do efeito tóxico para os organismos aquáticos, espera-se que seus efeitos para o ecossistema sejam reduzidos.

b) Sedimento

Os resultados obtidos para as amostras dos testemunhos de sedimento indicam que cádmio e mercúrio não foram detectados e, portanto, estão abaixo dos padrões de qualidade admitidos para sedimentos marinhos e estuarinos, bem como atendem critérios para lançamento de materiais dragados em ambientes marinhos.

Dentre os valores encontrados para os metais pesados nos sedimentos da ADA, o chumbo, o cobre, o níquel e o cromo encontram-se ligeiramente superiores ao Nível 1 previsto na proposta de Resolução para qualidade de sedimento marinho em ao menos uma das amostras dos testemunhos.

Considerando que a análise química realiza o processo de extração de todo o metal da amostra bruta, o risco de contaminação do ambiente aquático é, na verdade, menor do que o expresso pelos valores apresentados, já que apenas uma parte deste metal estaria biodisponível.

As amostras de sedimento superficial, no entanto apresentam mercúrio e arsênio acima do Nível 1 para esta Resolução nos Pontos 1, 3 e 9.

Neste estudo, o maior valor de níquel encontrado foi de 22,8 mg/kg, no Ponto 11. Abessa (2002), encontrou níquel acima de TEL em dois pontos próximos à área diretamente afetada pelo empreendimento (Pontos 4 e 5 em Abessa 2001- **Tabela 8.1-29 e Figura 1 – Pontos de Coleta na Área de Estudo – Anexo 4- Meio Físico – Parte 2**). Resultado semelhante também foi obtido pela Cetesb (2001), que obteve mesmo nível de contaminação, Abessa (2002) encontrou, no seu Ponto 4 de amostragem, valores de chumbo acima do PEL (122 mg/kg) mas abaixo do Nível 2 para esse elemento previsto na Resolução de caracterização de material a ser dragado (218 mg/kg), enquanto neste estudo, em regiões relativamente próximas, o maior valor de chumbo encontrado foi de 65 mg/kg, menor mas também acima de Nível 1.

Os valores de mercúrio encontrados na superfície dos sedimentos estuarinos nos Pontos 1, 3 e 9, são similares às concentrações destes metais encontradas por Abessa (2002) que encontrou, no seu Ponto 4, valores de mercúrio superiores a PEL e, no seu Ponto 5, valores superiores a TEL. Contaminação em áreas próximas e em valores semelhantes foram obtidos pela Cetesb (2001). A comparação dos dados encontrados por Abessa (2002) e Cetesb (2001) estão representados na **Tabela 8.1-29**.

Tabela 8.1- 29- Comparação do sedimento analisado por outros autores em áreas próximas ao empreendimento

Autor	Identificação da Amostra	Tipo de Amostra	Tipo de Amostrador	Análise de Metais		Análise de compostos orgânicos	Análises Ecotoxicológicas	Análises químicas de organismos aquáticos	
CETESB 2001	Ponto VII – Coleta 1997	sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Van Veen	Pb>PEL		Não realizado	Não realizado	Não realizado	
				Cu>TEL					
				Cr>TEL					
				Hg>TEL					
CETESB 2001	Ponto VIII - Coleta 1997	sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Van Veen	Não detectado		Não realizado	Não realizado	Não realizado	
Abessa 2002	Ponto 5 - Coleta 1998	sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Petersen	Zinco>PEL		Antraceno>PEL	Tóxico para anfípoda e ouriço	Não realizado	
				Hg >TEL		Fluoranteno>PEL			
				Cd>TEL		Pireno>PEL			
				Ni>TEL		Acenactileno>PEL			
						Acenaftileno>PEL			
						Fenantreno>PEL			
						Criseno>TEL			
		Flureno>TEL							
Abessa 2002	Ponto 4 - Coleta 1998	Sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Petersen	Zinco>TEL		Fluoranteno>TEL	Tóxico para anfípoda e ouriço	Não realizado	
				Ni>TEL		Pireno>TEL			
				Hg >TEL		Criseno>TEL			
				Cd>TEL					
CETESB 2001	Ponto 6 – Coleta 1999	Sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Van Veen	Ponto A	Hg > PEL	Ponto A	Não realizado	Siri, caranguejo, ostra e camarão apresentando zinco acima dos padrões para consumo humano. Ostra com PCB´s Totais, Benzoapireno	
									Acenafteno>TEL
									Acenaftileno>TEL
									antraceno>TEL
									Benzoantraceno>TEL
									Benzo-a-pireno>TEL
									Criseno>TEL
									Fenantreno>TEL
									Flurantreno>TEL
									Fluoreno>TEL
									Pireno>TEL
Ponto B	Hg > PEL	Ponto B	Acenaftileno>TEL						
Ponto C	Hg > TEL	Ponto C	Acenaftileno>TEL						

CONTINUA

Tabela 8.1-29-Comparação do sedimento analisado por outros autores em áreas próximas ao empreendimento (Continuação)

Autor	Identificação da Amostra	Tipo de Amostra	Tipo de Amostrador	Análise de Metais		Análise de compostos orgânicos				Análises Ecotoxicológicas	Análises químicas de organismos aquáticos								
CETESB 2001	Ponto 7 – Coleta 1999	Sedimento superficial	Pegador de Fundo do tipo Van Veen	Ponto A	Hg > PEL	Ponto A	Acenafteno>TEL	Acenaftileno>PEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>TEL	Benzo-a-pireno>TEL	Fenantreno>TEL	Criseno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL	Não realizado	Tainha, robalo, Carapeba, Siri e Caranguejo apresentando níveis de zinco acima do padrão de consumo humano; Tainha e Carapeba contendo PCB´s Totais acima dos níveis permitidos para consumo humano
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>PEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		
							Acenafteno>TEL	Acenaftileno>TEL	Antraceno>TEL	Benzoantraceno>PEL	Benzo-a-pireno>PEL	Criseno>PEL	Fenantreno>TEL	Flurantreno>TEL	Fluoreno>TEL	Naftaleno>TEL	Pireno>TEL		

Dentre todos os poluentes presentes nos sedimentos da área a ser dragada para a implantação do terminal da Embraport, o mercúrio, alguns HPAs e PCBs são os que representam o maior risco para a biota aquática. No entanto, a presença de mercúrio está restrita à superfície do sedimento (até 10 cm de profundidade) os HPAs mais preocupantes, com exceção do ponto 3, foram encontrados apenas no primeiro nível dos testemunhos (de 0 a 0,50m) e os pontos que apresentaram as maiores concentrações de PCBs foram o último nível do testemunho do Ponto 1 e o primeiro nível do Ponto 3.

Tal comportamento tem duas implicações fundamentais para a avaliação dos impactos do empreendimento, quais sejam:

1. O teor de mercúrio, elevado na superfície do sedimento, aumenta o risco de exposição aos organismos aquáticos, especialmente ao bentos, organismos que vivem em contato com o sedimento, e seus predadores. Esta via de exposição constitui importante entrada de poluentes na cadeia trófica estuarina e o aumento deste poluente apresenta um elevado potencial de bioacumulação. No entanto, a análise dos organismos aquáticos coletados na região, tanto neste estudo como em estudos anteriores (Lamparelli *et. al.* 2001) demonstraram que o teor de mercúrio vem apresentando uma redução no ambiente estuarino e que os níveis encontrados em peixes, crustáceos e moluscos estão abaixo dos limites para consumo humano.
2. A distribuição do mercúrio no perfil do sedimento a ser dragado, restrito à superfície, faz com que sua concentração no material dragado seja inferior a concentração correspondente ao Nível 1 previsto na proposta da Resolução Conama para caracterização de material de dragagem, na profundidade de 0-50 cm. Em profundidades maiores, o teor de mercúrio tende a decrescer. Portanto, dispor adequadamente este material fora do estuário, estaria diminuindo a contaminação dos organismos que ali habitam (**ver item 8.2.3.6-e.1 – contaminação dos organismos aquáticos**).

A presença dos compostos SVOCs é mais expressiva nos Pontos 1, 3, 4, 8 e 9. No entanto, os valores encontrados são ligeiramente superiores ao Nível 1 previsto na proposta da Resolução Conama para caracterização de material de dragagem, com exceção do Ponto 3, onde foram encontrados o maior número de HPAs diferentes e com os maiores valores dentre os pontos coletados.

A presença generalizada de HPAs nos sedimentos examinados neste estudo, bem como nos demais trabalhos revisados sobre sedimentos do estuário de Santos, indicam um impacto resultante de freqüentes vazamentos de derivados de petróleo oriundos de embarcações e indústrias, bem como à presença destes poluentes em efluentes líquidos, especialmente das indústrias petroquímicas e siderúrgicas.

A concentração de diversos compostos no ponto 3, em profundidades maiores que a da camada superficial podem indicar uma área onde os processos deposicionais provocaram o soterramento de áreas mais contaminadas no passado ou uma inversão aparente na coluna de sedimento, resultante da atividade de dragagem do canal de Santos.

Os PCBs totais apresentaram-se pouco acima do Nível 1 previsto na proposta da Resolução CONAMA para caracterização de material de dragagem. Comparando-se estes resultados com os níveis de referência estabelecidos por MacDonald (2000), verifica-se que todos os pontos amostrados estão abaixo dos teores considerados como potencialmente tóxicos à biota. Assim sendo, a disposição destes sedimentos no local de lançamento de material de dragagem do porto

de Santos não deverá resultar em níveis de toxicidade que provocarão maiores impactos ao ambiente marinho no que se refere aos PCBs.

Os teores de SVOCs, PCBs e vanádio são um reflexo do impacto crônico no estuário de Santos por petróleo e seus derivados, bem como pelos resíduos gerados na combustão destes compostos.

A contaminação dos sedimentos a serem dragados tende a se concentrar nas camadas superficiais. Mesmo no caso em que se observa uma concentração menor na superfície e maior em profundidade, como no Ponto 3, esta inversão se dá em profundidades inferiores a 2,0 metros. Em profundidades superiores a 2,0 metros os sedimentos apresentam-se com concentrações muito reduzidas de poluentes, enquadrando-se como sedimentos pouco contaminados. A distribuição dos contaminantes no perfil dos sedimentos acompanham a camada superficial detectada pelos levantamentos geofísicos, os quais podem ser um bom indicador da distribuição e profundidade da camada de sedimentos contaminados.

PROJETO GRÁFICO E EDITORIAL



Neuza Serra
Iben Lorenzana

contextoambiental@terra.com.br



Empresa Brasileira de Terminais Portuários S.A

Avenida Paulista 925, 5° andar, Jardim Paulista, São Paulo - SP - CEP 01311-100



Tecnologia, Serviços, Indústria e Comércio Ltda.

Alameda Franca, 267 2° andar - Jardim Paulista, São Paulo SP, CEP 01422-000

Setembro 2003