



A MRS Estudos Ambientais Ltda.  
apresenta ao INSTITUTO BRASILEIRO  
DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS  
NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA.

o documento intitulado:

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL  
DO ESTALEIRO E BASE NAVAL PARA A  
CONSTRUÇÃO DE SUBMARINOS  
CONVENCIONAIS E DE PROPULSÃO  
NUCLEAR, EM ITAGUAÍ – RIO DE  
JANEIRO – DE RESPONSABILIDADE DA  
MARINHA DO BRASIL

VOLUME 2

O presente documento está sendo  
entregue em uma via impressa e uma em  
meio digital.

Agosto de 2009

Alexandre Nunes da Rosa  
MRS Estudos Ambientais Ltda

## INDICE

### TOMO I

5.1	MEIO FÍSICO .....	5.1-1
5.1.1	Metodologia Aplicada .....	5.1-1
5.1.1.1	Metodologia Aplicada a Caracterização do Clima e das Condições Meteorológicas.....	5.1-1
5.1.1.2	Metodologia Aplicada ao Mapeamento Geológico.....	5.1-3
5.1.1.3	Metodologia Aplicada a Geomorfologia, Pedologia e Recursos Hídricos.....	5.1-3
5.1.2	Clima e Condições Meteorológicas.....	5.1-5
5.1.2.1	Clima Geral.....	5.1-5
5.1.2.1.1	Climatologia Regional .....	5.1-5
5.1.2.1.1.1	Tipos de Massas de Ar .....	5.1-6
5.1.2.1.2	Padrões Sinóticos Regionais .....	5.1-9
5.1.2.1.2.1	Climatologia de Inverno .....	5.1-15
5.1.2.1.2.2	Climatologia de Primavera .....	5.1-15
5.1.2.1.2.3	Climatologia de Verão.....	5.1-15
5.1.2.1.2.4	Climatologia de Outono .....	5.1-16
5.1.2.1.2.5	Padrões de Circulação do Ar .....	5.1-16
5.1.2.1.2.6	Pressão Atmosférica .....	5.1-17
5.1.2.1.2.7	Temperatura .....	5.1-18
5.1.2.1.2.8	Umidade Relativa .....	5.1-22
5.1.2.1.2.9	Precipitação .....	5.1-23
5.1.2.1.2.10	Evaporação .....	5.1-28
5.1.2.1.2.11	Insolação.....	5.1-28
5.1.2.1.3	Condições Meteorológicas Regionais para as Bases de Projeto e Operação .....	5.1-29
5.1.2.1.3.1	Furacões e Tempestades Tropicais .....	5.1-29
5.1.2.1.3.2	Tornados e Trombas D'água .....	5.1-30
5.1.2.1.3.3	Ventos Extremos .....	5.1-30
5.1.2.1.3.4	Tempestades e Relâmpagos .....	5.1-31
5.1.2.1.3.5	Granizo.....	5.1-31
5.1.2.1.3.6	Tempestades de Gelo e Neve.....	5.1-31
5.1.2.1.3.7	Potencial de Poluição do Ar .....	5.1-31
5.1.2.1.3.8	Ressacas .....	5.1-32
5.1.2.2	Meteorologia Local.....	5.1-32
5.1.2.2.1	Parâmetros Meteorológicos Normais e Extremos.....	5.1-32
5.1.2.2.1.1	Pressão Atmosférica .....	5.1-35
5.1.2.2.1.2	Temperatura Ambiente.....	5.1-36
5.1.2.2.1.3	Umidade Relativa .....	5.1-38
5.1.2.2.1.4	Precipitação .....	5.1-40

5.1.2.2.1.5	Velocidade e Direção do Vento .....	5.1-41
5.1.2.2.1.6	Estabilidade Atmosférica .....	5.1-44
5.1.2.2.1.7	Altura da Camada de Mistura .....	5.1-45
5.1.3	Geologia e Pedologia .....	5.1-45
5.1.3.1	Tectônica do Sudeste do Brasil .....	5.1-45
5.1.3.2	Reativação Fanerozóica .....	5.1-48
5.1.3.2.1	Formação da Margem Continental Sudeste – Magmatismo Basáltico .....	5.1-49
5.1.3.2.2	Magmatismo Alcalino .....	5.1-50
5.1.3.2.3	Rifte Continental do Sudeste do Brasil - RCSB .....	5.1-51
5.1.3.3	Neotectônica .....	5.1-54
5.1.3.4	Lineamentos Estruturais .....	5.1-55
5.1.3.5	Geologia Regional e da Área de Influência Indireta .....	5.1-59
5.1.3.5.1	Meso/Neoproterozóico .....	5.1-59
5.1.3.5.2	Neoproterozóico .....	5.1-59
5.1.3.5.3	Cambro/Ordoviciano .....	5.1-62
5.1.3.5.4	Cretáceo/Terciário .....	5.1-62
5.1.3.6	Geologia da Área de Influência Direta e da Área Diretamente Afetada .....	5.1-63
5.1.3.6.1	Unidades Litológicas do Embasamento Granítico-Gnáissico .....	5.1-63
5.1.3.6.1.1	Unidade Batólito Serra dos Órgãos .....	5.1-67
5.1.3.6.1.2	Unidade Rio Negro .....	5.1-69
5.1.3.6.1.3	Unidade Complexo Ilha da Madeira .....	5.1-70
5.1.3.6.2	Estruturas Geológicas .....	5.1-72
5.1.3.6.2.1	Estruturas Atectônicas .....	5.1-72
5.1.3.6.2.2	Estruturas Tectônicas .....	5.1-73
5.1.3.6.2.3	Eventos Tectônicos nas AID e ADA - Ilha da Madeira .....	5.1-81
5.1.3.6.3	Sedimentologia .....	5.1-82
5.1.3.7	Sismologia Regional e Histórica da Área de Interesse ao Projeto .....	5.1-86
5.1.3.7.1	Sismicidade e Estruturação Regional .....	5.1-86
5.1.3.7.2	Distribuição de Sismos .....	5.1-88
5.1.3.7.2.1	Sismos Regionais e Locais .....	5.1-93
5.1.3.7.2.2	Sequência de Microsismos de Monsuaba .....	5.1-98
5.1.3.7.2.3	Recorrência Sísmica .....	5.1-100
5.1.3.7.3	Síntese da Sismologia .....	5.1-103
5.1.3.8	Pedologia .....	5.1-104
5.1.3.8.1	Caracterização Pedológica Regional .....	5.1-104
5.1.3.8.1.1	Unidades Mapeadas na Área de Influência Direta .....	5.1-105
5.1.3.8.2	Áreas Antropizadas .....	5.1-122
5.1.3.8.3	Características Geológico-Geotécnicas da Ilha da Madeira .....	5.1-123
5.1.3.8.4	Aspectos Geológico-Geotécnicos da ADA .....	5.1-128

5.1.3.8.4.1	Túnel .....	5.1-128
5.1.3.8.4.2	Estrada de acesso ao túnel .....	5.1-131
5.1.3.8.4.3	Bota foras .....	5.1-132
5.1.3.8.4.4	Materiais de empréstimo .....	5.1-132
5.1.3.9	Levantamento Geofísico .....	5.1-132
5.1.3.10	Metodologia do Levantamento Geofísico .....	5.1-135
5.1.3.11	Características Gerais dos Locais Pesquisados .....	5.1-136
5.1.3.12	Descrição do Levantamento e Processamento dos Dados GPR .....	5.1-137
5.1.3.13	Resultados .....	5.1-140
5.1.3.13.1	Resultados Obtidos .....	5.1-149
5.1.4	GEOMORFOLOGIA .....	5.1-151
5.1.4.1	Caracterização Geomorfológica .....	5.1-151
5.1.4.1.1	Mapeamento Geomorfológico Proposto pela CPRM .....	5.1-151
5.1.4.1.2	Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro Proposto por SILVA (2002) .....	5.1-156
5.1.4.1.3	Mapeamento Geomorfológico Proposto pelo ZEE (2009) .....	5.1-160
5.1.4.1.4	Geomorfologia da Sub-Bacia Mazomba-Cação .....	5.1-162
5.1.4.1.5	Geomorfologia da Ilha da Madeira .....	5.1-162
5.1.4.2	Geomorfologia da Área de Influência Direta .....	5.1-162
5.1.4.2.1	Caracterização Geomorfológica, Hidrográfica e Pedológica .....	5.1-162
5.1.4.2.1.1	Mapeamento Geomorfológico em detalhe (1:10.000) .....	5.1-163
5.1.4.2.2	Caracterização Topográfica e Levantamento Planialtimétrico da ADA .....	5.1-170
5.1.4.2.3	Sistemas de Relevo Degradacionais .....	5.1-170
5.1.4.2.4	Segmentação Geométrica dos Setores de Encostas e Carta de Vulnerabilidade de Processos Erosivos .....	5.1-171
5.1.5	RECURSOS HÍDRICOS .....	5.1-185
5.1.5.1	Caracterização da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba .....	5.1-185
5.1.5.2	Caracterização Hidrográfica das Sub-Bacias da Área de Influência Direta e da Área Diretamente Afetada .....	5.1-187
5.1.5.2.1	Bacia do Rio Mazomba-Cação .....	5.1-188
5.1.5.2.2	Hidrografia da AID .....	5.1-191
5.1.5.2.3	Densidade de Drenagem .....	5.1-194
5.1.5.2.4	Usos da Água na AID .....	5.1-197
5.1.5.3	Qualidade da Água .....	5.1-197
5.1.5.3.1	Justificativa dos Pontos de Amostragem .....	5.1-198
5.1.5.3.1.1	Histórico .....	5.1-200
5.1.5.3.1.2	Principais fontes potencialmente poluidoras .....	5.1-200
5.1.5.3.1.3	Efluentes da atividade agropecuária .....	5.1-204
5.1.5.3.1.4	Efluentes industriais .....	5.1-204

5.1.5.3.1.5	Extração de areia.....	5.1-205
5.1.5.3.2	Características da Qualidade da Bacia.....	5.1-206
5.1.5.3.2.1	Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba.....	5.1-206
5.1.5.3.2.2	Baixada da Baía de Sepetiba.....	5.1-211
5.1.5.3.3	Caracterização dos Pontos de Amostragem e Suas Principais Fontes Poluidoras.....	5.1-216
5.1.5.3.3.1	Pontos de Coleta –ADA.....	5.1-217
5.1.5.3.3.2	Pontos Coletados – AID.....	5.1-219
5.1.5.3.3.3	Pontos Coletados na All.....	5.1-219
5.1.5.3.4	Parâmetros de Análise.....	5.1-224
5.1.5.3.4.1	Análise dos Dados Primários.....	5.1-226
5.1.5.3.5	Áreas Críticas a Serem Afetadas por Acidentes.....	5.1-236
5.1.5.3.5.1	Classificação de Habitats e Feições Costeiras Brasileiras segundo seu Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a Derramamento de Óleo.....	5.1-237
5.1.5.3.5.2	Área de Influência Direta.....	5.1-243
5.1.5.4	Hidrogeologia.....	5.1-246
5.1.5.4.1	Sistemas Aquíferos.....	5.1-246
5.1.5.4.1.1	Aquífero Fraturado.....	5.1-247
5.1.5.4.1.2	Aquífero Piranema.....	5.1-248
5.1.5.4.2	Hidrogeologia Local.....	5.1-253
5.1.6	Avaliação de ruído do estaleiro e base naval.....	5.1-255
5.1.6.1	Medições de ruído ambiente.....	5.1-255
5.1.6.1.1	Equipamentos Utilizados.....	5.1-255
5.1.6.1.2	Procedimento de calibração.....	5.1-255
5.1.6.1.3	Normas e Procedimentos de Medição.....	5.1-255
5.1.6.1.4	Valores medidos.....	5.1-262
5.1.6.1.4.1	Período diurno.....	5.1-262
5.1.6.1.4.2	Período Noturno.....	5.1-263
5.1.6.1.5	Limites Permitidos.....	5.1-264
5.1.6.2	Simulação de impacto acústico ambiental.....	5.1-265
5.1.6.2.1	Modelagem da topografia e ambiente construído.....	5.1-266
5.1.6.2.2	Modelagem das fontes sonoras atuais.....	5.1-266
5.1.6.2.3	Modelagem das fontes sonoras futuras.....	5.1-267
5.1.6.2.4	Cálculos de simulação.....	5.1-267
5.1.6.2.5	Resultados.....	5.1-267

## TOMO II

5.1.7	Oceanografia e hidrodinâmica costeira .....	5.1-276
5.1.7.1	Caracterização da Baía de Sepetiba .....	5.1-276
5.1.7.2	Circulação Costeira .....	5.1-277
5.1.7.3	Correntes Geradas por Vento .....	5.1-280
5.1.7.4	Ondas .....	5.1-283
5.1.7.4.1	Clima de Ondas na Região das Bacias de Campos e Santos .....	5.1-283
5.1.7.4.1.1	Bom Tempo .....	5.1-284
5.1.7.4.1.2	Bom Tempo com Marulhos .....	5.1-284
5.1.7.4.1.3	Mau Tempo – Mar de Sudoeste .....	5.1-285
5.1.7.4.1.4	Mau Tempo – Mar de Sudeste .....	5.1-286
5.1.7.5	Marés .....	5.1-286
5.1.7.6	Análise de dados secundários .....	5.1-288
5.1.7.6.1	Dados do BNDO .....	5.1-288
5.1.7.7	Levantamento Histórico da Evolução Geomorfológica da Linha de Costa .....	5.1-293
5.1.7.7.1	Comparação de perfis batimétricos .....	5.1-306
5.1.7.7.2	Perfis 1 e 2 .....	5.1-318
5.1.7.7.3	Perfil 3 .....	5.1-319
5.1.7.7.4	Perfil 4 .....	5.1-320
5.1.7.7.5	Perfil 5 .....	5.1-320
5.1.7.7.6	Perfil 6 .....	5.1-320
5.1.7.7.7	Perfil 7 .....	5.1-320
5.1.7.7.8	Perfil 8 .....	5.1-321
5.1.7.7.9	Perfil 9 .....	5.1-321
5.1.7.7.10	Perfil 10 .....	5.1-321
5.1.7.8	Considerações gerais .....	5.1-321
5.1.7.9	Batimetria .....	5.1-322
5.1.8	Assoreamento, necessidade de dragagem de aprofundamento e previsão de dragagens de manutenção .....	5.1-324
5.1.8.1	Necessidade de Dragagem de Aprofundamento .....	5.1-324
5.1.8.1.1	Dragagem para Remoção do Sedimento argiloso .....	5.1-324
5.1.8.1.2	Dragagem da Bacia de Evolução e Canal de Acesso .....	5.1-325
5.1.8.1.2.1	Tipos de Dragas .....	5.1-330
5.1.8.2	Sondagens na Baía de Sepetiba na Área Diretamente Afetada .....	5.1-334
5.1.8.2.1	Justificativa da malha amostral .....	5.1-335
5.1.8.2.2	Metodologia de Amostragem .....	5.1-335
5.1.8.2.3	Métodos de Laboratório (Análises dos Sedimentos) .....	5.1-340
5.1.8.2.4	Métodos de Análise e Integração dos Dados .....	5.1-340



5.1.8.2.5	Resultados.....	5.1-342
5.1.8.2.5.1	Sedimentologia .....	5.1-342
5.1.8.2.5.2	Carbono Orgânico Total, Fósforo Total e Nitrogênio Kjeldahl Total.....	5.1-346
5.1.8.2.5.3	Metais Pesados e Arsênio (As) .....	5.1-350
5.1.8.2.5.4	Estudos de toxicidade dos sedimentos .....	5.1-404
5.1.8.2.6	Conclusões.....	5.1-406
5.1.8.3	Turbidez na coluna d água da AID.....	5.1-408
5.1.8.4	Descarte do Material Dragado .....	5.1-409
5.1.8.5	Dragagens de manutenção .....	5.1-411
5.1.8.5.1	Taxa de Sedimentação .....	5.1-411
5.1.8.5.2	Periodicidade e volumes aproximados.....	5.1-412
5.1.9	Modelagem.....	5.1-413
5.1.9.1	Modelagem das correntes geradas por maré e vento.....	5.1-413
5.1.9.1.1	Descrição do modelo hidrodinâmico .....	5.1-413
5.1.9.1.2	Materiais e Métodos.....	5.1-414
5.1.9.1.3	Resultados.....	5.1-426
5.1.9.1.3.1	Experimentos na malha maior .....	5.1-426
5.1.9.1.3.2	Experimentos na malha menor .....	5.1-454
5.1.9.1.4	Análise das Alterações .....	5.1-466
5.1.9.1.4.1	Alterações nos padrões de correntes - cenário II .....	5.1-466
5.1.9.1.4.2	Alterações nos padrões de correntes - cenário III.....	5.1-470
5.1.9.1.5	Sedimentos.....	5.1-474
5.1.9.2	Modelo de Geração de Onda .....	5.1-478
5.1.9.2.1	Modelo de onda SWAN .....	5.1-478
5.1.9.2.2	Descrição dos experimentos.....	5.1-479
5.1.9.2.3	Resultados.....	5.1-483
5.1.9.2.3.1	Experimento 1 – Situação de bom tempo com marulho .....	5.1-483
5.1.9.2.3.2	Experimento 2 – Situação de mau tempo.....	5.1-494
5.1.9.3	Advecção das Plumas de Dragagem e Descarte de Material Dragado.....	5.1-508
5.1.9.3.1	Conclusões da Modelagem.....	5.1-510
BIBLIOGRAFIA.....		5.1-512

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 5.1-1 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA IDENTIFICAR AS CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS EM TORNO DA REGIÃO DO EMPREENDIMENTO (INDICADO POR BASE NAVAL).....	5.1-2
FIGURA 5.1-2 - MAPA DE TOPOGRAFIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO EM TORNO DA REGIÃO DO EMPREENDIMENTO (INDICADO POR UM PONTO CIRCULAR).....	5.1-6
FIGURA 5.1-3 - PRINCIPAIS SISTEMAS SINÓTICOS QUE ATUAM SOBRE O CONTINENTE SUL-AMERICANO.....	5.1-9
FIGURA 5.1-4 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE INVERNO (22 A 31 DE AGOSTO DE 1958).....	5.1-11
FIGURA 5.1-5 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE PRIMAVERA (21 A 28 DE SETEMBRO DE 1959). FONTE: ATLAS CLIMÁTICO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.....	5.1-12
FIGURA 5.1-6 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE VERÃO (14 A 20 DE FEVEREIRO DE 1960).....	5.1-13
FIGURA 5.1-7 - PADRÃO CARACTERÍSTICO DE CIRCULAÇÃO SINÓTICA DE OUTONO (25 A 30 DE ABRIL DE 1960).....	5.1-14
FIGURA 5.1-8 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-18
FIGURA 5.1-9 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-19
FIGURA 5.1-10 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA MÁXIMA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-20
FIGURA 5.1-11 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-20
FIGURA 5.1-12 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA MÍNIMA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-21
FIGURA 5.1-13 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-21
FIGURA 5.1-14 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SANTA CRUZ.....	5.1-22
FIGURA 5.1-15 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE TEMPERATURA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANGRA DOS REIS.....	5.1-22
FIGURA 5.1-16 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE UMIDADE RELATIVA PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-23
FIGURA 5.1-17 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-25
FIGURA 5.1-18 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 24 H PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-25
FIGURA 5.1-19 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SANTA CRUZ.....	5.1-26
FIGURA 5.1-20 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANGRA DOS REIS.....	5.1-26
FIGURA 5.1-21 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO SOBRE O ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-27

FIGURA 5.1-22 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE EVAPORAÇÃO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-28
FIGURA 5.1-23 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CLIMATOLÓGICOS MÉDIOS MENSIS DE INSOLAÇÃO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO RIO DE JANEIRO.....	5.1-29
FIGURA 5.1-24 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.....	5.1-34
FIGURA 5.1-25 - DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA MENSAL NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-35
FIGURA 5.1-26 - DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA HORÁRIA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-36
FIGURA 5.1-27 - DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR MÁXIMA, MÉDIA DAS MÁXIMAS, MÉDIA, MÉDIA DAS MÍNIMAS E MÍNIMA MENSAL NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-37
FIGURA 5.1-28 - DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR HORÁRIA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-38
FIGURA 5.1-29 - DISTRIBUIÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA MENSAL E MÉDIA DAS MÍNIMAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-39
FIGURA 5.1-30 - DISTRIBUIÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA HORÁRIA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-40
FIGURA 5.1-31 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA TOTAL MENSAL NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-41
FIGURA 5.1-32 - DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO MÁXIMA MENSAL E MÉDIA MENSAL (M/S) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-42
FIGURA 5.1-33 - VELOCIDADE DO VENTO MÁXIMA, MÉDIA (M/S) E CALMARIA (%) EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-43
FIGURA 5.1-34 - MAPA TECTÔNICO DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL. SIMPLIFICADO DE HEILBRON ET AL. (2000), FERRARI (1990) E MOHRIAK & BARROS (1990).....	5.1-46
FIGURA 5.1-35 - PRINCIPAIS FEIÇÕES TECTÔNICAS FANEROZÓICAS DO SUDESTE DO BRASIL, DESTACANDO O MAGMATISMO BASÁLTICO CONTEMPORÂNEO COM A FRAGMENTAÇÃO DO GONDWANA, O MAGMATISMO ALCALINO E AS BACIAS TERCIÁRIAS QUE CONSTITUEM O RIFT CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL, SEGUNDO FERRARI & RICCOMINI (2000). .....	5.1-49
FIGURA 5.1-36- PRINCIPAIS FEIÇÕES E PROVÍNCIAS ESTRUTURAIS DA FASE RIFTE DAS BACIAS DE SANTOS E CAMPOS. FONTE: MEISLING ET AL., 2001.....	5.1-50
FIGURA 5.1-37- MAPA TECTÔNICO DO GRÁBEN DA GUANABARA E ARREDORES.....	5.1-51
FIGURA 5.1-38 - ALINHAMENTO MAGMÁTICO DE CABO FRIO - CONTROLE TECTÔNICO DAS INTRUSÕES, SEGUNDO RICCOMINI ET AL., 2005.....	5.1-52
FIGURA 5.1-39 - RELAÇÕES ENTRE A ESTRATIGRAFIA E A TECTÔNICA NO RIFTE CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL.....	5.1-53
FIGURA 5.1-40 - INTERPRETAÇÃO MORFOESTRUTURAL DA PORÇÃO OCIDENTAL DO GRÁBEN DA GUANABARA.....	5.1-54
FIGURA 5.1-41 - FASES TECTÔNICAS CENOZÓICAS DO SUDESTE DO BRASIL, RECONHECIDAS EM DIFERENTES ÁREAS.....	5.1-55
FIGURA 5.1-42 - MODELO DIGITAL DO RELEVO DO ENTORNO DA BAÍA DE SEPETIBA.....	5.1-57
FIGURA 5.1-43 - ESTRUTURAS TECTÔNICAS E LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA ILHA DA MADEIRA.....	5.1-58

FIGURA 5.1-44 – MIGMATITO ESTROMÁTICO INSERIDO EM ROCHA GRANITÓIDE.....	5.1-67
FIGURA 5.1-45 – PALEODIQUES BÁSICOS, DEFORMADOS E METAMORFIZADOS (METABASITOS), EM ROCHAS GRANITÓIDES DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. PEDREIRA SEPETIBA.....	5.1-68
FIGURA 5.1-46 – AMOSTRA DE MÃO DE ROCHA GRANITÓIDE DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS, MOSTRANDO VARIAÇÃO EM COR, DE CINZA CLARO PARA VERDE GARRAFA, EM FACE À POSSÍVEL CHARNOKTIZAÇÃO METASSOMÁTICA. PEDREIRA SEPETIBA.....	5.1-68
FIGURA 5.1-47 - MIGMATITO ESTROMÁTICO COM INJEÇÕES DE ROCHA GRANITÓIDE. UNIDADE RIO NEGRO. PEDREIRA DESATIVADA (NORTE) NO PORTO DE SEPETIBA.....	5.1-69
FIGURA 5.1-48 - ROCHA GRANITÓIDE DO COMPLEXO ILHA DA MADEIRA. COSTÃO LITORÂNEO SUDOESTE DA ILHA.....	5.1-70
FIGURA 5.1-49 - COSTÃO ROCHOSO DE LITOLOGIA DO COMPLEXO ILHA DA MADEIRA, MOSTRANDO COLORAÇÃO VIOLETA NA LINHA D'ÁGUA, COMO O OBSERVADO EM ROCHAS CHARNOKÍTICAS DA REGIÃO. LITORAL DO SETOR SUDOESTE DA ILHA DA MADEIRA.....	5.1-71
FIGURA 5.1-50 - PEDREIRA DESATIVADA NO PORTO DE SEPETIBA COM FRATURAS DE ALÍVIO SUB-HORIZONTAIS.....	5.1-72
FIGURA 5.1-51 - JUNTAS DE RESFRIAMENTO ORTOGONAIS A DIREÇÃO DE DIQUE DE DIABÁSIO (N65O E). PEDREIRA SEPETIABA, ILHA DA MADEIRA.....	5.1-73
FIGURA 5.1-52 - CONTOURNO DAS PROJEÇÕES POLARES DOS PANOS DE FOLIAÇÃO METAMÓRFICA IDENTIFICADOS NAS UNIDADES LITOLÓGICAS DO EMBASAMENTO GRANÍTICO-GNÁISSICO DA ILHA DA MADEIRA.....	5.1-74
FIGURA 5.1-53 - FOLIAÇÃO METAMÓRFICA, DESTACADA À DISTÂNCIA PELA ORIENTAÇÃO DE METABASITOS (FAIXAS ESCURAS) PRESENTES NA UNIDADE BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. PEDREIRA SEPETIBA, ILHA DA MADEIRA.....	5.1-74
FIGURA 5.1-54 - DIQUES DE DIABÁSIO DE DIREÇÃO NE-SW E ESPESSURA MÉTRICA A DECIMÉTRICA, CORTANDO ORTOGNAISSES DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. PEDREIRA SEPETIBA, ILHA DA MADEIRA.....	5.1-75
FIGURA 5.1-55 - A. (ESQUERDA) DIQUE DE DIABÁSIO, COM ATITUDE N70E/85NW, COM 2 METROS DE ESPESSURA, CORTANDO O BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. PEDREIRA SEPETIBA, ILHA DA MADEIRA. B. (DIREITA) DIQUE DE DIABÁSIO, DE DIREÇÃO E-W/85N, COM 15 CM DE ESPESSURA, CORTANDO O COMPLEXO ILHA DA MADEIRA. COSTÃO ROCHOSO NA PORÇÃO SW DA ILHA DA MADEIRA.....	5.1-76
FIGURA 5.1-56 - DIQUE DE DIABÁSIO DE DIREÇÃO N80E/80SE, COM 3 METROS DE ESPESSURA, CORTANDO LITOLOGIA DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. PEDREIRA SEPETIBA, ILHA DA MADEIRA.....	5.1-76
FIGURA 5.1-57 - PROJEÇÃO CICLOGRÁFICA DE PLANOS DE FALHAS SECUNDÁRIAS IDENTIFICADAS NA BORDA E NO INTERIOR DOS DIQUES DE DIABÁSIO DA PEDREIRA SEPETIBA, MOSTRANDO O CAMPO DE PALEOTENSÕES RESPONSÁVEL PELO CONTROLE DE SUA INTRUSÃO. S1 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO MÁXIMA, S2 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO INTERMEDIÁRIA E S3 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO MÍNIMA. EM VERMELHO ORIENTAÇÃO MÉDIA DOS DIQUES DE DIABÁSIO NA PEDREIRA.....	5.1-77
FIGURA 5.1-58 - BRECHA TECTÔNICA SILICIFICADA CORTANDO ROCHAS DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS. SETOR SUDOESTE DA ILHA DA MADEIRA.....	5.1-78
FIGURA 5.1-59 - PLANO DE FALHA INTERNO À BRECHA TECTÔNICA SILICIFICADA COM ESTRIAS SUBHORIZONTAIS.....	5.1-79
FIGURA 5.1-60 - PROJEÇÃO CICLOGRÁFICA DE PLANOS DE FALHAS SECUNDÁRIAS IDENTIFICADAS NA BORDA E NO INTERIOR DAS OCORRÊNCIAS DE BRECHAS TECTÔNICAS SILICIFICADAS, MOSTRANDO O CAMPO DE PALEOTENSÕES RESPONSÁVEL PELO CONTROLE DE SUA INTRUSÃO. S1 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO MÁXIMA, S2 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO INTERMEDIÁRIA E S3 - DIREÇÃO DE COMPRESSÃO MÍNIMA. EM VERMELHO ORIENTAÇÃO MÉDIA DAS BRECHAS TECTÔNICAS SILICIFICADAS.....	5.1-79

FIGURA 5.1-61 - FAMILIAS DE FRATURAS, DOMINANTEMENTE SEM PREENCHIMENTO, IDENTIFICADAS NA ILHA DA MADEIRA. .....	5.1-81
FIGURA 5.1-62 – SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA DA ÁREA SUBMERSA DA ADA.....	5.1-82
FIGURA 5.1-63 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-83
FIGURA 5.1-64 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO -1,5 M, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-83
FIGURA 5.1-65 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO DE -3,0 M, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-84
FIGURA 5.1-66 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO DE -6,0 M, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-85
FIGURA 5.1-67 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO DE -12,0 M, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-85
FIGURA 5.1-68 - DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE SISMOS NO QUADRÂNGULO ENTRE 54-36° W E 26-13° S.....	5.1-89
FIGURA 5.1-69 - DISTRIBUIÇÃO DE TERREMOTOS NO QUADRÂNGULO ENTRE 54-36°W E 24-13°S. AS LINHAS EM CINZA- ESCURO DENOTAM OS PRINCIPAIS TRAÇOS DE FALHAS E LINEAMENTOS NA REGIÃO.....	5.1-90
FIGURA 5.1-70 - PROVÍNCIAS ESTRUTURAIS DO BRASIL, SEGUNDO ALMEIDA ET AL. (1977, EXT. DE SCHOBENHAUS, 2002). .....	5.1-91
FIGURA 5.1-71 - DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE SISMOS MAIORES QUE 3,5 GRAUS DE MAGNITUDE NO QUADRÂNGULO ENTRE 54-36° W E 26-13° S.....	5.1-92
FIGURA 5.1-72 - DISTRIBUIÇÃO DE TERREMOTOS MAIORES QUE 3.5 GRAUS DE MAGNITUDE NO QUADRÂNGULO ENTRE 47- 41°W E 26-20°S. OS CÍRCULOS EM TORNO DA ILHA DA MADEIRA TÊM SEUS RAIOS APROXIMADOS INDICADOS EM VERMELHO. AS LINHAS EM CINZA-ESCURO DENOTAM OS PRINCIPAIS TRAÇOS DE FALHAS E LINEAMENTOS NA REGIÃO. .....	5.1-92
FIGURA 5.1-73 - ZONAS SISMOGÊNICAS NA ÁREA EM TORNO DO EMPREENDIMENTO DA ILHA DA MADEIRA, ITAGUAÍ, RJ (MIOTO, 1993).....	5.1-94
FIGURA 5.1-74 - ISOSSISTAS DO EVENTO DE 27/01/1922.....	5.1-96
FIGURA 5.1-75 - ISOSSISTAS DO EVENTO DE 24/10/1972.....	5.1-97
FIGURA 5.1-76 - ISOSSISTAS DO EVENTO DE 31/07/1861.....	5.1-97
FIGURA 5.1-77 - ISOSSISTAS DO EVENTO DE 09/05/1886.....	5.1-98
FIGURA 5.1-78 - ISOSSISTAS DO EVENTO DE 23/03/1967.....	5.1-99
FIGURA 5.1-79 - MAPA TECTÔNICO SIMPLIFICADO DA REGIÃO DE MONSUABA MOSTRANDO FALHAS PRINCIPAIS (LINHAS MAIS ESPESAS); FRATURAS (LINHAS FINAS E TRACEJADAS);LINEAMENTOS (TRACEJADO ESPESSE). MANCHAS RESTRITAS DE DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS (ÁREAS PONTILHADAS) OCORREM DIRETAMENTE SOBRE O EMBASAMENTO. (EXT. DE BERROCAL ET AL., 1993).....	5.1-99
FIGURA 5.1-80 - MAPA DE ISOSSISTAS DO EVENTO PRINCIPAL (MAGNITUDE 3), DE 23/12/1988, DO ENXAME DE MONSUABA; OS ALGARISMOS ARÁBICOS INDICAM INTENSIDADE MM (EXT. DE BERROCAL ET AL., 1993).....	5.1-101
FIGURA 5.1-81 - RISCO SÍSMICO NA PROVÍNCIA SISMOTECTÔNICA DO EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO PARA VALORES CUMULATIVOS DE MAGNITUDE E INTERVALOS DE TEMPO DE 1 A 100 ANOS (BERROCAL ET AL., 1996).....	5.1-103

FIGURA 5.1-82 -PROCESSOS EROSIVOS (PRINCIPALMENTE LAMINARES) EM DE CORTE DA ESTRADA.....	5.1-106
FIGURA 5.1-83 - VEGETAÇÃO DE MANGUEZAL SOBRE SOLOS GLEY SALINOS TIOMÓRFICOS (UNIDADE 3).....	5.1-112
FIGURA 5.1-84 - CAMBISSOLOS EM ÁREAS DE ALTAS ALTITUDES NA ESTRADA JOSÉ MIRANDA OLIVEIRA (A); CAMBISSOLO SOBRE SAPROLITO (B); LITOSSOLOS COM COBERTURA VEGETAL NÃO ORIGINAL (C); AFLORAMENTOS ROCHOSOS SEM E COM COBERTURA VEGETAL (RESPECTIVAMENTE D E E).....	5.1-117
FIGURA 5.1-85 - VISTA GERAL DAS UNIDADES DE PREDOMINÂNCIA DE CAMBISSOLOS E SUAS ASSOCIAÇÕES, VERIFICA-SE A AUSÊNCIA DE VISÍVEL DE PROCESSOS EROSIVOS ATUAIS.....	5.1-118
FIGURA 5.1-86 - ANTIGA ÁREA DE EMPRÉSTIMO, COM VESTÍGIO DE CICATRIZES PRETÉRITAS, JÁ EM FASE DE COLONIZAÇÃO PELA VEGETAÇÃO.....	5.1-119
FIGURA 5.1-87 - SOLOS COLUVIONARES QUE OCORREM NO NORTE DA ILHA DA MADEIRA. COMPOSIÇÃO ARGILO-ARENOSO, DE COLORAÇÃO AMARELADA A AVERMELHADA, ESPESSE E COM BOA PLASTICIDADE. OCORRE ROCHA SÃ NA BASE.....	5.1-127
FIGURA 5.1-88 - SOLOS COLUVIONARES QUE OCORREM NA PORÇÃO NORTE DA ILHA DA MADEIRA, ARGILO-ARENOSOS, AVERMELHADO, COM BOA PLASTICIDADE, ESPESOS E BEM DRENADOS.....	5.1-127
FIGURA 5.1-89 - AFLORAMENTO DE ROCHA GRANÍTICA NA DRENAGEM À DIREITA DO EMBOQUE NORTE DA ILHA DA MADEIRA ONDE SE OBSERVA A PRESENÇA DE ÁGUA. TOPO ROCHOSO, MACIÇO E NÃO FRATURADO.....	5.1-127
FIGURA 5.1-90 - GRANITO POUCO FRATURADO SUPERFICIALMENTE PASSANDO A ROCHA SÃ NÃO FRATURADA.....	5.1-127
FIGURA 5.1-91 - VISTA DO EMBOQUE NORTE, ONDE SE OBSERVA FLORAMENTOS DE ROCHA SÃ E MACIÇA.....	5.1-128
FIGURA 5.1-92 - SUL DA ILHA DA MADEIRA. LOCAL DE SAÍDA DO EMBOQUE SUL ENTRE NO DIVISOR DE ÁGUAS ENTRE OS TALVEGUES À DIREITA E À ESQUERDA.....	5.1-128
FIGURA 5.1-93 - NASCENTE E BARRAGEM DE 0,7 M DE ALTURA. LADO OESTE DO EMBOQUE SUL DO TÚNEL.....	5.1-129
FIGURA 5.1-94 - SOLOS COLUVIONARES ESPESOS NO EMBOQUE SUL. TALUDES REMANESCENTES DE RETIRADA DE MATERIAL.....	5.1-129
FIGURA 5.1-95 - BLOCOS DE GRANITO EM PROCESSO DE ESFOLIAÇÃO NO EMBOQUE SUL DO TÚNEL.....	5.1-129
FIGURA 5.1-96 - BLOCOS E MATAÇÕES ARREDONDADOS DE GRANITO, ENCAIXADOS EM SOLO COLUVIONAR.....	5.1-129
FIGURA 5.1-97 - LINHA DE DRENAGEM DO TALVEGUE LESTE NO EMBOQUE SUL DO TÚNEL, ONDE SE OBSERVA A EXISTÊNCIA DE BLOCOS E MATAÇÕES DE GRANITO MPEDINDO O AVANÇO DA EROSIÃO.....	5.1-130
FIGURA 5.1-98 - MACIÇO GRANÍTICO ALTERADO LOCALIZADO NA LINHA DE DRENAGEM LESTE DO EMBOQUE SUL DO TÚNEL.....	5.1-130
FIGURA 5.1-99 - SOLOS COLUVIONARES QUE OCORREM NO EMBOQUE NORTE. A OCORRÊNCIA DE BLOCOS É BEM MENOR QUE NO EMBOQUE SUL.....	5.1-130
FIGURA 5.1-100 - BLOCOS RAROS PORÉM MUITO GRANDES E PARCIALMENTE ENTERRADOS NO SOLO COLUVIONAR ESPESSE DO EMBOQUE NORTE.....	5.1-130
FIGURA 5.1-101 - SOLO COLUVIONAR ESPESSE QUE OCORRE NO EMBOQUE NORTE. ESTE PONTO ESTÁ LOCALIZADO NA ANTIGA ESTRADA DA ILHA DA MADEIRA QUE PODERÁ SER UTILIZADA PARA ACESSO ÀS SONDAGENS DO TÚNEL.....	5.1-131
FIGURA 5.1-102 - ANTIGA ESTRADA COM TALUDES DE DOIS METROS DE ALTURA, ESTÁVEIS.....	5.1-131
FIGURA 5.1-103 - VISTA DO EMBOQUE NORTE PARA A SERRA DO MAR, ONDE SE OBSERVA EM PRIMEIRO PLANO A ÁREA ATERRADA E, AO FUNDO, MANGUEZAL ATÉ O RIO CAÇÃO.....	5.1-132

FIGURA 5.1-104 - IMAGEM QUICK BIRD COM A LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DAS LINHAS DE LEVANTAMENTO GEOFÍSICO. ....	5.1-134
FIGURA 5.1-105 - LIMPEZA DA ÁREA PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO GEOFÍSICO. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-106 - CAMINHAMENTO PARA PERFILAGEM GEOFÍSICA. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-107 - CAMINHAMENTO PARA PERFILAGEM GEOFÍSICA. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-108 - DETALHE DO EQUIPAMENTO. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-109 - DETALHE DO GEORRADAR. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-110 - DETALHE DO GEORRADAR. ....	5.1-139
FIGURA 5.1-111 - CONFERÊNCIA DOS DADOS OBTIDOS EM UMA PERFILAGEM. ....	5.1-140
FIGURA 5.1-112 - DETALHE NO MONITOR DO NOTEBOOK DA REALIZAÇÃO DE UMA PERFILAGEM GEOFÍSICA. ....	5.1-140
FIGURA 5.1-113 - VISUALIZAÇÃO DO TRAÇO DA ONDA EM QUE SE PROPAGA NOS MATERIAIS ROCHOSOS. ....	5.1-141
FIGURA 5.1-114 – RADARGRAMA DA LINHA 1A NA ÁREA SUL. ....	5.1-142
FIGURA 5.1-115 - RADARGRAMA DA LINHA 1B NA ÁREA SUL. ....	5.1-143
FIGURA 5.1-116 - RADARGRAMA DA LINHA 2 NA ÁREA SUL. ....	5.1-143
FIGURA 5.1-117 - RADARGRAMA DA LINHA 3 NA ÁREA SUL. ....	5.1-143
FIGURA 5.1-118 - RADARGRAMA DA LINHA 4 NA ÁREA SUL. ....	5.1-144
FIGURA 5.1-119 - RADARGRAMA DA LINHA 5 NA ÁREA SUL. ....	5.1-144
FIGURA 5.1-120 - RADARGRAMA DA LINHA 6 NA ÁREA SUL. ....	5.1-145
FIGURA 5.1-121 - RADARGRAMA DA LINHA 1 NA ÁREA NORTE. ....	5.1-146
FIGURA 5.1-122 - RADARGRAMA DA LINHA 2 NA ÁREA NORTE. ....	5.1-146
FIGURA 5.1-123 - RADARGRAMA DA LINHA 3 NA ÁREA NORTE. ....	5.1-147
FIGURA 5.1-124 - RADARGRAMA DA LINHA 4A NA ÁREA NORTE. ....	5.1-147
FIGURA 5.1-125 - RADARGRAMA DA LINHA 4B NA ÁREA NORTE. ....	5.1-148
FIGURA 5.1-126 - RADARGRAMA DA LINHA 5 NA ÁREA NORTE. ....	5.1-148
FIGURA 5.1-127 - PRAIA DE FORA, NA ÁREA URBANA CENTRAL. ....	5.1-164
FIGURA 5.1-128 - PRAIA DO SACO DE DENTRO, COM ENROCAMENTO E CANALIZAÇÕES DE ÁGUAS SERVIDAS E ÁGUA PLUVIAIS. ....	5.1-164
FIGURA 5.1-129 - FÓZ DO CAÇÃO VISTA DA PRAIA DO SACO DE DENTRO. ....	5.1-168
FIGURA 5.1-130 - MANGUE COLONIZANDO A FRENTE DAS PRAIAS DA MARIQUITA E DO CAPITÃO VISTO DA PRAIA DO SACO DE DENTRO. ....	5.1-168
FIGURA 5.1-131 - MANGUE DENTRO DO COMPLEXO PORTUÁRIO (ÁREA DO ANTIGO SACO DO ENGENHO). ....	5.1-168
FIGURA 5.1-132 - MANGUE DENTRO DO COMPLEXO PORTUÁRIO, NO DETALHE MANILHA DE DRENO DO CANAL QUE PASSA AO ATRÁS DO PÁTIO DA CSN. ....	5.1-168
FIGURA 5.1-133 - DRENO DO LAGO DE DECANTAÇÃO DA INGÁ: NA FOTO A LAGO, NA FOTO B SAÍDA DO DRENO; NA FOTO C SENTIDO DA CANALIZAÇÃO SOB A ESTRADA DE ACESSO À INGÁ E À ILHA DA MADEIRA; NA FOTO D CANALIZAÇÃO DO OUTRO LADO DA ESTRADA, E NA FOTO E O DESÁGUE NO MANGUE DO CAÇÃO. ....	5.1-169
FIGURA 5.1-134 - CICATRIZES DE MOVIMENTOS DE MASSA DEMARCADOS SOBRE AEROFOTO. ....	5.1-171
FIGURA 5.1-135 – MICROBACIAS DA ILHA DA MADEIRA. ....	5.1-192

FIGURA 5.1-136 – AFLORAMENTO DE ÁGUA NA BACIA 8, VISTA NO CORTE DA ESTRADA JOSÉ MIRANDA OLIVEIRA (A). O ESCOAMENTO DA DRENAGEM É DESVIADO PARA UMA VALA (B) E DISPERSANDO-SE PELA ESTRADA (C). .....	5.1-193
FIGURA 5.1-137 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE NASCENTES NA PRAIA DO SACO DE DENTRO. ....	5.1-195
FIGURA 5.1-138 - CANALIZAÇÃO DE ÁGUAS SERVIDAS PARA A PRAIA DO SACO DE DENTRO, LOCALIZADA DO OUTRO LADO DA ESTRADA. ....	5.1-195
FIGURA 5.1-139 - ÁREA DE EMPRÉSTIMO DENTRO DO COMPLEXO PORTUÁRIO, INSERIDA NA BACIA 3, ONDE IDENTIFICOU-SE CICATRIZES DE ESCORREGAMENTOS ATRAVÉS DE FOTOINTERPRETAÇÃO (AEROFOTO USAF, 65). ....	5.1-196
FIGURA 5.1-140 - CANAL DA GUARDA NO CRUZAMENTO DA BR 101 – AO FUNDO A PONTE DA BR. ....	5.1-220
FIGURA 5.1-141 - PONTE DA CSA SOBRE O CANAL DE SÃO FRANCISCO – VISÃO AO SUL, COM INSTALAÇÕES DA CSA. ....	5.1-222
FIGURA 5.1-142 - CANAL DE SÃO FRANCISCO NO CRUZAMENTO COM A BR101.....	5.1-222
FIGURA 5.1-143 - RIO GUANDU, COM A FORMAÇÃO DA LAGOA DO GUANDU E OS PONTOS DE CONFLUÊNCIA COM OS RIOS DOS POÇOS E IPIRANGA.....	5.1-223
FIGURA 5.1-144 - CANAL DO GUANDU, NO CRUZAMENTO COM A BR 101.....	5.1-224
FIGURA 5.1-145 - ÍNDICE DE SENSIBILIDADE LITORÂNEA .....	5.1-245
FIGURA 5.1-146 - PERFIL ESQUEMÁTICO DA ESTRATIGRAFIA DOS SEDIMENTOS QUE FORMAM O AQUIFERO PIRANEMA NA ÁREA DOS AREAIS. ....	5.1-249
FIGURA 5.1-147 – VARIAÇÕES DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS AREAIS. FONTE: TUBBS E YOSHINAGA (2005). ....	5.1-250
FIGURA 5.1-148 – VARIAÇÕES DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA PIRANEMA. FONTE: BARBOSA (2005). ....	5.1-251
FIGURA 5.1-149 – MAPA POTENCIOMÉTRICO DA REGIÃO DO AQUIFERO PIRANEMA. FONTE: TUBBS (2005), MODIFICADO A PARTIR DA ELETROBOLT (2003). ....	5.1-252
FIGURA 5.1-150 – RELAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E O RIO GUANDU. FONTE: TUBBS, 2005.....	5.1-253
FIGURA 5.1-151 – PONTO 1 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-152 – PONTO 1 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-153 – PONTO 1 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-154 – PONTO 2 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-155 – PONTO 2 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-156 – PONTO 2 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-257
FIGURA 5.1-157 – PONTO 3 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-158 – PONTO 3 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-159 – PONTO 3 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-160 – PONTO 4 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-161 – PONTO 4 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-162 – PONTO 4 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-258
FIGURA 5.1-163 – PONTO 5 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-259
FIGURA 5.1-164 – PONTO 5 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-259
FIGURA 5.1-165 – PONTO 5 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260
FIGURA 5.1-166 – PONTO 6 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260
FIGURA 5.1-167 – PONTO 6 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260
FIGURA 5.1-168 – PONTO 6 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260

FIGURA 5.1-169 – PONTO 7 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260
FIGURA 5.1-170 – PONTO 7 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-260
FIGURA 5.1-171 – PONTO 8 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-261
FIGURA 5.1-172 – PONTO 8 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-261
FIGURA 5.1-173 – PONTO 8 DE MEDIÇÃO DE RUÍDO DE FUNDO.....	5.1-261
FIGURA 5.1-174 - VALORES MEDIDOS PERÍODO DIURNO E NOTURNO.....	5.1-264
FIGURA 5.1-175 – REPRESENTAÇÃO DO RELEVO DA REGIÃO DO PORTO DE ITAGUAÍ, CONFORME CONSIDERADO AO LONGO DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO.....	5.1-269
FIGURA 5.1-176 – REPRESENTAÇÃO DO RUÍDO ATUAL DO PORTO DE ITAGUAÍ. FONTES SONORAS REPRESENTANDO AS ATIVIDADES DO PORTO, O TRÁFEGO DE VEÍCULOS, DENTRO E FORA DO PORTO, E AS OUTRAS FONTES QUE COMPÕEM O AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL (FONTES NATURAIS E DA COMUNIDADE). PERÍODO DIURNO: 07:00 AS 22:00. ....	5.1-270
FIGURA 5.1-177 – REPRESENTAÇÃO DO RUÍDO ATUAL NOTURNO. FONTES SONORAS REPRESENTANDO AS ATIVIDADES DO PORTO, O TRÁFEGO DE VEÍCULOS, DENTRO E FORA DO PORTO, E AS OUTRAS FONTES QUE COMPÕEM O AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL (FONTES NATURAIS E COMUNIDADE). PERÍODO NOTURNO: 22:00 AS 07:00. ....	5.1-271
FIGURA 5.1-178 – REPRESENTAÇÃO DO RUÍDO DIURNO DA REGIÃO DO PORTO DE ITAGUAÍ APÓS A INSTALAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. FONTES SONORAS REPRESENTANDO AS ATIVIDADES DO ESTALEIRO, O TRÁFEGO DE VEÍCULOS E AS OUTRAS FONTES QUE COMPÕEM O AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL (FONTES NATURAIS E DA COMUNIDADE). PERÍODO DIURNO: 07:00 AS 22:00. ....	5.1-272
FIGURA 5.1-179 – REPRESENTAÇÃO DO RUÍDO NOTURNO NA REGIÃO DO PORTO DE ITAGUAÍ APÓS A INSTALAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. FONTES SONORAS REPRESENTANDO AS ATIVIDADES DO ESTALEIRO, O TRÁFEGO DE VEÍCULOS E AS OUTRAS FONTES QUE COMPÕEM O AMBIENTE ACÚSTICO LOCAL (FONTES NATURAIS E DA COMUNIDADE). PERÍODO DIURNO: 22:00 AS 07:00. ....	5.1-273
FIGURA 5.1-180 – REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO DA INSTALAÇÃO DO EMPREENDIMENTO SOBRE O AMBIENTE ACÚSTICO DA REGIÃO. OS VALORES REPRESENTADOS PELAS CORES SÃO A QUANTIDADE DE DB QUE SE ESPERA AUMENTAR APÓS A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. PERÍODO DIURNO: 07:00 AS 22:00. ....	5.1-274
FIGURA 5.1-181 – REPRESENTAÇÃO DO IMPACTO DA INSTALAÇÃO DO EMPREENDIMENTO SOBRE O AMBIENTE ACÚSTICO DA REGIÃO. OS VALORES REPRESENTADOS PELAS CORES SÃO A QUANTIDADE DE DB QUE SE ESPERA AUMENTAR APÓS A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO. PERÍODO NOTURNO: 07:00 AS 22:00. ....	5.1-275
FIGURA 5.1-182– ESQUEMA ILUSTRATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSAS D'ÁGUA NA BACIA DE SANTOS. FONTE: LEE ET AL.(1991).....	5.1-279
FIGURA 5.1-183 – BAIÁS DE SEPETIBA E DA ILHA GRANDE, COM AS ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS.....	5.1-288
FIGURA 5.1-184 - LOCALIZAÇÃO DOS DADOS DISPONÍVEIS NO BANCO DE DADOS DA MARINHA. EM AZUL SÃO APRESENTADOS LOCAIS DE COLETA DE DADOS DE CORRENTES E EM VERMELHO LOCAIS DE COLETA DE DADOS DE CTD. ....	5.1-290
FIGURA 5.1-185 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES SELECIONADAS PARA ESSE RELATÓRIO.....	5.1-291
FIGURA 5.1-186 - VETORES DE CORRENTE DAS ESTAÇÕES SELECIONADAS.....	5.1-292
FIGURA 5.1-187 - LINHAS BATIMÉTRICAS E DE CONTORNO E PONTOS VETORIZADOS DA CARTA DE 1861.....	5.1-294
FIGURA 5.1-188 - LINHAS BATIMÉTRICAS E DE CONTORNO E PONTOS VETORIZADOS DA CARTA DE 1935.....	5.1-295
FIGURA 5.1-189 - LINHAS BATIMÉTRICAS E DE CONTORNO E PONTOS VETORIZADOS DA CARTA DE 2003.....	5.1-296
FIGURA 5.1-190 – MDT RESULTANTE DOS DADOS DA CARTA NÁUTICA DE 1868. FONTE: SAMPAIO (2009).....	5.1-297

FIGURA 5.1-191 – MDT RESULTANTE DOS DADOS DA CARTA NÁUTICA DE 1935. FONTE: SAMPAIO (2009) .....	5.1-298
FIGURA 5.1-192 – MDT RESULTANTE DOS DADOS DA CARTA NÁUTICA DE 2003. FONTE: SAMPAIO (2009) .....	5.1-299
FIGURA 5.1-193 – MDT DA CARTA NÁUTICA DE 1868 COM EXAGERO VERTICAL (FATOR DE ESCALA 20). FONTE: SAMPAIO (2009) .....	5.1-300
FIGURA 5.1-194 - MDT DA CARTA DE 1861 COM EXAGERO VERTICAL E VISUALIZAÇÃO EM PERSPECTIVA TOMADA DE OESTE PARA LESTE.....	5.1-301
FIGURA 5.1-195 - MDT DA CARTA DE 1935 COM EXAGERO VERTICAL (FATOR DE ESCALA 20).....	5.1-302
FIGURA 5.1-196 - MDT DA CARTA DE 1935 COM EXAGERO VERTICAL E VISUALIZAÇÃO EM PERSPECTIVA TOMADA DE OESTE PARA LESTE.....	5.1-303
FIGURA 5.1-197 - MDT DA CARTA DE 2003 COM EXAGERO VERTICAL (FATOR DE ESCALA 20).....	5.1-304
FIGURA 5.1-198 - MDT DA CARTA DE 2003 COM EXAGERO VERTICAL E VISUALIZAÇÃO EM PERSPECTIVA TOMADA DE OESTE PARA LESTE.FONTE : SAMPAIO, 2009.....	5.1-305
FIGURA 5.1-199 - LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS BATIMÉTRICOS ANALISADOS.....	5.1-307
FIGURA 5.1-200 - PERFIL 1 - BAÍA DA MARAMBAIA 1 – DA ILHA DA MARAMBAIA À ILHA DA POMBEBA. ....	5.1-308
FIGURA 5.1-201 - PERFIL 2 - BAÍA DA MARAMBAIA 2 - DA ILHA DA MARAMBAIA À PONTA DA POMBEBA.....	5.1-309
FIGURA 5.1-202 - PERFIL 3 – ILHA DA MADEIRA – DA ILHA DA MADEIRA À POMBEBA. FONTE : SAMPAIO, 2009...5.1-310	
FIGURA 5.1-203 - PERFIL 4 – FOZ DO CANAL DE SÃO FRANCISCO – DA FOZ DO CANAL DE SÃO FRANCISCO À RESTINGA. FONTE : SAMPAIO, 2009.....	5.1-311
FIGURA 5.1-204 - PERFIL 5 – SEPETIBA – DA ILHA DA PESCARIA A RESTINGA.FONTE : SAMPAIO, 2009.....	5.1-312
FIGURA 5.1-205 - PERFIL 6 – GUARATIBA – DA PONTA GROSSA A RESTINGA.....	5.1-313
FIGURA 5.1-206 - PERFIL 7 – POMBEBA – DA ILHA DA POMBEBA A RESTINGA. FONTE : SAMPAIO, 2009.....	5.1-314
FIGURA 5.1-207 - PERFIL 8 – FOZ DO CANAL DE SÃO FRANCISCO 2 – DA ILHA DOS MARTINS / FOZ DO CANAL DO GUANDU. ....	5.1-315
FIGURA 5.1-208 - PERFIL 9 – SEPETIBA 2 – DE SANTA CRUZ A PONTA GROSSA.....	5.1-316
FIGURA 5.1-209 - PERFIL 10 – RESTINGA DA MARAMBAIA - DO PERNAMBUCO AO CAEX.....	5.1-317
FIGURA 5.1-210 - EROSIÃO DO PONTAL DA POMBEBA. ....	5.1-319
FIGURA 5.1-211 – ÁREA A SER DRAGADA PARA RETIRADA DE LAMA DO FUNDO. ....	5.1-324
FIGURA 5.1-212 - BLOCO DIAGRAMA EM 3D DA ÁREA TOTAL DO EMPREENDIMENTO ANTES E APÓS A DRAGAGEM, VISTA DO CANAL.....	5.1-327
FIGURA 5.1-213 - BLOCO DIAGRAMA EM 3D DA ÁREA TOTAL DO EMPREENDIMENTO ANTES E APÓS A DRAGAGEM, VISTA NORTE .....	5.1-328
FIGURA 5.1-214 - BLOCO DIAGRAMA EM 3D DA ÁREA TOTAL DO EMPREENDIMENTO ANTES E APÓS A DRAGAGEM, VISTA SUL .....	5.1-329
FIGURA 5.1-215 - TIPOS DE DRAGAS MECÂNICAS.....	5.1-331
FIGURA 5.1-216 - DRAGA HIDRÁULICA .....	5.1-333
FIGURA 5.1-217 - DRAGA DE SUÇÃO AUTO-TRANSPORTADORA.....	5.1-333
FIGURA 5.1-218 - PERFIL BATIMÉTRICO COM A PLOTAGEM DE ALGUNS DOS PONTOS ONDE FORAM COLETADAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO. NOTAR OS VALORES DE PROFUNDIDADE APRESENTADOS COM A CORREÇÃO PARA COTA REAL DA DHN E OS	

ESTRATOS DE AGRUPAMENTOS AMOSTRAIS. OS NÚMEROS EM VERMELHO CORRESPONDEM AOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, CUJO MAPA .....5.1-334

FIGURA 5.1-219 - BLOCO DIAGRAMA DO SUBSTRATO DA ÁREA DO EMPREEDIMENTO.....5.1-335

FIGURA 5.1-220 - EQUIPAMENTO DE AMOSTRAGEM PARA INSTALAÇÃO NA Balsa. ....5.1-336

FIGURA 5.1-221 - INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NA Balsa. ....5.1-336

FIGURA 5.1-222 - VISÃO DO PIER ONDE FICAVA A BASE GEORREFERENCIADA DA EQUIPE DE TOPOGRAFIA. ....5.1-336

FIGURA 5.1-223 - VISTA DO PIER PARA A ÁREA DE AMOSTRAGEM. ....5.1-336

FIGURA 5.1-224 - INSTALAÇÃO DA Balsa EM UM PONTO AMOSTRAL.....5.1-337

FIGURA 5.1-225 - TRANSPORTE DA EQUIPE DE TRABALHO. ....5.1-337

FIGURA 5.1-226 - LAVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE UM PONTO AMOSTRAL. ....5.1-337

FIGURA 5.1-227 - REALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM COM ÓTIMAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS PARA EXECUÇÃO DO TRABALHO..5.1-337

FIGURA 5.1-228 - PREPARAÇÃO PARA AMOSTRAGEM. ....5.1-337

FIGURA 5.1-229 - INSTALAÇÃO DE TUBULAÇÃO DE MANOBRA. ....5.1-337

FIGURA 5.1-230 - PESO UTILIZADO PARA INSTALAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE MANOBRA. ....5.1-338

FIGURA 5.1-231 - PROCEDIMENTO DE FIXAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE MANOBRA. ....5.1-338

FIGURA 5.1-232 - LIMPEZA INTERNA E REMOÇÃO DE SEDIMENTO APÓS AMOSTRAGEM DE TOPO COM O OBJETIVO DE AMOSTRAR O MEIO DO PERFIL DE SEDIMENTO.....5.1-338

FIGURA 5.1-233 - PROCEDIMENTO DE LIMPEZA.....5.1-338

FIGURA 5.1-234 - PROCEDIMENTO DE LIMPEZA DA TUBULAÇÃO DE MANOBRA APÓS A REALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM EM UM PONTO.....5.1-338

FIGURA 5.1-235 - AMOSTRA DE TOPO ONDE SE OBSERVA A ARGILA CINZA EXISTENTE NA PORÇÃO SUPERIOR DO LEITO DA ÁREA EM ESTUDO.....5.1-338

FIGURA 5.1-236 - AMOSTRA DE MEIO DE PERFIL DE UM PONTO NA BACIA DE EVOLUÇÃO DO EMPREENDIMENTO ONDE SE OBSERVA A TRANSIÇÃO DE ARGILA ARENOSA PARA AREIA ARGILOSA COM FRAGMENTOS DE CONCHAS.....5.1-339

FIGURA 5.1-237 - AMOSTRA DE FUNDO DO MESMO PONTO COMPOSTA POR AREIA ARGILOSA COM FRAGMENTOS DE CONCHAS. ....5.1-339

FIGURA 5.1-238 - OBTENÇÃO DA AMOSTRA. ....5.1-339

FIGURA 5.1-239 - PROCEDIMENTOS DE ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS. ....5.1-339

FIGURA 5.1-240 - DETALHE DA ARGILA CINZA NO RECIPIENTE APÓS O ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS. ....5.1-339

FIGURA 5.1-241 - RECIPIENTE DE ARMAZENAGEM DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO.....5.1-339

FIGURA 5.1-242 - RECIPIENTES COM AS AMOSTRAS DE TOPO, MEIO E FUNDO DE UM PONTO AMOSTRAL.....5.1-340

FIGURA 5.1-243 - ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS PARA TRANSPORTE ATÉ O LABORATÓRIO.....5.1-340

FIGURA 5.1-244 - DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DE GRÃO.....5.1-343

FIGURA 5.1-245 - DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DE GRÃO.....5.1-343

FIGURA 5.1-246 - DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DE GRÃO.....5.1-344

FIGURA 5.1-247 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO INTERMEDIÁRIO, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....5.1-345

FIGURA 5.1-248 - DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS, NO ESTRATO DE -12,0 M, DE SEDIMENTOS DOS TESTEMUNHOS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO.....	5.1-345
FIGURA 5.1-249 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CÁDMIO NOS SEDIMENTOS ANALISADOS.....	5.1-355
FIGURA 5.1-250 - POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu), DE TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS, PLOTADAS NA SUA COTA REAL DE PROFUNDIDADE (DHN). A MEDIDA QUE A ESPESSURA DE SEDIMENTOS AUMENTA, A CONTAMINAÇÃO TENDE A DIMINUIR. NO ENTANTO, HÁ A OCORRÊNCIA DE QUATRO AMOSTRAS COM POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO ACIMA DO ESTABELECIDO PELA CONAMA N° 344/04.....	5.1-356
FIGURA 5.1-251 - VARIAÇÃO VERTICAL DO COBRE (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 34 MG KG-1 E ESTÁ INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....	5.1-357
FIGURA 5.1-252 - VARIAÇÃO VERTICAL DO COBRE (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 34 MG KG-1 E ESTÁ INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....	5.1-358
FIGURA 5.1-253 - VARIAÇÃO VERTICAL DO COBRE (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 34 MG KG-1 E ESTÁ INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....	5.1-359
FIGURA 5.1-254 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu) NAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS COLETADAS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA. CONTAMINAÇÃO ACENTUADA E PONTUAL NAS ESTAÇÕES 43 (CONTAMINADA) E 48 (ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO).....	5.1-360
FIGURA 5.1-255 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu) 1,5 METRO ABAIXO DA SUPERFÍCIE DO SUBSTRATO, NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA. CONTAMINAÇÃO EXTREMAMENTE ELEVADA NA ESTAÇÃO 11.....	5.1-361
FIGURA 5.1-256 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu) 3,0 METROS ABAIXO DA SUPERFÍCIE DO SUBSTRATO, NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA. ÁREA COM ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO NAS ESTAÇÕES 7 E 2.....	5.1-361
FIGURA 5.1-257 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO ENTRE A SUPERFÍCIE DO SUBSTRATO E A COTA REAL DE -12 METROS (DHN). ÁREA ACIMA DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO (100%), ESPECIALMENTE NO TESTEMUNHO 43 (CONTAMINADA), MOSTRANDO ELEVADA CONTAMINAÇÃO POR COBRE.....	5.1-362
FIGURA 5.1-258 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR COBRE (Cu) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 METROS, NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. ÁREA COM ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, REFERENTE AO TESTEMUNHO 43.....	5.1-363
FIGURA 5.1-259 – POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb), DE TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS, PLOTADAS COM SUAS COTAS REAIS DE PROFUNDIDADE. A GRANDE MAIORIA DAS AMOSTRAS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO ESTÃO COM ATÉ 50% (BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), DEMONSTRANDO CERTA ESTABILIDADE NAS CONCENTRAÇÕES DE Pb NAS AMOSTRAS ANALISADAS. APENAS UMA MOSTROU-SE CONTAMINADA.....	5.1-364
FIGURA 5.1-260 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CHUMBO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 46,4 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....	5.1-365

- FIGURA 5.1-261 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CHUMBO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 46,4 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.  
.....5.1-366
- FIGURA 5.1-262 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CHUMBO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 46,4 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.  
.....5.1-367
- FIGURA 5.1-263 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb) NAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. ÁREA DO TESTEMUNHO 7 COM ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E OS TESTEMUNHOS 25, 28 E 36 COM MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-368
- FIGURA 5.1-264 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO 1,5 METROS ABAIXO DA SUPERFÍCIE DO SUBSTRATO NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. NOTAR POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO ACIMA DE 50% NO TESTEMUNHO 13. ....5.1-369
- FIGURA 5.1-265 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb) NAS AMOSTRAS COLETADAS A 3,0 METROS ABAIXO DO SUBSTRATO. TESTEMUNHO 10 COM ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO ..5.1-370
- FIGURA 5.1-266 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb) NAS AMOSTRAS DO DO ESTRATO INTERMEDIÁRIO ENTRE A SUPERFÍCIE A A COTA REAL DE -12 METROS. OS QUE OS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO SÃO MODERADOS, MAS NÃO HÁ CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO NESTE ESTRATO. ....5.1-371
- FIGURA 5.1-267 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO (Pb) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 M NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. OS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO SÃO BAIXOS, EXCETO PARA O TESTEMUNHO 27. ....5.1-372
- FIGURA 5.1-268 – POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) DE TODAS AS AMOSTRAS PLOTADAS COM SUA COTA REAL DE PROFUNDIDADE. O GRANDE NÚMERO DE AMOSTRAS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO DE ATÉ 75% (MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), DEMONSTRA CERTA ESTABILIDADE NAS CONCENTRAÇÕES DE CR NAS AMOSTRAS ANALISADAS. ....5.1-373
- FIGURA 5.1-269 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CROMO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 81,0 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.  
.....5.1-374
- FIGURA 5.1-270 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CROMO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 81,0 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.  
.....5.1-375
- FIGURA 5.1-271 - VARIAÇÃO VERTICAL DO CROMO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 81,0 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.  
.....5.1-376
- FIGURA 5.1-272 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) NAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. ÁREA DO TESTEMUNHO 8 COM ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E MUITOS TESTEMUNHOS COM MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-377

- FIGURA 5.1-273 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -1,5 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-378
- FIGURA 5.1-274 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -3,0 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-379
- FIGURA 5.1-275 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -6,0 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-380
- FIGURA 5.1-276 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR CROMO (Cr) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-381
- FIGURA 5.1-277 - NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO POR NÍQUEL (Ni). DE TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS, O HORIZONTE DE SUPERFICIAL SE APRESENTA COM O DE MAIOR NÚMERO DE AMOSTRAS COM POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO MODERADO. DE UMA MANEIRA GERAL, HÁ CERTA ESTABILIDADE NOS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO POR Ni NAS AMOSTRAS ANALISADAS. ....5.1-382
- FIGURA 5.1-278 - VARIAÇÃO VERTICAL DO NÍQUEL (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 20,9 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.5.1-383
- FIGURA 5.1-279 - VARIAÇÃO VERTICAL DO NÍQUEL (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 20,9 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA.5.1-384
- FIGURA 5.1-280 - VARIAÇÃO VERTICAL DO NÍQUEL (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 20,9 MG KG-1, INDICADO PELA LINHA VERMELHA. ....5.1-385
- FIGURA 5.1-281 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO POR NÍQUEL (Ni) NAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS COLETADAS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA. NA ÁREA (CINZA ESCURO), OCORREM SEDIMENTOS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO DE 75% A 100% (ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), AINDA MENORES DO QUE O PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04, EXCETO PARA UMA AMOSTRA SUPERFICIAL DO TESTEMUNHO 36 (CONTAMINADA). ....5.1-386
- FIGURA 5.1-282 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR NÍQUEL (Ni) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -1,5 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-387
- FIGURA 5.1-283 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR NÍQUEL (Ni) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -6,0 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. AS TONALIDADES DE CINZA MOSTRAM A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS AMOSTRAS DESTA HORIZONTE, ONDE A MAIORIA DAS AMOSTRAS APRESENTOU BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-388

- FIGURA 5.1-284 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR NIQUEL (Ni) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 M, COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM MODERADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. ....5.1-389
- FIGURA 5.1-285 - NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn), DE TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS NO NÍVEL 3 DA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04. O HORIZONTE SUPERFICIAL APRESENTA-SE COMO O MAIS CONTAMINADO. A GRANDE PARTE DAS AMOSTRAS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO ESTÃO COM ATÉ 100% (BAIXO, MEDIANO E ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), DEMONSTRADO DECRÉSCIMO NAS CONCENTRAÇÕES DE ZN NAS AMOSTRAS ANALISADAS. ....5.1-390
- FIGURA 5.1-286 - NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn), DE TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS NO NÍVEL 4 DA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04. O HORIZONTE SUPERFICIAL APRESENTA-SE COMO O MAIS CONTAMINADO. A GRANDE PARTE DAS AMOSTRAS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO ESTÃO COM ATÉ 85% (ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), DEMONSTRADO DECRÉSCIMO NAS CONCENTRAÇÕES DE ZN NAS AMOSTRAS ANALISADAS. ....5.1-391
- FIGURA 5.1-287 - VARIAÇÃO VERTICAL DO ZINCO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 150,0 MG KG-1, ENQUANTO O NÍVEL 4 TEM COMO LIMITE O VALOR DE 410 MG KG-1 INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....5.1-392
- FIGURA 5.1-288 - VARIAÇÃO VERTICAL DO ZINCO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 150,0 MG KG-1, ENQUANTO O NÍVEL 4 TEM COMO LIMITE O VALOR DE 410 MG KG-1 INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....5.1-393
- FIGURA 5.1-289 - VARIAÇÃO VERTICAL DO ZINCO (MG KG-1) NAS AMOSTRAS ANALISADAS. O NÍVEL 3 DE CONTAMINAÇÃO ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04 É DE 150,0 MG KG-1, ENQUANTO O NÍVEL 4 TEM COMO LIMITE O VALOR DE 410 MG KG-1 INDICADO PELA LINHA VERMELHA.....5.1-394
- FIGURA 5.1-290 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS SUPERFICIAIS COLETADAS NA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA. NA ÁREA (CINZA MAIS CLARO), OCORREM SEDIMENTOS COM NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO DE 0% A 100% (BAIXO, MEDIANO E ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO), AINDA MENORES DO QUE O NÍVEL 4, PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO DO CONAMA N. 344/04, EXCETO PARA QUATRO AMOSTRAS SUPERFICIAIS DOS TESTEMUNHOS 1, 21, 28 E 52 (ALTAMENTE CONTAMINADAS).....5.1-395
- FIGURA 5.1-291 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -0,10 M (SUPERFÍCIE, NÍVEL 4), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. NAS TONALIDADES DE CINZA MUITO CLARO E CLARO SÃO AS AMOSTRAS QUE APRESENTAM-SE COM ALTO, MODERADO E BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, AS DEMAIS SÃO CONTAMINADAS. ....5.1-396
- FIGURA 5.1-292 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -1,5 M (NÍVEL 3), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. NAS TONALIDADES DE CINZA MUITO CLARO E CLARO SÃO AS AMOSTRAS QUE SE APRESENTAM COM ALTO, MODERADO E BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, AS DEMAIS SÃO CONTAMINADAS.....5.1-397
- FIGURA 5.1-293 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -1,5 M (NÍVEL 4), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO PARA AS AMOSTRAS DOS TESTEMUNHOS 1 E 25 (CONTAMINADAS). ....5.1-398

FIGURA 5.1-294 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -3,0 M (NÍVEL 3), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO O TESTEMUNHO 19 (CONTAMINADA). .....	5.1-399
FIGURA 5.1-295 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -3,0 M (NÍVEL 4), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO OS TESTEMUNHOS 19, 14 E 20. ....	5.1-400
FIGURA 5.1-296 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -6,0 M (NÍVEL 3), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO AS AMOSTRAS DOS TESTEMUNHOS 26 E 29 (CONTAMINADAS). ....	5.1-401
FIGURA 5.1-297 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -6,0 M (NÍVEL 4), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM ALTO, MODERADO E BAIXO POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO A AMOSTRA DO TESTEMUNHO 26. ....	5.1-402
FIGURA 5.1-298 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 M (NÍVEL 3), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO A AMOSTRA DO TESTEMUNHO 21 (CONTAMINADA). ....	5.1-403
FIGURA 5.1-299 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO POR ZINCO (Zn) NAS AMOSTRAS DO ESTRATO -12,0 M (NÍVEL 4), COLETADAS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. GRANDE PARTE DOS TESTEMUNHOS COM BAIXO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO, EXCETO A AMOSTRA DO TESTEMUNHO 21 (ALTO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO). ....	5.1-404
FIGURA 5.1-300 – (A) EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE SEDIMENTOS AO LONGO DO SÉCULO XX NA BAIJA DE SEPETIBA E (B) DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO AO LONGO DO GRADIENTE CONTINENTE-MAR. FONTE MARTINS ET AL., 2004 APUD ECOLOGUS. ....	5.1-411
FIGURA 5.1-301 - LOCALIZAÇÃO DO DADOS BATIMÉTRICOS DIGITALIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DAS MALHAS NUMÉRICAS .....	5.1-415
FIGURA 5.1-302 - DETALHE DOS DADOS DIGITALIZADOS NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO. ....	5.1-416
FIGURA 5.1-303 - BATIMETRIA NA MALHA MAIOR .....	5.1-417
FIGURA 5.1-304 - DETALHE DA BATIMETRIA NA MALHA MAIOR. ....	5.1-418
FIGURA 5.1-305 - DETALHES DA BATIMETRIA NA MALHA MAIOR, APRESENTANDO OS CONTORNOS DA MALHA MENOR.....	5.1-420
FIGURA 5.1-306 - BATIMETRIA NA MALHA MENOR. ....	5.1-421
FIGURA 5.1-307 - DETALHE NA ÁREA DO EMPREENDIMENTO .....	5.1-422
FIGURA 5.1-308 - MALHA NUMÉRICA COM O EMPREENDIMENTO INSERIDO.....	5.1-423
FIGURA 5.1-309 - GRÁFICO DE PALITOS APRESENTANDO OS VETORES DE VENTO COM FREQUÊNCIA HORÁRIA DURANTE O ANO DE 2005. ....	5.1-425
FIGURA 5.1-310 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS ESCOLHIDOS PARA ILUSTRAR AS OSCILAÇÕES DE NÍVEL CAUSADAS POR MARÉ .....	5.1-427
FIGURA 5.1-311 – OSCILAÇÃO DE NÍVEL NA PONTA PIRACÃO, MORRO DO AFONSO, PONTA DA MARAMBAIA E PONTA GUARDA .....	5.1-427

FIGURA 5.1-312 – DETALHE DAS OSCILAÇÕES DE NÍVEL MOSTRANDO DIFERENÇAS DE FASE E AMPLITUDE ENTRE O PONTO LOCALIZADO NO INTERIOR DA BAIÁ (PIRACÃO) E OS OUTROS.....	5.1-428
FIGURA 5.1-313 – ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR EM MOMENTO DE MARÉ VAZANTE. EM VERMELHO APARECEM OS NÍVEIS MAIS ALTOS E EM AZUL OS NÍVEIS MAIS BAIXOS. A UNIDADE DE MEDIDA É METRO (M). ....	5.1-429
FIGURA 5.1-314 – DETALHE DAS OSCILAÇÕES DE NÍVEL EM PIRACÃO, CANAL CENTRAL E PARATI. ....	5.1-430
FIGURA 5.1-315 – ELEVAÇÃO E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE SIZÍGIA NO PERÍODO DE ENCHENTE. EM VERMELHO ESTÃO OS NÍVEIS MAIS ALTOS E EM AZUL OS MAIS BAIXOS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO (M).....	5.1-431
FIGURA 5.1-316 – INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE SIZÍGIA NO PERÍODO DE ENCHENTE. EM VERMELHO ESTÃO AS CORRENTES MAIS FORTES E EM AZUL AS MAIS FRACAS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO POR SEGUNDO (M/S).....	5.1-432
FIGURA 5.1-317 – ELEVAÇÃO E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE SIZÍGIA NO PERÍODO DE VAZANTE. EM VERMELHO ESTÃO OS NÍVEIS MAIS ALTOS E EM AZUL OS MAIS BAIXOS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO (M).....	5.1-434
FIGURA 5.1-318 – INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE SIZÍGIA NO PERÍODO DE VAZANTE. EM VERMELHO ESTÃO AS CORRENTES MAIS FORTES E EM AZUL AS MAIS FRACAS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO POR SEGUNDO (M/S).....	5.1-435
FIGURA 5.1-319 – ELEVAÇÃO E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE QUADRATURA NO PERÍODO DE ENCHENTE. EM VERMELHO ESTÃO OS NÍVEIS MAIS ALTOS E EM AZUL OS MAIS BAIXOS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO (M). ....	5.1-436
FIGURA 5.1-320 – INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE QUADRATURA NO PERÍODO DE ENCHENTE. EM VERMELHO ESTÃO AS CORRENTES MAIS FORTES E EM AZUL AS MAIS FRACAS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO POR SEGUNDO (M/S). ....	5.1-437
FIGURA 5.1-321 – ELEVAÇÃO E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE QUADRATURA NO PERÍODO DE VAZANTE. EM VERMELHO ESTÃO OS NÍVEIS MAIS ALTOS E EM AZUL OS MAIS BAIXOS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO (M). ....	5.1-438
FIGURA 5.1-322 – INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ DE SUPERFÍCIE PARA UMA MARÉ DE QUADRATURA NO PERÍODO DE VAZANTE. EM VERMELHO ESTÃO AS CORRENTES MAIS FORTES E EM AZUL AS MAIS FRACAS. A UNIDADE DE MEDIDAS É METRO POR SEGUNDO (M/S). ....	5.1-439
FIGURA 5.1-323 – CIRCULAÇÃO RESIDUAL CALCULADA COMO A MÉDIA MENSAL DAS VELOCIDADES BAROTRÓPICAS (MÉDIAS DA COLUNA D'ÁGUA). ....	5.1-441
FIGURA 5.1-324 – MÁXIMOS E MÍNIMOS DA CIRCULAÇÃO RESIDUAL. EM VERMELHO SÃO APRESENTADOS OS VETORES DE CORRENTE MÁXIMOS E EM AZUL OS MÍNIMOS.....	5.1-441
FIGURA 5.1-325 – LINHAS DE CORRENTES DA CIRCULAÇÃO RESIDUAL DA BAIÁ DE SEPETIBA. EM VERMELHO SÃO APRESENTADOS OS VALORES MÁXIMOS E EM AZUL OS MÍNIMOS. ....	5.1-441
FIGURA 5.1-326 - COMPARAÇÃO ENTRE AS ELEVAÇÕES DE NÍVEL MODELADAS PELO ROMS E OBSERVADAS NA PONTA PIRACÃO, NA BAIÁ DE SEPETIBA.....	5.1-444
FIGURA 5.1-327 - ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR E VETORES DE CORRENTE EM SITUAÇÃO DE VENTO VINDO DE SUL. AS MAIORES ELEVAÇÕES ESTÃO EM COR VERMELHA E AS MENORES EM AZUL.....	5.1-446

FIGURA 5.1-328 - ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR E VETORES DE CORRENTE EM SITUAÇÃO DE VENTO VINDO DE LESTE. AS MAIORES ELEVAÇÕES ESTÃO EM COR VERMELHA E AS MENORES EM AZUL.....	5.1-447
FIGURA 5.1-329 - ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR E VETORES DE CORRENTE EM SITUAÇÃO DE VENTO VINDO DE NOROESTE. AS MAIORES ELEVAÇÕES ESTÃO EM COR VERMELHA E AS MENORES EM AZUL. ....	5.1-448
FIGURA 5.1-330 - SÉRIES TEMPORAIS DE ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR DA ESTAÇÃO PIRACÃO (PAINEL SUPERIOR), COMPONENTE LESTE-OESTE DO VENTO (PAINEL DO MEIO) E COMPONENTE NORTE-SUL (PAINEL INFERIOR). ....	5.1-450
FIGURA 5.1-331 - SÉRIES TEMPORAIS DE ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MAR DA ESTAÇÃO LOCALIZADA PRÓXIMO AO EMPREENDIMENTO (PAINEL SUPERIOR), COMPONENTE LESTE-OESTE DO VENTO (PAINEL DO MEIO) E COMPONENTE NORTE-SUL (PAINEL INFERIOR).....	5.1-451
FIGURA 5.1-332 - CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE VENTO VINDO DE SUL.....	5.1-452
FIGURA 5.1-333 - CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE VENTO VINDO DE LESTE. ....	5.1-453
FIGURA 5.1-334 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ ENCHENTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-455
FIGURA 5.1-335 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ VAZANTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-456
FIGURA 5.1-336 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE MÉDIAS, REPRESENTANDO AS CORRENTES RESIDUAIS DE VÁRIOS CICLOS DE MARÉ. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-457
FIGURA 5.1-337 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ ENCHENTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-459
FIGURA 5.1-338 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ VAZANTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-460
FIGURA 5.1-339 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE MÉDIAS, REPRESENTANDO AS CORRENTES RESIDUAIS DE VÁRIOS CICLOS DE MARÉ. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES), E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-461
FIGURA 5.1-340 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ ENCHENTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES) E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-463
FIGURA 5.1-341 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE EM SITUAÇÃO DE MARÉ VAZANTE. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES) E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-464
FIGURA 5.1-342 - INTENSIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE MÉDIAS, REPRESENTANDO AS CORRENTES RESIDUAIS DE VÁRIOS CICLOS DE MARÉ. AS CORES REPRESENTAM A INTENSIDADE DA CORRENTE (EM VERMELHO AS CORRENTES MAIS FORTES) E OS VETORES REPRESENTAM A DIREÇÃO.....	5.1-465

FIGURA 5.1-343 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES OBSERVADAS NO CENÁRIO II E O CENÁRIO I (CONTROLE) EM MOMENTO DE CORRENTES DE ENCHENTE.....	5.1-467
FIGURA 5.1-344 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES OBSERVADAS NO CENÁRIO II E O CENÁRIO I (CONTROLE) EM MOMENTO DE CORRENTES DE VAZANTE. ....	5.1-468
FIGURA 5.1-345 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES MÉDIAS OBSERVADAS NO CENÁRIO II E O CENÁRIO I (CONTROLE). ....	5.1-469
FIGURA 5.1-346 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES OBSERVADAS NO CENÁRIO III E O CENÁRIO I (CONTROLE) EM MOMENTO DE CORRENTES DE ENCHENTE.....	5.1-471
FIGURA 5.1-347 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES OBSERVADAS NO CENÁRIO III E O CENÁRIO I (CONTROLE) EM MOMENTO DE CORRENTES DE VAZANTE. ....	5.1-472
FIGURA 5.1-348 - DIFERENÇA ENTRE AS CORRENTES MÉDIAS OBSERVADAS NO CENÁRIO III E O CENÁRIO I (CONTROLE). ...	5.1-473
FIGURA 5.1-349 - PADRÕES DE EROÇÃO E DEPOSIÇÃO NO CENÁRIO I (CONTROLE). EM VERMELHO APARECEM AS ÁREAS ONDE DEVE OCORRER EROÇÃO E EM AZUL DEPOSIÇÃO.....	5.1-475
FIGURA 5.1-350 - PADRÕES DE EROÇÃO E DEPOSIÇÃO NO CENÁRIO II. EM VERMELHO APARECEM AS ÁREAS ONDE DEVE OCORRER EROÇÃO E EM AZUL DEPOSIÇÃO. ....	5.1-476
FIGURA 5.1-351 - PADRÕES DE EROÇÃO E DEPOSIÇÃO NO CENÁRIO III. EM VERMELHO APARECEM AS ÁREAS ONDE DEVE OCORRER EROÇÃO E EM AZUL DEPOSIÇÃO. ....	5.1-477
FIGURA 5.1-352 - REPRESENTAÇÃO DO DOMÍNIO DAS TRÊS GRADES COM A BATIMETRIA INTERPOLADA PARA A GRADE A..	5.1-482
FIGURA 5.1-353 - ALTURA SIGNIFICATIVA EM METROS (M) PARA O EXPERIMENTO 1 - GRADE A.....	5.1-484
FIGURA 5.1-354 - Hs PARA O EXPERIMENTO 1 - GRADE B. ....	5.1-485
FIGURA 5.1-355 - Tp EM SEGUNDOS (s) PARA O EXPERIMENTO 1 – GRADE B. ....	5.1-486
FIGURA 5.1-356 - Hs PARA O EXPERIMENTO 1 - GRADE C1. ....	5.1-488
FIGURA 5.1-357 - Tp PARA O EXPERIMENTO 1 – GRADE C1.....	5.1-489
FIGURA 5.1-358 - Hs PARA O EXPERIMENTO 1 – GRADE C2.....	5.1-490
FIGURA 5.1-359 - Tp PARA O EXPERIMENTO 1 – GRADE C2.....	5.1-491
FIGURA 5.1-360 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE Hs ENTRE A GRADE C1 E C2 – EXPERIMENTO 1.....	5.1-492
FIGURA 5.1-361 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE Tp ENTRE A GRADE C1 E C2 – EXPERIMENTO 1.....	5.1-493
FIGURA 5.1-362 - Hs PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE A. ....	5.1-495
FIGURA 5.1-363 - Hs PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE B.....	5.1-496
FIGURA 5.1-364 - Tp PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE B.....	5.1-497
FIGURA 5.1-365 - Hs PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C1.....	5.1-498
FIGURA 5.1-366 - Tp PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C1.....	5.1-499
FIGURA 5.1-367 - Hs PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C2.....	5.1-500
FIGURA 5.1-368 - Tp PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C2.....	5.1-501
FIGURA 5.1-369 - Hs PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C3.....	5.1-502
FIGURA 5.1-370 - Tp PARA O EXPERIMENTO 2 – GRADE C3.....	5.1-503
FIGURA 5.1-371 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE Hs ENTRE A GRADE C1 E C2 – EXPERIMENTO 2.....	5.1-504



FIGURA 5.1-372 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE TP ENTRE A GRADE C1 E C2 – EXPERIMENTO 2.....	5.1-505
FIGURA 5.1-373 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE HS ENTRE A GRADE C1 E C3 – EXPERIMENTO 2.....	5.1-506
FIGURA 5.1-374 - DIFERENÇA DA DISTRIBUIÇÃO DE TP ENTRE A GRADE C1 E C3 – EXPERIMENTO 2.....	5.1-507
FIGURA 5.1-375 – CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO EM MG/L MOSTRANDO A PLUMA DE DRAGAGEM NO MOMENTO INICIAL .....	5.1-508
FIGURA 5.1-376 – CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO EM MG/L MOSTRANDO A PLUMA DE DRAGAGEM EM MOMENTO DE CORRENTES DE ENCHENTE.....	5.1-509
FIGURA 5.1-377 - CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO EM MG/L MOSTRANDO A PLUMA DE DRAGAGEM EM MOMENTO DE CORRENTES DE VAZANTE.....	5.1-509

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 5.1-1 – GEOLOGIA REGIONAL.....	5.1-60
MAPA 5.1-2 – GEOLOGIA (AID DO MEIO FÍSICO).....	5.1-64
MAPA 5.1-3 – GEOLOGIA (ILHA DA MADEIRA).....	5.1-66
MAPA 5.1-4 – CLASSE DE SOLOS DA AII.....	5.1-107
MAPA 5.1-5 – CLASSE DE SOLOS AID.....	5.1-108
MAPA 5.1-6 – GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (ILHA DA MADEIRA).....	5.1-124
MAPA 5.1-7 – GEOMORFOLOGIA (FORMAS DE RELEVO).....	5.1-153
MAPA 5.1-8 - GEOMORFOLOGIA (DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS).....	5.1-159
MAPA 5.1-9 – GEOMORFOLOGIA (DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS).....	5.1-161
MAPA 5.1-10 – GEOMORFOLOGIA (AID DO MEIO FÍSICO).....	5.1-165
MAPA 5.1-11 – GEOMORFOLOGIA (ILHA DA MADEIRA).....	5.1-166
MAPA 5.1-12 - PLANTA TOPOGRÁFICA ARTICULAÇÃO 1.....	5.1-173
MAPA 5.1-13 – PLANTA TOPOGRÁFICA ARTICULAÇÃO 2.....	5.1-174
MAPA 5.1-14 – PLANIALTIMETRIA ÁREA SUL ARTICULAÇÃO 1.....	5.1-175
MAPA 5.1-15 – PLANIALTIMETRIA ÁREA SUL ARTICULAÇÃO 2.....	5.1-176
MAPA 5.1-16 - PLANIALTIMETRIA ÁREA SUL ARTICULAÇÃO 3.....	5.1-177
MAPA 5.1-17 - PLANIALTIMETRIA ÁREA SUL ARTICULAÇÃO 4.....	5.1-178
MAPA 5.1-18 - PLANIALTIMETRIA ÁREA NORTE ARTICULAÇÃO 1.....	5.1-179
MAPA 5.1-19 - PLANIALTIMETRIA ÁREA NORTE ARTICULAÇÃO 2.....	5.1-180
MAPA 5.1-20 - PLANIALTIMETRIA ÁREA NORTE ARTICULAÇÃO 3.....	5.1-181
MAPA 5.1-21 - PLANIALTIMETRIA ÁREA NORTE ARTICULAÇÃO 4.....	5.1-182
MAPA 5.1-22 – MAPA DE DECLIVIDADE.....	5.1-183
MAPA 5.1-23 – GEOMORFOLOGIA DE SEGMENTO DE RELEVO.....	5.1-184
MAPA 5.1-24 – SISTEMA HIDROGRÁFICO.....	5.1-189
MAPA 5.1-25 – PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA.....	5.1-199
MAPA 5.1-26 – BATIMETRIA E MALHA AMOSTRAL PARA SONDAGEM.....	5.1-323
MAPA 5.1-27 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA A SER DRAGADA.....	5.1-326
MAPA 5.1-28 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE DESCARTE DO MATERIAL DRAGADO.....	5.1-410



## INDICE DE QUADROS

QUADRO 5.1-1 - UNIDADE MORFOESCULTURAL DOS MACIÇOS COSTEIROS E INTERIORES. FONTE: CPRM 2001. ....	5.1-154
QUADRO 5.1-2 - SÍNTESE DOS DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA NA UNIDADE MORFOESTRUTURAL CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO. FONTE: CPRM 2001.....	5.1-155
QUADRO 5.1-3 - SÍNTESE DOS DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA - UNIDADE MORFOESTRUTURAL BACIAS SEDIMENTARES CENOZOICAS. FONTE: CPRM 2001. ....	5.1-155
QUADRO 5.1-4 - DOMÍNIOS E UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (SILVA, 2002), EM DESTAQUE AS UNIDADES PRESENTES NA ÁREA DA BACIA DE SEPETIBA. ....	5.1-158
QUADRO 5.1-5 - QUANTIDADE DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR UNIDADES DE PLANEJAMENTO DA MACRORREGIÃO AMBIENTAL 2: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA, SEGUNDO SEMADS (2001).....	5.1-187
QUADRO 5.1-6 - POPULAÇÃO, CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO + ÁGUA DE INFILTRAÇÃO E CARGA ORGÂNICA PARA A BACIA HIDROGRÁFICA CONTRIBUINTE DA BAÍA DE SEPETIBA PARA O ANO DE 2000 E PROJEÇÕES PARA OS ANOS DE 2010 E 2020. ....	5.1-203
QUADRO 5.1-7 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOS CORPOS HÍDRICOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA 357/05. ....	5.1-206
QUADRO 5.1-8 - MEDIANA DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS DA SUB-BACIA DO RIO GUANDU. .....	5.1-207
QUADRO 5.1-9 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NAS ESTAÇÕES DOS RIOS DA SUB-BACIA DO RIO GUANDU. ....	5.1-209
QUADRO 5.1-10 - LIMITES DE METAIS EM ÁGUAS NATURAIS SEGUNDO A RES. CONAMA 357/05. ....	5.1-211
QUADRO 5.1-11 - MEDIANA DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS RIOS DA BAIXADA DA BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA.....	5.1-211
QUADRO 5.1-12 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NAS ESTAÇÕES DOS RIOS DA BAIXADA DA BACIA DA BAÍA DE SEPETIBA. .....	5.1-213
QUADRO 5.1-13 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS UTILIZADOS (GREEN BRASIL).....	5.1-224
QUADRO 14 - ESQUEMA DE CORES PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÍNDICE DE SENSIBILIDADE DO LITORAL (ISL).....	5.1-243
QUADRO 5.1-15 - DESCRIÇÃO DAS CARTAS NÁUTICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE .....	5.1-293
QUADRO 5.1-16 – TAXA DE SEDIMENTAÇÃO EM DIFERENTES ÁREAS ESTUARIANAS DO LITORAL BRASILEIRO FONTE MARTINS ET AL., 2004 APUD ECOLOGUS.....	5.1-411



## INDICE DE TABELAS

TABELA 5.1-1- LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.....	5.1-1
TABELA 5.1-2 - ÍNDICE DE INDISPONIBILIDADE DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008. 5.1-33	5.1-33
TABELA 5.1-3 - ÍNDICE DE NÃO DISPONIBILIDADE POR SENSOR DURANTE A OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008 (52.608 HORAS TOTAL PREVISTO).....	5.1-33
TABELA 5.1-4 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA MENSAL (hPa) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-35
TABELA 5.1-5 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA (hPa) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-36
TABELA 5.1-6 - TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA DAS MÁXIMAS, MÉDIA, MÉDIA DAS MÍNIMAS E MÍNIMA MENSAL (C) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-37
TABELA 5.1-7 - TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA (C) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-38
TABELA 5.1-8 - UMIDADE RELATIVA MÁXIMA, MÉDIA E MÉDIA DAS MÍNIMAS MENSAL (%) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-39
TABELA 5.1-9 - UMIDADE RELATIVA MÉDIA EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA (%) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-40
TABELA 5.1-10 - DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL TOTAL (MM) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-41
TABELA 5.1-11 - VELOCIDADE DO VENTO MÉDIA HORÁRIA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA MENSAL (M/S) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-42
TABELA 5.1-12 - VELOCIDADE DO VENTO MÁXIMA, MÉDIA E CALMARIA EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA (M/S) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-43
TABELA 5.1-13 - VELOCIDADE DE RAJADA MÁXIMA EM FUNÇÃO DA HORA DO DIA (M/S) NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA MARAMBAIA. PERÍODO 2003 A 2008.....	5.1-44
TABELA 5.1-14 - RELAÇÃO DOS PERFIS DE GEORRADAR COM ANTENA DE 250 MHZ.....	5.1-136
TABELA 5.1-15 - RELAÇÃO DOS PERFIS DE GEORRADAR COM ANTENA DE 100 MHZ.....	5.1-136
TABELA 5.1-16- UNIDADES MAPEADAS QUE MORFOLOGICAMENTE OU FUNCIONALMENTE NÃO PODEM SER CARACTERIZADAS COMO BACIAS DE DRENAGEM.....	5.1-193
TABELA 5.1-17 - PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA DE DRENAGEM (SEGUNDO FLORENZANO, 2008).....	5.1-194
TABELA 5.1-18 - DENSIDADE DE DRENAGEM POR BACIA DELIMITADA.....	5.1-195
TABELA 5.1-19 - PONTOS DE COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE AMOSTRAS.....	5.1-217
TABELA 5.1-20 - PONTOS DE COLETA NA BAÍA DE SEPETIBA.....	5.1-226
TABELA 5.1-21- PONTOS DE MEDIÇÃO.....	5.1-256
TABELA 5.1-22 - VALORES MEDIDOS – RUIDO AMBIENTE NO PERÍODO DIURNO.....	5.1-262
TABELA 5.1-23 - COMENTÁRIOS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO DIURNO.....	5.1-263



TABELA 5.1-24 - VALORES MEDIDOS – RUÍDO AMBIENTE NO PERÍODO NOTURNO.....	5.1-263
TABELA 5.1-25 - COMENTÁRIOS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO NOTURNO .....	5.1-264
TABELA 5.1-26 - NCA PARA AMBIENTES EXTERNOS, EM DB(A), SEGUNDO A NORMA NBR 10151:2000.....	5.1-265
TABELA 5.1-27 – AMPLITUDES (CM) E FASE (GRAUS) DAS PRINCIPAIS COMPONENTES DE MARÉ E QUATRO PONTOS DAS BAÍAS DE SEPETIBA E DA ILHA GRANDE. FONTE: CALIL (2005) .....	5.1-287
TABELA 5.1-28 - VOLUME DE DRAGAGEM .....	5.1-325
TABELA 5.1-29 - TIPOS DE DRAGAS.....	5.1-330
TABELA 5.1-30 - MÉTODOS ANALÍTICOS EMPREGADOS NO ESTUDO DOS SEDIMENTOS.....	5.1-340
TABELA 5.1-31 - NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO.....	5.1-341
TABELA 5.1-32 – RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL, NITROGÊNIO KJELDAHL E FÓFORO TOTAL.....	5.1-346
TABELA 5.1-33 – RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE METAIS. ....	5.1-351
TABELA 5.1-32 -DIFERENÇA EM METROS ENTRE AS AMPLITUDES DAS CONSTITUINTES DE MARÉ MODELADAS E AS OBSERVADAS PELA FEMAR (MODELO - FEMAR).....	5.1-444
TABELA 5.1-33 - CENÁRIOS .....	5.1-454
TABELA 5.1-34 - CARACTERÍSTICAS DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS. ....	5.1-480
TABELA 5.1-35 – CARACTERÍSTICAS DAS GRADES COMPUTACIONAIS.....	5.1-481

## 5.1 MEIO FÍSICO

### 5.1.1 METODOLOGIA APLICADA

#### 5.1.1.1 Metodologia Aplicada a Caracterização do Clima e das Condições Meteorológicas

Este estudo fornece uma descrição da meteorologia e da climatologia da área do Estaleiro e Base Naval (EBN) e de áreas circunvizinhas. A área do empreendimento está localizada na costa leste da América do Sul, na latitude 22,92° S, longitude 43,84° W e altitude ao nível do solo, logo acima do Trópico de Capricórnio.

Os dados meteorológicos e as informações climatológicas apresentadas nesta seção foram obtidos a partir de estações meteorológicas em torno da área apresentadas na Tabela 5.1-1 e na Figura 5.1-1, além de notas técnicas publicadas na literatura especializada.

Neste estudo não estiveram disponíveis dados meteorológicos do local, uma vez que o mesmo ainda não conta com a operação de uma torre meteorológica. Este sistema deverá futuramente ser instalado de modo a atender às exigências da norma CNEN-NE 1.22 (1989).

**Tabela 5.1-1- Localização das estações meteorológicas.**

Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Período
Rio de Janeiro	22,88 S	43,18 W	11 m	1931-1960 1961-1990
Santa Cruz	22,00 S	43,00 W	-	1960-1990
Seropédica	22,80 S	43,68 W	33 m	1961-1990
Angra dos Reis	23,04 S	44,19 W	-	1960-1990
CNAAA, Angra dos Reis	23,00 S	44,27 W	40 m	2003-2008
Marambaia	23,05 S	43,60 W	10 m	2003-2008



**Figura 5.1-1 - Distribuição das estações meteorológicas utilizadas para identificar as características climatológicas em torno da região do empreendimento (indicado por Base Naval).**

### **5.1.1.2 Metodologia Aplicada ao Mapeamento Geológico**

Foram utilizados métodos clássicos de levantamento de dados geológico-estruturais, com descrição de afloramentos e medição da orientação das estruturas com auxílio de bússola. As medidas foram representadas no formato rumo do mergulho/mergulho (medidas CLAR). Na Ilha da Madeira foram separadas as famílias de fraturas, caracterizando-se a sua geometria e morfologia.

No mapeamento de falhas (estruturas geológicas com movimento relativo entre dois blocos) foram medidas também as estrias (dados pareados) e determinado o sentido de movimento, para caracterização de sua cinemática e determinação dos campos de paleotensões que as originou. Neste caso foi utilizado o método de Angelier & Mechler (1977). No caso das falhas estarem relacionadas à atividade neotectônica (entendida como atividade tectônica neogênica e/ou do Quaternário), foi realizada uma análise dinâmica, buscando caracterizar sua gênese e relação com outras feições estruturais regionais.

Os dados geológico-estruturais foram georreferenciados para geração de mapa em meio digital. A sismicidade foi analisada geograficamente tanto a partir de dados históricos como dos registros disponíveis de estações sismográficas.

Para caracterização dos lineamentos estruturais utilizou-se a classificação de O'Leary *et al.* (1976), segundo a qual os lineamentos estruturais constituem feições lineares a curvilíneas que podem ser cartografadas em superfície e que diferem dos padrões das feições adjacentes, indicando prováveis estruturas geológicas subjacentes. Para a realização da interpretação foram elaborados modelos digitais de terreno (MDT) a partir de cartografia topográfica, geológica e imagens de radar, das quais foram extraídos dados xyz (resolução 90 metros). A rugosidade do terreno permite, mediante análise do controle morfoestrutural, inferir a localização das principais estruturas regionais. (Salvador & Riccomini, 1995).

### **5.1.1.3 Metodologia Aplicada a Geomorfologia, Pedologia e Recursos Hídricos**

A metodologia aplicada foi a de integração de informações geomorfológicas, hídricas e pedológicas acerca da dinâmica do geossistema ambiental bacia da baía de Sepetiba e, mais especificamente, da bacia do rio Mazomba e Ilha da Madeira. Configura-se numa abordagem multidisciplinar por meio da compilação e análise de dados, resultantes de estudos pré-existentes, locais e regionais, relacionados à geomorfologia, recursos hídricos e pedologia, ao qual foram somadas pesquisas iconográficas e cartográficas para uma avaliação espaço-temporal, e trabalhos de campo para reconhecimento e observação das paisagens e feições detalhadas.

As atividades seguiram as etapas descritas a seguir:

- Trabalho em gabinete: envolveu atividades voltadas para o levantamento de dados (bibliografia temática, metodológica e conceitual; iconografia e cartografia) para as diversas áreas de influência. A pesquisa iconográfica (fotografias, aerofotografias e imagens de satélite) e cartográfica (mapas, cartas topográficas e temáticas) é de fundamental importância para fornecer bases que subsidiem a avaliação espaço-temporal em escala histórica;
- Trabalhos de campo: permitiram o reconhecimento da área e a identificação das feições relatadas e definição de pontos de coleta de água para análises laboratoriais.

## 5.1.2 CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

### 5.1.2.1 Clima Geral

O Estado do Rio de Janeiro, com cerca de 40 mil quilômetros quadrados, embora se situe na orla litorânea da costa leste do território brasileiro, apresenta diferentes padrões climáticos. A topografia é bastante acidentada na parte sul do estado devido a presença da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira com elevações que podem variar entre 200 a 800 metros a apenas poucas centenas de metros da costa. Elevações superiores a 2000 metros podem ser observadas nas regiões mais serranas. A Figura 5.1-2 apresenta a distribuição topográfica do estado do Rio de Janeiro.

A disposição das Serras do Mar e da Mantiqueira apresenta-se quase perpendicular ao escoamento médio da baixa troposfera, que associado às perturbações extratropicais, provoca um aumento considerável da precipitação a barlavento das montanhas, quando comparado com as mesmas situações atmosféricas nas regiões do Vale do Paraíba e da baixada litorânea.

#### 5.1.2.1.1 Climatologia Regional

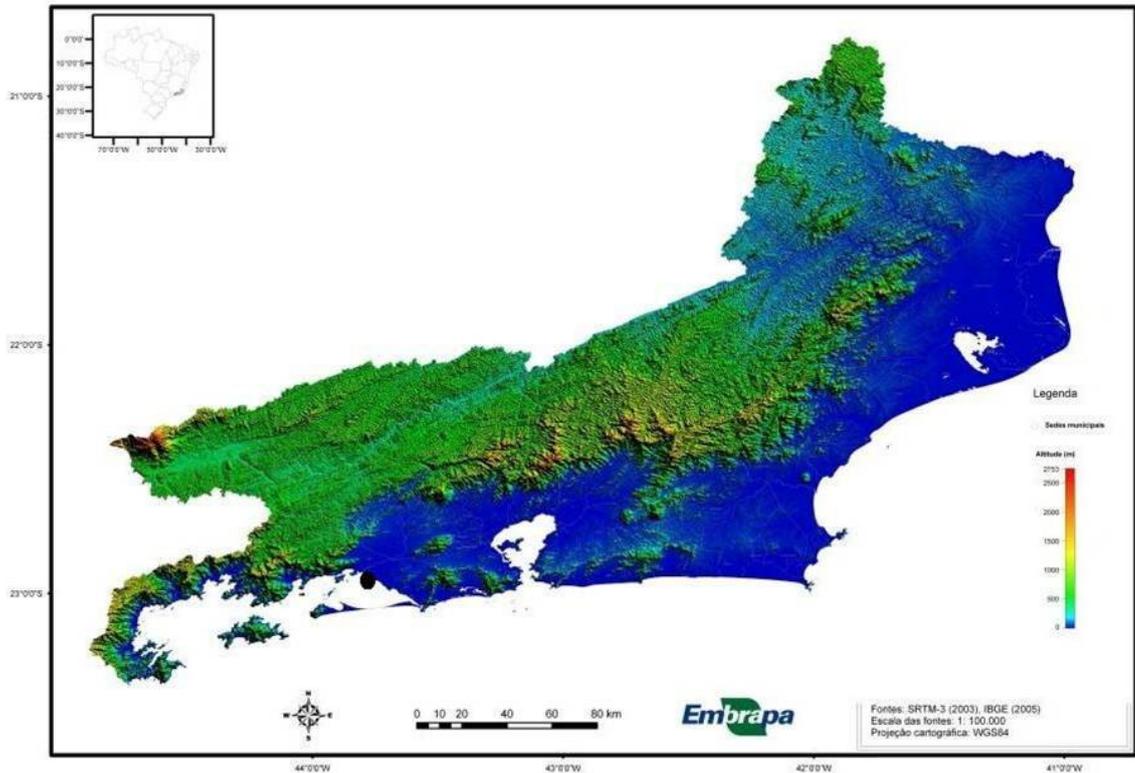
A área do empreendimento está localizada na costa do Atlântico Sul, na região do município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro, possuindo a Serra do Mar no sentido SW-NE e a baía de Sepetiba no sentido W-L como principais estruturas morfológicas capazes de influenciar localmente o padrão de circulação atmosférica da região.

As características típicas desta região incluem elevado número de horas de insolação, chuva freqüente, altos valores de umidade relativa, velocidades do vento de intensidade baixa a moderada, e intensas tempestades de verão. Os verões são bastante quentes e os invernos apresentam temperaturas amenas.

Os extremos meteorológicos nesta área resultam da interação dos efeitos da passagem de sistemas sinóticos de grande escala provenientes das zonas temperadas mais ao sul do Brasil ou devido à grande atividade convectiva local.

As maiores diferenças entre a estação de inverno (Junho, Julho e Agosto) e o verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) são as temperaturas e a quantidade de precipitação com as temperaturas máximas e as precipitações mais intensas ocorrendo durante o verão.

Os períodos de verão são longos, quentes e úmidos com pequena variação diária. No inverno existem freqüentes trocas entre as massas de ar mais aquecidas do Oceano Atlântico e o ar continental seco e frio.



**Figura 5.1-2 - Mapa de topografia do Estado do Rio de Janeiro em torno da região do empreendimento (indicado por um ponto circular).**

**Fonte: EMBRAPA, 2005**

Temperaturas de congelamento raramente são observadas nesta região litorânea. A precipitação ocorre completamente na forma de chuva. No verão quase toda precipitação é devida a tempestades originadas por a convecção local, e que ocorrem principalmente no período da tarde. As chuvas nos meses de inverno são provocadas principalmente devido à passagem de sistemas frontais já enfraquecidos durante a sua passagem pelo continente.

#### 5.1.2.1.1.1 Tipos de Massas de Ar

Segundo Dereczynski (*et al*, 2009), o estado do Rio de Janeiro permanece sob a influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) na maior parte do tempo. Tal sistema é responsável pelas condições de céu claro ou com pouca nebulosidade e ventos de direção nordeste de fraca intensidade que predominam no nordeste do

Estado. Esta situação de estabilidade sobre o estado é interrompida pela chegada de sistemas transientes, tais como: sistemas frontais (SFs), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) e outros sistemas que promovem o aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e a intensificação dos ventos.

Em especial, durante os meses de novembro a março é comum o estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que se caracteriza por uma banda de nebulosidade convectiva, estendendo-se em geral desde a Amazônia, até o Oceano Atlântico, numa direção NW-SE. Este sistema é típico dos meses de verão, quando a convecção tropical mais acentuada contribui para a geração e manutenção do fenômeno.

Sobre o estado do Rio de Janeiro, no inverno e na primavera verifica-se, em média, a passagem de quatro sistemas frontais por mês, ou seja, aproximadamente um por semana. No verão e outono ocorre uma pequena redução em sua frequência, observando-se em torno de três sistemas frontais por mês. Apesar da menor frequência de sistemas frontais atingindo a banda latitudinal entre 25° e 20° S durante o verão, nesta estação todos os sistemas conseguem organizar a convecção no interior do continente, enquanto no inverno, dos quatro sistemas apenas um organiza a convecção.

De fato, a trajetória dos sistemas frontais sobre a América do Sul segue dois padrões bastante distintos ao longo do ano. A trajetória de verão é mais lenta e caracterizada por maior atividade convectiva devido às complexas interações entre os sistemas transientes de escala sinótica e os sistemas quase estacionários como a Alta da Bolívia e a ZCAS. No inverno, os sistemas frontais deslocam-se mais rapidamente, em trajetórias mais zonais e não conseguem penetrar no interior do continente. Tais sistemas não induzem apreciável atividade convectiva sobre o Brasil central e o sudeste do Brasil, mas ocasionalmente, provocam forte queda de temperatura, em tais regiões.

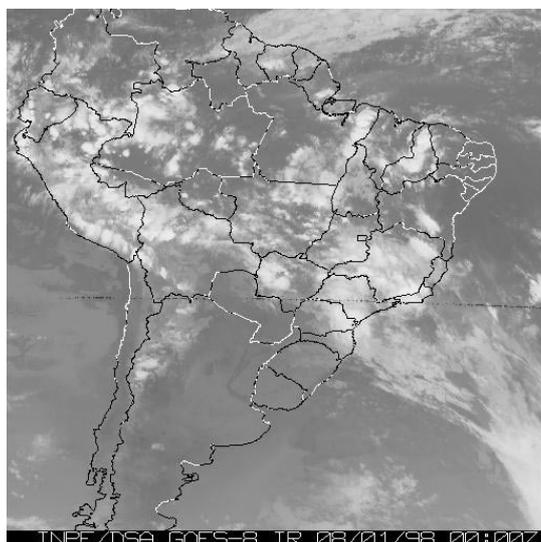
Exemplos de casos de SF, ZCAS, SCM e CM são ilustrados na Figura 5.1-3, através da nebulosidade característica de tais sistemas nas imagens do satélite GOES-8, canal infravermelho (Dereczynski, *op. cit.*).

Os sistemas frontais são identificados numa imagem de satélite, por suas bandas distintivas de nebulosidade tipicamente de grande desenvolvimento vertical ocorrendo ao longo de todo o ano (Figura 5.1-3a).

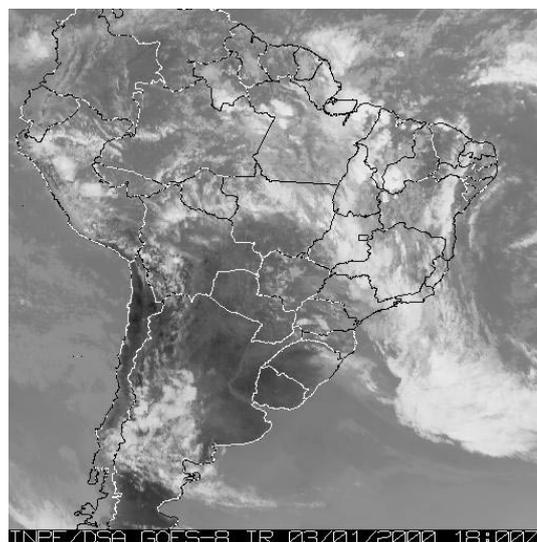
A ZCAS é visível em imagens de satélite durante o verão como uma faixa persistente de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, estendendo-se do sul da Amazônia até o Atlântico (Figura 5.1-3b).

Os SCMs podem ser identificados nas imagens de satélite como agrupamentos de nuvens cumulonimbus, que adquirem certa organização, sendo as linhas de instabilidade os tipos mais comuns de tempestades multicelulares. Ressalta-se que a forma alongada na qual nuvens cúmulos se desenvolvem e se deslocam, podendo resultar em chuvas intensas e localizadas, principalmente na época de verão do hemisfério sul, geralmente associadas à sistemas frontais (Figura 5.1-3c).

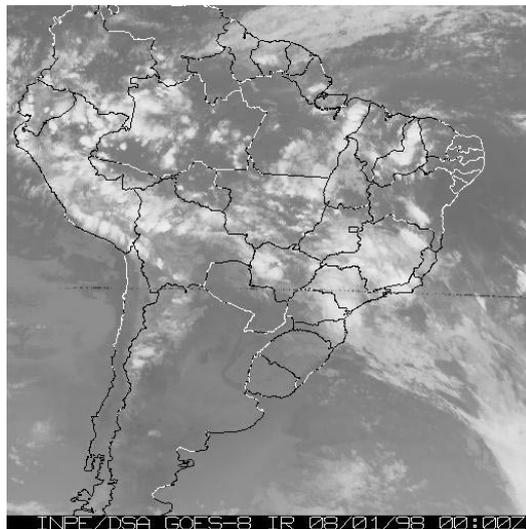
Os casos de precipitação provocada por efeito de circulação marítima são considerados, quando ocorre chuva fraca de origem estratiforme, devido ao transporte de umidade do oceano para o litoral, a partir da intensificação da brisa marítima. Em tais ocasiões predominam ventos de quadrante sul, convergência de umidade e fraco movimento ascendente sobre a região (Figura 5.1-3d).



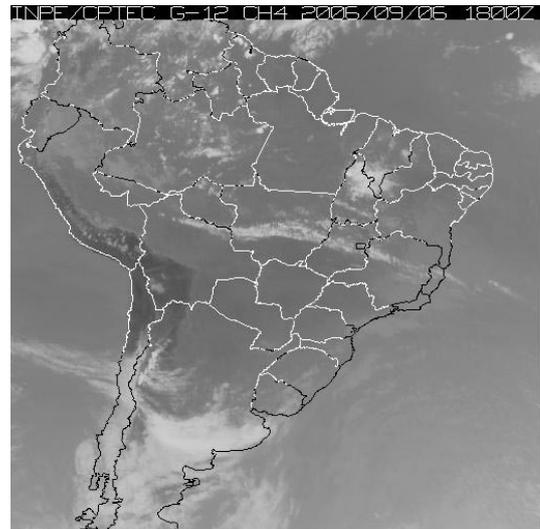
(a) SF – 08/01/98 – 00Z



(b) ZCAS – 03/01/2000 – 18Z



(c) SCM – 30/01/1997 – 18 Z



(d) CM – 06/09/2006 – 18 Z

**Figura 5.1-3 - Principais sistemas sinóticos que atuam sobre o continente sul-americano.**

#### 5.1.2.1.2 Padrões Sinóticos Regionais

Como apresentado no item 5.1.2.1.1.1, a região sudeste do Brasil é fortemente afetada por vários sistemas sinóticos (frentes frias, linhas de instabilidade), por fatores associados à circulação de grande escala, e algumas circulações locais da América do Sul. Os sistemas frontais provenientes da região andina e da Patagônia estão entre as perturbações atmosféricas mais importantes para a caracterização dos índices pluviométricos e mudanças de temperatura em quase todo o país.

Na maior parte das vezes, os sistemas frontais originam-se a partir de ondas baroclínicas em latitudes médias, com escala espacial da ordem de 3.000 km, acopladas aos ventos de oeste daquelas latitudes. Os vórtices ciclônicos de altos níveis são sistemas sinóticos que atuam na região sudeste do Brasil, provenientes do oceano Atlântico.

Quando estes sistemas sinóticos adentram o continente, ocorrem normalmente precipitações nos setores leste e nordeste dos vórtices. Antes de sua penetração no continente, onde costuma apresentar maior nebulosidade, o vórtice é facilmente detectado através de uma imagem de satélite no canal espectral do vapor de água.

A presença de ventos fortes em altos níveis da atmosfera caracteriza a corrente de jato subtropical, muitas vezes, responsável pelo desenvolvimento ou intensificação da atividade convectiva na região sudeste do Brasil. Nesta região também é observada a ocorrência de estruturas em forma de vírgula invertida, sendo que estes sistemas

ocorrem frequentemente durante as estações de transição (outono e primavera), produzindo chuva intensa e de curta duração.

Outro sistema sinótico bastante comum na região sudeste, principalmente durante o período de inverno, é a presença de um centro de alta pressão, conhecido como alta de bloqueio, a qual impede a propagação dos sistemas frontais sobre esta região. Neste tipo de situação atmosférica podem ocorrer condições desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera em regiões sob influência da alta pressão.

O Departamento de História e Geográfica da Universidade de São Paulo apresenta um estudo climatológico sobre a evolução temporal das cartas sinóticas sobre a região sudeste do país em que é apresentada a existência bem definida de padrões sinóticos para as quatro estações climáticas no decorrer do ano, e que são analisadas a partir das sequências temporais das cartas sinóticas ilustradas da Figura 5.1-3 a Figura 5.1-7.

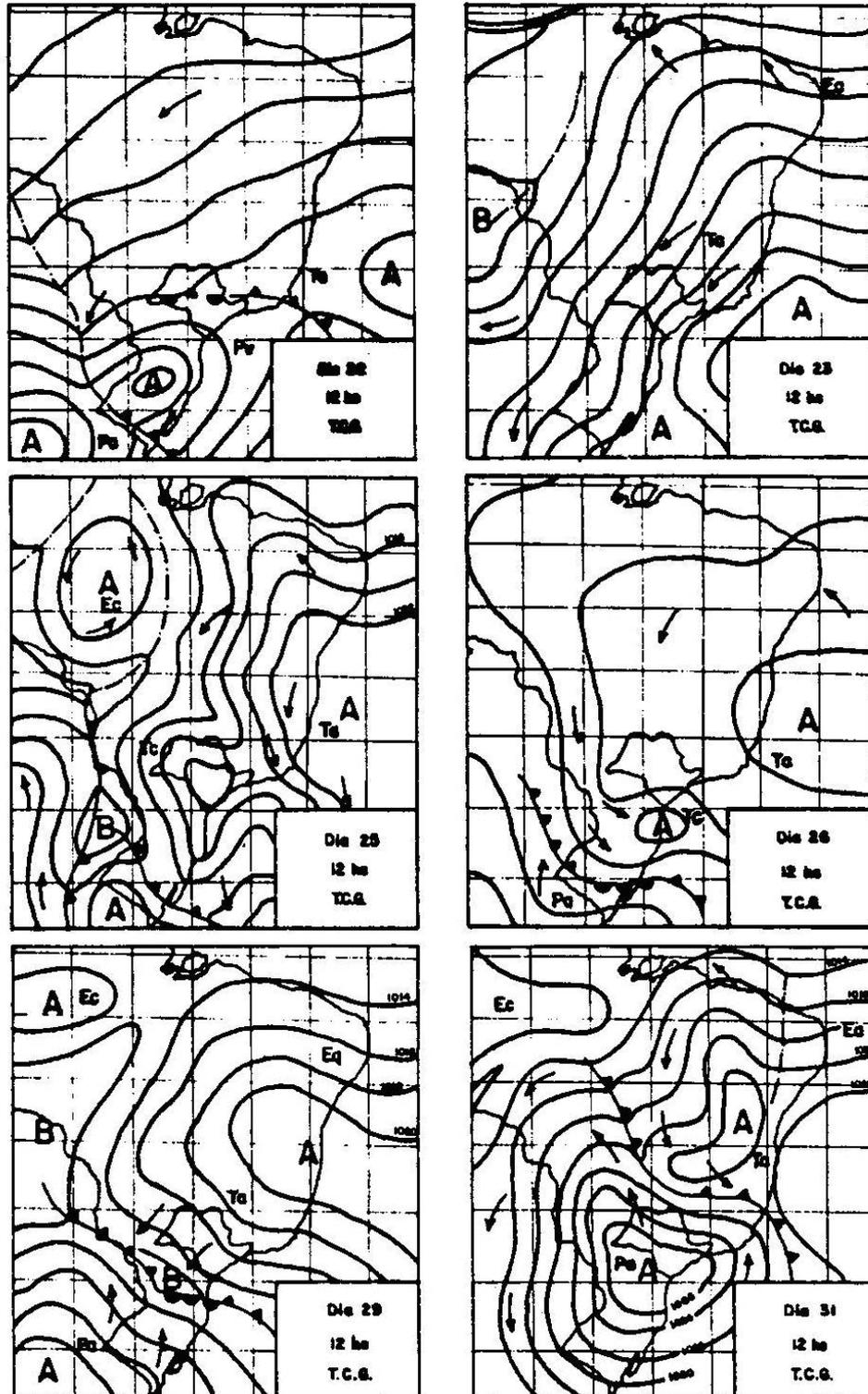


Figura 5.1-4 - Padrão característico de circulação sinótica de inverno (22 a 31 de agosto de 1958).  
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo.

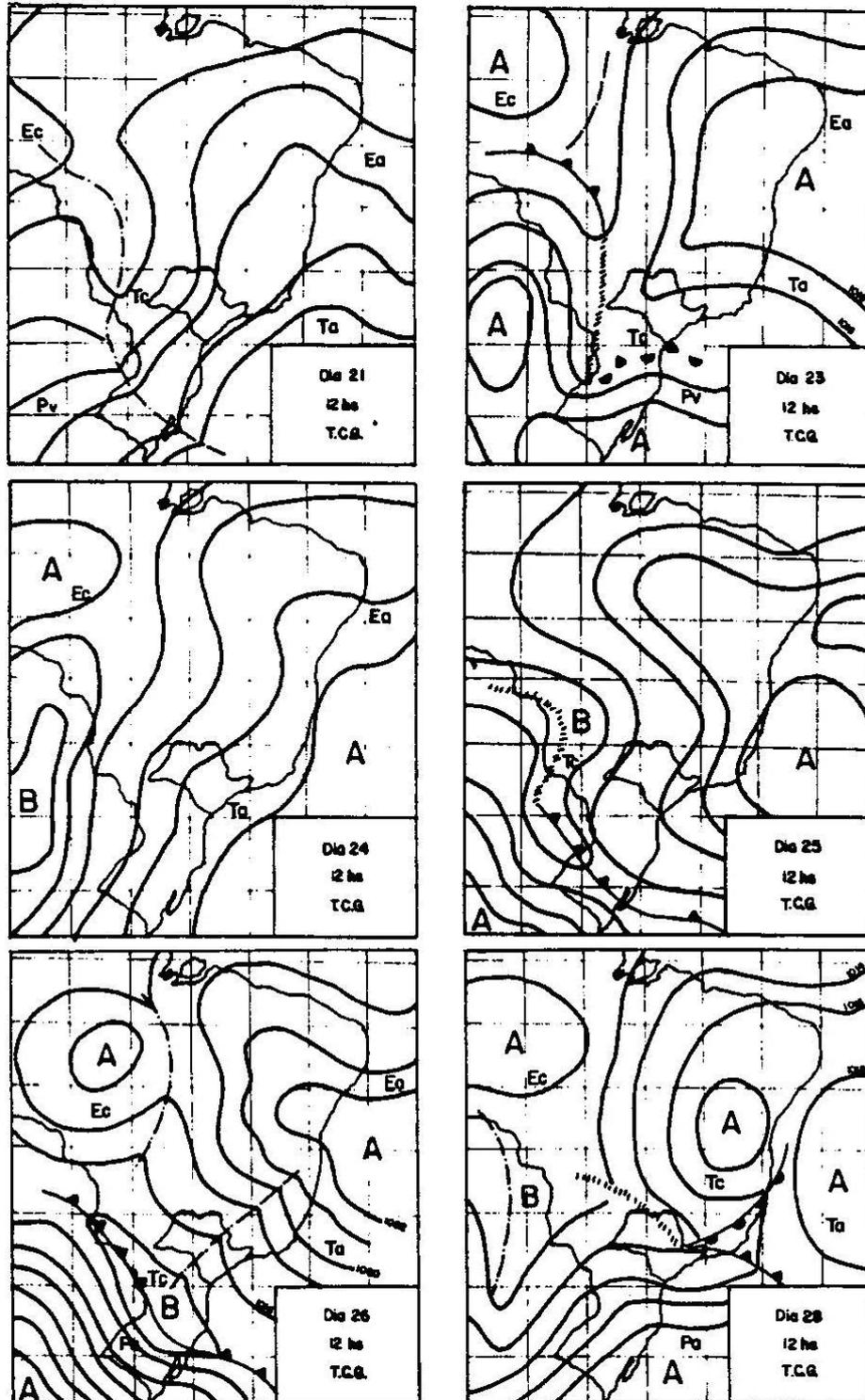


Figura 5.1-5 - Padrão característico de circulação sinótica de primavera (21 a 28 de setembro de 1959). Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo

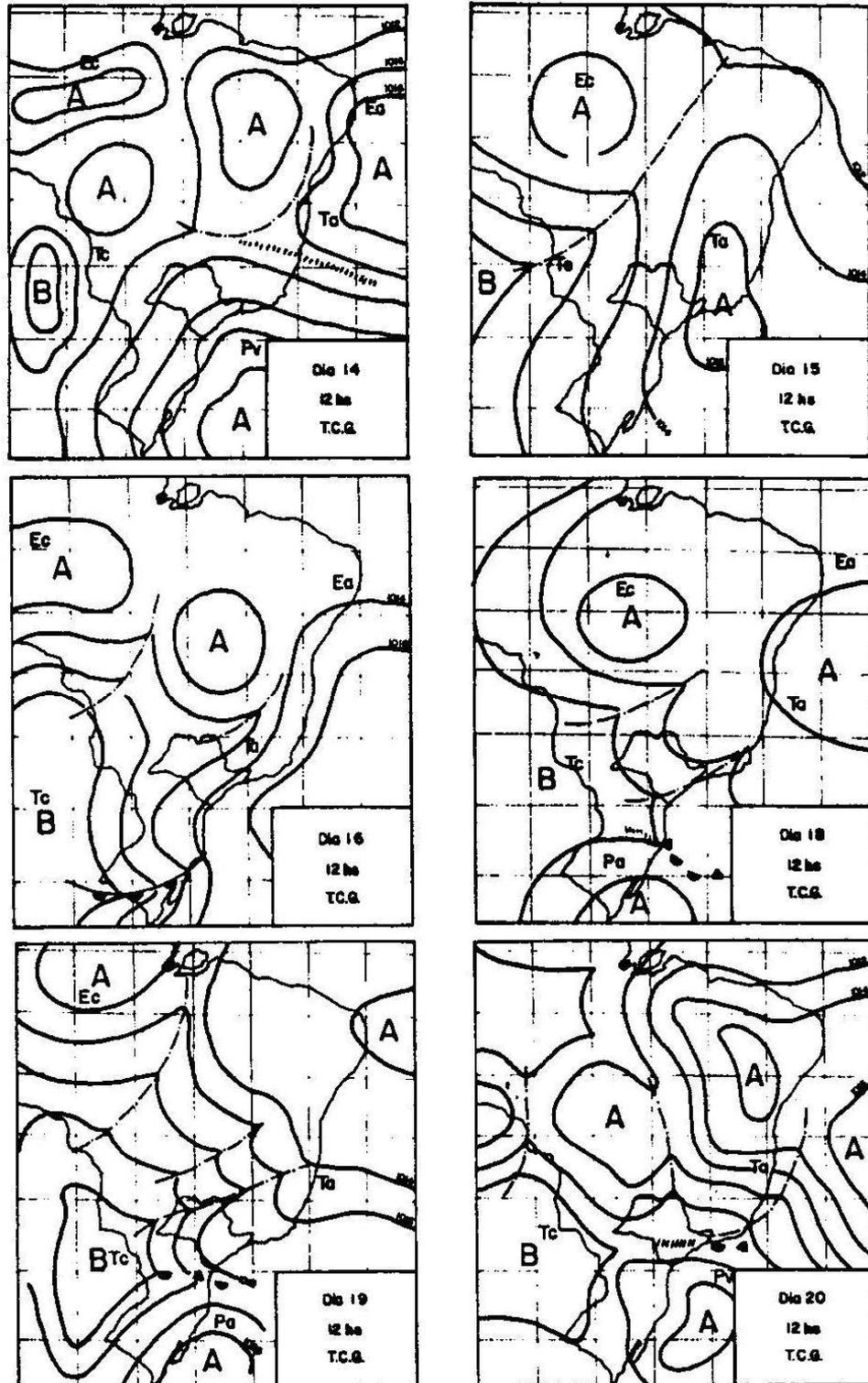


Figura 5.1-6 - Padrão característico de circulação sinótica de verão (14 a 20 de fevereiro de 1960).  
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo

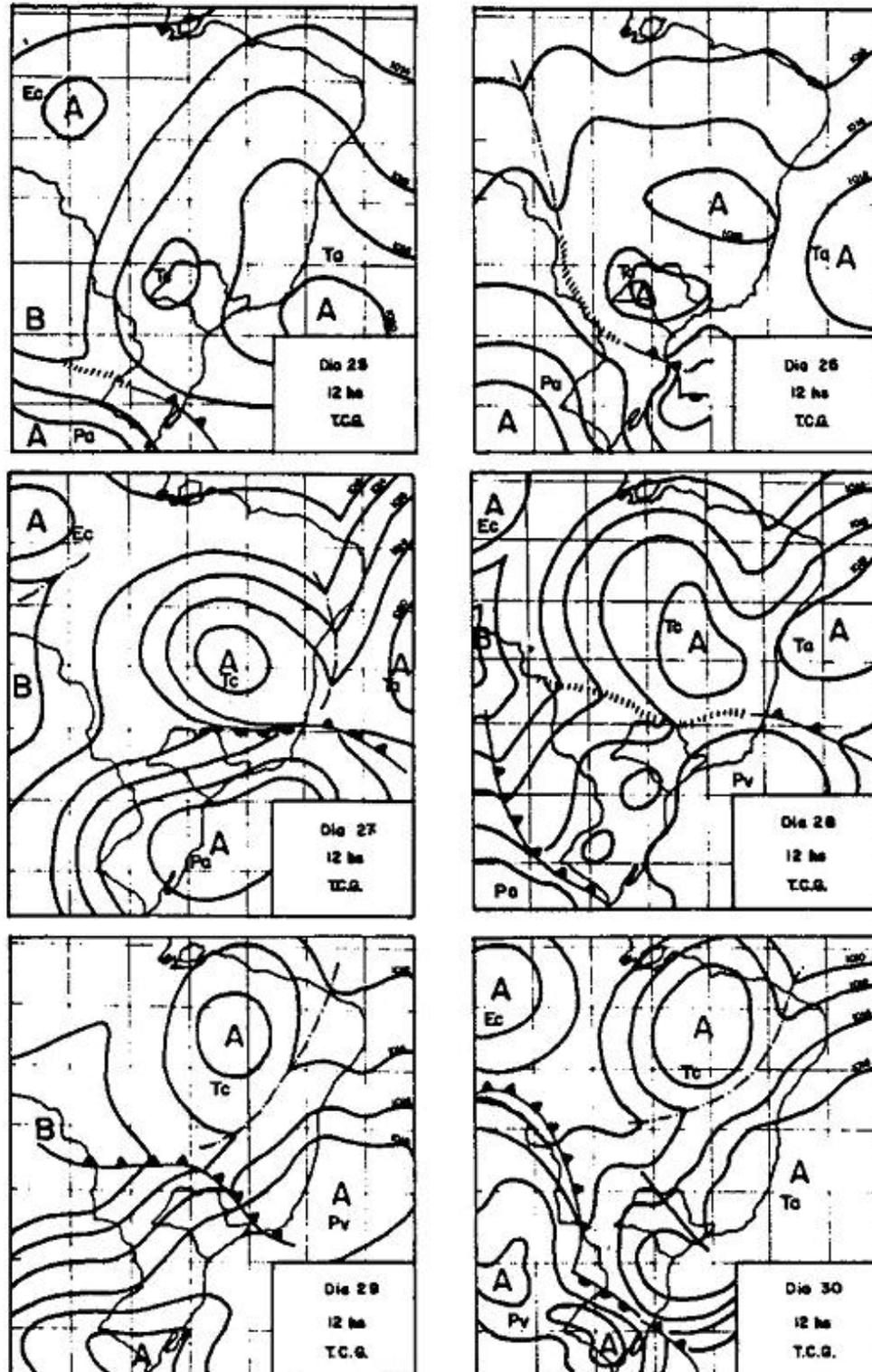


Figura 5.1-7 - Padrão característico de circulação sinótica de outono (25 a 30 de abril de 1960).  
Fonte: Atlas Climático para o Estado de São Paulo

#### 5.1.2.1.2.1 Climatologia de Inverno

A Figura 5.1-4 apresenta a evolução característica de uma onda de frio durante a estação de inverno devido à passagem da Massa Polar Atlântica pelos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, dominando o tempo durante alguns dias. A passagem da frente fria é acompanhada de chuvas mais intensas no litoral e mais moderadas no interior do estado.

Assim como as quedas de temperatura, a intensidade das chuvas frontais durante o inverno no Brasil meridional varia segundo a latitude. Ao atingir o Trópico de Capricórnio, os resfriamentos já são menos pronunciados diminuindo consideravelmente a ocorrência de geadas, ao mesmo tempo em que as chuvas apresentam índices quantitativos bem menores.

#### 5.1.2.1.2.2 Climatologia de Primavera

A Figura 5.1-5 apresenta a evolução e domínio da Massa Polar Atlântica durante a estação de primavera, a essa altura já bastante enfraquecida em relação àquelas ocorridas durante o inverno, embora a circulação sobre a região ainda guarde as características básicas do mecanismo de circulação anterior.

As linhas de instabilidade, comumente consequências da superposição do ar continental sobre o ar tropical, favorecem condições de instabilidade no interior do estado de São Paulo, sendo que, o enfraquecimento da frente fria é mais acentuado na passagem pelo estado do Rio de Janeiro onde a massa de ar frio chega bastante modificada entrando em processo de frontólise.

O enfraquecimento das incursões das massas polares é mais acentuada à medida que, no decorrer da estação de primavera, vai intensificando-se o processo de aquecimento da atmosfera, de modo que, as chuvas frontais, em geral moderadas, vão se confundindo com aquelas mais intensas e ligadas à penetração da Massa Tropical Atlântica.

#### 5.1.2.1.2.3 Climatologia de Verão

A Figura 5.1-6 apresenta a evolução característica do tempo durante os meses de verão na qual se verifica a predominância da Massa Polar Atlântica. Deve-se considerar que as massas polares após o solstício de verão, além do enfraquecimento do fluxo de ar polar, atravessam o continente em processo de aquecimento bem mais intenso, o que significa que suas propriedades são consideravelmente diferentes daquelas observadas durante o inverno e início da primavera, e que esse aquecimento é caracterizado pela definição da Baixa do Chaco.

A predominância do domínio da Massa Tropical Atlântica durante longos períodos implica, na maioria das vezes, em uma intensificação da estabilidade atmosférica. Outro fator decorrente é o dinamismo da Frente Polar Atlântica que afeta a Massa Tropical Atlântica e responde em grande parte pela gênese das chuvas que ocorrem durante as suas interações.

#### 5.1.2.1.2.4 Climatologia de Outono

A Figura 5.1-7 apresenta a evolução característica do tempo durante os meses de outono, onde nesse período de transição para o inverno, verifica-se uma considerável atividade da Massa Polar Atlântica.

O fenômeno de destaque é o caráter pouco acentuado das perturbações frontais, pois apesar das várias passagens de massas de ar polar que se verificam nessa época, a falta de contraste acentuado entre as massas de ar polar e tropical diminuem a intensidade dos fenômenos de frontogênese, desse modo, as chuvas de origem predominantemente frontal ainda são de pouca intensidade.

#### 5.1.2.1.2.5 Padrões de Circulação do Ar

Com relação ao regime de ventos, a região em torno da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, que engloba a região do município de Itaguaí onde se encontra a área do empreendimento, indica duas direções predominantes: a principal de SSE e a secundária de NW. A velocidade média oscila entre 2,8 m/s (de abril a julho) a 4,0 m/s (entre outubro e novembro).

Os ventos sopram predominantemente de SE na estação Praça XV, região central do município do Rio de Janeiro, com intensidade entre 4 e 6 m/s durante quase todo o ano, com exceção de junho e julho, quando a intensidade decai para 2 a 4 m/s (SIPE, 1978). A segunda direção mais freqüente é de S e a terceira de NW, com intensidade entre 2 e 4 m/s ao longo do ano.

Isto demonstra que apesar de no estado do Rio de Janeiro as direções NE e N serem predominantes, influenciadas pela circulação do ASAS, na região metropolitana do município do Rio de Janeiro as brisas marítima e terrestre dominam a circulação local. Ventos de SW sopram no período da tarde e à noite, quando o continente se encontra mais aquecido, produzindo maiores intensidades. Ventos de NW (brisa terrestre) predominam na madrugada e manhã, períodos em que o continente se encontra menos aquecido, com intensidade inferior à brisa marítima.

Este padrão de circulação é reforçado por Jourdan (2007), que mostra que, em geral, no município do Rio de Janeiro predominam ventos de quadrante norte, que ocorrem

na madrugada e manhã e de quadrante sul, que ocorrem nos períodos da tarde e noite, estes em geral mais intensos do que os ventos nas demais direções. Este aspecto de circulação reforça a modulação através do mecanismo de brisa terrestre e marítima.

Na primavera e verão, época em que o aquecimento da superfície continental é mais intenso, a intensidade e a frequência dos ventos de quadrante sul aumentam em relação ao padrão anual. Um dos fatores que contribui para este fato seria a intensificação do gradiente horizontal de temperatura resultante do aumento do aquecimento diferenciado entre continente e oceano, induzindo uma intensificação da circulação da brisa marítima, enquanto no outono e inverno diminui a frequência dos registros da direção sul e aumenta a frequência dos ventos de norte.

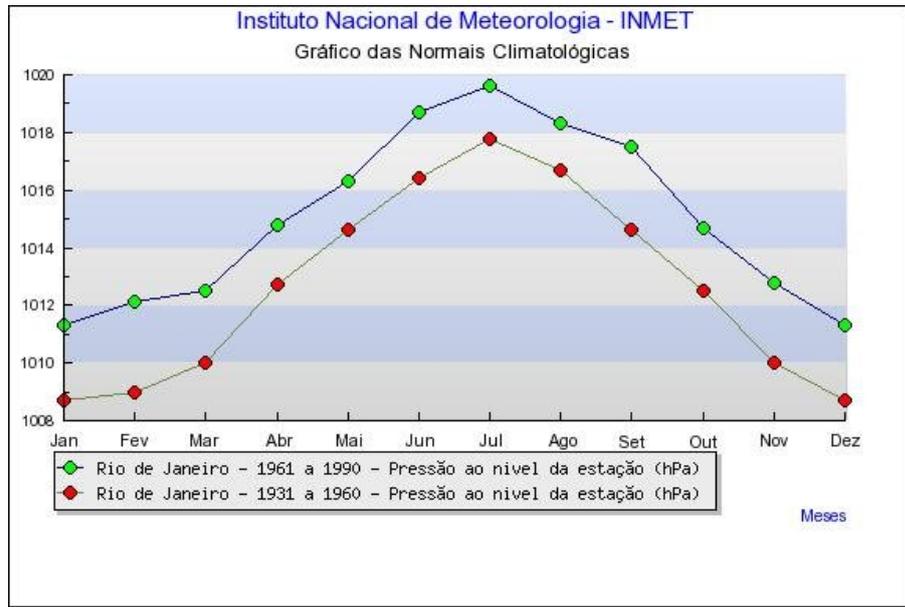
#### 5.1.2.1.2.6 Pressão Atmosférica

A evolução temporal da pressão atmosférica sobre a região apresenta o comportamento sazonal da região sudeste, com valores médios mensais durante o verão inferiores aos valores médios durante o inverno.

Este padrão de evolução é justificado pela maior convecção local sobre a região durante os meses de verão associados a um menor número de passagens de sistemas frontais, enquanto que, durante o inverno os sistemas anticiclônicos passam a atuar de maneira mais intensa sobre a região após a passagem dos sistemas frontais, ou então, reforçado pela presença e intensificação do anticiclone do Atlântico que reforça os processos de subsidência sobre a região.

A pressão atmosférica em Angra dos Reis apresenta-se na faixa de 1011-1012 hPa nos meses de verão, 1012,5-1016,5 hPa no outono, 1017,5-1019,5 hPa no inverno e 1012,5-1017 hPa na primavera (Eletronuclear, 2005).

A Figura 5.1-8 apresenta a distribuição da pressão atmosférica em função do mês para a estação meteorológica do Rio de Janeiro. A pressão atmosférica média no mês de Janeiro é de 1011,5 hPa, e no mês de Julho é de 1019,0 hPa.



**Figura 5.1-8 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de pressão atmosférica para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.**

#### 5.1.2.1.2.7 Temperatura

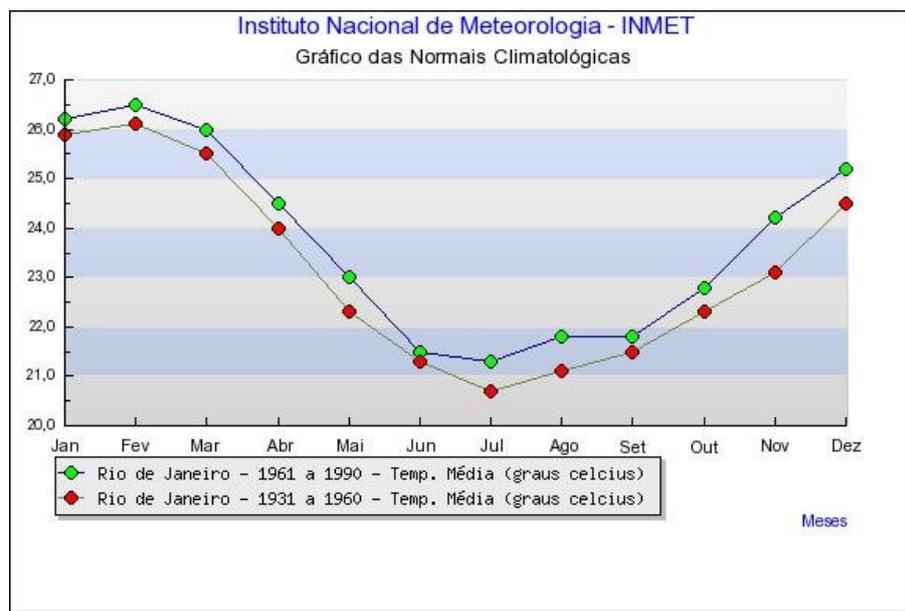
Para permitir uma melhor caracterização da temperatura e umidade em torno da região do empreendimento são utilizadas informações climatológicas obtidas junto a estações meteorológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) nas cidades do Rio de Janeiro, Angra dos Reis, Seropédica e Santa Cruz.

Segundo Eletronuclear (*op. cit*), por situar-se próximo ao Oceano Atlântico, o clima da região e imediações sofre um grande efeito da ação marítima, e que a temperatura do ar na região do município de Itaguaí-Sepetiba pode ser caracterizada como estando na faixa média de 25-28 °C no verão, de 22-26 °C no outono, 20-21 °C no inverno e de 21-24 °C na primavera, tendo uma média anual em torno de 23 °C, o que mostra um claro efeito de sazonalidade.

Para a região de Angra dos Reis, cerca de 50 km a oeste da área, verifica-se que os valores das temperaturas médias variam de um máximo de 26,4 °C em fevereiro a um mínimo relativo de 20,2 °C em julho, para uma média anual próxima a 23 °C. As temperaturas máximas médias variam de um máximo de 30,4 em fevereiro a um mínimo de 24,6 °C em julho, com uma média anual de 27 °C. Com relação às temperaturas médias mínimas, seus valores variam de um máximo de 23,1 °C em fevereiro a um mínimo de 16,5 °C em julho, para uma média anual de 19,9 °C.

Da Figura 5.1-9 a Figura 5.1-13 são apresentadas, respectivamente, a distribuição da temperatura média, média das máximas, máximas absolutas, média das mínimas e mínimas absolutas mensais para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

A Figura 5.1-14 e a Figura 5.1-15 apresentam respectivamente a distribuição da temperatura média mensal para as estações meteorológicas de Santa Cruz e Angra dos Reis.



**Figura 5.1-9 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.**

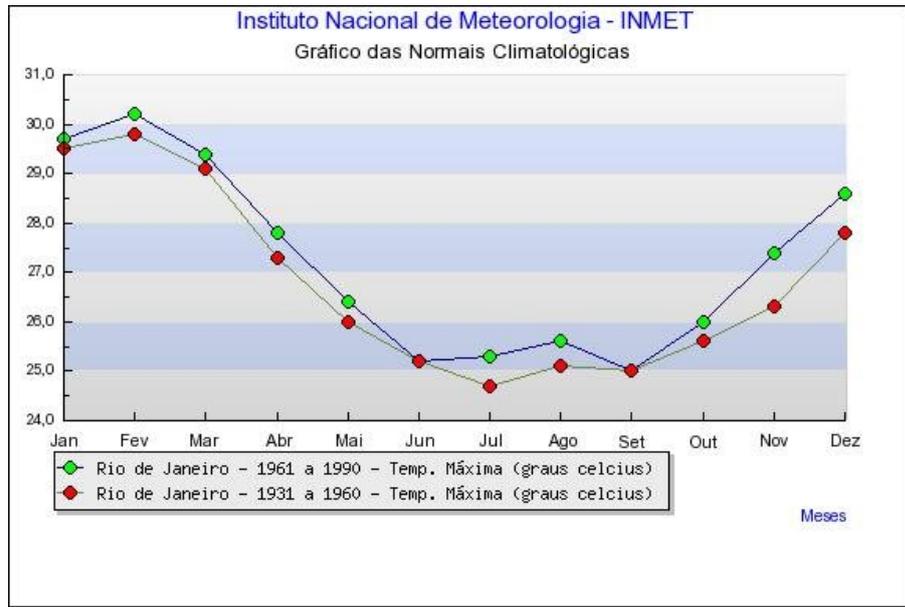


Figura 5.1-10 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura máxima para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

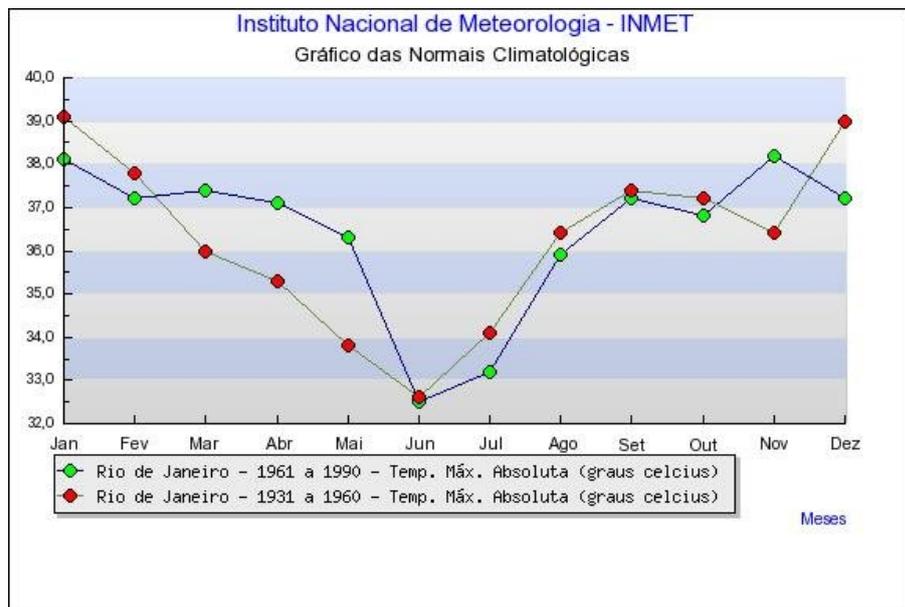


Figura 5.1-11 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura máxima absoluta para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

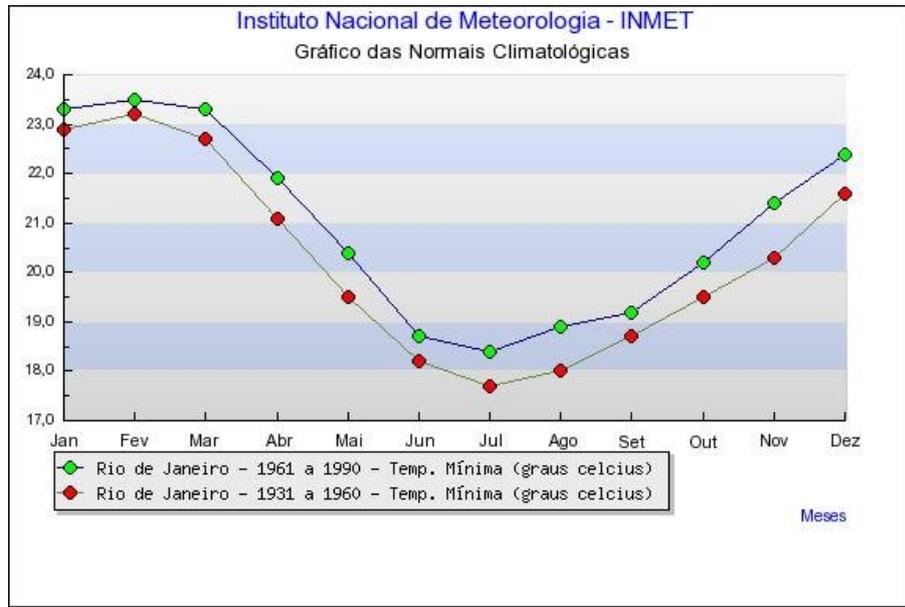


Figura 5.1-12 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura mínima para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

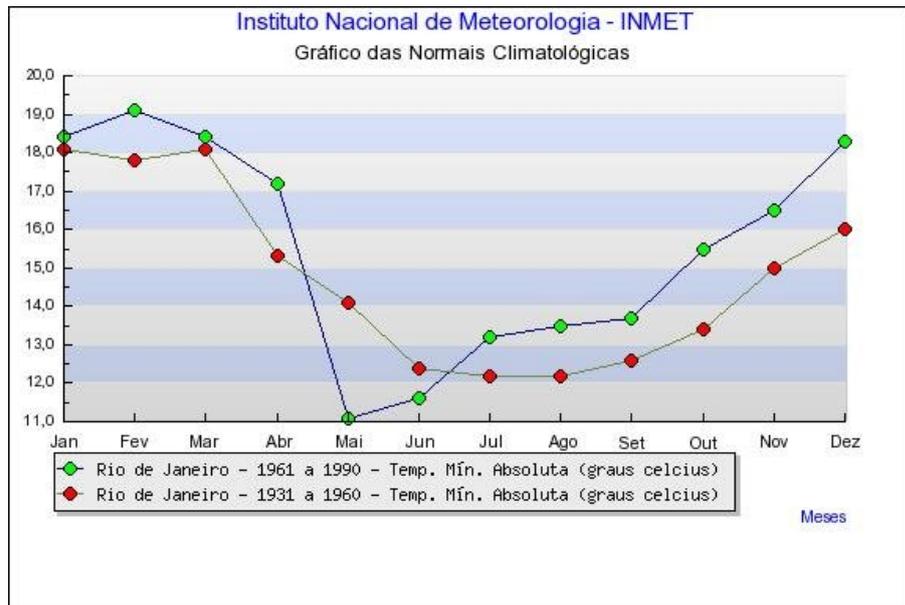
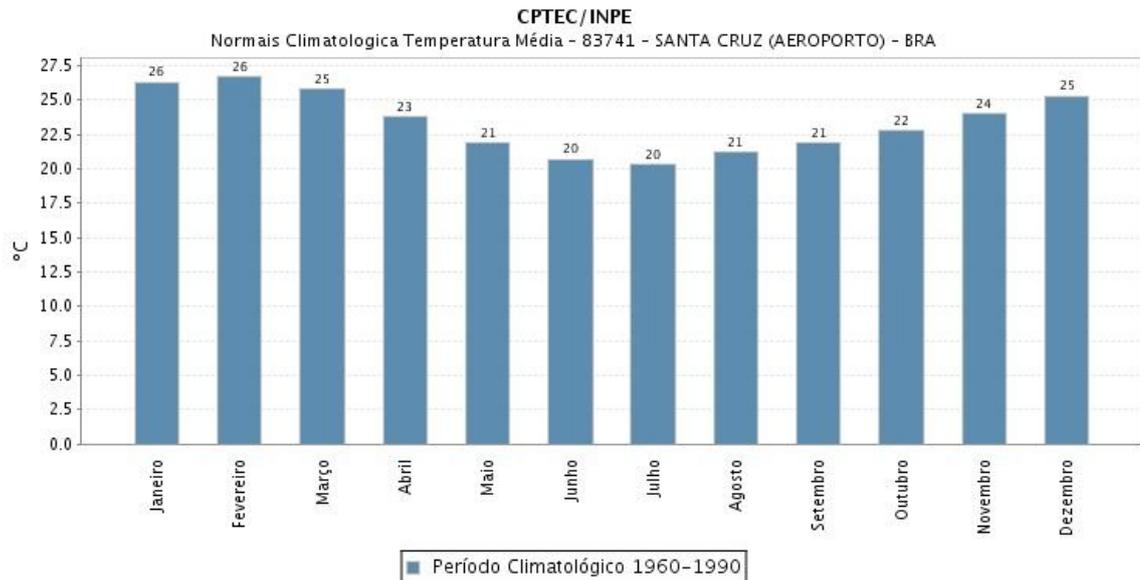
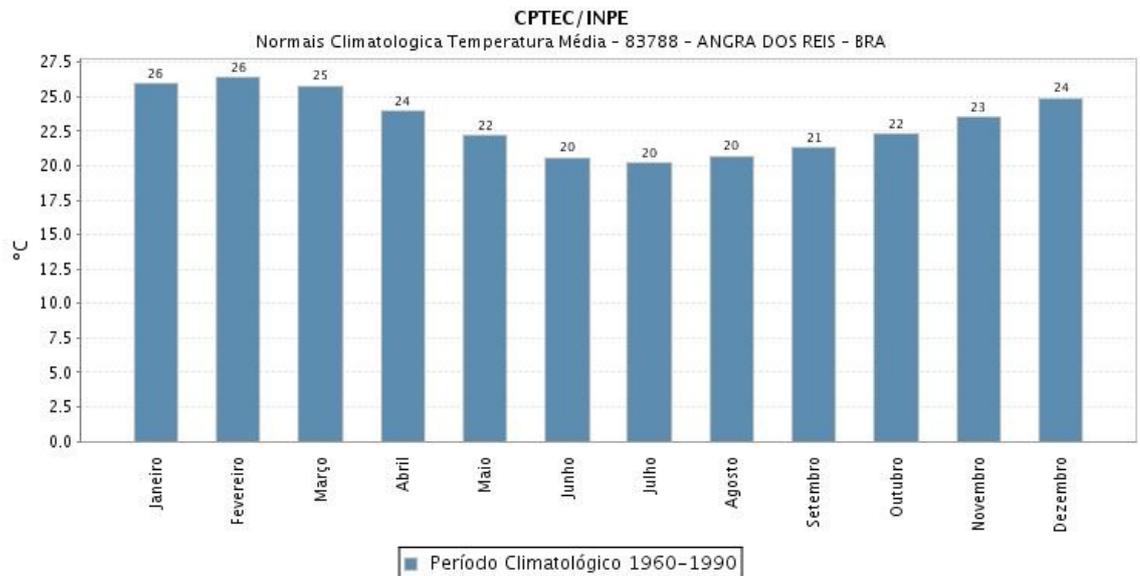


Figura 5.1-13 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura mínima absoluta para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.



**Figura 5.1-14 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura para a estação meteorológica de Santa Cruz.**



**Figura 5.1-15 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de temperatura para a estação meteorológica de Angra dos Reis.**

#### 5.1.2.1.2.8 Umidade Relativa

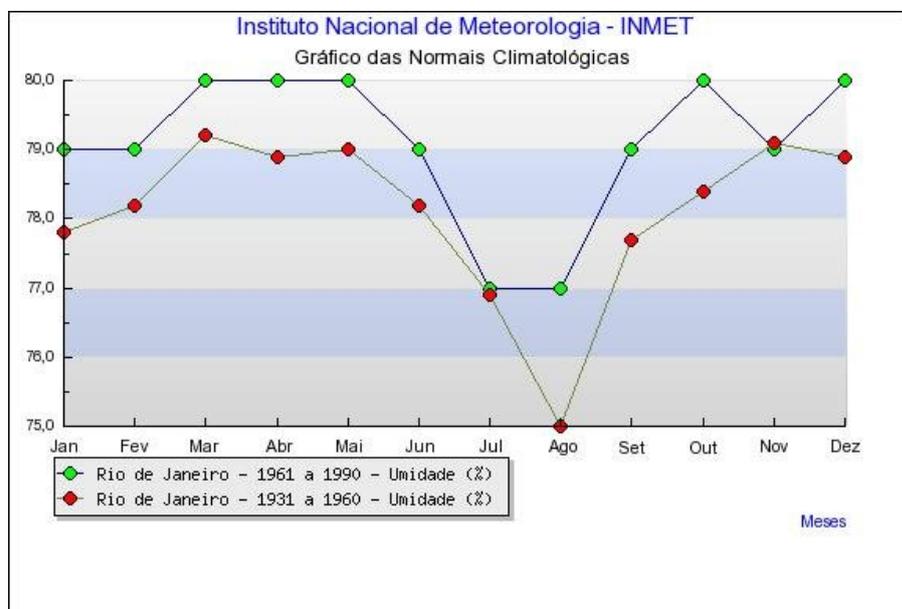
Os valores de umidade relativa são inversamente proporcionais à temperatura do ar e dependentes, ainda, dos processos de aquecimento ou resfriamento do ar, transporte horizontal de vapor d'água e precipitações. Em situações transitórias, os valores de

umidade relativa do ar na região podem sofrer significativas variações temporais, principalmente quando se compara às situações pré-frontais e frontais.

A região de Sepetiba, por exemplo, por estar muito próxima ao mar, recebe normalmente maior contribuição de umidade do ar de origem marinha face às circulações atmosféricas predominantes daquele setor.

De modo geral o mês de Julho, assim como, os meses de inverno, caracterizam-se por serem os meses mais secos. Por outro lado, os meses de verão são os mais úmidos, em virtude do maior volume de precipitação.

A Figura 5.1-16 apresenta a distribuição da umidade relativa média em função do mês para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.



**Figura 5.1-16 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de umidade relativa para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.**

#### 5.1.2.1.2.9 Precipitação

As precipitações pluviométricas costumam ser um eficiente processo de remoção de poluentes do ar, em maior ou menor grau, dependendo de suas intensidades. Para representar a precipitação pluviométrica na área do empreendimento, buscou-se analisar os dados das estações meteorológicas existentes na região e que pudessem ser consideradas representativas para a área do empreendimento.

Climatologicamente, para a área de estudo, as precipitações estão associadas, principalmente, às perturbações de frentes frias e linhas de instabilidade, as quais

promovem ainda intensificação dos ventos regionais e locais, gerando turbulência e mistura na camada de ar mais próximo à superfície. Em locais onde o escoamento do ar sofre obstruções por serras, montanhas, grandes edificações, etc., a precipitação pluviométrica passa a ser o mecanismo mais eficiente capaz de remover os poluentes do ar.

As Figura 5.1-17 e Figura 5.1-18 apresentam respectivamente a distribuição da precipitação média mensal e máxima de 24 horas na estação meteorológica do Rio de Janeiro. As Figura 5.1-19 e Figura 5.1-20 apresentam a distribuição da precipitação média mensal para as estações de Santa Cruz e Angra dos Reis.

A Figura 5.1-21 mostra a distribuição média anual de chuvas para o estado do Rio de Janeiro, no período 1971-2000 (Andre *et.al*, 2008). Embora nas regiões serranas e na parte sul do Estado as precipitações sejam elevadas, registram-se baixos índices pluviométricos nas regiões norte, noroeste e na região dos Lagos. Nestas regiões o índice pluviométrico varia entre 750 mm a 1200 mm anuais. No decorrer do ano, a distribuição de chuvas mostra que a maior parte da precipitação ocorre no período que vai de outubro a março. Pelas classificações climáticas disponíveis, parte das regiões norte e noroeste são classificadas como semi-úmida e parte, como seca.

A topografia do estado do Rio de Janeiro tem uma influencia marcante no regime de precipitação. Existem extensas áreas próximas ao nível do mar, como a baixada litorânea e a região norte do estado, e áreas montanhosas com altitudes acima de 1500 metros. Estas configurações orográficas influenciam diretamente a distribuição espacial da precipitação nessa área geográfica

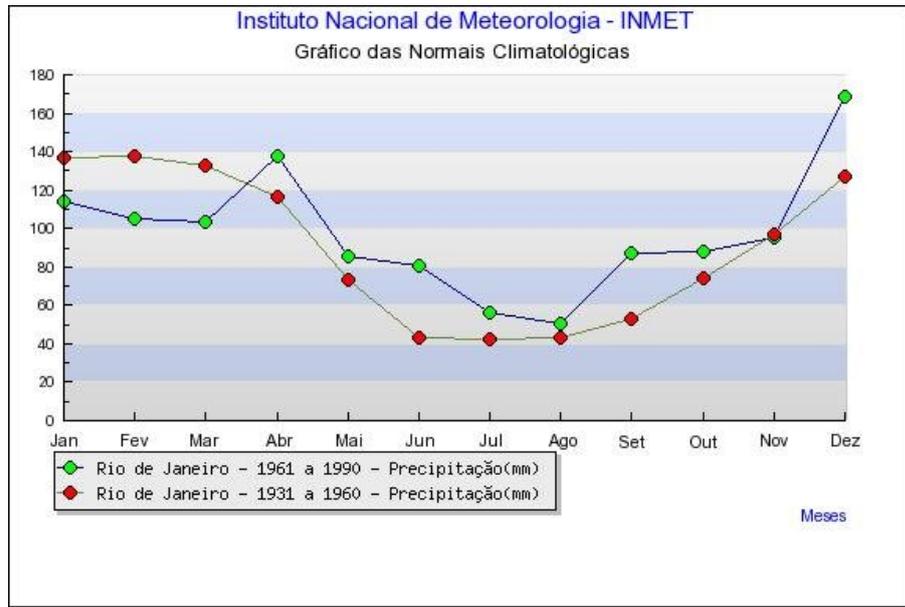


Figura 5.1-17 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

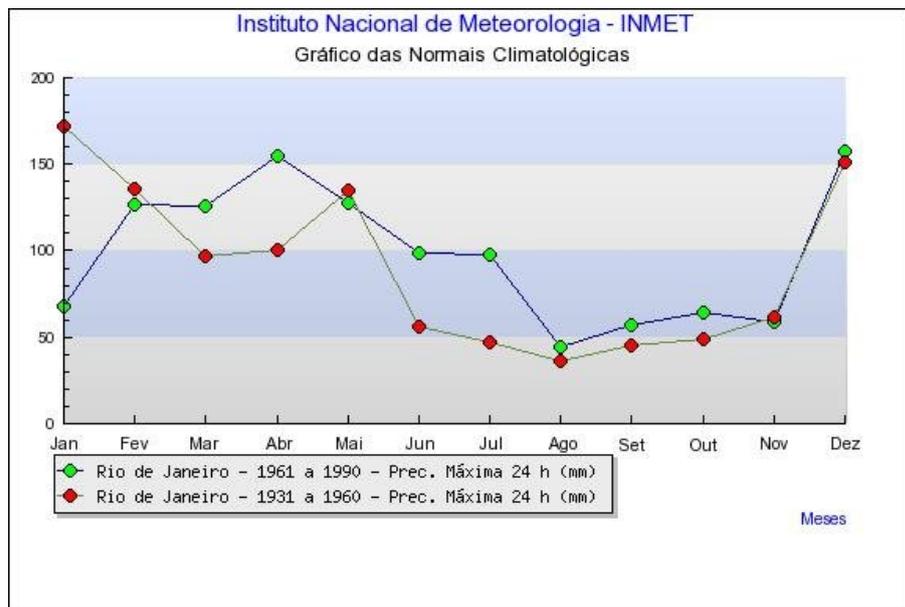
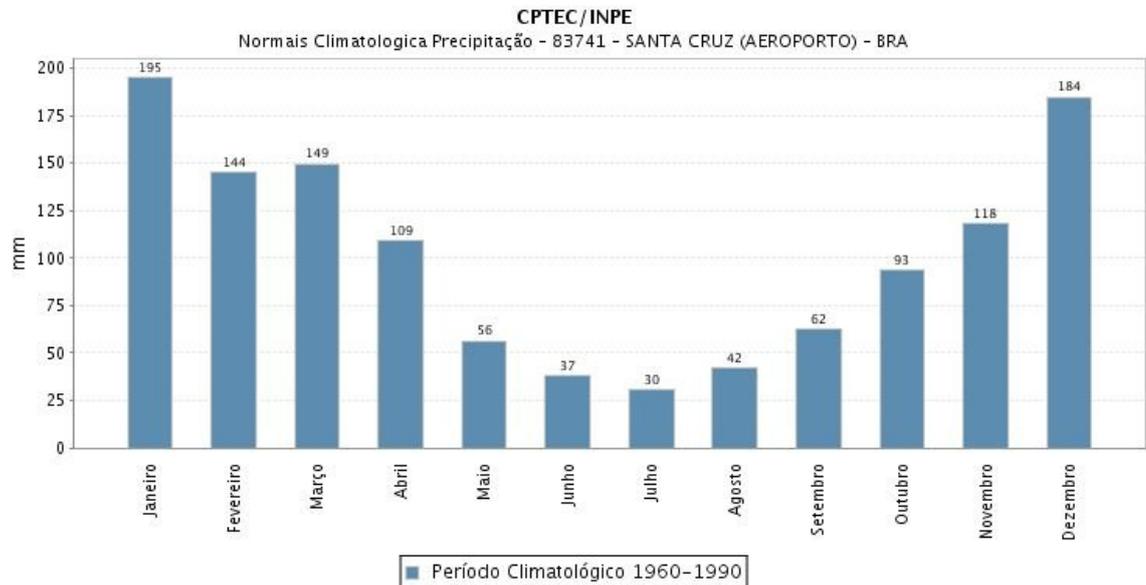
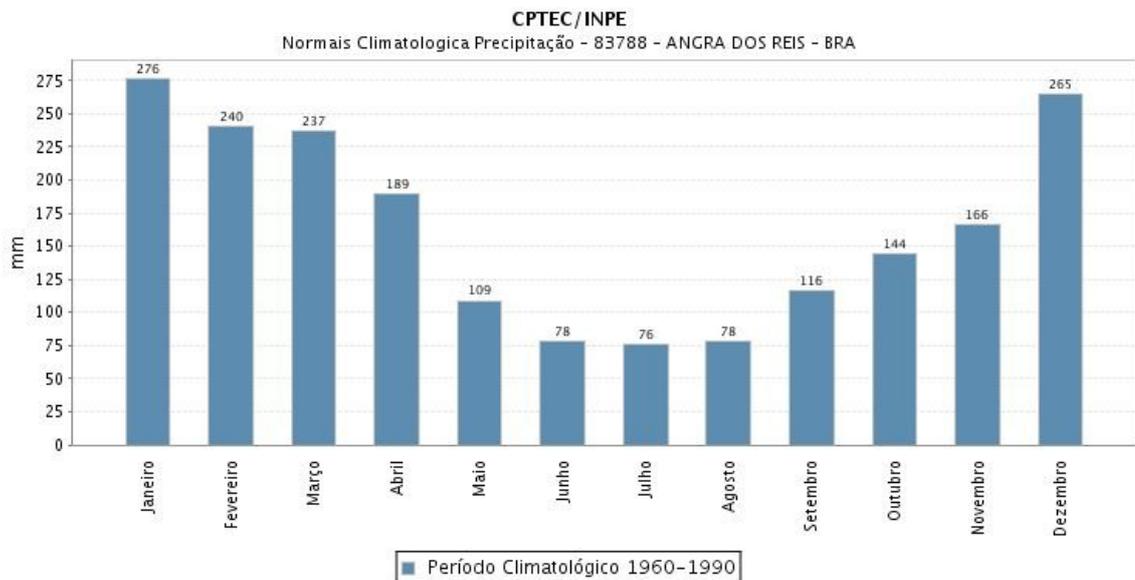


Figura 5.1-18 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação máxima em 24 h para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.



**Figura 5.1-19 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação para a estação meteorológica de Santa Cruz.**



**Figura 5.1-20 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de precipitação para a estação meteorológica de Angra dos Reis.**

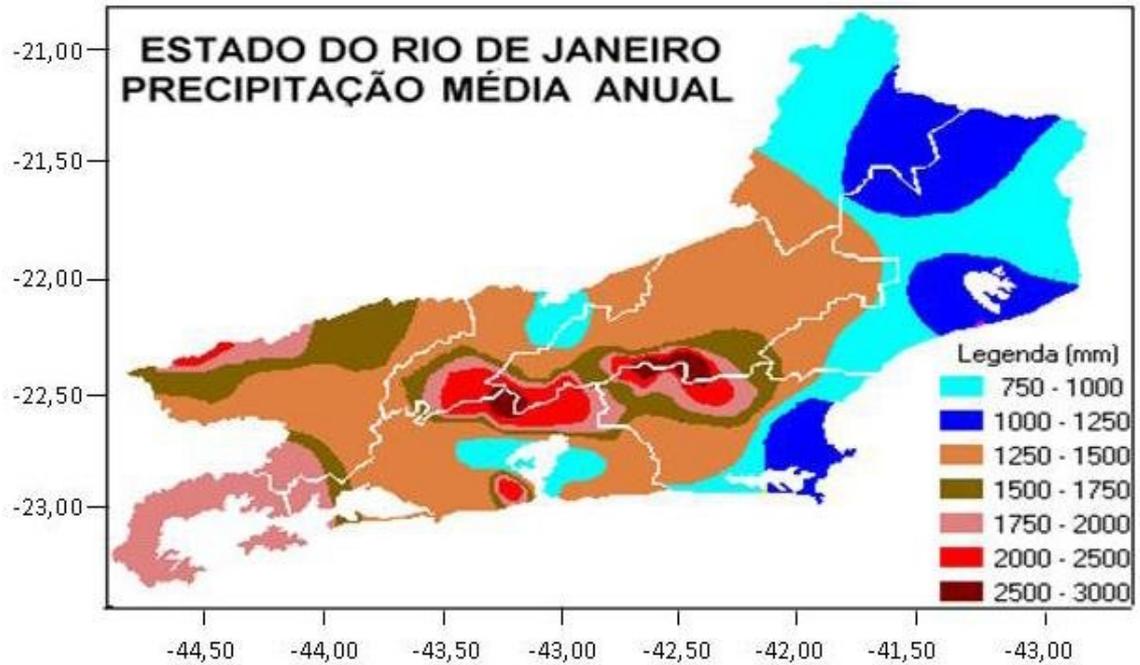


Figura 5.1-21 - Distribuição da precipitação sobre o Estado do Rio de Janeiro.

#### 5.1.2.1.2.10 Evaporação

A evaporação média mensal nesta região próxima ao oceano não apresenta grandes diferenças, mas pode se afirmar que existem maiores valores durante o verão, provocado em parte pelo forte aquecimento da superfície devido à radiação solar mais intensa, e valores um pouco inferiores no inverno, onde apesar do maior número de horas de insolação as temperaturas médias são mais amenas e reduzem o processo de evaporação.

A Figura 5.1-22 apresenta a distribuição da evaporação em função do mês para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

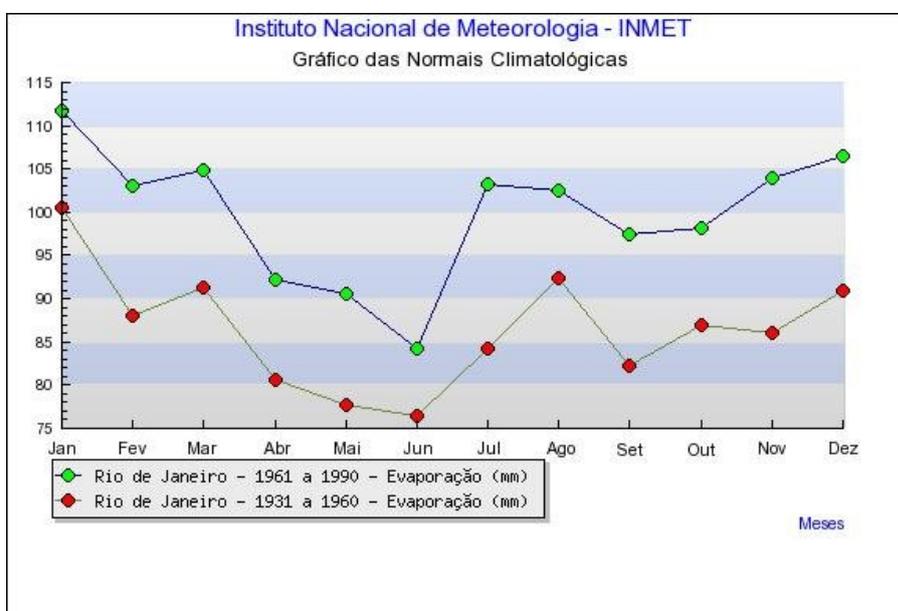
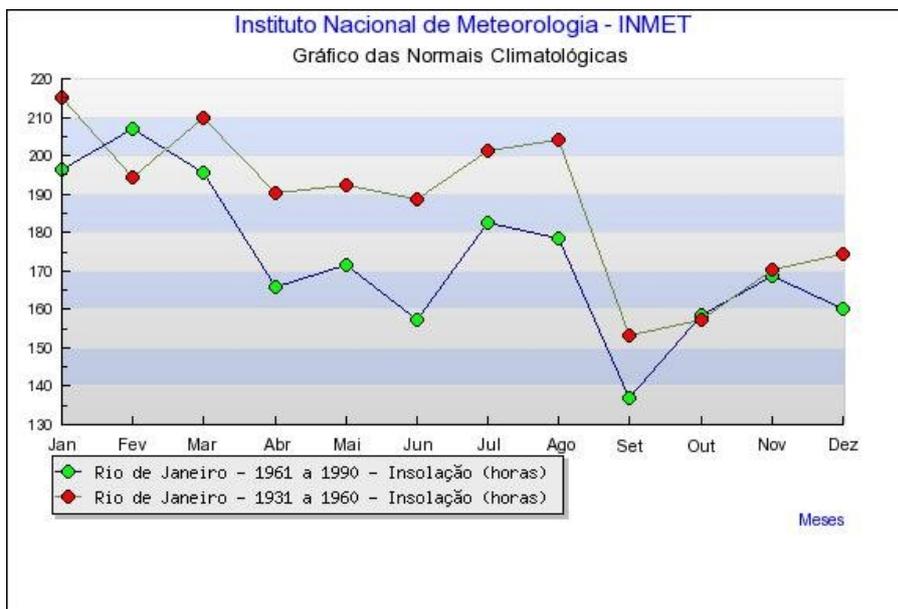


Figura 5.1-22 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de evaporação para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.

#### 5.1.2.1.2.11 Insolação

O maior número de horas de insolação é observado durante os meses de inverno em relação a valores um pouco inferiores aos meses de verão, que apesar de possuir um maior número de horas de insolação direta, a cobertura de nuvens é maior neste período devido à maior atividade convectiva, enquanto que, no verão devido a maior intensidade dos sistemas de alta pressão sobre a região, existe uma maior subsidência e redução no processo de formação de nuvens.

A Figura 5.1-23 apresenta a distribuição da insolação em função do mês para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.



**Figura 5.1-23 - Distribuição dos valores climatológicos médios mensais de insolação para a estação meteorológica do Rio de Janeiro.**

### 5.1.2.1.3 Condições Meteorológicas Regionais para as Bases de Projeto e Operação

#### 5.1.2.1.3.1 Furacões e Tempestades Tropicais

Não existem artigos científicos ou registros meteorológicos classificando as tempestades tropicais próximas a costa brasileira na altura do Trópico de Capricórnio como sendo furacões. Entretanto, um grande evento de escala sinótica na latitude do Estado de Santa Catarina, ocorreu entre 22 a 28 de Março de 2004, e foi classificado como sendo um furacão do tipo I na Escala de Saffir-Simpson.

Inicialmente classificado pelo serviço brasileiro de previsão do tempo como sendo um ciclone extratropical, este sistema alcançou a costa do estado de Santa Catarina com ventos estimados da ordem de 150 km/h. Posteriormente, em 2006, o CPTEC conjuntamente com o INMET, ambas autoridades oficiais de previsão do tempo no Brasil, reclassificaram este fenômeno como sendo um furacão do tipo I na escala de Safir-Simpson e o nomearam Catarina.

Outras evidências não mostram sinais de que este fenômeno severo passou a ser regular na costa brasileira devido a mudanças climáticas que estão sendo observadas nas últimas décadas sobre o planeta

Portanto, a probabilidade da passagem de uma tempestade tropical ou de um furacão sobre a área do empreendimento não é significativamente diferente de zero.

#### 5.1.2.1.3.2 Tornados e Trombas D'água

Os dados meteorológicos relacionados à ocorrência de tornados e trombas d'água na região do empreendimento foram coletados e sumarizados (Almeida, 2006).

Pela configuração do tipo enseada em que se encontra instalado o empreendimento estando compreendido entre a parte baixa da Serra do Mar e o quebra mar da enseada da Marambaia não deve ser esperada a possibilidade da formação ou passagem de estruturas do tipo tornado.

Por outro lado, registros visuais e fotográficos de estruturas do tipo tromba d'água já foram reportados cerca de 30 km mais ao norte na praia de Barra da Tijuca quando da entrada de sistemas frontais mais intensos. Cabe ressaltar que apesar da estrutura mecânica desse fenômeno se assemelhar ao de um tornado a sua rotação é muito menor e os danos que poderiam ser gerados em edificações são de muito menor intensidade, pois o fenômeno praticamente deixa de existir ao adentrar as primeiras dezenas de metros dentro do continente.

#### 5.1.2.1.3.3 Ventos Extremos

As tempestades locais podem ser severas. A precipitação associada com estas tempestades pode ser intensa e causar enchentes em regiões de baixo escoamento. Ventos de rajada originados nas tempestades e entrada de frentes podem danificar pequenas edificações de alvenaria e madeira.

Estas tempestades ocorrem frequentemente durante o verão e com a passagem dos centros de baixa pressão durante todo o decorrer do ano.

Baseado em informações do Relatório Preliminar de Análise de Segurança (RPAS) de Angra 3 (Eletronuclear, 2009), ressaltando-se que a configuração topográfica da área de Angra 3 apesar de também estar localizado dentro de um enseada possui um topografia muito mais complexa que pode acelerar algumas componentes locais da circulação atmosférica, apresenta no nível instrumentado de 10 metros as velocidade do vento máximas de 22,5 m/s, 23,0 m/s, 24,5 m/s e 26,1 m/s, respectivamente, para os períodos de retorno de 20, 25, 50 e 100 anos. Para o nível instrumentado de 100 metros as velocidades do vento máximas de 34,8 m/s, 35,8 m/s, 39,1 m/s e 42,4 m/s são esperadas, respectivamente, para os períodos de retorno de 20, 25, 50 e 100 anos.

#### 5.1.2.1.3.4 Tempestades e Relâmpagos

A ocorrência de tempestades na região do empreendimento é mais freqüente entre os meses de outubro a março. Estas tempestades são mais comuns e mais intensas sobre as áreas montanhosas da região, onde os efeitos combinados de aquecimento e orografia, favorece a formação de fortes correntes ascendentes. O número médio de dias com tempestades é de 30 dias no decorrer do ano baseados num período de registro de 30 anos (Serra, 1968).

#### 5.1.2.1.3.5 Granizo

Não existem registros sobre a ocorrência deste fenômeno meteorológico sobre a região de estudo (Cintra, 1974).

#### 5.1.2.1.3.6 Tempestades de Gelo e Neve

Não é esperada a ocorrência de tempestades de neve, já que as temperaturas mínimas sobre a região raramente descem abaixo de 9 °C, assim como, a altitude e latitude da localização do empreendimento não favorecem condições termodinâmicas ambos esses fenômenos meteorológicos.

#### 5.1.2.1.3.7 Potencial de Poluição do Ar

Em geral a região é caracterizada por baixa velocidade do vento. Durante o dia os ventos predominantes são do oceano. A noite, os ventos continentais são predominantes. Estas condições são influenciadas pelo aquecimento solar durante o dia e resfriamento noturno. Nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro as maiores incidências de alto índice de poluição atmosférica ocorrem durante o inverno, especialmente, nos períodos em que existe a permanência dos anticiclones polares sobre a costa sul do Brasil.

Nas primeiras horas do dia é comum ser observada, nesta região, a formação de nevoeiros entre as planícies que são circundadas pela Serra do Mar e até mesmo próximas ao oceano, isto indica que a camada de mistura é bastante baixa, não ultrapassando as primeiras centenas de metros da superfície. Este tipo de fenômeno propicia pouca mistura turbulenta vertical, indicando que possíveis liberações de material na atmosfera favorecem o aumento da concentração de poluentes na camada atmosférica mais superficial.

#### 5.1.2.1.3.8 Ressacas

A permanência do anticiclone polar sobre a costa sudeste do Brasil costuma provocar forte precipitação devido ao transporte de grande volume de ar marítimo para dentro do continente, associado a fortes rajadas de vento provenientes do oceano que acaba provocando a intensificação das ondas e adentrando sobre as primeiras dezenas de metros do continente.

A região do empreendimento, apesar da região metropolitana do Rio de Janeiro localizada mais ao norte sofrer com este tipo de fenômeno, principalmente, durante o inverno, não sofre particular influência da ressaca, uma vez, que o quebra mar formado pela enseada da Marambaia ajuda a manter afastada as grandes ondas formadas no litoral da região.

### 5.1.2.2 Meteorologia Local

#### 5.1.2.2.1 Parâmetros Meteorológicos Normais e Extremos

Devido a ausência de um sistema de aquisição de dados meteorológicos na área do empreendimento, foram utilizados os dados meteorológicos da Estação Meteorológica da Marambaia, localizada a aproximadamente 28 km ao Sul, para o período de 2003 a 2008.

Informações complementares dos índices de estabilidade atmosférica são baseados nos dados obtidos pelo sistema de aquisição de dados meteorológicos da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, localizada a aproximadamente 44 km a SW, para o período de 2003 a 2008.

Outras informações são fornecidas pela Estação Meteorológica do Rio de Janeiro, localizada a aproximadamente 68 km a leste, através de suas normais climatológicas para o período 1931-1960 e 1961 a 1990.

A localização da estação meteorológica da Marambaia está apresentada na Figura 5.1-24.

A Tabela 5.1-2 e a Tabela 5.1-3 apresentam o índice de indisponibilidade de cada parâmetro meteorológico no período analisado. Verifica-se que o índice mínimo de 90% de disponibilidade e recuperação dos dados meteorológicos, exigido pela CNEN-NE 1.22 (1989), não é observado, de modo que, os valores máximos, mínimos e totais podem não corresponder aos valores reais que eventualmente tenham ocorrido durante o não funcionamento da estação.

**Tabela 5.1-2 - Índice de indisponibilidade da Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Ano	Mês do Ano											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003			n.d.									
2004												
2005												n.d.
2006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.							
2007					n.d.	n.d.						n.d.
2008	n.d.	n.d.										
Indisponível (%)	33,3	33,3	33,3	33,3	50,0	33,3	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	50,0

n.d. – não disponível durante todo o mês.

**Tabela 5.1-3 - Índice de não disponibilidade por sensor durante a operação da Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008 (52.608 horas total previsto).**

Sensor	Horas de Operação da Estação	Horas de Operação do Sensor	Horas de não disponibilidade do sensor
Pressão Atmosférica	37080	36030	1050
Temperatura do Ar	37080	35364	1716
Umidade Relativa	37080	34243	2837
Precipitação	37080	35647	1433
Velocidade do Vento	37080	33186	3894
Direção do Vento	37080	33205	3875



Figura 5.1-24 – Localização das Estações Metereológicas

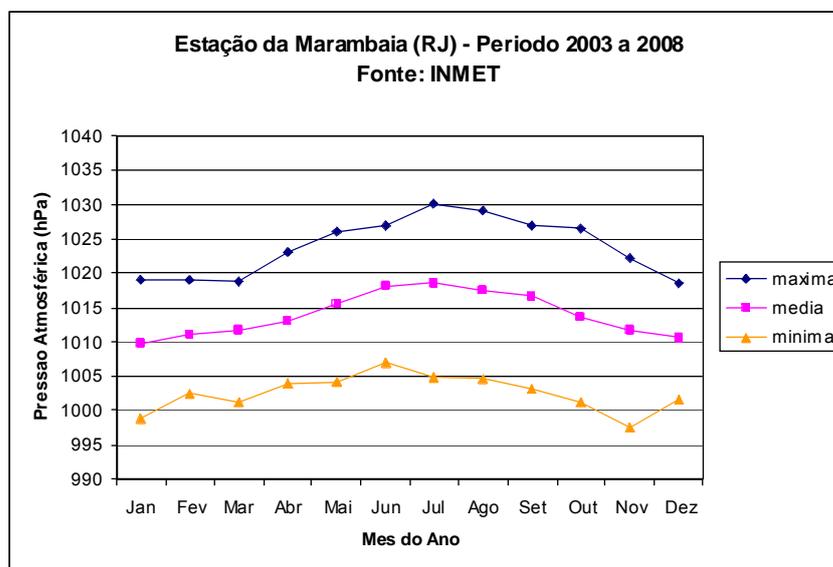
### 5.1.2.2.1.1 Pressão Atmosférica

A Tabela 5.1-4 e Figura 5.1-25 apresentam a distribuição da pressão atmosférica em função do mês, e a Tabela 5.1-5 e Figura 5.1-26 apresentam a distribuição da pressão média horária para a estação meteorológica da Marambaia.

Os valores médios para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro são, respectivamente, 1009,7 hPa, 1012,9 hPa, 1018,6 hPa e 1013,7 hPa. Os maiores valores de pressão atmosférica no período dos meses de inverno estão relacionados a maior presença do anticiclone de alta pressão sobre a região.

**Tabela 5.1-4 – Pressão atmosférica máxima, média e mínima mensal (hPa) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

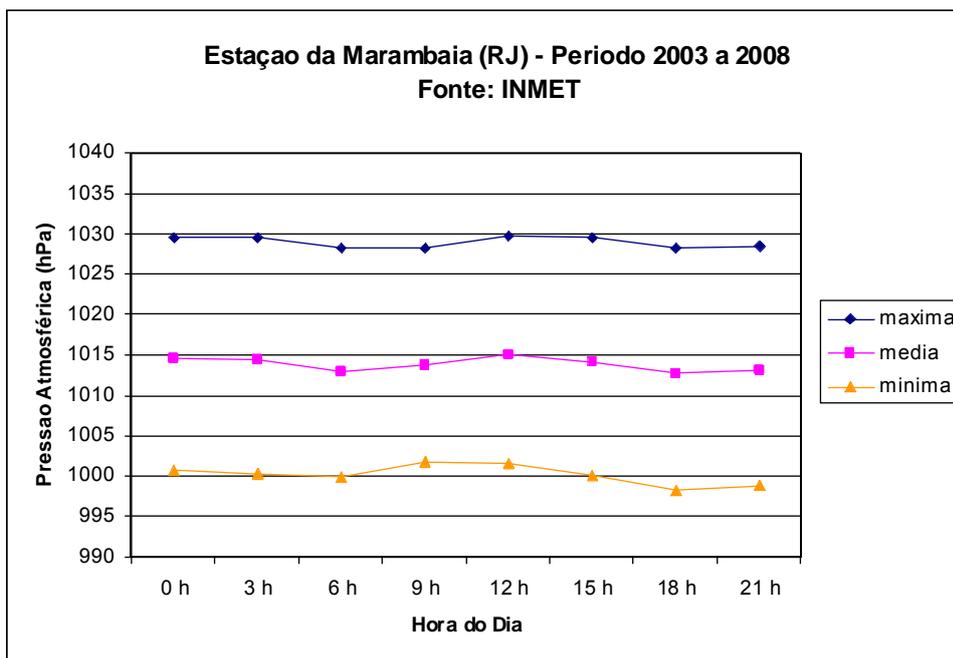
Pressão atmosférica	Mês do Ano					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Máx	1018.9	1019.0	1018.8	1023.1	1026.0	1027.0
Média	1009.7	1011.0	1011.7	1012.9	1015.5	1018.2
Mínima	998.8	1002.4	1001.2	1003.9	1004.1	1007.0
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	1030.1	1029.0	1027.0	1026.4	1022.2	1018.6
Média	1018.6	1017.4	1016.6	1013.7	1011.6	1010.7
Mínima	1004.7	1004.5	1003.1	1001.2	997.5	1001.5



**Figura 5.1-25 - Distribuição da pressão atmosférica mensal na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

**Tabela 5.1-5 - Pressão atmosférica máxima, média e mínima em função da hora do dia (hPa) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008**

Pressão atmosférica	Hora do Dia							
	0 h	3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h
Máxima	1029.6	1029.6	1028.3	1028.2	1029.8	1029.5	1028.2	1028.5
Média	1014.5	1014.4	1013.0	1013.7	1015.0	1014.1	1012.6	1013.1
Mínima	1000.8	1000.3	999.9	1001.7	1001.6	1000.1	998.1	998.8



**Figura 5.1-26 - Distribuição da pressão atmosférica horária na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

#### 5.1.2.2.1.2 Temperatura Ambiente

A Tabela 5.1-6 e Figura 5.1-27 apresentam a distribuição da temperatura máxima, média das máximas, média, média das mínimas e mínima em função do mês, e a Tabela 5.1-7 e Figura 5.1-28 apresentam a distribuição da temperatura do ar média horária para a estação meteorológica da Marambaia.

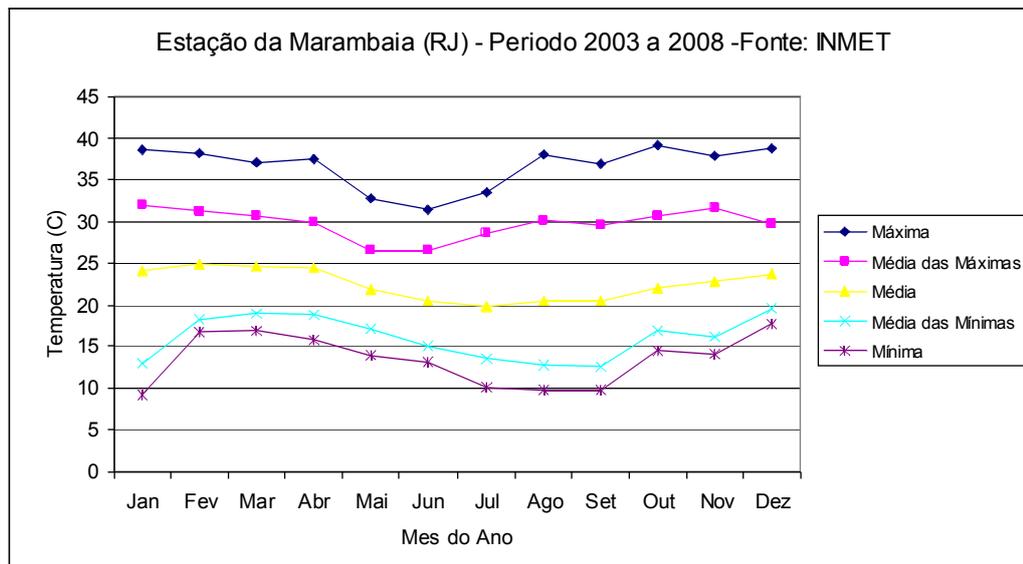
Os valores médios para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro são, respectivamente, 24,1 °C, 24,2 °C, 19,7 °C e 22,1 °C.

A amplitude térmica para o mês de Janeiro é de 29 °C e para o mês de Julho é de 23,4 °C. A estação de verão apresenta as temperaturas médias mais elevadas. Entretanto, a média das temperaturas máximas não é inferior a 26 °C durante o inverno, e a média

das temperaturas mínimas não é inferior a 13 °C, indicando uma região com temperaturas bastante amenas neste período.

**Tabela 5.1-6 - Temperatura máxima, média das máximas, média, média das mínimas e mínima mensal (C) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

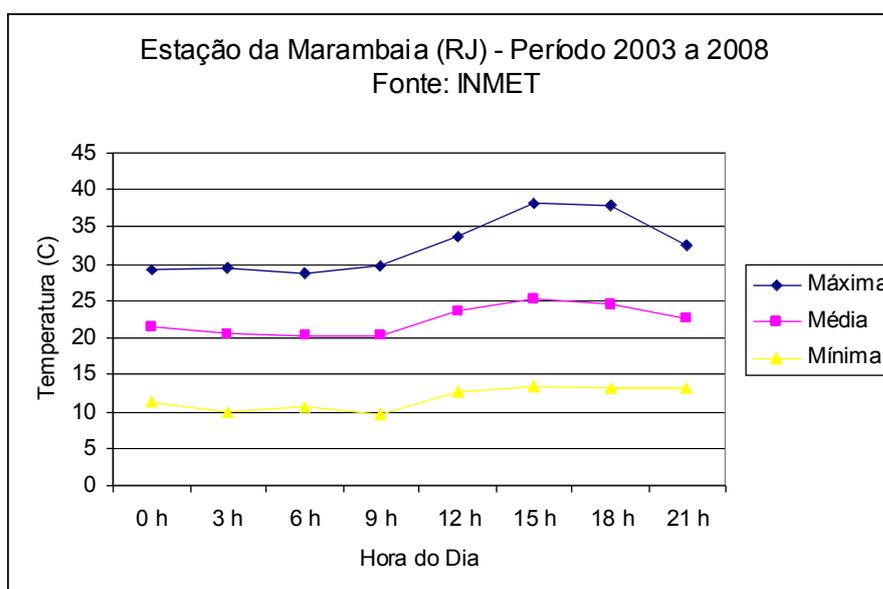
Temperatura	Mês do Ano					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Máxima	38,6	38,3	37,1	37,4	32,8	31,5
Média das Máximas	32,1	31,3	30,7	30,0	26,6	26,6
Média	24,1	24,8	24,7	24,4	21,8	20,5
Média das Mínimas	12,9	18,3	19,1	18,9	17,2	15,1
Mínima	9,2	16,8	16,9	15,8	14,0	13,2
Temperatura	Mês do Ano					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	33,6	38,0	36,9	39,1	37,8	38,8
Média das Máximas	28,6	30,2	29,6	30,6	31,7	29,8
Média	19,7	20,5	20,5	22,1	22,7	23,8
Média das Mínimas	13,6	12,8	12,7	17,0	16,1	19,5
Mínima	10,2	9,8	9,7	14,5	14,2	17,7



**Figura 5.1-27 - Distribuição da temperatura do ar máxima, média das máximas, média, média das mínimas e mínima mensal na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

**Tabela 5.1-7 - Temperatura máxima, média e mínima em função da hora do dia (C) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Temperatura	Hora do Dia							
	0 h	3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h
Máxima	29,2	29,5	28,7	29,7	33,6	38,1	38,0	32,6
Média	21,5	20,6	20,2	20,2	23,5	25,1	24,6	22,7
Mínima	11,2	9,8	10,5	9,7	12,7	13,5	13,3	13,1



**Figura 5.1-28 - Distribuição da temperatura do ar horária na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

#### 5.1.2.2.1.3 Umidade Relativa

A Tabela 5.1-8 e Figura 5.1-29 apresentam a distribuição da umidade relativa do ar em função do mês, e a Tabela 5.1-9 e Figura 5.1-30 apresentam a distribuição da umidade relativa do ar média horária para a estação meteorológica da Marambaia.

Os valores médios para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro são, respectivamente, 82,9 %, 84,2 %, 79,4 % e 83,6 %.

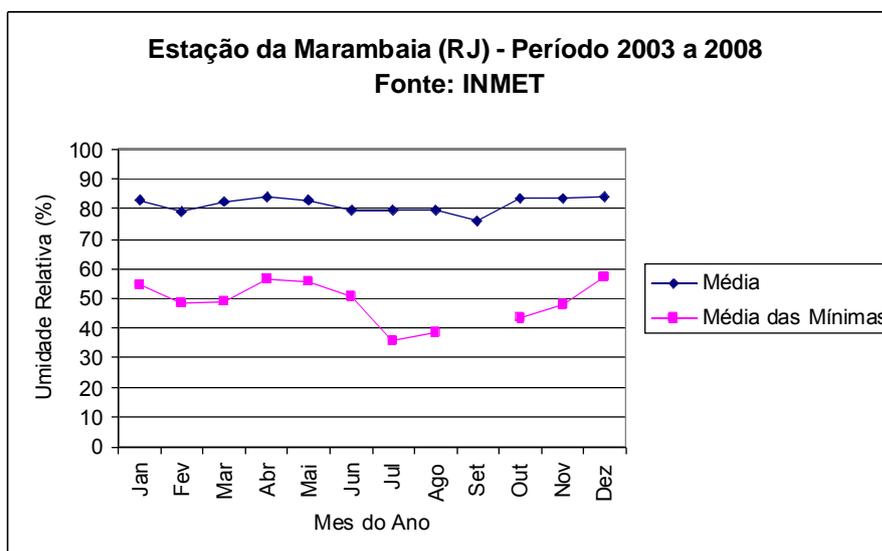
O período de menores umidades relativas é observado para os meses de inverno, como consequência direta do menor índice pluviométrico e da maior passagem de sistemas de alta pressão após a passagem da frente fria que está bastante seca após a passagem pelo sul e sudeste do Brasil.

A evolução diária da umidade relativa mostra que no período da manhã os valores são maiores, uma vez que, é comum existir um maior resfriamento noturno e conseqüentemente aumento da umidade. Durante o dia a umidade tende a diminuir em oposição ao aumento da temperatura ambiente.

**Tabela 5.1-8 - Umidade Relativa máxima, média e média das mínimas mensal (%) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Umidade	Mês do Ano					
Relativa	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Média	82,9	79,2	82,2	84,2	82,8	79,9
Média das Mínimas	54,4	48,1	48,9	56,5	55,4	50,8
Umidade	Mês do Ano					
Relativa	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	79,4	79,8	75,8	83,6	83,7	84,3
Média das Mínimas	35,9	38,3	n.d.	43,5	47,8	56,9

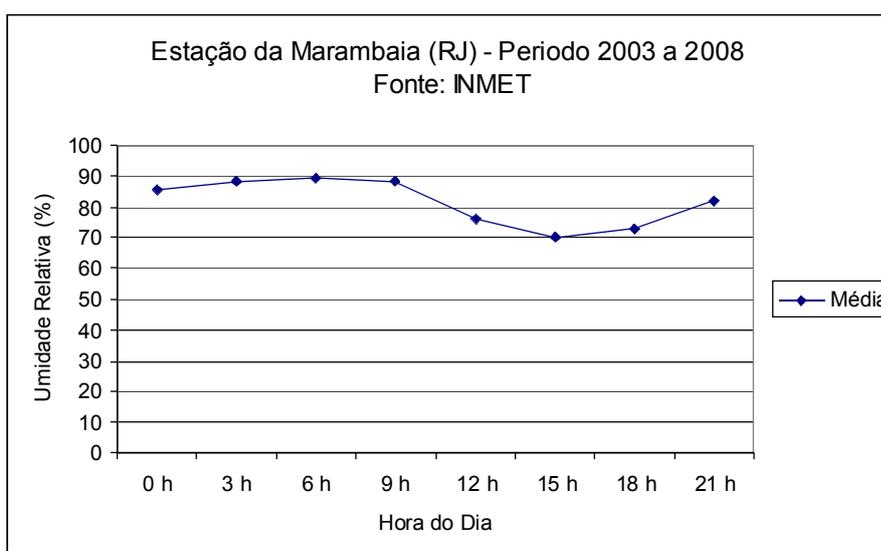
n.d. – informação não disponível.



**Figura 5.1-29 - Distribuição da umidade relativa do ar média mensal e média das mínimas na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

**Tabela 5.1-9 - Umidade Relativa média em função da hora do dia (%) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Umidade	Hora do Dia							
Relativa	0 h	3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h
Média	85,4	88,4	89,1	88,4	76,2	70,3	72,7	81,9



**Figura 5.1-30 - Distribuição da umidade relativa do ar média horária na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

#### 5.1.2.2.1.4 Precipitação

A Tabela 5.1-10 e Figura 5.1-31 apresentam a precipitação pluviométrica total mensal observada na estação meteorológica da Marambaia para o período de análise. Como pode ser observado existem muitos meses com ausência total de dados, o que não permite encontrar-se o valor total anual de precipitação.

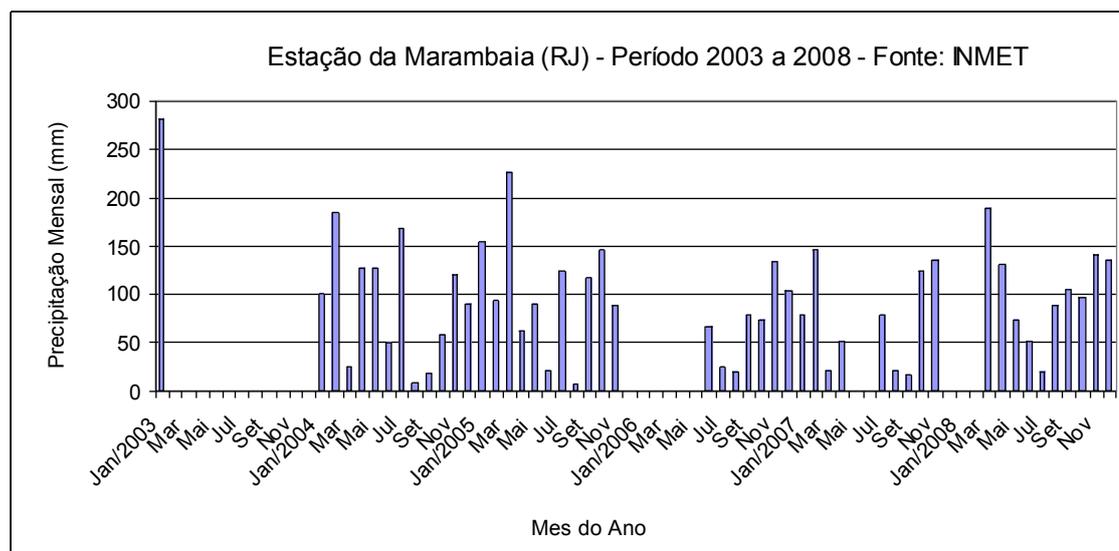
A estação de verão apresenta os maiores valores de precipitação total mensal, e no inverno os índices mensais tendem a diminuir, mas sem caracterizar uma estação predominantemente seca, uma vez que, a proximidade do mar associado a permanente entrada de umidade pelo sistema de brisa marítima e atuação do sistema de alta pressão no Oceano Atlântico permite que ocorram precipitações moderadas durante todo o decorrer do ano.

Das informações disponíveis, verificou-se que a maior precipitação total de 24 horas foi de 102,2 mm no dia 26/01/2003.

**Tabela 5.1-10 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal total (mm) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Ano	Mês do Ano											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	281,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2004	100,4	183,8	24,8	127,0	126,6	50,0	167,6	9,2	19,2	58,4	120,2	90,8
2005	154,2	93,8	226,8	62,4	90,8	21,4	123,2	7,4	117,8	146,6	89,6	n.d.
2006	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	67,0	25,6	19,8	78,2	73,2	133,8	104,0
2007	78,6	146,6	22,0	51,4	n.d.	n.d.	78,6	21,2	16,8	123,2	135,4	n.d.
2008	n.d.	n.d.	188,6	130,2	74,0	52,0	19,8	88,0	106,0	97,2	140,4	135,4

n.d. – dados não disponíveis para todo o mês do ano.



**Figura 5.1-31 - Distribuição da precipitação pluviométrica total mensal na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

#### 5.1.2.2.1.5 Velocidade e Direção do Vento

A Tabela 5.1-11 e Figura 5.1-32 apresentam a distribuição da velocidade horária máxima e velocidade horária média em função do mês, e a Tabela 5.1-12 e Figura 5.1-33 apresentam a distribuição da velocidade horária máxima, velocidade horária média e o índice de calmaria durante o decorrer do dia para a estação meteorológica da Marambaia.

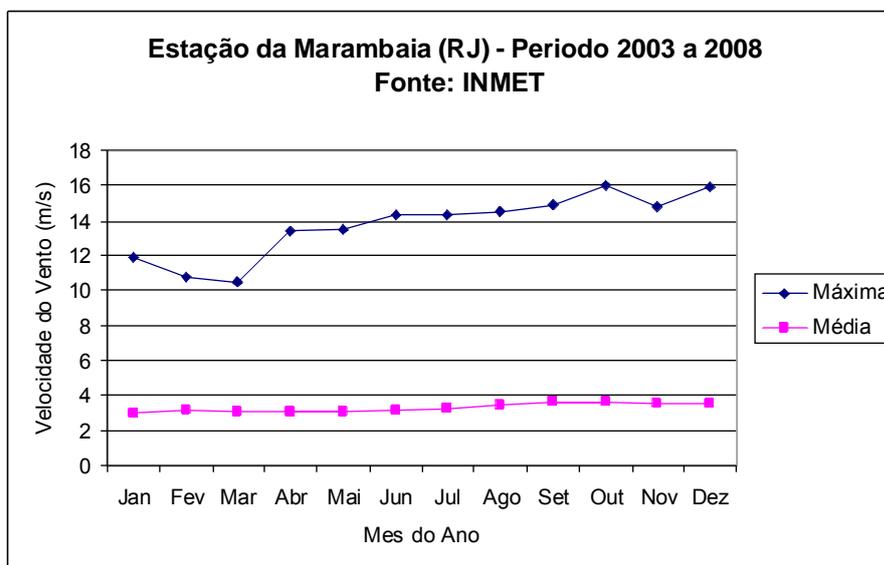
A Tabela 5.1-13 apresenta os valores de rajada do vento observados em função da hora do dia. O maior valor de rajada do vento registrado no período de dados disponível foi de 24,5 m/s.

De maneira geral a velocidade horária média mensal é superior a 3,0 m/s para todos os meses do ano, estando associado a um índice de calmaria inferior a 4 % no total do período.

Este baixo índice de calmaria está diretamente relacionado às condições de interação entre as forçantes mecânicas dos diversos sistemas de escala sinótica e de escala local.

**Tabela 5.1-11 - Velocidade do vento média horária máxima, média e mínima mensal (m/s) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Velocidade do vento	Mês do Ano					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Máxima	11,9	10,8	10,5	13,4	13,5	14,3
Média	3,0	3,2	3,1	3,1	3,1	3,2
Velocidade do vento	Mês do Ano					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	14,3	14,5	14,9	16,0	14,8	15,9
Média	3,3	3,5	3,7	3,7	3,6	3,6



**Figura 5.1-32 - Distribuição da velocidade do vento máxima mensal e média mensal (m/s) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

**Tabela 5.1-12 - Velocidade do vento máxima, média e calmaria em função da hora do dia (m/s) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Velocidade do vento	Hora do Dia							
	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
Máxima	12,9	14,8	11,6	13,3	14,3	14,5	12,7	13,9
Média	2,6	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6
Calmaria*	4,53 %	5,63 %	7,12 %	6,99 %	5,43 %	5,05 %	5,69 %	3,95 %

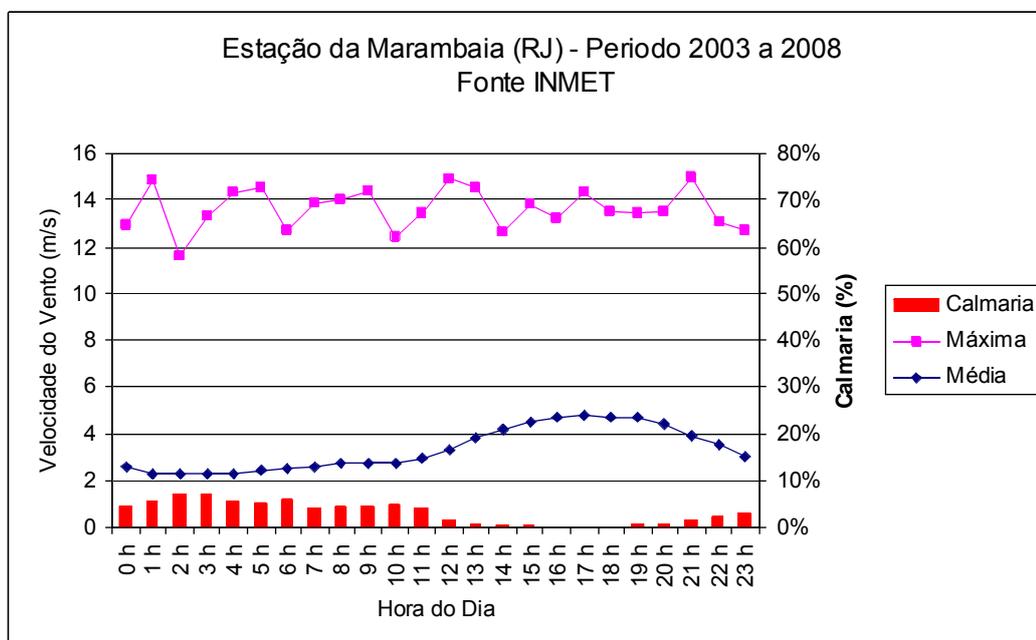
  

Velocidade do vento	Hora do Dia							
	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h
Máxima	14,0	14,4	12,4	13,4	14,9	14,5	12,6	13,8
Média	2,7	2,7	2,7	2,9	3,3	3,8	4,2	4,5
Calmaria*	4,40 %	4,40 %	4,66 %	4,01 %	1,62 %	0,68 %	0,32 %	0,19 %

Velocidade do vento	Hora do Dia							
	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Máxima	13,2	14,3	13,5	13,4	13,5	15,0	13,1	12,7
Média	4,7	4,8	4,7	4,7	4,4	3,9	3,5	3,0
Calmaria*	0,06 %	0,12 %	0,12 %	0,64 %	0,58 %	1,36 %	2,26 %	2,98 %

\*Calmaria assumida para velocidades iguais ou inferiores a 0,3 m/s



**Figura 5.1-33 - Velocidade do vento máxima, média (m/s) e calmaria (%) em função da hora do dia na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

**Tabela 5.1-13 - Velocidade de rajada máxima em função da hora do dia (m/s) na Estação Meteorológica da Marambaia. Período 2003 a 2008.**

Hora do Dia							
0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
23,6	21,8	23,3	18,2	21,6	16,7	16,9	23,3
8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h
24,5	18,6	16,9	22,9	20,4	20,6	23,2	24,4
16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
21,4	23,7	23,7	24,0	18,9	23,6	22,2	21,2

#### 5.1.2.2.1.6 Estabilidade Atmosférica

Devido a não operação de uma estação meteorológica na área do empreendimento, assim como, a estação meteorológica da Marambaia não realizar a estimativa da estabilidade atmosférica a partir dos parâmetros monitorados, não estão disponíveis a distribuição da classe de estabilidade atmosférica em função da direção e velocidade do vento.

Para permitir que os coeficientes de difusão atmosférica para condição de operação normal e de acidente possam ser estimados, foi assumido que o indicador de estabilidade atmosférica obtido pelo sistema de aquisição de dados meteorológicos da CNAAA pode, numa primeira aproximação, ser aplicado na região do empreendimento conjuntamente com os dados de velocidade e direção do vento da estação meteorológica da Marambaia.

Deve ser ressaltado que a região em que se encontra instalado o área da CNAAA possui características topográficas mais complexas, e que enseada que abriga a área é mais fechada restringindo desta maneira a circulação local, enquanto que, a região de Itaguaí já apresenta características mais abertas possibilitando a interação mais dinâmica dos sistemas sinóticos e de circulação local. Esta avaliação pode ser verificada comparando-se o regime de ventos das regiões.

A região da área da CNAAA apresenta ventos médios de 1,5 m/s a 1,7 m/s, enquanto que, a região do empreendimento mostrou possuir velocidades médias de 2,3 m/s a 3,8 m/s no decorrer do dia.

#### 5.1.2.2.1.7 Altura da Camada de Mistura

Não estão disponíveis informações a respeito da evolução diária da camada de mistura atmosférica para a região do empreendimento.

Estudo reproduzido na Eletronuclear (2005) indica que a camada de mistura nas primeiras horas do dia são bastante rasas e inferiores a 200 metros de altura. Com o aquecimento solar nas primeiras horas da manhã, a camada começa a evoluir alcançando alturas entre 500 e 600 metros, podendo chegar a um máximo entre 800 e 1000 metros no meio do período da tarde.

Durante a presença dos sistemas de alta pressão após a passagem das frentes frias ou a intensificação do anticiclone estacionário no oceano Atlântico, a camada de mistura se mantém mais rasa devido a forte subsidência prejudicando desta maneira a dissipação dos nevoeiros formados ao amanhecer e, no caso de liberações atmosféricas, dificultando a mistura vertical dos poluentes, acarretando desta maneira o aumento das concentrações ambientais na superfície.

### 5.1.3 GEOLOGIA E PEDOLOGIA

#### 5.1.3.1 Tectônica do Sudeste do Brasil

A área de interesse ao projeto está regionalmente inserida na Província Estrutural Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1977) constituída, sobretudo, de rochas pré-cambrianas, intensamente deformadas, metamorfizadas em diferentes graus, migmatizadas e injetadas por granitóides de variadas composições e fases de intrusão. Geotectonicamente, a área de estudo situa-se no contexto do segmento central da Faixa Ribeira (Cordani *et al.*, 1967, 1973; Almeida 1967, 1969), conforme a Figura 5.1-34, desenvolvida durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileira, que resultou da formação do paleocontinente Gondwana. Essa faixa móvel é constituída por um complexo sistema de dobramentos e empurrões desenvolvidos do Eoproterozóico ao Neoproterozóico (Brito Neves & Cordani, 1991), ao longo da borda sul/sudeste do Cráton de São Francisco.

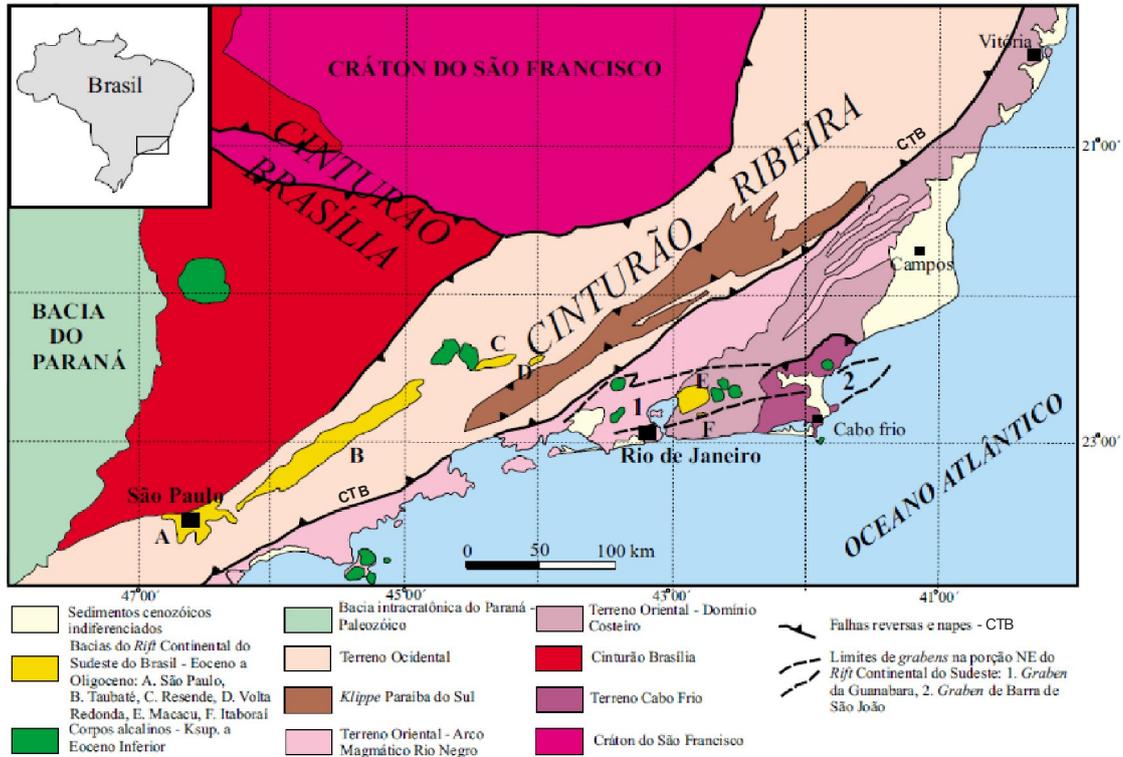


Figura 5.1-34 - Mapa tectônico da região sudeste do Brasil. Simplificado de Heilbron *et al.* (2000), Ferrari (1990) e Mohriak & Barros (1990).

Fonte: Ferrari (2001).

Heilbron *et al.* (2000, 2004) e Eirado *et al.* (2006) caracterizam o Segmento Central da Faixa Ribeira, dividindo-o em Terrenos Tectono-Estratigráficos distintos: Ocidental, Paraíba do Sul/Embu, Oriental (onde está inserida a área de influência indireta – All do presente projeto) e Cabo Frio.

O Terreno Ocidental corresponde à margem retrabalhada do Cráton de São Francisco, sendo representado pelo Domínio Tectônico Juiz de Fora, que integra rochas paleoproterozóicas do Complexo Juiz de Fora e uma seqüência metassedimentar neoproterozóica conhecida como Megasseqüência Andrelândia.

O Terreno Paraíba do Sul aflora como uma Klippe sinformal complexamente dobrada sobre o Terreno Ocidental e é composto por ortognaisses paleoproterozóicos do Complexo Quirino e pelas rochas metassedimentares do Grupo Paraíba do Sul, enquanto que o Embu é formado por uma sucessão supracrustal (Complexo Embu) e ortognaisses de idade ainda indefinida.

O Terreno Oriental (Domínio Costeiro de Machado *et al.*, 1996), onde está inserida a All do presente projeto, é caracterizado pela presença marcante de ortognaisses

gerados em ambiente colisional, por marcada presença de grandes dobras isoclinais recumbentes e faixas de cisalhamento dúctil-rúptil contendo granitóides sin a pós-colisionais. Compreende o Arco Magmático Rio Negro (Heilbron *et al.*, 2000), formado pela subducção oceânica da Placa São Francisco, onde foram gerados ortognaisses trondhjemiticos do Complexo Rio Negro (Tupinambá, 1999) e granitóides associados, destacando-se o Batólito Serra dos Órgãos (Barbosa & Grossi Sad, 1985), formado por um megasheet de ortognaisse granodiorítico a granítico que intrusiona rochas gnáissica-migmatíticas do Complexo Rio Negro (Penha *et al.*, 1981), em condição sin a tardi-colisional de intrusão na fase orogênica. O Terreno Cabo Frio, a Este, estaria relacionado a uma paleoplaca derivada do Cráton do Congo.

Os terrenos Ocidental e Oriental são separados por uma zona de cisalhamento dúctil/rúptil de direção NE/SW, complexamente redobrada e com a presença de rochas miloníticas. Essa faixa de extensão regional e com intensa deformação crustal é denominada Limite Tectônico Central (CTB) e constitui uma zona de sutura da colagem brasileira (Almeida *et al.*, 1998).

Uma análise da deformação das rochas dos terrenos proterozóicos de interesse para a All, indica que as estruturas geradas durante a etapa de deformação principal foram estabelecidas no ápice do primeiro estágio colisional da Faixa Ribeira, entre 590 e 560 Ma (Heilbron & Machado, 2003; Heilbron *et al.*, 2004). Esta etapa herdou a deformação acumulada desde o estágio pré-colisional, durante a subducção oceânica. Segundo Eirado *et al.* (2006), duas fases de deformação progressiva (D1+D2) são reconhecidas para esta etapa, responsável pela compartimentação tectônica principal da área de estudo. As estruturas geradas pela fase D1 são, muitas vezes, transpostas pela fase D2, especialmente nas zonas de maior deformação do estágio sin-colisional, por exemplo, nos limites dos terrenos tectônicos. O grau de transposição da fase D1 pela D2 também varia em relação aos terrenos, pois alguns guardam o caráter estrutural da primeira fase. Deste modo, o Terreno Ocidental mostra maior intensidade da deformação D2 que os demais, o que é esperado para o compartimento coberto por outros terrenos durante a colisão. De acordo com os autores anteriormente citados, as características estruturais mais significativas do Terreno Oriental, na All, são:

- A foliação principal (S1) que consiste de uma xistosidade paralela ao bandamento migmatítico dos ortognaisses do Complexo Rio Negro, com mergulhos normalmente de médio a alto ângulo para NW. A foliação só é milonítica junto ao contato com o Terreno Ocidental, onde S2 transpõe S1;
- As lineações mineral e de estiramento que possuem caimentos moderados a suaves tanto para SW como para NE;

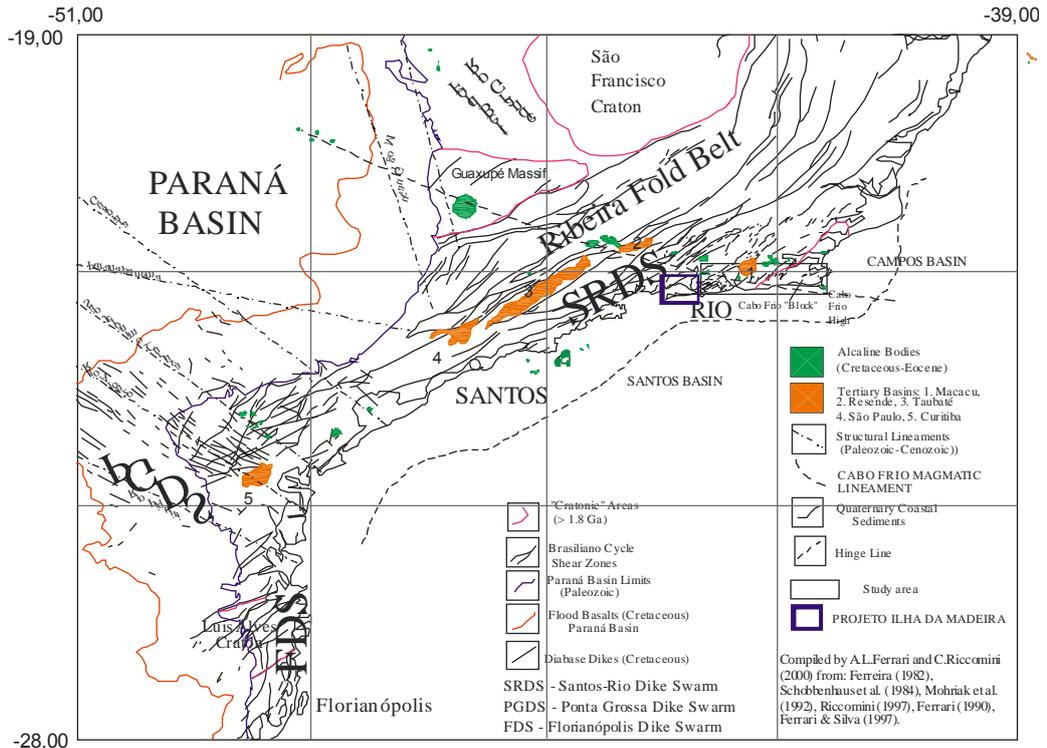
- A ocorrência de dobras tanto D1 versus D2, como D2 versus D3. As dobras da fase D2 são fechadas e possuem, geralmente, eixos com caimentos para SW, paralelos às lineações;
- O contato com o Terreno Ocidental faz-se através da Zona de Cisalhamento denominada CTB, já citada, e que corresponde à sutura da Faixa Ribeira (Almeida *et al.*, 1998). Na AII, o CTB apresenta mergulho íngreme para NW e dobrado por D2 e D3. Ainda, segundo Eirado *et al.* (2006), tal condição estrutural indica que o Terreno Oriental encontra-se por baixo do Terreno Ocidental, em posição invertida, já que o esperado seria que mergulhasse para SE, com a placa contendo o arco magmático sobreposta à placa subductada. Esse mergulho invertido do LTC pode ser efeito de um endentamento do Terreno Oriental sob o Terreno Ocidental, ocorrido no ápice da colisão. Tal estrutura, que está situada no setor noroeste da AII, apresenta direção N50-60E com altos ângulos de mergulho;
- Há registros de reativação da CTB durante a fase D3. São observados na área pequenos corpos e veios de leucogranitos tardi-colisionais, encaixados nas zonas de cisalhamento D3. Tais zonas são dúctil-rúpteis, geralmente associadas às charneiras de dobras desta fase, os quais apresentam rejeito vertical marcante. Essas zonas mostram sinais de reativações rúpteis posteriores, devido à presença de espelhos de falhas com estrias;
- As estruturas típicas da fase D4 são zonas de cisalhamento dúctil-rúptil, subverticais, de direção NW e, subordinadamente, NE, que mostram movimentação geralmente oblíqua (destal e sinistral), com importante rejeito normal. Nessas zonas de cisalhamento foram observados pseudotaquilitos e texturas cataclásticas que denotam a transição para um nível crustal rúptil. São frequentes os veios de leucogranitos, pegmatitos e quartzo encaixados nas zonas de cisalhamentos. Esta fase de deformação está relacionada à etapa pós-colisional, ou seja, ao colapso do Orógeno Ribeira.

### 5.1.3.2 Reativação Fanerozóica

O embasamento proterozóico, essencialmente brasileiro, que constitui o sudeste do Brasil, foi reativado pelos processos de fragmentação do Gondwana e formação do Atlântico Sul (Eocretáceo), pelo magmatismo alcalino (Eocretáceo a Paleógeno) e pela formação das bacias terciárias contemporâneas à implantação das serras do Mar e da Mantiqueira (Paleógeno). Este conjunto de eventos tectônicos, tidos hoje como relacionados a processos distintos, foi englobado por Almeida (1967) na Reativação

Wealdeniana, posteriormente denominada Evento Sul-Atlântico (Schobbenhaus *et al.*, 1984).

Estes eventos tectônicos fanerozóicos estão registrados de diversas formas no sudeste do Brasil, como pode ser visto na Figura 5.1-35.



**Figura 5.1-35 - Principais feições tectônicas fanerozóicas do sudeste do Brasil, destacando o magmatismo basáltico contemporâneo com a fragmentação do Gondwana, o magmatismo alcalino e as bacias terciárias que constituem o Rift Continental do Sudeste do Brasil, segundo Ferrari & Riccomini (2000).**

#### 5.1.3.2.1 Formação da Margem Continental Sudeste – Magmatismo Basáltico

O evento mais antigo, de formação do Atlântico Sul, tem registro na porção emersa do sudeste do Brasil, tanto na forma dos extensos derrames da Formação Serra Geral, com idades entre 132 Ma e 134 Ma (Thiede & Vasconcellos, 2008), quanto nos enxames de diques básicos de São Paulo - Rio de Janeiro - SRDS, do Arco de Ponta Grossa - PGDS e de Florianópolis - FDS. O SRDS, que interessa à AII, apresenta idades entre 129 Ma e 133 Ma (Regelous, 1990) e mostra diques com até 100 metros de espessura, com direção variando entre NNE a EW, com concentração nas direções NE e ENE. Esses diques intrudiram num regime transtrativo, com distensão NW-SE e SHmax NE-SW, o qual constitui comumente o eixo principal de tensão máximo (Ferrari & Riccomini, 2000; Tetzner, 2002).

Na porção submersa, as bacias de Campos e Santos são produtos deste evento tectono-magmático, sendo a porção norte da bacia de Santos adjacente à área do projeto. No domínio desta bacia, além das falhas normais, sintéticas e antitéticas, de direção NE-SW, destacam-se as falhas e zonas de transferência de direção WNW-ESE (Figura 5.1-36).

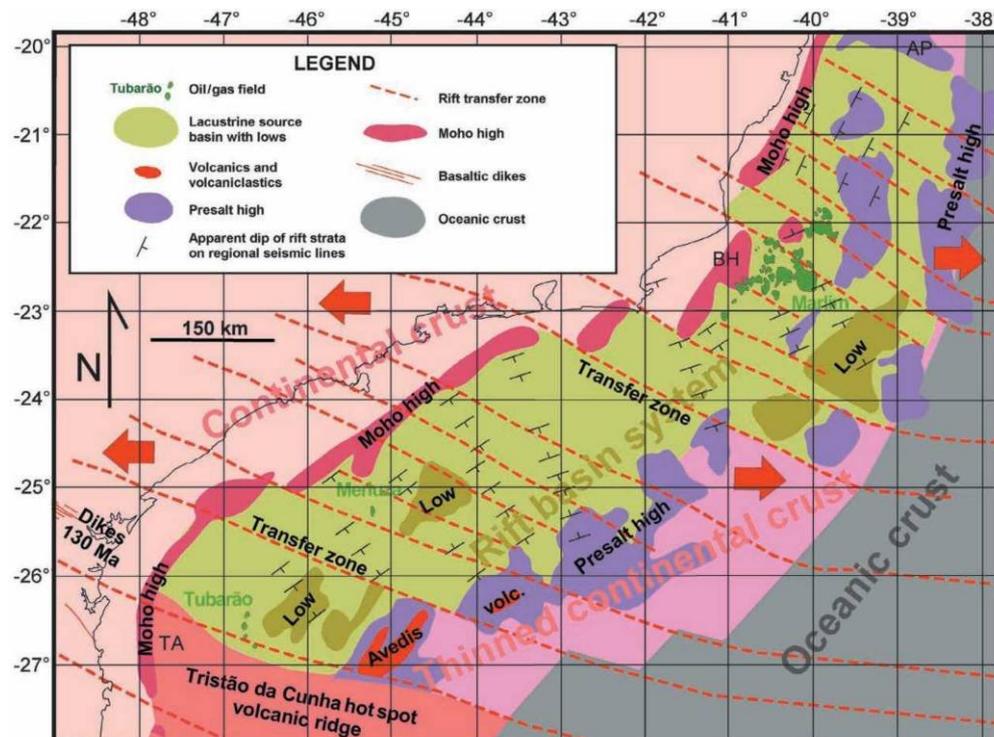


Figura 5.1-36- Principais feições e províncias estruturais da fase rifte das bacias de Santos e Campos. Fonte: Meisling *et al.*, 2001.

Essas últimas estruturas da fase rifte, que tiveram caráter transcorrente destal, não foram caracterizadas na área emersa adjacente, apesar da presença de estruturas com a mesma orientação, inclusive na All. Até o momento não se determinou adequadamente o significado das estruturas WNW-ESE e NW-SE na área emersa.

#### 5.1.3.2.2 Magmatismo Alcalino

O magmatismo alcalino apresenta regionalmente rochas desde eocretáceas a eocênicas, e componentes ultramáficos a félsicos. Este magmatismo se divide em três grandes grupos (Riccomini *et al.*, 2005): 1) o do Arco de Ponta Grossa, constituído predominantemente de máficas e ultramáficas, com a presença de carbonatitos, tendo corpos predominantemente eocretáceos; 2) o da Serra do mar, com componentes máficos e félsicos e idades do eocretáceas a neocretáceas; 3) o do Alinhamento Magmático de Cabo Frio (Almeida, 1991), que é o que afeta a All, e é constituído por

rochas alcalinas máficas e félsicas, com predomínio das félsicas, de idades neocretáceas e o eocênicas (80 a 50 Ma), com concentração no limite K-T. No segmento fluminense do Alinhamento Magmático de Cabo Frio o controle tectônico da intrusão dos corpos e dos diques associados, de direção NE a ENE, deu-se em consonância com um binário sinistral de direção WNW-ESE (Ferrari, 2001) (Figura 5.1-37 e Figura 5.1-38).

Este evento tectono-magmático, no domínio do Alinhamento Magmático de Cabo Frio, tem sido associado a um *hotspot* (Sadowiski & Dias Neto, 1981; Thompsom *et al.*, 1998).

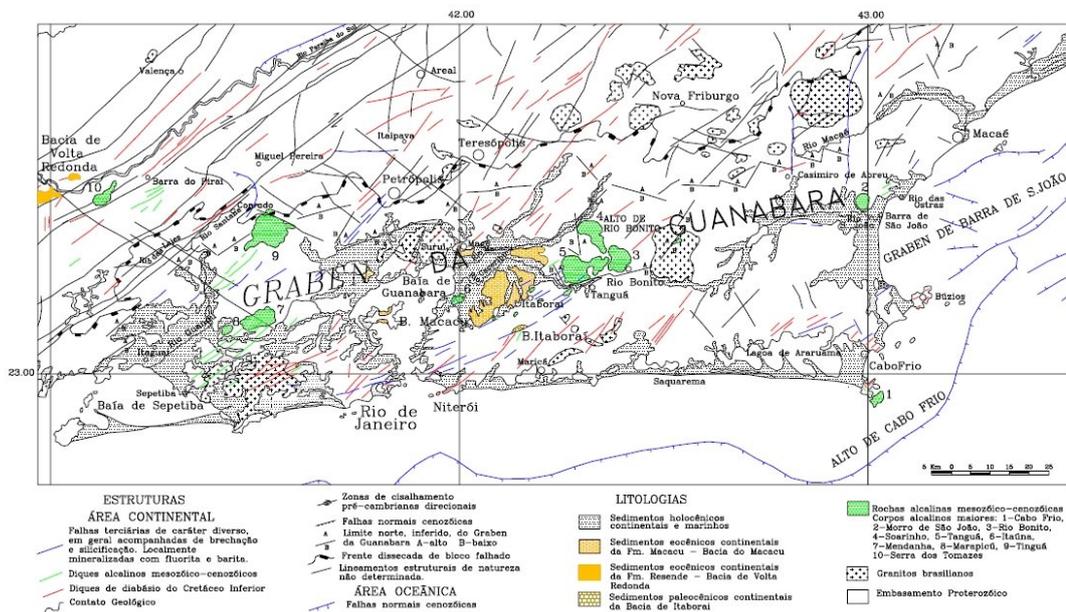


Figura 5.1-37- Mapa tectônico do Gráben da Guanabara e arredores.

Fonte: Ferrari (2001).

### 5.1.3.2.3 Rifte Continental do Sudeste do Brasil - RCSB

As bacias terciárias que ocorrem no sudeste do Brasil são agrupadas no Rifte Continental do Sudeste do Brasil - RCSB (Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004) (Figura 5.1-36 e Figura 5.1-37).

O quadro tectono-estratigráfico regional envolve cinco sequências sedimentares, referidas a diferentes unidades litoestratigráficas, além de quatro fases de deformação rúptil (Figura 5.1-39): a) Formação Resende, constituída por depósitos de leques aluviais e de rios entrelaçados; b) Formação Tremembé, constituída por depósitos lacustres; c) Formação São Paulo, constituída por depósitos de rios meandranes; d)

Formação Itaquaquetuba, constituída por depósitos de rios entrelaçados; e) Formação Pindamonhangaba, constituída por sedimentos de ambiente fluvial meandrante.

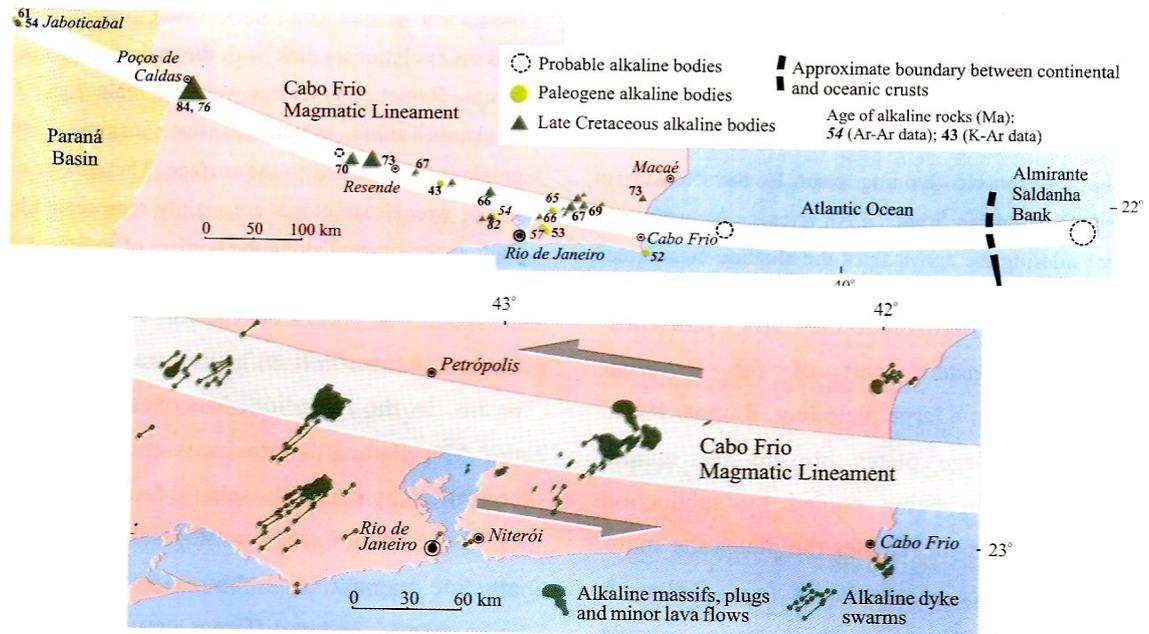


Figura 5.1-38 - Alinhamento Magmático de Cabo Frio - controle tectônico das intrusões, segundo Riccomini *et al.*, 2005.

Fonte: modificado de Ferrari, 2001.

As três primeiras correspondem em seu conjunto ao Grupo Taubaté (paleogênico), depositado durante a fase extensional inicial, de direção NW-SE. Também faz parte dele, o Basanito Casa de Pedra (derrame de ankaramito, com 50 Ma, segundo Riccomini *et al.*, 2004) e a Formação Resende. De acordo com Riccomini (1989), a deposição da Formação Itaquaquetuba (miocênica) teria sido controlada por uma transcorrência sinistral, associada a um binário sinistral E-W.

As bacias mais importantes deste conjunto são as de Taubaté, São Paulo, Curitiba, Resende, Volta Redonda e Macacu. A última está localizada no Gráben da Guanabara (Almeida, 1976; Ferrari, 1990; Ferrari & Silva, 1997; Ferrari, 2001). Segundo Almeida (1976), o Gráben da Guanabara, no seu limite ocidental, se projeta na baía de Sepetiba e sua borda NW coincide com o alinhamento das Ilhas da Madeira, Jaguanum e da Marambaia (Figura 5.1-37). Zalan & Oliveira (2005) definiram por parâmetros morfoestruturais o Sub-Gráben Guandu-Sepetiba, abrangendo o segmento

ocidental do Gráben da Guanabara e a porção da baía de Sepetiba a leste do alinhamento de ilhas referido acima (Figura 5.1-40).

As fases de deformação neogênicas são modificadoras do RCSB e responsáveis pela implantação e/ou inversão de altos e baixos, individualizando e dando a forma atual às bacias e, ainda, encaixando depósitos pouco extensos e pouco espessos nos altos interbasinais (Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004).

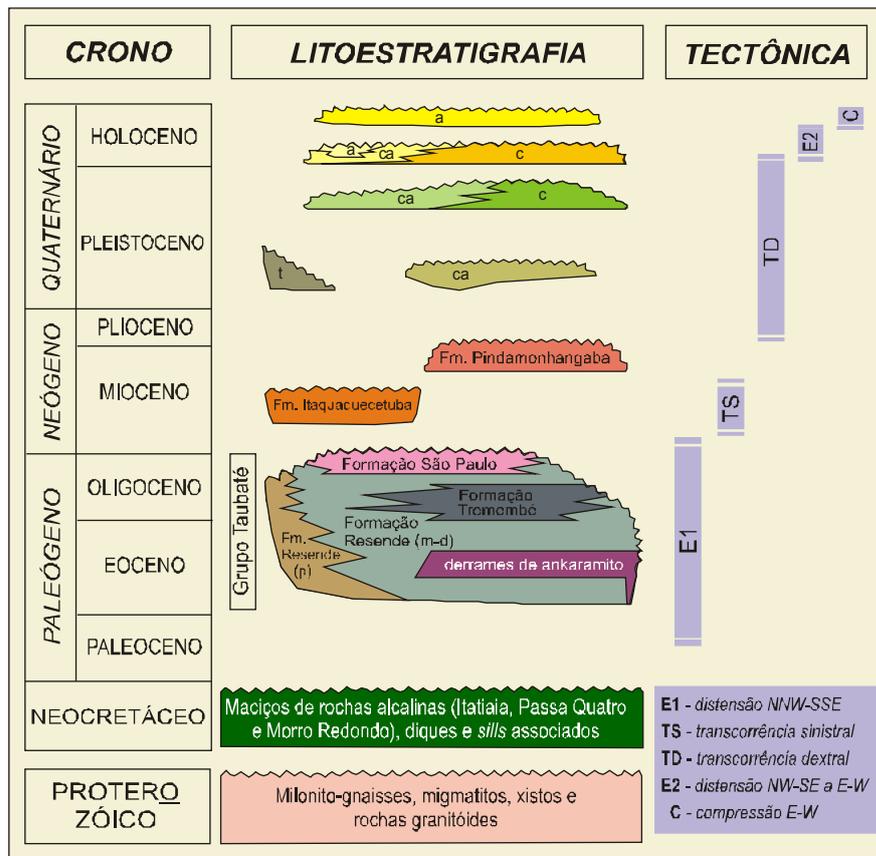


Figura 5.1-39 - Relações entre a estratigrafia e a tectônica no Rifte Continental do Sudeste do Brasil.

Fonte: Riccomini *et al.*, 2004.

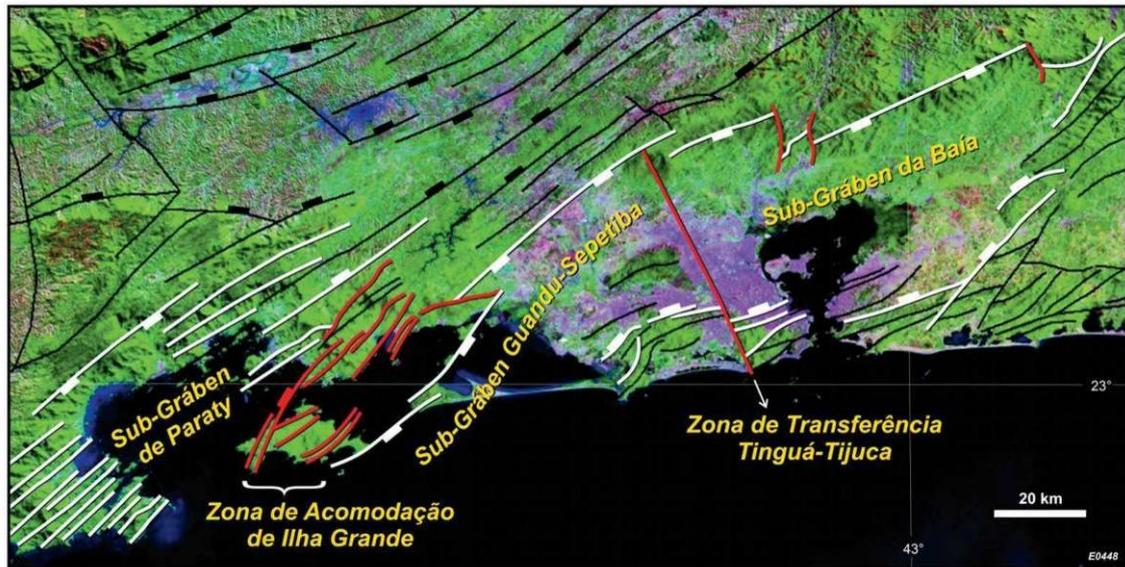


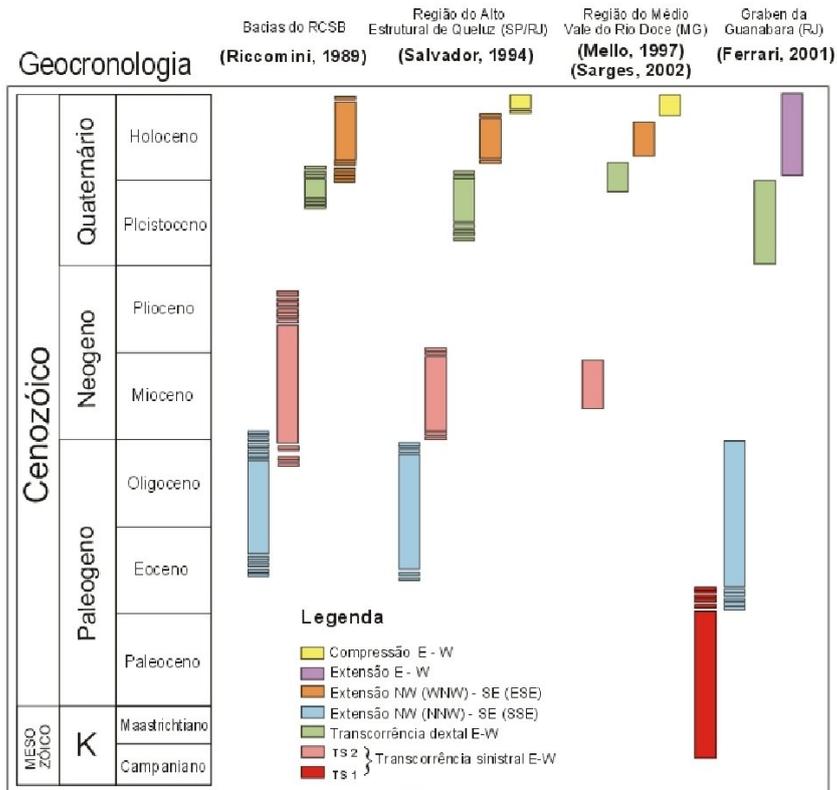
Figura 5.1-40 - Interpretação morfoestrutural da porção ocidental do Gráben da Guanabara.

Fonte: Zalán & Oliveira, 2005.

### 5.1.3.3 Neotectônica

Durante o Quaternário se acumularam depósitos colúvio-aluviais no RCSB, em duas fases distintas, inicialmente acompanhados por transcorrência dextral, passando a uma extensão WNW-ESE e, finalmente, por uma compressão E-W (Riccomini *et al.*, 1999; Riccomini *et al.*, 2004). As deformações neogênicas e quaternárias evidenciam atividade neotectônica (Figura 5.1-41) no domínio do RCSB, com potencial para que possa ter ocorrido este tipo de atividade na AI.

A inferência de uma nova variação no campo de esforços, no Holoceno, a partir de mecanismos focais de terremotos no RCSB (Assumpção, 1992; Assumpção *et al.*, 1997), indicando a atual vigência de esforços compressivos E-W que foram confirmados a partir de dados geológicos por Salvador (1994) e Salvador & Riccomini (1995), reforçam as evidências da ocorrência de atividade neotectônica, regionalmente. A Figura 5.1-41 esquematiza as fases de deformação cenozóicas reconhecidas regionalmente, tanto no Rifte Continental do Sudeste do Brasil como em áreas adjacentes no Estado de Minas Gerais. Ressalta-se que a direção de compressão máxima horizontal permanece orientada na direção NE-SW até o Pleistoceno, quando assume a direção NW-SE (Ferrari *et al.*, 1997; Ferrari, 2001).



**Figura 5.1-41 - Fases tectônicas cenozóicas do Sudeste do Brasil, reconhecidas em diferentes áreas.**

**Fonte: Melo & Ferrari, 2003.**

### 5.1.3.4 Lineamentos Estruturais

O controle morfoestrutural do relevo na porção emersa adjacente à baía de Sepetiba, nas vizinhanças da Ilha da Madeira, é descrito a seguir com base na análise estatística das principais famílias de lineamentos estruturais.

O relevo do entorno da baía de Sepetiba se caracteriza por apresentar forte controle estrutural, evidenciado pela presença de escarpas e cristas intercaladas com vales retilíneos, às vezes encaixando drenagens. Por vezes, estes lineamentos representam fraturas e falhas e, em outras, estão associados às deformações penetrativas dúcteis do embasamento, conformando faixas com extensões de centenas de metros até dezenas de quilômetros. As principais orientações desses lineamentos variam entre NE-SW, ENE-WSW, E-W e NW-SE (Figura 5.1-42). Na porção mais baixa e aplainada que corresponde à bacia do rio Guandu, as colinas e morros de menor altitude se mostram mais alongados e alinhados para ENE ( $\pm 060^\circ$ ) e, em menor proporção, na

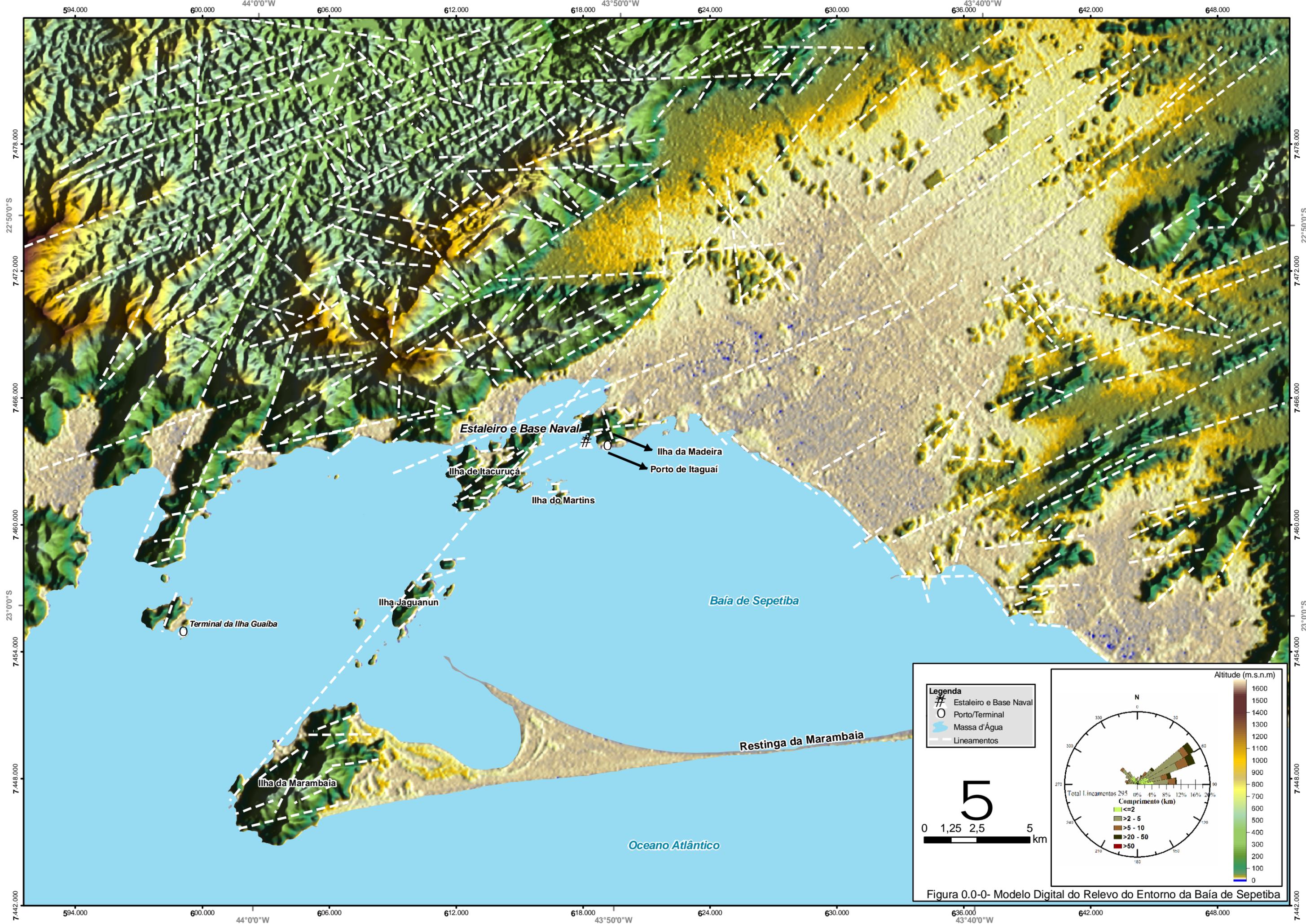
direção E-W. Ainda encontram-se algumas elevações que possuem um terceiro controle na direção NW ( $\pm 315^\circ$ ).

O principal domínio morfológico se orienta na direção NE, sugerido pelo controle estrutural dos vales e cristas, nas zonas noroeste e nordeste da região. A maior parte das feições lineares maiores do que 20 km de comprimento se encontram orientadas N50-65E. Em menor proporção, nas partes mais elevadas da área, apreciam-se vales orientados na direção N50W, controlando sistemas de drenagem; porém, o percentual desta segunda família de lineamentos é relativamente baixo e os comprimentos não superam os 10 km. O terceiro domínio de controle morfoestrutural se orienta aproximadamente entre N75-85E, N70-80W e E-W. A primeira e a terceira destas três últimas direções de orientação se destacam pela persistência dos lineamentos, que chegam a atingir até 20 km de comprimento e se aprecia em boa parte da área de interesse, sobre tudo nas ilhas e proximidades da linha de costa na parte leste do mapa; enquanto que a segunda orientação, N70-80W, não chega superar os 10 km de comprimento e, embora apresente menor densidade na roseta de frequências, ela aparece como feição importante na região mais montanhosa, no noroeste da AII (Figura 5.1-42) e está presente também na própria Ilha da Madeira .

Dentro de um contexto geológico regional, a família ENE, bem representada no canto NW da AII, corresponde às zonas de cisalhamento dúcteis pré-cambrianas formadas durante o Ciclo Brasileiro (Ferrari, 2001; Heilbron *et al.*, 2004), entre as quais se destaca o Limite Tectônico Central (CTB). Essas zonas de cisalhamento foram parcialmente reativadas na abertura do Oceano Atlântico no Eocretáceo, com a intrusão dos diques de diabásio. No final do Cretáceo e início do Paleogeno, estas estruturas foram novamente, em parte, reativadas pelo magmatismo alcalino com a intrusão de corpos e diques na direção NE a ENE (Ferrari, 2001; Melo & Ferrari, 2003). O marcante lineamento NE que coincide com o alinhamento das ilhas da Madeira, Itacuruçá, Jaguanum e da Marambaia, está relacionado com o limite NW da porção ocidental do Gráben da Guanabara. Os lineamentos de orientação WNW, ENE e E-W correspondem, principalmente, às estruturas secundárias geradas nas diferentes fases de formação e/ou deformação do Gráben da Guanabara.

A família de lineamentos de direção NW, provavelmente corresponde a reativações mais recentes que poderiam estar associadas à tectônica pleistocênica, relacionada a uma compressão NW-SE.

A Figura 5.1-43 exhibe os lineamentos estruturais que ocorrem na Ilha da Madeira.



**Legenda**

- # Estaleiro e Base Naval
- Porto/Terminal
- Massa d'Água
- Lineamentos

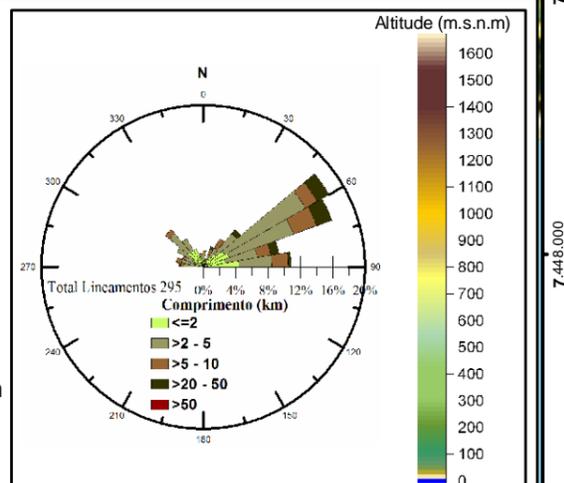
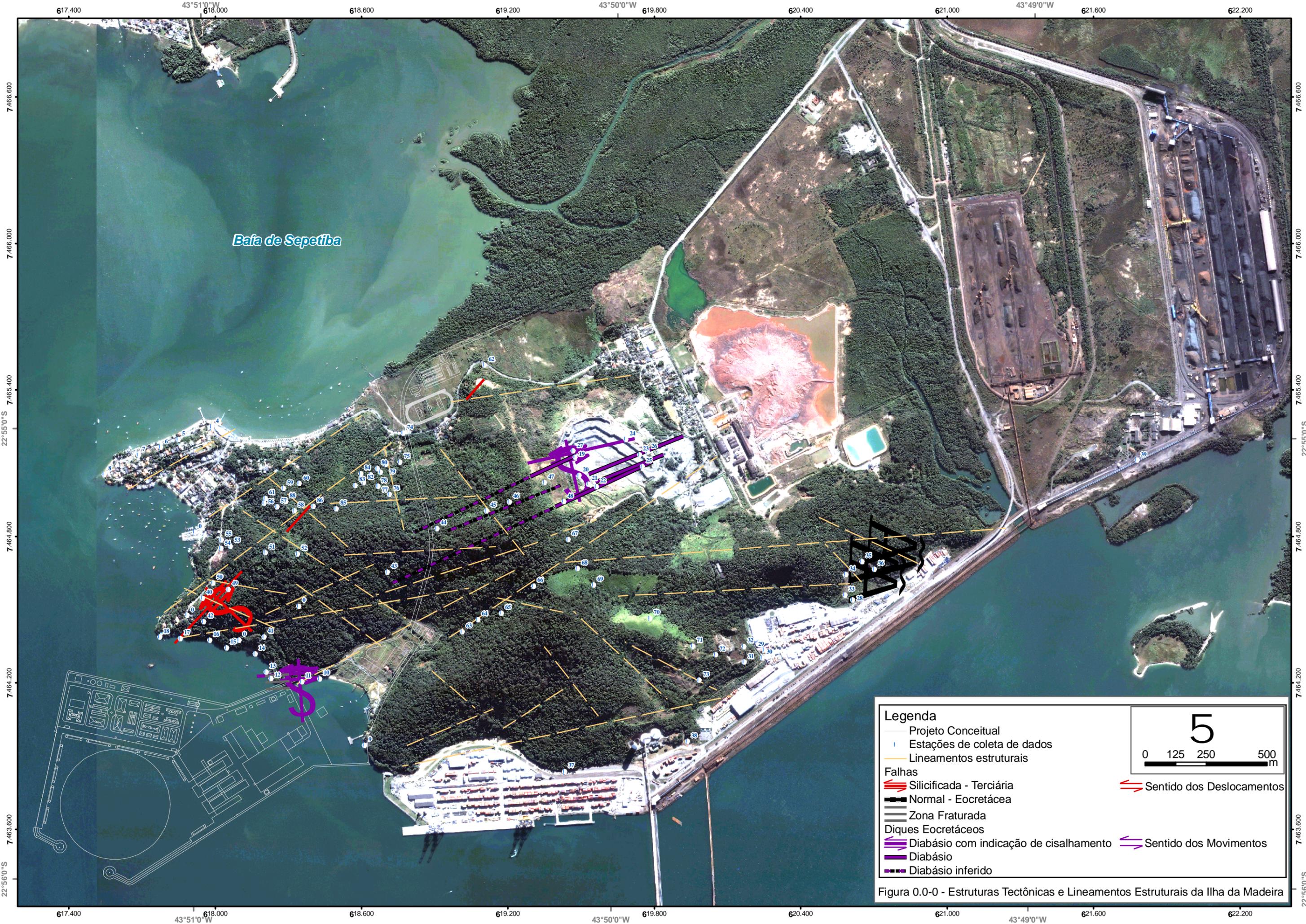


Figura 0.0-0- Modelo Digital do Relevo do Entorno da Baía de Sepetiba



Baía de Sepetiba

**Legenda**

- Projeto Conceitual
- Estações de coleta de dados
- Lineamentos estruturais

**Falhas**

- ≡ Silicificada - Terciária
- ≡ Normal - Eocretácea
- ≡ Zona Fraturada

**Diques Eocretáceos**

- ≡ Diabásio com indicação de cisalhamento
- ≡ Diabásio
- ≡ Diabásio inferido

↔ Sentido dos Deslocamentos

↔ Sentido dos Movimentos

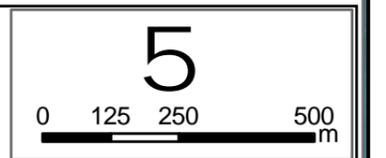


Figura 0.0-0 - Estruturas Tectônicas e Lineamentos Estruturais da Ilha da Madeira

### 5.1.3.5 Geologia Regional e da Área de Influência Indireta

As Unidades Geológicas apresentadas no Mapa 5.1-1 representam uma integração e atualização dos mapas 1:50.000 das folhas Santa Cruz (Hembold *et al.*, 1965) e Itaguaí e Marambaia (Grossi Sad *et al.*, 1982). Essas Unidades abrangem litologias com idades que vão desde o Pré-Cambriano ao Quaternário.

#### 5.1.3.5.1 Meso/Neoproterozóico

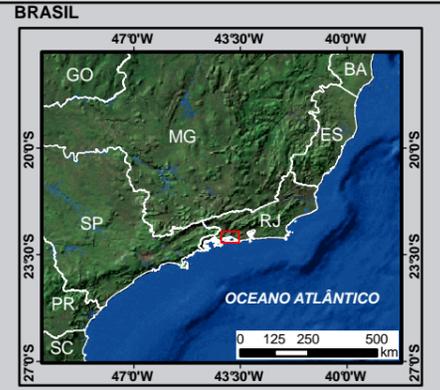
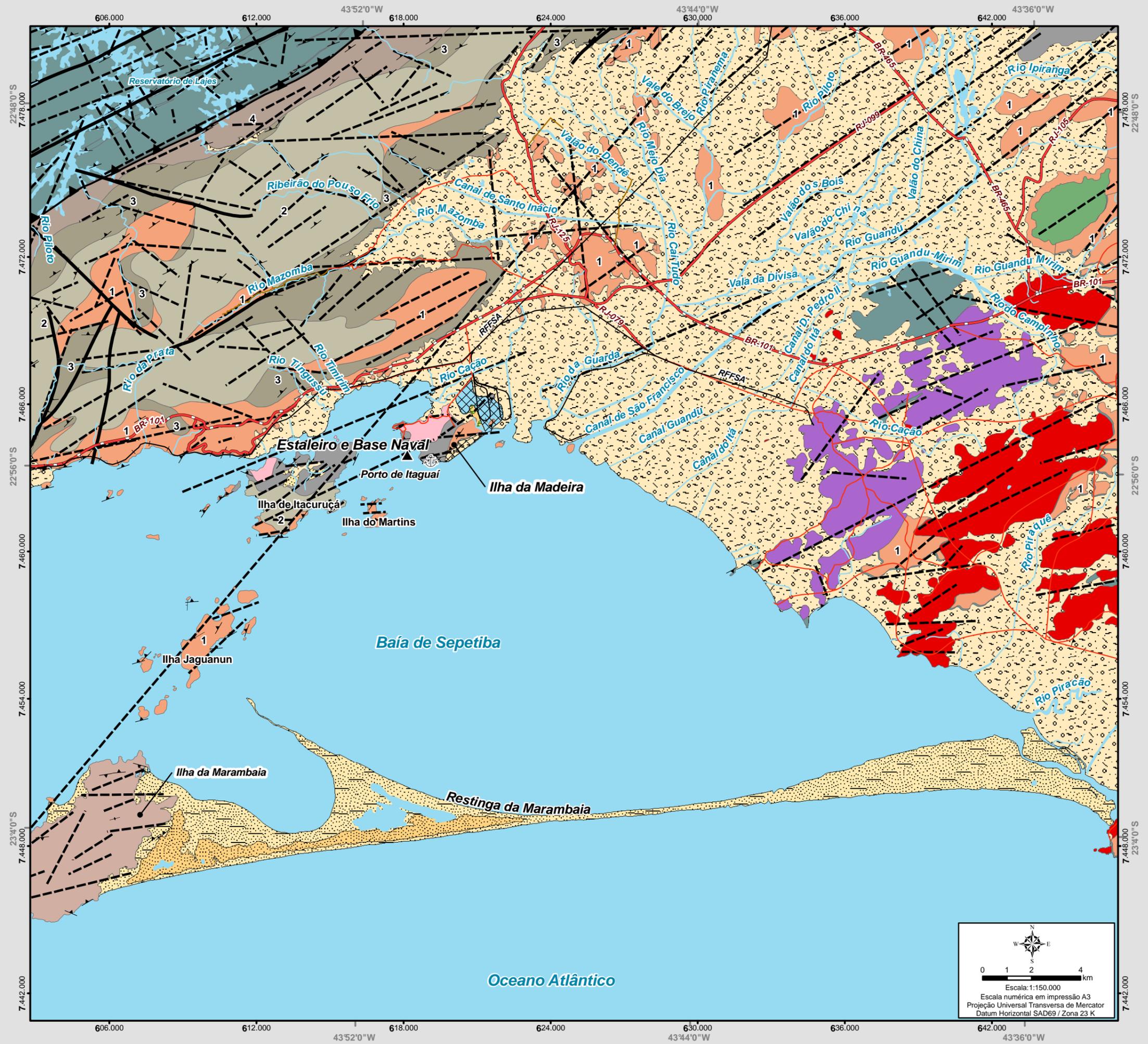
É representado pelo Complexo Paraíba do Sul, com significativa ocorrência na porção noroeste e centro-este da área abrangida pelo mapa.

De modo geral, se caracteriza por metassedimentos com a presença de granada-biotita-sillimanita gnaiss quartzo feldspático, de gnaiss granatífero (Kinzigítico) e de granada-biotita gnaiss. Geralmente são gnaisses bandados, com frequentes intercalações de quartzitos que podem formar potentes bancos, mármore, metadolomitos, rochas cálcio-silicáticas, e xistos muscovíticos ou grafitosos. O aspecto bandado varia localmente de finas bandas centimétricas a decamétricas, alternando as diversas variações composicionais do pacote meta-sedimentar. São observados em alguns pontos, veios ou bolsões de material remobilizado de origem anatética, composição granítica a pegmatítica e quartzo-feldespáticas, que se injetam em bandas composicionais regulares, dando rochas de aspecto migmatítico com estrutura variando de flebítica a listrada, com paleossoma rico em biotita e anfibólio e com neossoma granítico de cor clara. Em algumas áreas são observadas associações de milonitos gnaisses e blastomilonitos e, ainda, ocorrência de rocha charnockítica.

Seus contatos com as litologias da Unidade Rio Negro, a noroeste do mapa, fazem-se principalmente através de uma importante faixa de cisalhamento dúctil-rúptil, denominada Limite Tectônico Central (CTB), de direção NE-SW, onde ocorrem protomilonitos, milonitos e blastomilonitos.

#### 5.1.3.5.2 Neoproterozóico

Na área abrangida pelo mapa, o neoproterozóico é representado por unidades litológicas do Domínio Tectônico Rio Negro, que engloba litologias da Unidade Rio Negro, o Batólito Serra dos Órgãos e o Gnaiss Semi-Facoidal. Predominam rochas ortognaissicas de diferentes composições e fases de intrusão, destacando-se os gnaisses e migmatitos trondjemíticos do Complexo Rio Negro e granitóides associados, particularizados pelo Batólito Serra dos Órgãos.



**Legenda**

- ▲ Estaleiro e Base Naval
- ⚓ Porto/Terminal
- Curso d'Água
- Aterro
- ▬ Sistema Viário
  - ▬ Federal Pavimentada
  - ▬ Estadual Pavimentada
  - ▬ Municipal Pavimentada
  - ▬ Municipal Leito Natural
  - ▬ Ferrovias
- ▬ Estruturas
  - ▬ Zona de falha silicificada Terciária
  - ▬ Dique Alcalino Cretáceo / Terciário
  - ▬ Dique de Diabásio Eocretáceo
  - ▬ Lineamentos Estruturais
  - ▬ Direção e mergulho da foliação
  - ▬ Direção e mergulho de plano axial
  - ▬ Direção e mergulho de eixo de dobra
  - ▬ Direção de foliação vertical
- ▬ Falhas
  - ▬ Sentido e natureza indeterminados
  - ▬ Empurrão ou cavalgamento (Limite Tectônico Central)
- DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS**
  - Qd: depósitos eólicos; Qa: depósitos aluvionares
  - Qm/Ql: depósitos marinhos e lacustres costeiros
  - Qg: depósitos de mangue e manguezais atuais
- CRETÁCEO / TERCIÁRIO**
  - Maciço Alcalino do Marapicu
  - Umpetito
- CAMBRIANO / ORDOVICIANO**
  - Granitos Tardi a Pós-Tectônicos
  - Rochas plutônicas, apatitos, pegmatitos e granito hipobissal
- PRÉ-CAMBRIANO**
  - Complexo I. da Madeira
    - Ortocásio (-granada) granito, talhe médio em parte porfírico, homogêneo a foliado em domínios restritos.
  - Complexo I. da Marambaia
    - Charnockito verde acastanhado a verde garrafa, talhe médio, pobre a muito pobre em máficos
- DOMÍNIO TECTÔNICO RIO NEGRO**
  - Gnaíse semi-facoidal
  - Área de ocorrência mista de microclina-gnaíses e plagioclásio-quartzo (-microclina)-biotita-granada-gnaíses, de coloração escura, (plagioclásio-gnaíses), com textura semifacoidal, equigranular, laminar e migmatítica
  - Batólito Serra dos Órgãos
  - Biotita-anfibólio (-granada) granito cinzento claro a esbranquiçado, talhe médio, foliado, com xenólitos de biotita gnaíse
  - Unidade Rio Negro
    - 1: Migmatitos predominantemente estromatóticos com paleossoma de biotita (-anfibólio) gnaíse e neossoma granitóide (1); biotita (-muscovita) granito acizentado (2); Biotita gnaíse porfiroblástico com elementos centimétricos de microclina rosada (3); protomilonito e milonito das litologias da Unidade Rio Negro (4)
- DOMÍNIO TECTÔNICO PARAIBA DO SUL**
  - Complexo Paraíba do sul
  - Migmatitos com estrutura flebilítica a listrada, com paleossoma escuro, geralmente de talhe fino, rico em biotita e anfibólio e neossoma granítico de cor clara, associação não diferenciada de milonito gnaíses e blastomilonito



**Identificação do Projeto**  
EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear

**Título do Mapa**  
Mapa 5.1-1 - Geologia Regional

**Empreendedor**  
Marinha do Brasil

**Responsável Técnico**  
MRS Estudos Ambientais

**Data:** Agosto/2009

**Fonte:**  
Mapa Municipal Estatístico - 1:50.000 (IBGE, 2007); Guanabara (Folha Santa Cruz - Restinga da Marambaia); DNPM (1965) - 1:50.000; Estado do Rio de Janeiro Folha Itaguaí e Marambaia; DRM/RJ (1982) - 1:50.000; Estado do Rio de Janeiro CPRM-DRM/RJ (2002) - 1:50.000

A Unidade Rio Negro é reconhecida pelos tipos ortognaissicos de textura e composição um tanto variáveis, tendo suas exposições por toda área do mapa, principalmente em sua porção centro-ocidental. Entre suas variedades, destacam-se migmatitos predominantemente estromáticos, com paleossoma de biotita (anfibólio) gnaiss e neossoma granítico de grão médio a fino, em parte pegmatóides (1), que transicionam à termos granitóides biotíticos de granulação média, acinzentados, mais ou menos homogêneos, discretamente foliados e de características diatexiticas, podendo mostrar aspectos porfiroblásticos em amplos domínios (2). Presença de biotita gnaiss porfiroblástico com cristais centimétricos de microclina rosada (3). Presença de protomilonitos e milonitos das litologias anteriores (4).

Batólito Serra dos Órgãos, que aparece nas ilhas da Madeira e de Itacuruçá, está relacionado a um episódio magmático pré a sin-colisional. São granitóides à hornblenda e biotita, equigranulares, às vezes porfiríticos, de granulação grossa, com foliação descontínua dada por aglomerados centimétricos de biotita e hornblenda e, em alguns pontos, apresenta-se isotrópico de aspecto nitidamente granítico, com xenólitos das litologias encaixantes da Unidade Rio Negro, e diques metabásicos sin-intrusivos, descontínuos, às vezes boudinados. A foliação da rocha é bastante irregular e pode apresentar pequenas dobras de uma fase tardia de deformação, com faixas localizadas de cisalhamento e “arraste”. Apresenta disposição alongada na direção NE-SW, aproximadamente concordante com a foliação regional, e seus contatos são intrusivos com os gnaisses da Unidade Rio Negro. São comuns injeções de material do batólito nos ortognaisses envolventes.

A Unidade gnaiss semi-facoidal, tem seus afloramentos no setor oriental do mapa e é caracterizada por rochas compostas de biotita gnaiss à microclina e plagioclásio-quartzo (microclina) biotita granada gnaiss com textura semi-facoidal. Esse gnaiss pode estar associado a uma suíte granítica sin a tardi-colisional no ambiente tectônico Rio Negro.

Os complexos Ilha da Madeira e Ilha da Marambaia encontram-se em condição litoestratigráfica ainda não perfeitamente definida, tendo sido incluídos, justamente por associação com outros corpos intrusivos similares, no magmatismo pós-colisional. O Complexo Ilha da Madeira é assinalado em porções da Ilha da Madeira e na Ilha de Itacuruçá, sendo descrito como um ortoclásio (granada) granito de talhe médio, em parte porfirítico, homogêneo a foliado em domínios restritos, cor verde acaramelada a cinzenta. Presença de charnockito, xenólitos máficos e migmatíticos. O Complexo Ilha da Marambaia é caracterizado por um charnockito verde acastanhado a verde garrafa, de talhe médio, pobre a muito pobre em máficos, discretamente foliado a homogêneo. Assinalam-se zonas migmatizadas.

#### 5.1.3.5.3 Cambro/Ordoviciano

É representado pela presença de corpos graníticos de formas e dimensões variadas, tardi a pós-tectônicos, cujo principal representante na área é o granitóide tardi-colisional denominado Granito Pedra Branca, que aparece no setor oriental do mapa. São rochas graníticas predominantemente plutônicas, biotíticas e de caráter intrusivo. Xenólitos dos gnaisses envolventes são comuns em algumas áreas do Maciço Granítico Pedra Branca. Observam-se variações faciológicas no corpo batolítico com tendência a formar núcleos granodioríticos a quartzo-dioríticos.

Potentes diques de natureza ácida são comuns na forma de granitos nitidamente pós-colisionais, além de aplitos e pegmatitos. Estes últimos eventos de magmatismo ácido, estariam relacionados ao colapso do orógeno e alojados em fraturas regionais distensivas.

#### 5.1.3.5.4 Cretáceo/Terciário

É representado pelo Maciço Alcalino Marapicu, no extremo nordeste da área, em associação com rochas sieníticas insaturadas, com predominância de umptekitos. Esse maciço alcalino está associado ao conjunto alcalino Marapicu-Mendanha, de idade Cretácea Superior,  $\pm 72$  Ma (Riccomini et al., 2005), que compreende uma suíte sienítica insaturada, composta por foiaitos, tinguaitos e nefelina-sienitos. A esse conjunto alcalino, associam-se estruturas vulcânicas e subvulcânicas, como as denominadas Chaminé do Lamego e Vulcão de Nova Iguaçu (Klein, 1993).

Os diques de diabásio de idade eocretácea, com variação entre 129 e 134 Ma (Regelous, 1990), são abundantemente representados no domínio da Folha Santa Cruz, onde têm direção NE a ENE (Mapa 5.1-1), e ausentes do domínio ocidental da All, relativo à Folha Itaguaí. O mesmo se dá com os diques de rochas alcalinas relacionadas com o Complexo Marapicu-Mendanha, que são abundantes e apresentam orientação NE a ENE, no domínio oriental da All, e estão ausentes do domínio ocidental. No caso dos diques de diabásio, o mapeamento estrutural da Ilha da Madeira está mostrando que eles estão presentes e, nesse caso, sua presença foi subdimensionada nos trabalhos de mapeamento da Folha Itaguaí. Os diques de rochas alcalinas ainda não foram encontrados na Ilha da Madeira .

Um evento tectônico tardio ao magmatismo alcalino é representado pelas zonas de falhas silicificadas que, regionalmente, apresentam idade de 50 Ma (Santos, 1994). Na All elas estão representadas na sua porção oriental, como estruturas de direção N80E e E-W.

### 5.1.3.6 Geologia da Área de Influência Direta e da Área Diretamente Afetada

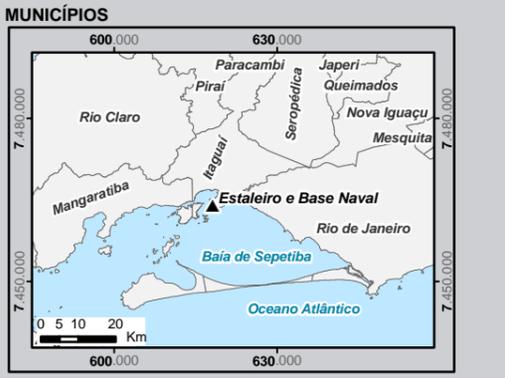
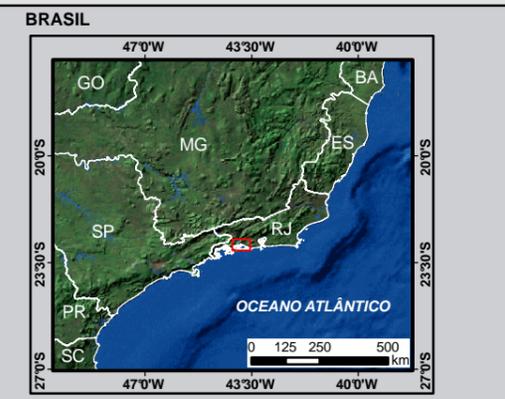
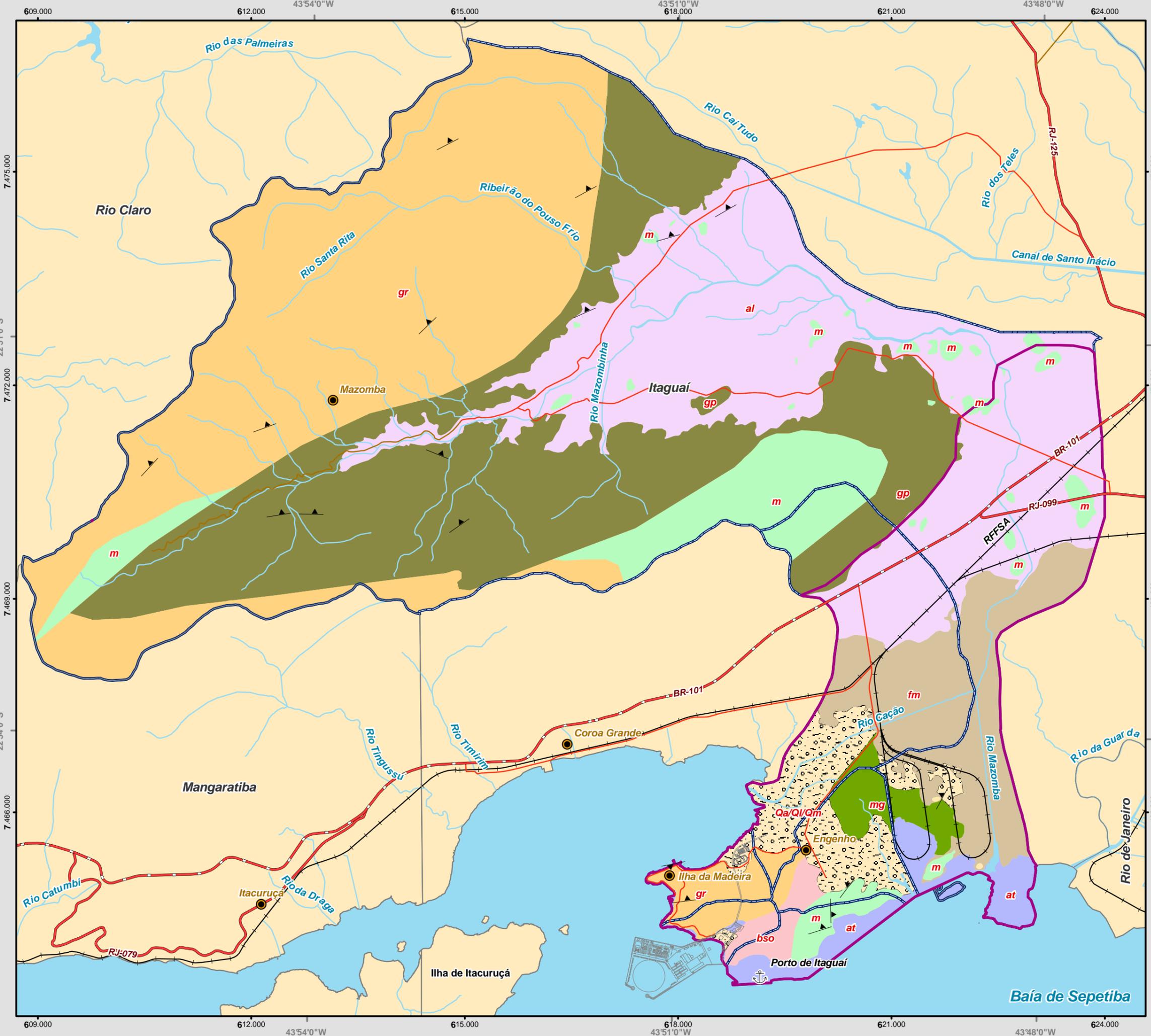
O substrato rochoso da Ilha da Madeira é constituído fundamentalmente de rochas granitóides e gnáissicas pré-cambrianas, formadas durante a evolução da Faixa Orogenética Ribeira, durante o Ciclo Tectônico Brasileiro. Geotectonicamente a área está situada no terreno tectono-estratigráfico do Segmento Central da Faixa Ribeira denominado Terreno Oriental ou Domínio Costeiro, caracterizado pela presença marcante de ortognaisses gerados em ambiente colisional, onde se destacam os ortognaisses e migmatitos do complexo Rio Negro e os granitóides associados representados pelo Batólito Serra dos Órgãos e pelo Complexo Ilha da Madeira (Mapa 5.1-2). A Figura 5.1-43 exhibe as estruturas tectônicas e lineamentos estruturais da Ilha da Madeira.

Estas unidades apresentam deformação dúctil penetrativa, representada por foliação metamórfica, cuja orientação predominante se dá na direção NE-SW, com caimento para NW.

O embasamento granito-gnáissico mostra-se afetado por deformações rúpteis fanerozóicas relacionadas aos principais eventos de reativação da plataforma Brasileira na região sudeste do Brasil, incluídos nas denominadas Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967) e Evento Sul-Atlântico (Schobbenahus, 1984). Estes eventos, são responsáveis, no Sudeste do Brasil, pela formação das bacias marginais de Campos e Santos, cujos efeitos na área estão representados pelos diques de diabásio eocretáceos (129-134 Ma - Regelous, 1990). São representados ainda pelo magmatismo alcalino, que na Ilha da Madeira é representado apenas indiretamente pela falha associada a brechas tectônicas silicificadas, as quais, regionalmente, são tardias ao magmatismo alcalino, com idade de 50 Ma (Valença, 1975; Santos, 1994).

#### 5.1.3.6.1 Unidades Litológicas do Embasamento Granítico-Gnáissico

O substrato rochoso da Ilha da Madeira é constituído de rochas granitóides e gnáissicas pré-cambrianas, formadas durante a evolução da Faixa Orogenética Ribeira. Geotectonicamente, a área está situada no Terreno Tectono-Estratigráfico do Segmento Central da Faixa Ribeira denominado Terreno Oriental ou Domínio Costeiro, caracterizado pela presença marcante de ortognaisses gerados em ambiente colisional, onde se destacam os ortognaisses e migmatitos do complexo Rio Negro e granitóides associados representados pelo Batólito Serra dos Órgãos.



- Legenda**
- Projeto Conceitual
  - Porto
  - Localidades
  - Limite Municipal
  - Área de Influência Direta do Meio Físico - Terrestre
  - Sub-bacias
  - Curso d'Água
  - Massa d'Água
  - Direção e Mergulho
  - Sistema Viário**
    - Federal Pavimentada
    - Estadual Pavimentada
    - Municipal Pavimentada
    - Municipal Leito Natural
    - Ferrovia
  - Geologia**
    - at - Solos de aterro de morros próximos
    - mg - Manguezais argilosos com matéria orgânica
    - fm - Sedimentos fluviomarinhos argilosos
    - co/res - Solos coluvionares argilo-arenosos
    - al - Solos aluvionares areno-argilosos
    - Qa/Ql/Qm - Depósitos aluvionares, manguezais e depósitos marinhos e lacustres costeiros
    - Complexo Ilha da Madeira**
      - gr - Granito
    - Unidade Rio Negro**
      - m - Migmatitos
      - bso - Biotita, Anfibólio, Granito - (Batólito da Serra dos Órgãos)
      - gp - Biotita Gnaiss



			
<b>Identificação do Projeto</b> EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear			
<b>Título do Mapa</b> Mapa 5.1-2 - Geologia (AID do Meio Físico)			
<b>Empreendedor</b> Marinha do Brasil			
<b>Responsável Técnico</b>		<b>Data:</b> Agosto/2009	
<b>Fonte:</b>		Projeto Conceitual - Odebrecht Engenharia e Construção; Diretoria de Serviços Geográficos - DSG (1970) - Folha SF 23-Z-A-VI-3; Carta Geológica de Itaguai (RJ) - Departamento de Recursos Minerais - DRM (1982)	

Na ilha são reconhecidas 3 unidades geológicas (Mapa 5.1-3), sendo elas:

- Batólito Serra dos Órgãos, ocorrendo na região central da ilha segundo uma faixa de direção aproximadamente NE-SW, e com ocorrências isoladas em sua porção mais a oeste;
- Unidade Rio Negro em seu setor este-sudeste; e,
- Complexo Ilha da Madeira em sua porção centro-noroeste.

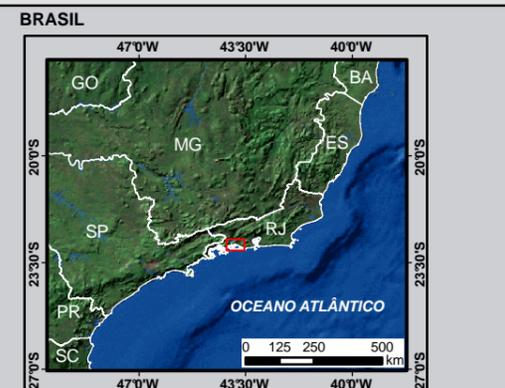
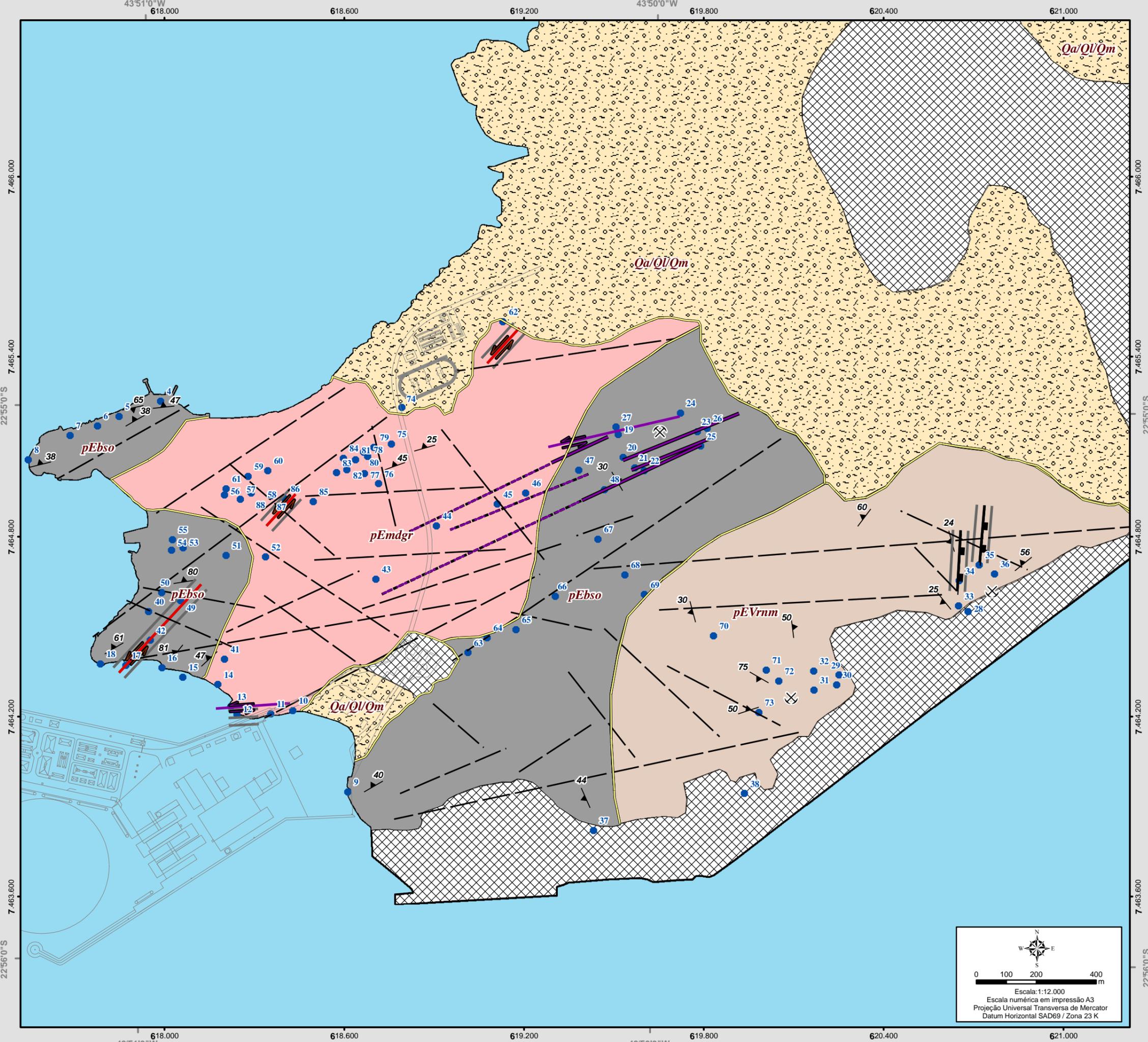
As duas últimas apresentam contato com rochas granitóides do Batólito Serra dos Órgãos.

O intemperismo, bem desenvolvido na área, dá origem a solos residuais normalmente recobertos por formações superficiais coluvionares, onde são observados blocos rochosos sob a forma de matacões dispersos nas encostas e zonas baixas à elas subjacentes.

Exposições rochosas (afloramentos) de rocha fresca são escassas, e as melhores observações do arcabouço rochoso da ilha, são feitas em costões litorâneos como aqueles existentes no litoral ocidental da ilha e pedreiras ativa como a da Mineração Sepetiba, ou naquelas desativadas existentes ao lado do porto em seu setor sudeste. Assim, as melhores exposições do substrato rochoso para as devidas avaliações geológicas, encontram-se nas pedreiras citadas.

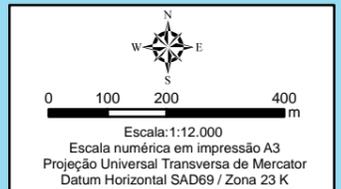
No contexto geoambiental, as observações das litologias e estruturas existentes na Ilha da Madeira, são extremamente dificultadas pelo grau de decomposição das rochas associada à viçosa cobertura vegetal que ainda recobre os terrenos acidentados da ilha.

A seguir são descritas as principais unidades litológicas reconhecidas na Ilha da Madeira, bem como seu estabelecimento num contexto lito-estrutural, onde também são observadas litologias dos diques encaixados em fraturas que cortam as litologias dominantes.



**Legenda**

	Projeto Conceitual		Contato Observado/Inferido	50
	Limite Municipal		Lineamentos Estruturais	Folição
	Pedreira Ativa		Falhas	
	Pedreira Desativada		Silicificada - Terciária	
	Aterro		Normal - Eocretácea	
	Estações de Coletas de Dados		Zona Fraturada	
<b>DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS</b>				
	Qa/Ql/Qm	Depósitos aluvionares, manguezais e depósitos marinhos e lacustres costeiros		
<b>MESOZÓICO</b>				
Diques Eocretáceos				
	Diabásio com indicação de cisalhamento			
	Diabásio			
	Diabásio inferido			
<b>PRÉ-CAMBRIANO</b>				
	pEmdgr	COMPLEXO ILHA DA MADEIRA Ortoclássio (-granada) granito, talhe médio em parte porfítico, homogêneo a foliado endomínicos restritos. Presença de charcoitito. Mostra xenólitos gnáissicos e migmatíticos		
	pEbso	BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS Biotita-anfibólio (-granada) granito cinzento claro a esbranquiçado, talhe médio, foliado, com xenólitos de biotita gnaíse		
	pEVrnm	UNIDADE RIO NEGRO Migmatitos predominantemente estromáticos com paleossoma de biotita (-anfibólio) gnaíse e neossoma granitóide de talhe fino-médio, em parte pegmatóide		



<b>Identificação do Projeto</b>	
EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear	
<b>Título do Mapa</b>	
Mapa 5.1-3 - Geologia (Ilha da Madeira)	
<b>Empreendedor</b>	
Marinha do Brasil	
<b>Responsável Técnico</b>	<b>Data:</b> Agosto/2009
	<b>Fonte:</b>
MRS Estudos Ambientais	Projeto Conceitual - Odebrecht Engenharia e Construção; Adaptado da Carta Geológica de Itaguaí (RJ) - Departamento de Recursos Minerais - DRM (1982)

#### 5.1.3.6.1.1 Unidade Batólico Serra dos Órgãos

É melhor observado na Pedreira Sepetiba, onde se apresenta sob a forma de uma rocha granitóide à anfibólio e biotita, com a presença de granada, de grão médio a grosso, de tons claros acinzentados, às vezes esverdeados ou amarronzados, com variação leuco a mesocrático, normalmente apresentando textura gnáissica com foliação incipiente, e descontínua, dada por alinhamentos de aglomerados centimétricos de biotita e hornblenda. Quando presente, a foliação pode apresentar pequenas dobras de uma fase tardia de deformação, onde podem ocorrer faixas localizadas de cisalhamento e “arraste”. Em alguns pontos apresenta-se isotrópico e com aspecto nitidamente granítico, com xenólitos das litologias encaixantes da Unidade Rio Negro, em geral gnaisses bandados, ou então apresentando feições migmáticas do tipo estromáticas (Figura 5.1-44), agmáticas, schlierens e nebulíticas. Diques metabásicos sin-intrusivos, deformados ou não, estão presentes às vezes boudinados, (Figura 5.1-45).

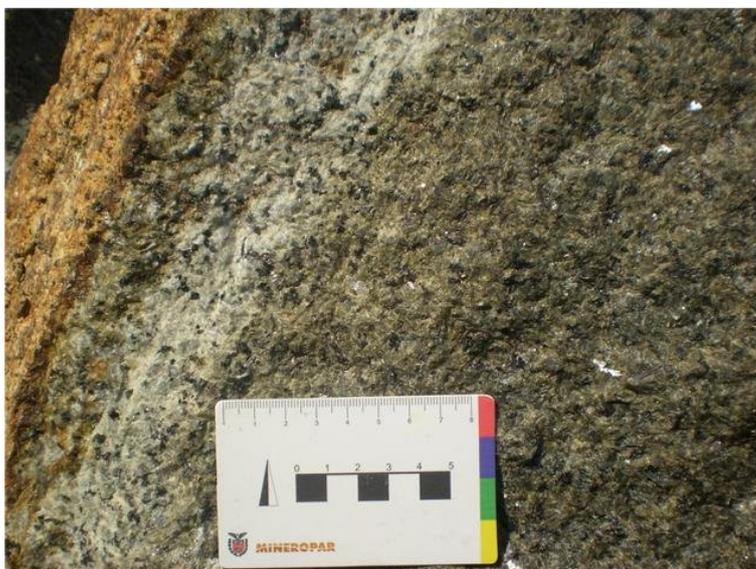


**Figura 5.1-44 – Migmatito estromático inserido em rocha granitóide.**



**Figura 5.1-45 – Paleodiques básicos, deformados e metamorizados (metabasitos), em rochas granitóides do Batólito Serra dos Órgãos. Pedreira Sepetiba.**

Em alguns pontos, a rocha granitóide da Unidade Batólito Serra dos Órgãos, adquire uma coloração escura e esverdeada, na forma de grandes bolsões, onde a passagem de um termo para o outro se faz bruscamente ou sutilmente transicional, dando à rocha um aspecto charnockítico, (Figura 5.1-46).



**Figura 5.1-46 – Amostra de mão de rocha granitóide do batólito Serra dos Órgãos, mostrando variação em cor, de cinza claro para verde garrafa, em face à possível charnockitização metassomática. Pedreira Sepetiba.**

Essa litologia, na Pedreira Sepetiba, é cortada por diques de granitos, pegmatitos e principalmente de diabásios eocretáceos de diferentes espessuras, alojados em fraturas de direção predominantemente NE-SW.

#### 5.1.3.6.1.2 Unidade Rio Negro

Ocorre no setor sul-sudeste da ilha, tem suas melhores exposições em duas pedreiras inativas na zona portuária.

É constituída por gnaisses migmatíticos, com estrutura predominantemente estromática, apresentando melanossoma de biotita (anfíbólio) gnaisse e leucossoma granítico, biotítico, de grão fino a médio, em parte pegmatóide. A foliação é predominantemente NE-SW com mergulhos para NW, com zonas essencialmente graníticas discretamente foliadas (Figura 5.1-47).

Dobras convolutas e similares são observadas, além de metabasitos rompidos e deslocados em meio ao migmatito, à semelhança dos assinalados na pedreira Sepetiba em domínio de rochas do Batólito Serra dos Órgãos. Neste caso, são verificadas porções de rochas gnáissicas bandadas à semelhança dos migmatitos estromáticos da unidade Rio Negro, circundados e injetados por rochas granitóides do batólito.

Fraturas predominantemente NW-SE cortam essas rochas, sendo uma falha normal de direção NE-SW verificada em pedreira desativada na zona portuária.



**Figura 5.1-47 - Migmatito estromático com injeções de rocha granitóide. Unidade Rio Negro. Pedreira desativada (norte) no Porto de Sepetiba.**

#### 5.1.3.6.1.3 Unidade Complexo Ilha da Madeira

O domínio no setor centro-noroeste da ilha é identificado pela presença de rochas graníticas de grão médio a grosso, hipidiomórfica inequigranular, homogênea em parte porfirítica, orientada ou não, foliada em áreas restritas, de cores acinzentadas a verde escuro, que lembram charnockitos. Considera-se um ortoclásio-biotita (pirobólio) (granada) granito, com a presença de xenólitos de rochas gnáissicas e migmáticas bem como estruturas do tipo schilieren (Figura 5.1-48). Não são observados contatos com as rochas envolventes, sendo raros afloramentos com rocha relativamente fresca, o que dificulta na área, a sua caracterização. Em trecho do litoral ocidental da ilha, está exposta em costões que apresentam coloração violeta nas partes em contato direto com as águas do mar, (Figura 5.1-49). Em seu domínio e na porção mais ao norte da ilha, são encontrados matacões de rocha granítica, biotítica, de grão fino ou médio com tendência porfirítica, com nítida orientação possivelmente de fluxo magmático, dada pelo alinhamento de ripas de feldspato. Assemelha-se àqueles granitos tipicamente pós-tectônicos associados a diques profusamente encontrados nessa região do estado.



**Figura 5.1-48 - Rocha granitóide do Complexo Ilha da Madeira. Costão litorâneo sudoeste da ilha.**



**Figura 5.1-49 - Costão rochoso de litologia do complexo Ilha da Madeira, mostrando coloração violeta na linha d'água, como o observado em rochas charnockíticas da região. Litoral do setor sudoeste da Ilha da Madeira.**

### 5.1.3.6.2 Estruturas Geológicas

#### 5.1.3.6.2.1 Estruturas Atectônicas

##### 5.1.3.6.2.1.1 *Fraturas de Alívio*

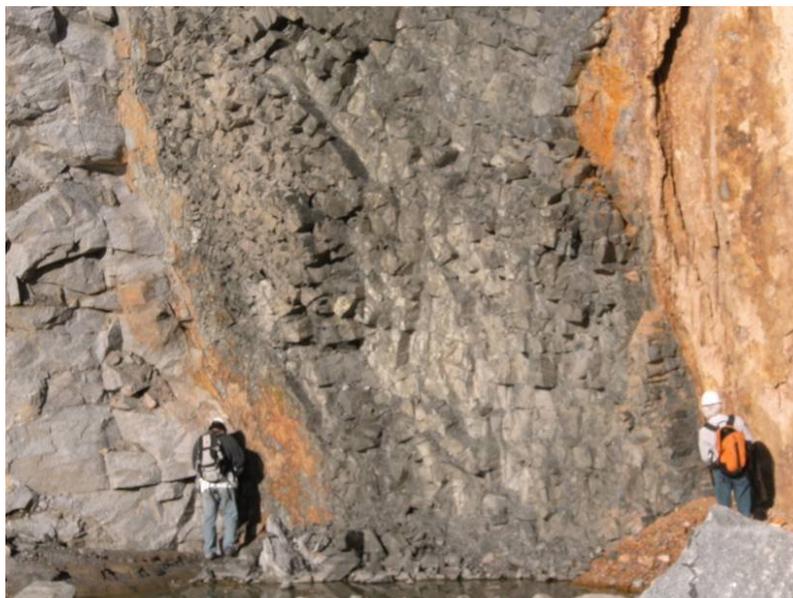
Presentes no maciço rochoso, onde normalmente acompanham o relevo, têm, em geral, espaçamento métrico a decimétrico, são persistentes e constituem planos irregulares (Figura 5.1-50).



**Figura 5.1-50 - Pedreira desativada no Porto de Sepetiba com fraturas de alívio sub-horizontais.**

##### 5.1.3.6.2.1.2 *Juntas de Resfriamento*

Presentes nos diques de diabásio, restringem-se ao domínio dos mesmos, que não ultrapassam três metros de espessura na ilha. Apresentam-se como juntas ortogonais à direção dos diques onde, por vezes, chegam a definir disjunção colunar, com largura decimétrica, como observado na Pedreira Sepetiba (Figura 5.1-51).



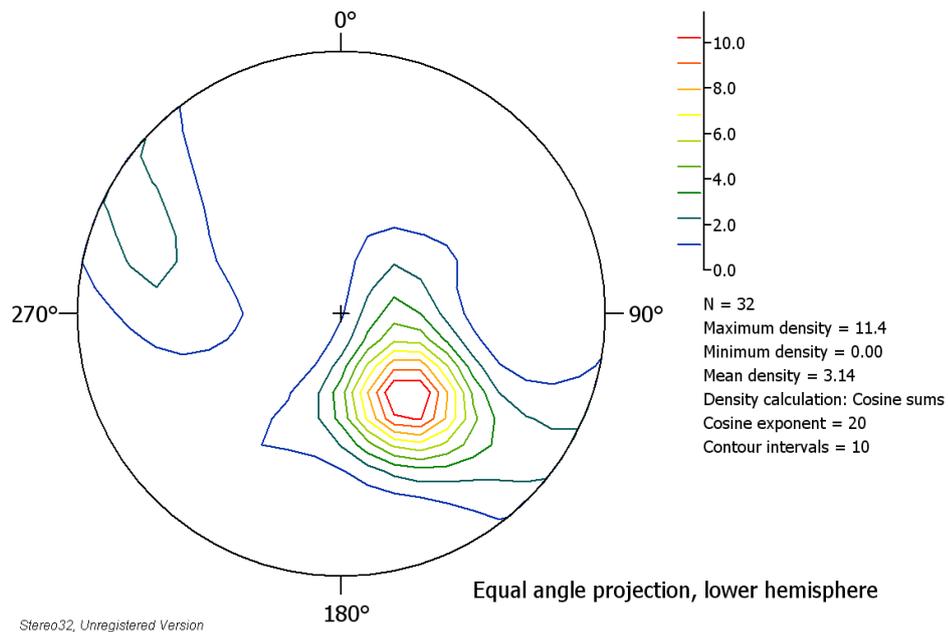
**Figura 5.1-51 - Juntas de resfriamento ortogonais a direção de dique de diabásio (N65o E). Pedreira Sepetiaba, Ilha da Madeira.**

#### 5.1.3.6.2.2 Estruturas Tectônicas

##### 5.1.3.6.2.2.1 Dúcteis - *Foliação Metamórfica*

Os granitóides e migmatitos das unidades Batólito Serra dos Órgãos, Complexo ilha da Madeira e Rio Negro, apresentam foliação metamórfica mais desenvolvidas, como nas unidades Rio Negro e Batólito Serra dos Órgãos, ou menos desenvolvidas, como no Complexo ilha da Madeira.

A orientação predominante da foliação apresenta a direção NE-SW, variando entre NNE-SSW e ENE-WSW, com mergulhos intermediários, entre 30 e 50, caindo para NW (Figura 5.1-52 e Figura 5.1-53). Mais raramente, na Unidade Rio Negro, identifica-se uma foliação anterior, localmente preservada, de direção NW-SE, que é transposta pela NE-SW.



**Figura 5.1-52 - Contorno das projeções polares dos panos de foliação metamórfica identificados nas unidades litológicas do embasamento granítico-gnáissico da ilha da Madeira.**

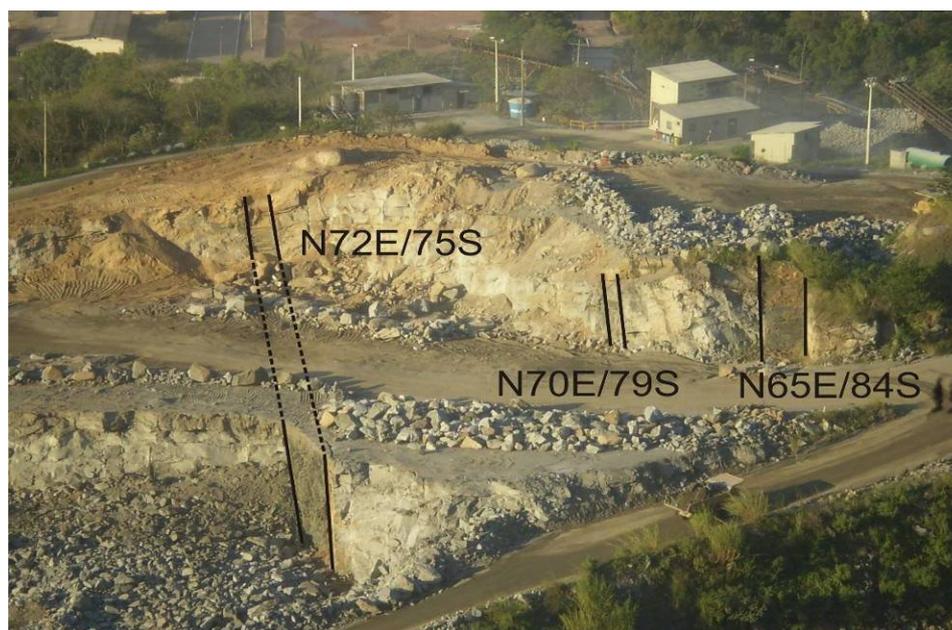


**Figura 5.1-53 - Foliação metamórfica, destacada à distância pela orientação de metabasitos (faixas escuras) presentes na unidade Batólito Serra dos Órgãos. Pedreira Sepetiba, ilha da Madeira.**

#### 5.1.3.6.2.2.2 Estruturas Rúpteis com Preenchimentos

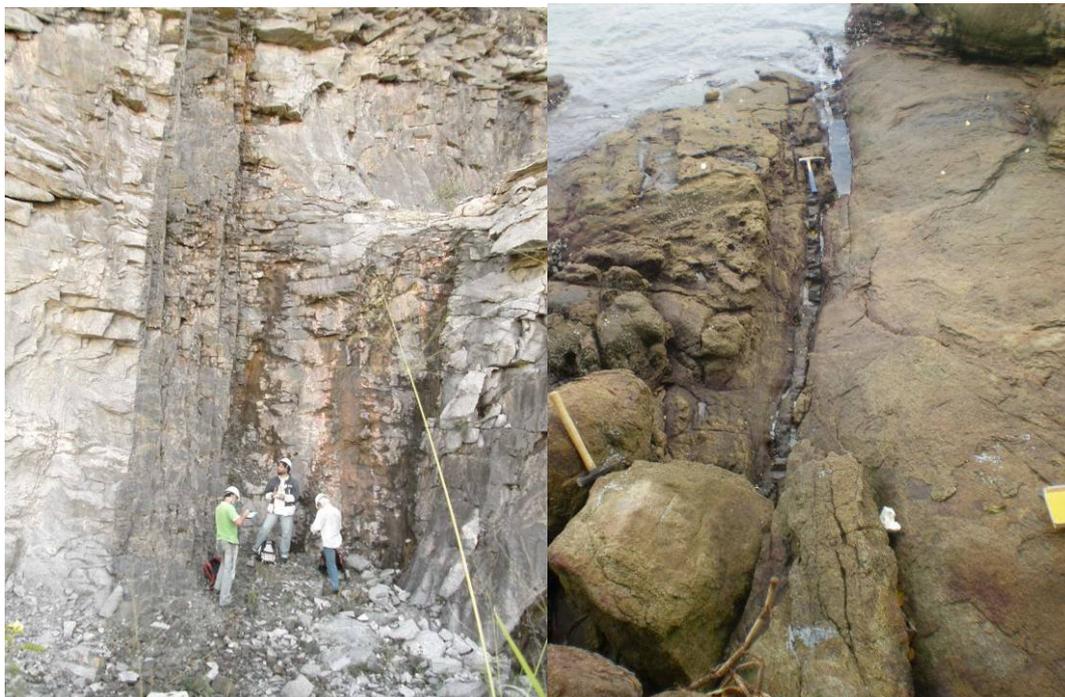
##### 5.1.3.6.2.2.2.1 Diques de Diabásio

Os diques de diabásio foram identificados principalmente na porção norte da ilha da Madeira, na Pedreira Sepetiba, onde ocorrem três diques com espessura variando entre dois e três metros (Figura 5.1-54 a Figura 5.1-56). Um deles tem 30 centímetros de espessura. Fora da Pedreira Sepetiba identificou-se apenas mais um dique de diabásio, com 15 centímetros de espessura, na porção SW da ilha. Considera-se que esta ocorrência localizada dos diques de diabásio relaciona-se, em parte, à espessa cobertura de talus e de solo residual, porém deve-se registrar que mesmo nos costões rochosos expostos na porção oeste e sudeste da ilha não foram identificados diques mais espessos, indicando que a sua ocorrência é, de fato, mais abundante na porção norte da ilha.



**Figura 5.1-54 - Diques de diabásio de direção NE-SW e espessura métrica a decimétrica, cortando ortognaisses do Batólito Serra dos Órgãos. Pedreira Sepetiba, ilha da madeira.**

Na Pedreira Sepetiba os diques apresentam direção média N70oE com mergulhos entre 75o e 85o para NW ou para SE. A presença de planos estriados na borda desses diques indica que eles intrudiram em fraturas híbridas, com movimentação de cisalhamento contemporânea com a abertura do conduto.



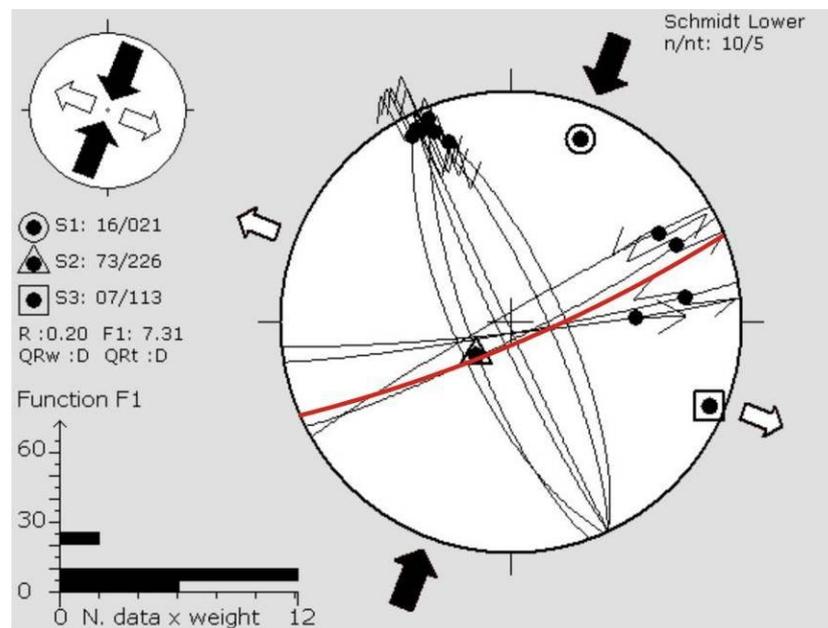
**Figura 5.1-55 - A. (esquerda) dique de diabásio, com atitude N70E/85NW, com 2 metros de espessura, cortando o Batólito Serra dos Órgãos. Pedreira Sepetiba, ilha da Madeira. B. (direita) dique de diabásio, de direção E-W/85N, com 15 cm de espessura, cortando o Complexo Ilha da Madeira. Costão rochoso na porção SW da ilha da Madeira.**



**Figura 5.1-56 - Dique de diabásio de direção N80E/80SE, com 3 metros de espessura, cortando litologia do Batólito Serra dos Órgãos. Pedreira Sepetiba, Ilha da Madeira.**

O tratamento dos dados de planos de falhas e de estrias, da borda e do interior do dique, considerando o sentido do movimento ao longo de cada um dos planos, segundo o Método dos Diedros Retos (Algelier & Mechler, 1977), indicou que os diques intrudiram sob um regime transcorrente, com a direção de compressão máxima NNE-SSW (Figura 5.1-57).

Este tipo de controle tectônico para a intrusão dos diques de diabásio é coerente com o identificado regionalmente (Ferrari & Riccomini, 2000; Tetzner, 2002).



**Figura 5.1-57 - Projeção ciclográfica de planos de falhas secundárias identificadas na borda e no interior dos diques de diabásio da Pedreira Sepetiba, mostrando o campo de paleotensões responsável pelo controle de sua intrusão. S1 - direção de compressão máxima, S2 - direção de compressão intermediária e S3 - direção de compressão mínima. Em vermelho orientação média dos diques de diabásio na pedreira.**

No lado SW da ilha da Madeira foi identificado apenas um dique, de espessura decimétrica e de direção E-W (Figura 5.1-55b). Apesar da pequena espessura do dique o fraturamento associado a ele apresenta uma espessura de quase um metro, com densidade centimétrica a decimétrica e continuidade hectométrica.

A continuidade dos diques de diabásio constitui um aspecto geológico (e geotécnico) importante para o projeto em andamento. Dados estatísticos levantados na Islândia (POLLARD, 1987) indicaram uma relação de 1:1000 entre a espessura e o comprimento de diques básicos. Considerando a espessura entre dois a três metros

apresentada pelos diques de diabásio reconhecidos na Pedreira Sepetiba, pode-se inferir a sua provável persistência até o outro lado da ilha, a oeste.

#### 5.1.3.6.2.2.2 Brecha Tectônica Silicificada

No setor ocidental e noroeste da ilha uma falha de direção N40-50E e com mergulhos altos para NW, aparece cortando rocha granitóide do Batólito Serra dos Órgãos e do Complexo Ilha da Madeira. Essa falha gerou uma brecha silicificada, com espessura de até 2 metros (Figura 5.1-58). Esta brecha, de origem tectônica, é constituída por material cataclasado (moído) das rochas granitóides encaixantes, envolvido por calcedônia gerada pela percolação de solução hidrotermal. Este material mostra-se, em geral bastante coeso, com blocos angulosos gerados por fraturamento contemporâneo e posterior à sua formação.

O tratamento dos dados de planos de micro-falhas e de estrias (Figura 5.1-59), da borda e do interior desta brecha, considerando o sentido do movimento ao longo de cada um dos planos, segundo o Método dos Diedros Retos (ALGELIER & MECHLER, 1977), indicou que esta falha foi gerada sob um regime transcorrente, com uma direção de compressão máxima N-S (Figura 5.1-60).



**Figura 5.1-58 - Brecha tectônica silicificada cortando rochas do Batólito Serra dos Órgãos. Setor sudoeste da Ilha da Madeira.**



Figura 5.1-59 - Plano de falha interno à brecha tectônica silicificada com estrias subhorizontais.

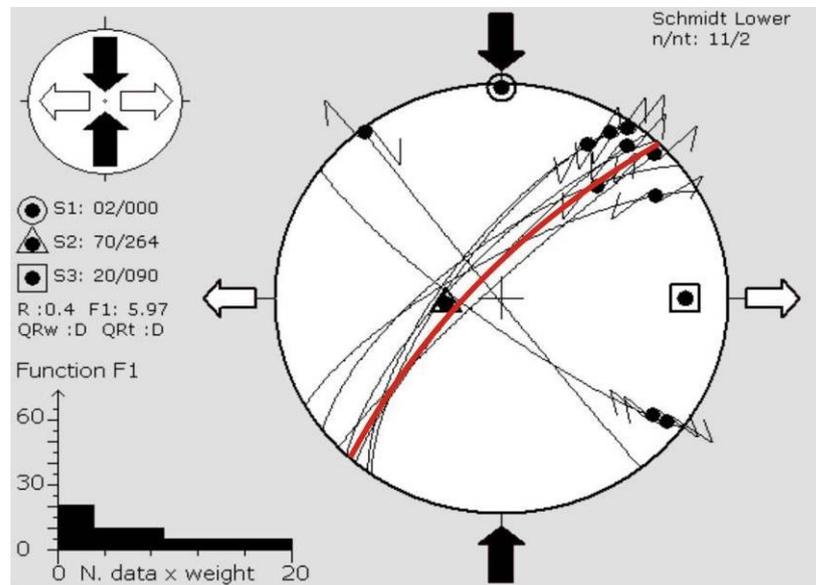


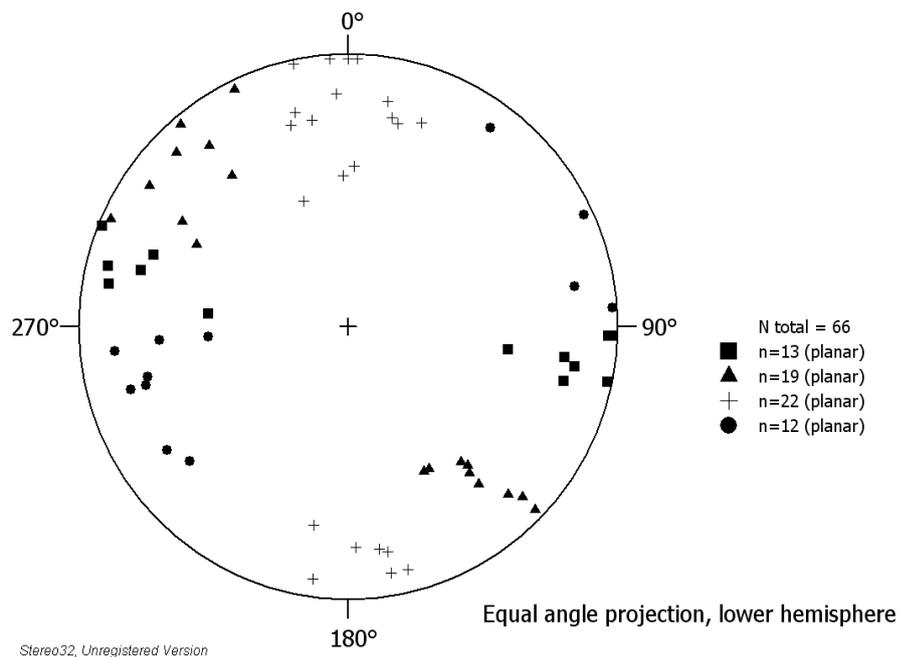
Figura 5.1-60 - Projeção ciclográfica de planos de falhas secundárias identificadas na borda e no interior das ocorrências de brechas tectônicas silicificadas, mostrando o campo de paleotensões responsável pelo controle de sua intrusão. S1 - direção de compressão máxima, S2 - direção de compressão intermediária e S3 - direção de compressão mínima. Em vermelho orientação média das brechas tectônicas silicificadas.

#### 5.1.3.6.2.2.2.3 Estruturas Rúpteis - Famílias de Fraturas

Apesar das exposições rochosas serem bastante restritas na Ilha da Madeira, impedindo uma análise de densidade de fraturas para toda a ilha, pode-se afirmar que as rochas da ilha apresentam-se pouco fraturadas. Apesar desta característica, um conjunto de fraturas predominantemente sem preenchimento foi identificado afetando as rochas da ilha da Madeira indiscriminadamente.

Essas fraturas sem preenchimento agrupam-se em quatro diferentes famílias de fraturas, que podem ser identificadas na Figura 5.1-61:

- Família 1 (cruzes) - é a que apresenta maior densidade nos afloramentos medidos e é constituída por fraturas de direção E-W a ENE-WSW, com mergulhos altos de caimento tanto para norte como para sul. Esta família parece estar associada aos diques de diabásio eocretáceos.
- Família 2 (triângulos) - é a segunda mais densa e apresenta fraturas de direção NE-SW, com mergulhos variáveis e caimento tanto para NW como para SE. É subparalela à foliação metamórfica e à falha com brecha tectônica silicificada e pode estar relacionada tanto à reativação da primeira como à formação da segunda.
- Família 3 (círculos) - caracteriza-se pelas fraturas NW-SE a NNW-SSE, com mergulhos altos e caimento variável. Por correlação com a deformação rúptil regional pode estar relacionada, tanto com o processo de formação da margem continental, como uma direção de transferência da fase rifte (Cobbold *et al.*, 2001), quanto com a fase de deformação neotectônica do início do Pleistoceno (Melo & Ferrari, 2003).
- Família 4 (quadrados) - esta família apresenta fraturas de direção N-S, com mergulhos predominantemente altos e caimento variável. Localmente, em uma das pedreiras desativadas localizadas no Porto de Sepetiba, elas constituem falhas normais preenchidas por calcita e pirita, indicando serem contemporâneas com um evento termo-tectônico. Tal fato sugere tanto sua associação com a intrusão de diques de diabásio, no Eocretáceo, como com o evento de intrusão de alcalinas no Neocretáceo-Paleogeno.



**Figura 5.1-61 - Famílias de fraturas, predominantemente sem preenchimento, identificadas na ilha da Madeira.**

#### 5.1.3.6.2.3 Eventos Tectônicos nas AID e ADA - Ilha da Madeira

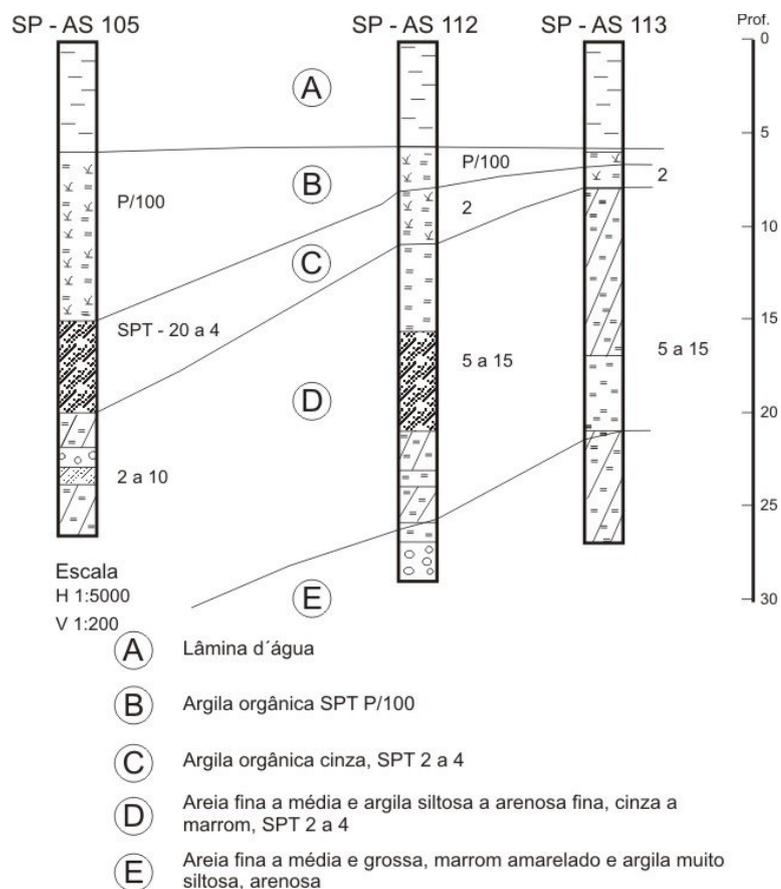
Os levantamentos geológico-estruturais de detalhe realizados na Ilha da Madeira, abrangendo as áreas de influência direta - AID e do empreendimento - ADA, permitiram caracterizar que três diferentes episódios tectônicos são responsáveis pelas estruturas dúcteis e rúpteis identificadas na ilha:

1. Ciclo Brasileiro (Neoproterozóico - Cambriano ~ 600 a 500 Ma) - geração das foliações apresentadas pelos granitóides e migmatitos com direção predominante NE-SW e caimento com valores intermediários para NW.
2. Reativação Wealdeniana - fase inicial (Eocretáceo ~ 130 Ma) - intrusão de diques de diabásio de direção NE-SW a ENE-WSW, com mergulhos altos. Esses diques foram identificados especialmente na porção norte da ilha, na Pedreira Sepetiba. Sua espessura métrica indica que eles podem cortar toda a ilha.
3. Reativação Wealdeniana - fase intermediária (paleogeno ~50 Ma) - falha com caixa preenchida por brecha tectônica silicificada. Esta zona de falha apresenta de 2 a 3 metros de espessura, tem direção N40-50E e mergulhos altos. Ela ocorre na porção noroeste da ilha e a corta de um lado a outro, encontrando-se em grande parte coberta por tálus e solo residual.

Não se encontraram na ilha da Madeira evidências de atividade neotectônica (tectônica neogênica ou quaternária).

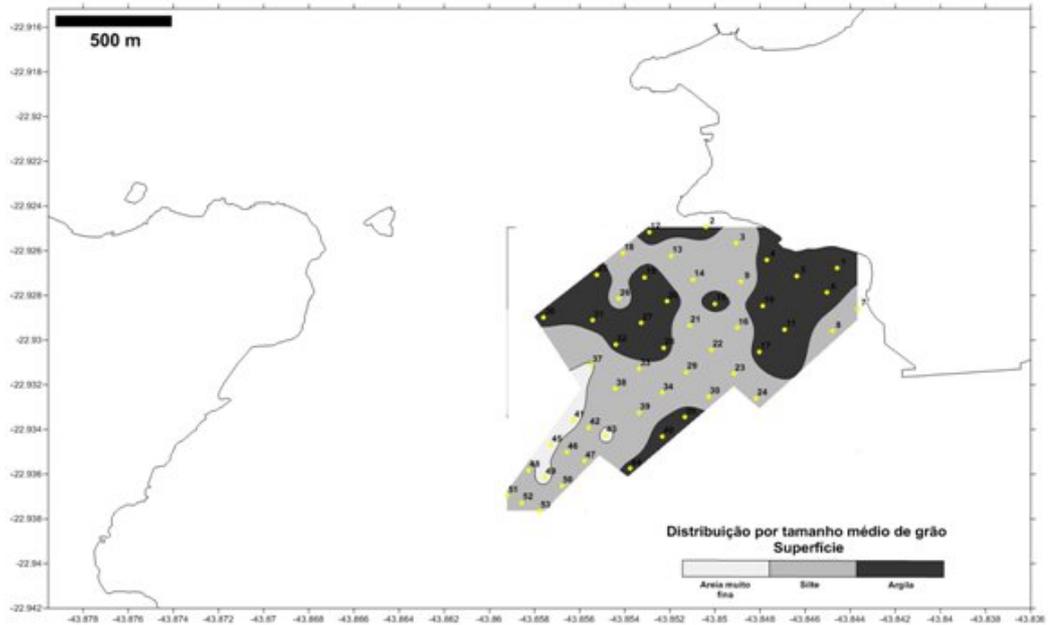
### 5.1.3.6.3 Sedimentologia

O perfil estratigráfico dos sedimentos da baía de Sepetiba da Área Diretamente Afetada do empreendimento pode ser observado na Figura 5.1-62.



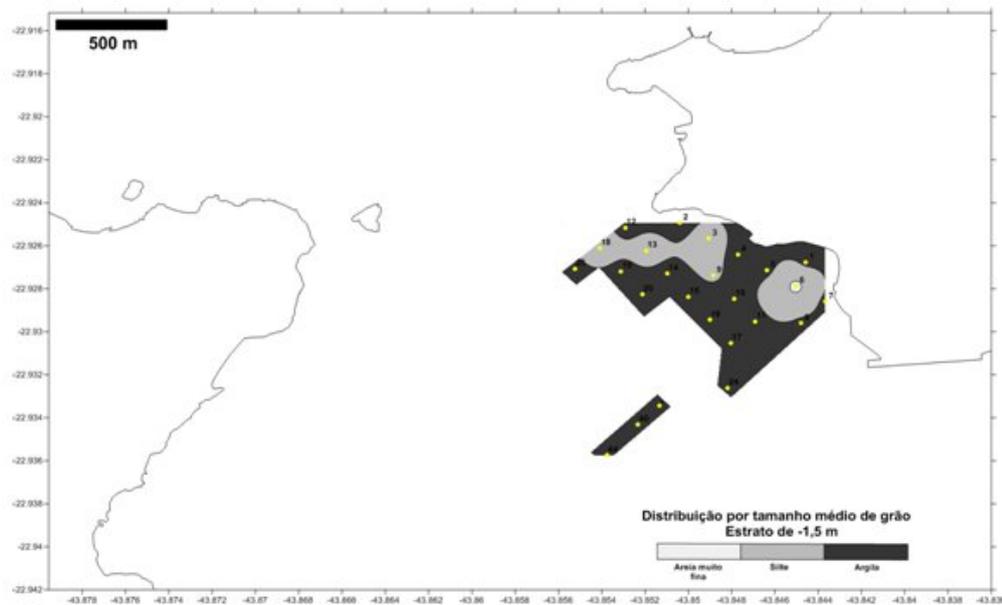
**Figura 5.1-62 – Seção estratigráfica da área submersa da ADA.**

As amostras de sedimentos superficiais apresentaram o predomínio espacial por interpolação dos testemunhos 1 ao 53, de finos com predomínio da fração pelítica constituída por siltes, secundado por argilas e em pequenas proporções de areias, da fração areia muito fina, mais distais da costa e setores de maior batimetria.



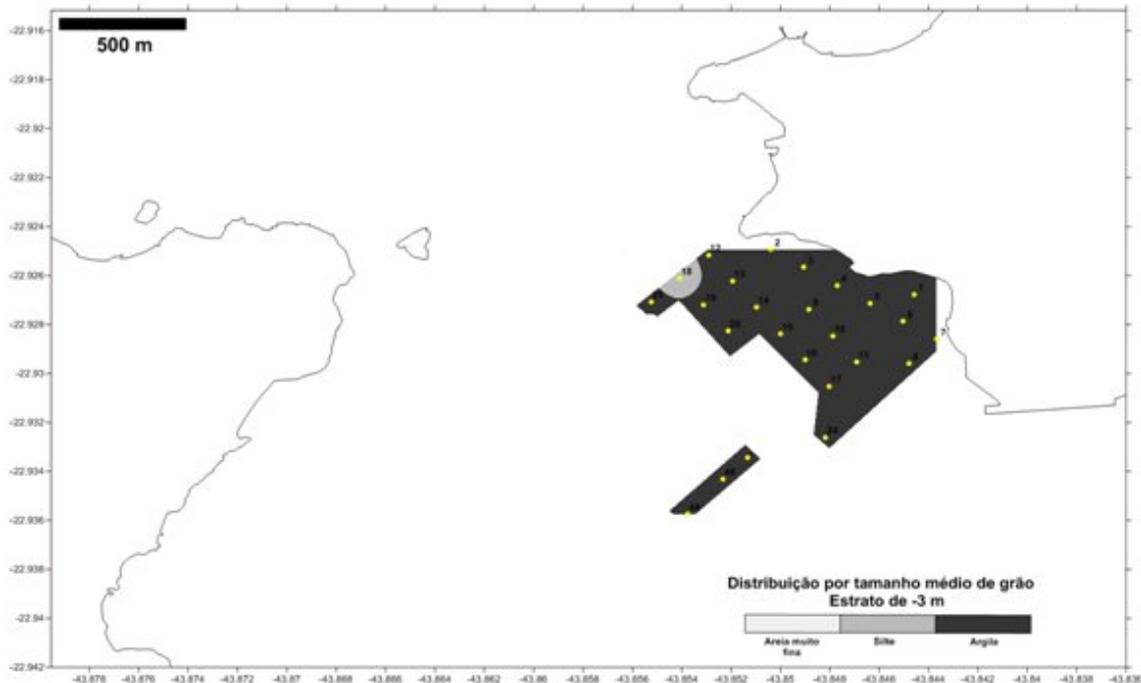
**Figura 5.1-63 - Distribuição das amostras superficiais de sedimentos dos testemunhos da área do empreendimento**

As amostras de sedimentos a -1,5 m apresentaram o predomínio espacial por interpolação dos testemunhos 1 ao 53, de finos com predomínio da fração pelítica constituída por argilas, secudado por siltes e pequena proporção de areias, da fração areia muito fina, junto ao testemunho 6, próximo da costa..



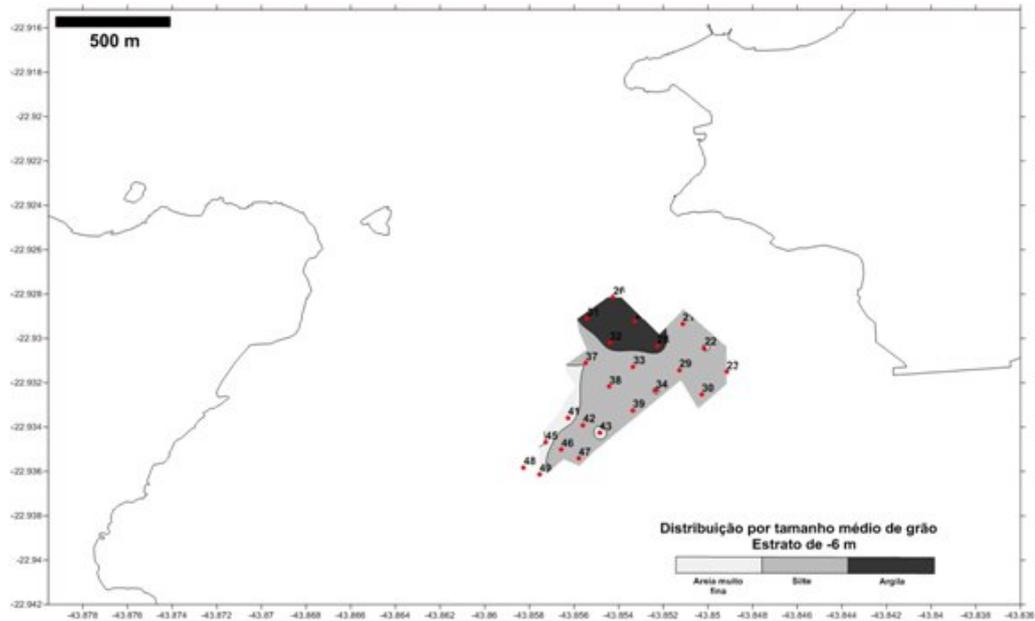
**Figura 5.1-64 - Distribuição das amostras, no estrato -1,5 m, de sedimentos dos testemunhos da área do empreendimento.**

As amostras de sedimentos a -3,0 m apresentaram o predomínio espacial por interpolação dos testemunhos 1 ao 53, de finos com predomínio da fração pelítica constituída por argilas, secundado por siltes em pequena proporção junto ao testemunho 18. A fração areia muito fina não foi encontrada..



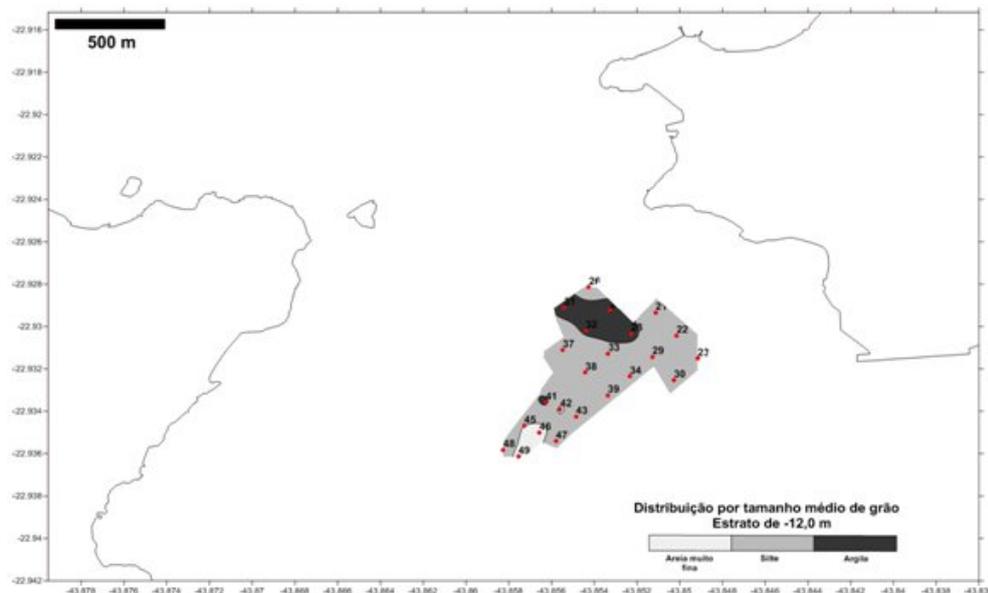
**Figura 5.1-65 - Distribuição das amostras, no estrato de -3,0 m, de sedimentos dos testemunhos da área do empreendimento.**

As amostras de sedimentos a -6,0 m apresentaram o predomínio espacial por interpolação dos testemunhos 1 ao 53, de finos com predomínio da fração pelítica constituída por siltes, secundado por argilas e pequena proporção de areias (testemunhos 41, 43, 45, 48, 49), da fração areia muito fina, mais distais a costa.



**Figura 5.1-66 - Distribuição das amostras, no estrato de -6,0 m, de sedimentos dos testemunhos da área do empreendimento.**

As amostras de sedimentos a -12,0 m apresentaram o predomínio espacial por interpolação dos testemunhos 1 ao 53, de finos com predomínio da fração pelítica constituída por siltes, secundado por argilas e pequena proporção de areias (testemunhos 46, 49), da fração areia muito fina, mais distais a costa.



**Figura 5.1-67 - Distribuição das amostras, no estrato de -12,0 m, de sedimentos dos testemunhos da área do empreendimento**

### 5.1.3.7 Sismologia Regional e Histórica da Área de Interesse ao Projeto

Neste capítulo serão feitas uma compilação e análise crítica de trabalhos publicados sobre a região de interesse deste estudo. As próprias características dos fenômenos sísmicos indicam a utilização de informações de caráter regional ou mesmo continental que, aliadas a alguns trabalhos de maior detalhe na área próxima ao empreendimento, auxiliam na elaboração de um cenário geológico consistente para nortear a análise de risco sísmico.

Na literatura disponível, não há trabalhos específicos que quantifiquem alguns parâmetros importantes relacionados aos efeitos de sismos sobre estruturas e construções, inclusive porque o país não dispõe de uma ampla e bem distribuída rede sismográfica (e.g., Berrocal *et al.*, 1996). Parâmetros como, por exemplo, velocidade de propagação de ondas sísmicas em nível local e amplitude de movimentação do terreno não se encontram devidamente mensurados na literatura.

Entretanto, de modo a estabelecer um adequado parâmetro de risco associado ao empreendimento, são apresentados mapas de isossistas para alguns eventos relevantes e um maior detalhamento na área próxima fornecido pelo estudo dos eventos de 1988/1989 em Monsuaba, Angra dos Reis, RJ (Berrocal *et al.*, 1993).

Os dados geológicos e de sismicidade preexistentes são integrados preliminarmente e sugere-se a sua organização em províncias de acordo com as proposições mais recentes da literatura. Segue a descrição de alguns eventos mais relevantes em termos da área mesma do empreendimento e uma discussão acerca dos parâmetros utilizados na sua análise de risco sísmico.

#### 5.1.3.7.1 Sismicidade e Estruturação Regional

Como resultado da localização do território brasileiro no domínio intraplaca denominado Plataforma Sul-Americana, temos uma sismicidade relativamente atenuada, mas que pode apresentar eventos de grande magnitude comumente associados à reativação de antigas zonas de fraqueza (e.g., Sykes, 1978). A análise da orientação e magnitude das tensões atuantes na região intraplaca são fundamentais na compreensão do fenômeno e fornecem importantes elementos no estudo dos mecanismos atuantes na deflagração de sismos e na elaboração de um cenário consistente para a análise de risco (e.g., Lomnitz, 1974; Mendiguren & Richter, 1978; Sykes, 1978; Assumpção, 1992; Coblenz & Richardson, 1996; Berrocal *et al.*, 1996; Assumpção, 1998).

Desde a publicação do livro de Lomnitz (1974), estabeleceu-se um novo paradigma de análise e predição de terremotos dentro do vasto campo de estudo proposto pela

Tectônica Global. As relações entre as placas litosféricas, seus mecanismos e taxas de movimentação e a acumulação de esforços em regiões preferenciais, dentre outros, são parâmetros fundamentais para estudos de risco e recorrência sísmicos.

Entretanto, à época de sua publicação, pouca atenção era dada à ocorrência de sismos nos ambientes distantes das bordas de placa. Em 1978, Sykes publicou um alentado estudo no qual se fundam as bases da análise da sismicidade intraplaca, das suas relações com zonas de fraqueza pretéritas e com o magmatismo alcalino que se sucedeu ao grande evento de ruptura continental mesozóico.

Segundo Berrocal *et al.* (1996), os estudos sismológicos só se iniciaram efetivamente no Brasil no decorrer da década de 1970, tanto pelo baixo nível de atividade sísmica quanto pela inexistência de algum evento sísmico catastrófico em tempos históricos. O primeiro estudo sistemático de risco sísmico no país foi realizado para a construção, em 1972, da primeira usina nuclear em Angra dos Reis. Entretanto, desde o século XIX há registros de terremotos em território brasileiro (e.g.: Capanema, 1859; Branner, 1912, 1920).

A primeira publicação que sistematiza de modo abrangente o registro sísmico nacional se deve a Berrocal *et al.* em 1984. Neste livro, intitulado “Sismicidade do Brasil” e publicado pelo Instituto Astronômico e Geofísico (USP), estão catalogados todos os eventos sísmicos históricos registrados no Brasil, bem como a estimativa de intensidade e magnitude relacionadas, e os eventos medidos instrumentalmente pela nossa ainda incipiente rede de sismógrafos.

Em complementação a este trabalho fundador, a Revista Brasileira de Geofísica publica regularmente um boletim sísmico da América do Sul. O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo disponibiliza este acervo em constante atualização.

Haberlehner (1978) representa a primeira tentativa abrangente de cartografar as províncias sismotectônicas do Brasil. Entretanto, somente a partir dos trabalhos de Hasui *et al.* (1982) e Mito (1984) há um esforço sistemático no sentido de estabelecer relações causais entre a sismicidade observada e o contexto tectônico-estrutural do Sudeste brasileiro, e sua representação cartográfica. Mito (1993) propõe uma delimitação e classificação das zonas sismogênicas brasileiras que se constitui na base de vários estudos de risco sísmico no Brasil.

A despeito dos grandes avanços obtidos na área, o trabalho mais recente publicado sobre quantificação de risco sísmico no Sudeste brasileiro (Berrocal *et al.*, 1996) aponta claramente a insuficiência de dados instrumentais que permitam o estabelecimento de relações causais efetivas entre atividade sísmica e feições tectônicas conhecidas.

### 5.1.3.7.2 Distribuição de Sismos

A região Sudeste brasileira (aqui limitada pelas latitudes 26-13°S, e longitudes 54-36°W) caracteriza-se, sismicamente, pela ocorrência de vários eventos, medidos por estações sismográficas ou derivados do registro histórico, de pequena magnitude (Figura 5.1-68). Como podemos observar no gráfico, o grande número de registros mais recentes, posteriores à década de 1970, refletem a implantação de instrumentação sismográfica no país.

Sismos de maior magnitude são raros: apenas um evento maior que seis graus (ocorrido na Cadeia Vitória-Trindade, na Margem Continental), dois maiores que cinco (em Mogi Guaçu, SP e na região do talude na Bacia de Santos) e 17 deles entre quatro e cinco graus (parte deles em regiões vizinhas ao empreendimento, mas a uma distância considerável).

Na Figura 5.1-69, está representada a distribuição geográfica desses eventos e podem-se notar alguns alinhamentos incipientes de epicentros ao longo de grandes estruturas. De todo modo, como frisam Berrocal *et al.* (1996), o erro associado à locação destes epicentros não permite uma correlação segura entre os sismos representados e estruturas mapeadas. Efetivamente, podemos associar os 'clusters' sísmicos a duas grandes províncias sismotectônicas (Berrocal *et al.*, 1996) que, certamente, englobam eventos de natureza geológica distintas: a Província da Bacia do Paraná (coincidente com a província estrutural homônima, Almeida *et al.*, 1977; Figura 5.1-72) que está representada principalmente por sismos induzidos por barragens e exploração de poços de água profundos; e a Província do Embasamento Pré-Cambriano (unindo terrenos das províncias estruturais do São Francisco, Tocantins e Mantiqueira) na qual se concentra praticamente toda a atividade sísmica regional. Uma terceira província, não mencionada por Berrocal *et al.* (1996), mas denotada neste mapa, corresponde aos domínios da Margem Continental, principalmente junto à borda mais interna da Bacia de Santos.

Os sismos maiores que 3,5 graus, apontados como mais importantes por Berrocal *et al.* (1996), correspondem a uma pequena fração – menos de 12% – dos eventos registrados (Figura 5.1-70) e se distribuem principalmente numa faixa mais a leste da região, em domínios da Província Mantiqueira e da Margem Continental, e adentram o continente aproximadamente ao longo dos limites flexurais leste e nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 5.1-72). Apenas dois eventos expressivos (entre 3,5 e cinco graus de magnitude) distribuem-se num arco de raio com cerca de 100 km em torno da área da Ilha da Madeira.

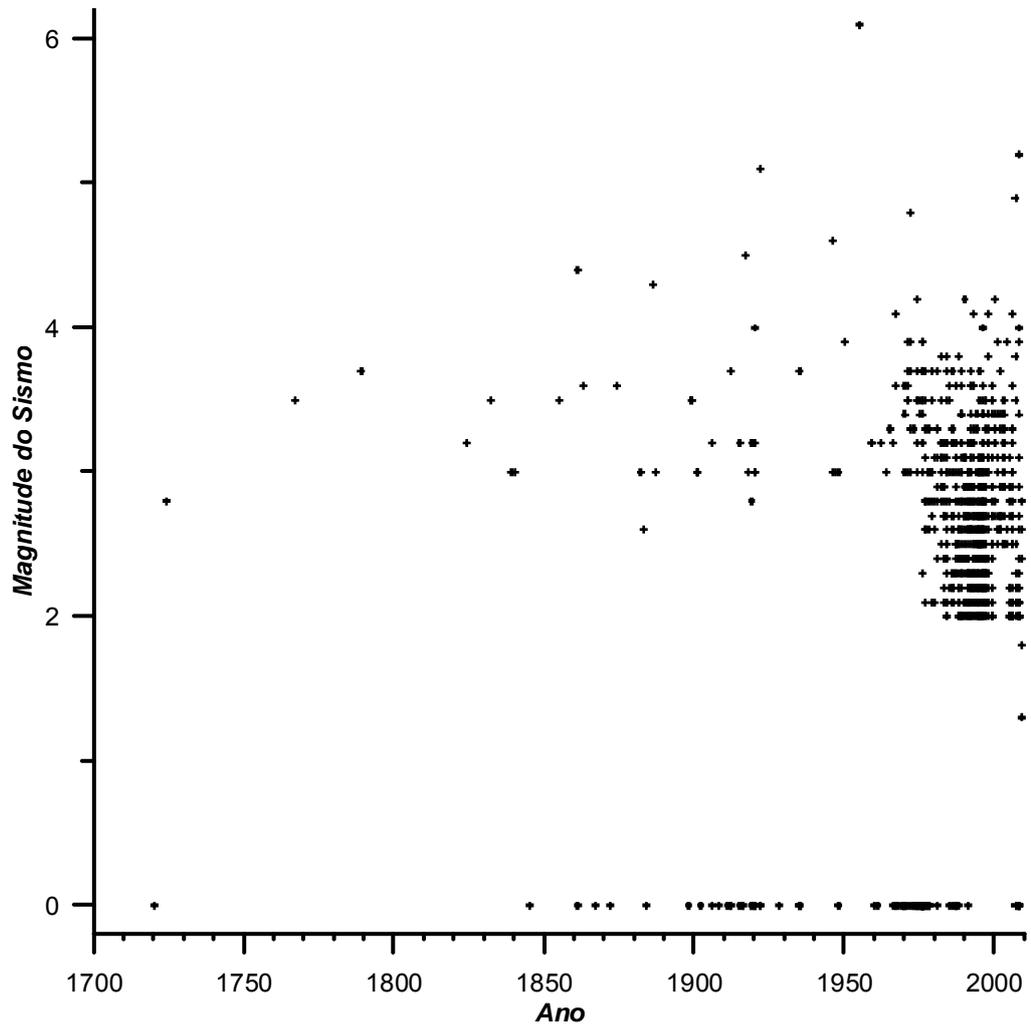
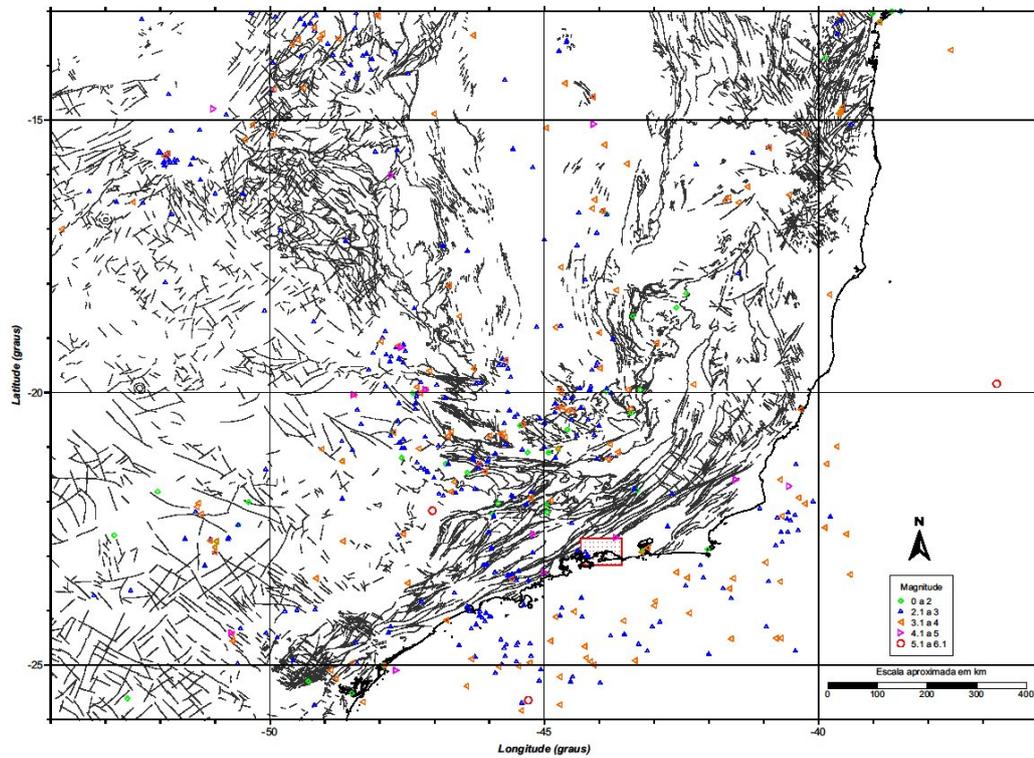


Figura 5.1-68 - Distribuição temporal de sismos no quadrângulo entre 54-36° W e 26-13° S.



**Figura 5.1-69 - Distribuição de terremotos no quadrângulo entre 54-36°W e 24-13°S. As linhas em cinza-escuro denotam os principais traços de falhas e lineamentos na região.**



**Figura 5.1-70 - Províncias estruturais do Brasil, segundo Almeida et al. (1977, ext. de Schobbenhaus, 2002).**

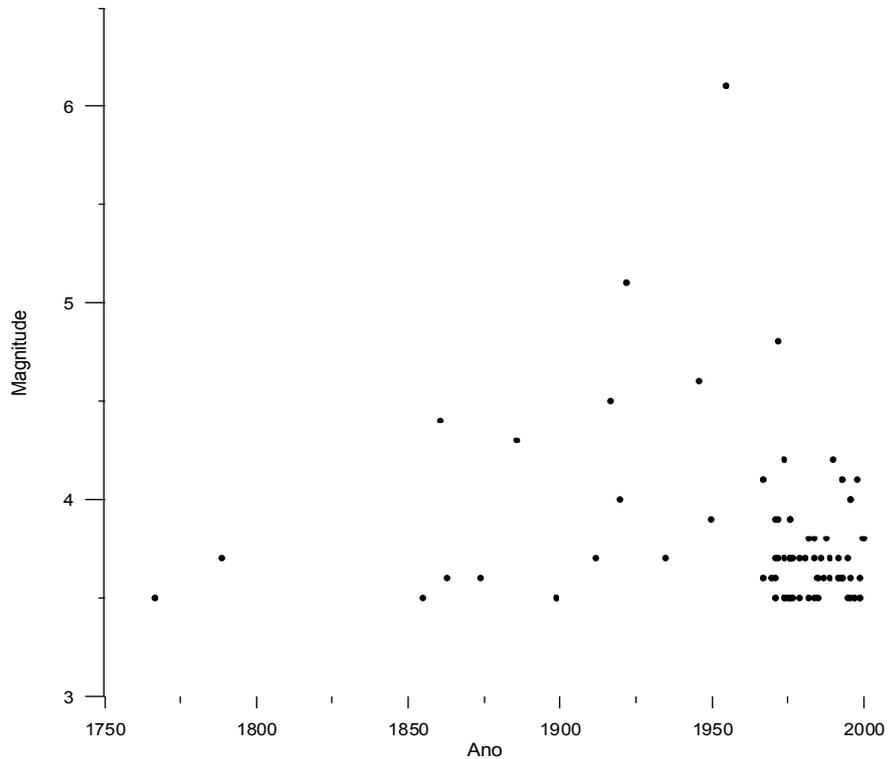


Figura 5.1-71 - Distribuição temporal de sismos maiores que 3,5 graus de magnitude no quadrângulo entre 54-36° W e 26-13° S.

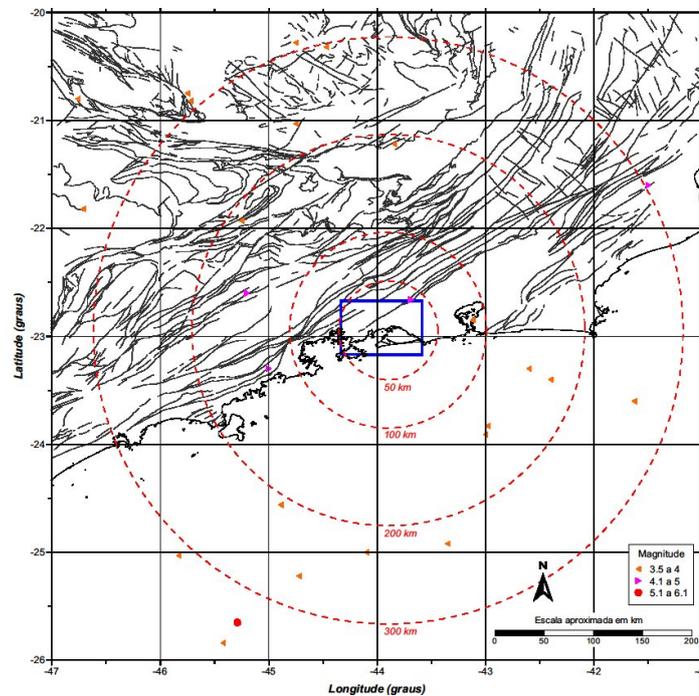


Figura 5.1-72 - Distribuição de terremotos maiores que 3.5 graus de magnitude no quadrângulo entre 47-41°W e 26-20°S. Os círculos em torno da Ilha da Madeira têm seus raios aproximados indicados em vermelho. As linhas em cinza-escuro denotam os principais traços de falhas e lineamentos na região.

É interessante notar que, apesar das limitações expostas por Berrocal *et al.* (1996), observa-se algum alinhamento de epicentros ao longo do conspícuo feixe de falhas transcorrentes brasileiras que, reativadas no Cenozóico, afeiçoaram a Serra do Mar ao longo da borda continental sudeste.

Mioto (1993), baseado na distribuição de epicentros, estruturas geológicas e compartimentação regional do relevo, propõe duas zonas sismogênicas na área em torno do empreendimento (Zona Sismogênica de Cunha e Zona Sismogênica de Santos; Figura 5.1-73). O fator determinante na definição destas zonas é a localização dos epicentros em áreas com tendência inversa de movimentação do relevo (subsidência na área de plataforma continental e talude, e elevação da borda continental adjacente nos domínios da Serra do Mar e Planalto Atlântico).

Entretanto, deve-se considerar que o volume de dados atualmente disponível “é insuficiente para definir zonas sismogênicas ou províncias sismotectônicas que possam ser usadas com segurança na determinação de parâmetros de sismicidade para avaliação de risco nesta região” (Berrocal *et al.*, 1996).

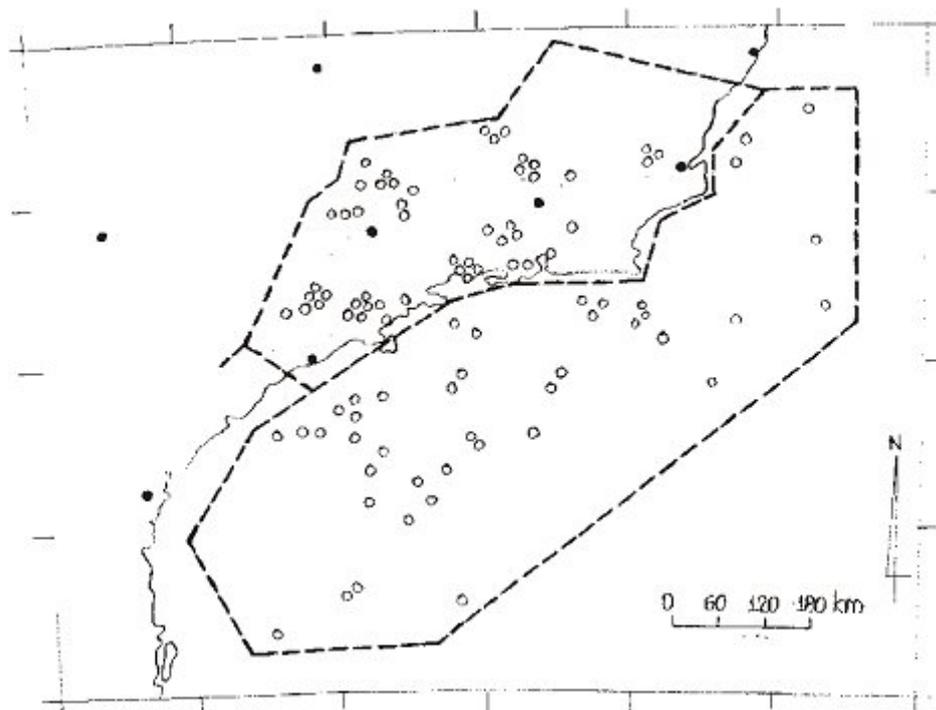
#### 5.1.3.7.2.1 Sismos Regionais e Locais

Numa região da ordem de algumas centenas de quilômetros em torno da Ilha da Madeira, foram registrados vários episódios sísmicos que são relevantes para a caracterização do risco na área das centrais nucleares (Figura 5.1-72). Genericamente, são eventos de pequena magnitude e que não caracterizam um risco maior para instalações previstas na área, mas que fornecem informações importantes na caracterização do risco sísmico.

Inicialmente, serão listados estes eventos regionais; na seqüência, serão sumariados os estudos referentes à seqüência de microssismos de Monsuaba (1988-1989), certamente o episódio sísmico mais bem documentado na região próxima ao empreendimento.

- - a) Sismo de 27/01/1922; localização: 22,17° S, 47,04° W

Este é o evento sísmico de maior magnitude registrado na área emersa do Sudeste brasileiro: estima-se que atingiu 5,1 pontos na escala Richter. Assumpção *et al.* (1979) se referem a ele como “terremoto de São Paulo de 1922” e apontam o município de Mogi Guaçu como localidade em que se localizou seu epicentro; o mesmo evento é referido por Mioto (1997) como “Sismo de Pinhal”. O seu epicentro localiza-se a cerca de 340 km da Ilha da Madeira, Itaguaí (RJ).



**Figura 5.1-73 - Zonas sísmogênicas na área em torno do empreendimento da Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ (MIOTO, 1993)**

Um leve abalo precursor foi sentido por algumas pessoas na noite anterior em São Paulo e Mogi Guaçu (Assumpção *et al.*, 1979). O evento principal teve uma intensidade de até VI MM, durou poucos segundos e foi sentido numa área de 250 mil km<sup>2</sup>, e a localização de seu epicentro tem um erro da ordem de 40 km (Tabela de Sismos – Anexos). Mioto (1997) refere-se a uma profundidade focal estimada de 20 km.

Na área próxima, caracterizou-se intensidade VI MM por meio de relatos de rachaduras em paredes de imóveis em várias cidades vizinhas (Assumpção *et al.*, 1979); seus efeitos foram sentidos também na cidade do Rio de Janeiro e Petrópolis.

Na área afetada pelo evento (Figura 5.1-74), a intensidade decaiu de VI MM junto ao epicentro para uma isossista da ordem de III MM já na altura de Angra dos Reis (WGC, 1979).

- b) Sismo de 24/10/1972, localização: 21,72o S, 40,53o W

Este evento, referido como Sismo de Campos por Mioto (1997), ocorreu na Plataforma Continental ao largo do Estado do Rio de Janeiro, na Bacia de Campos, a cerca de 370 km da área do empreendimento. Sua magnitude foi estimada em 4,8 (Berrocal *et al.*, 1984) e afetou uma área de 210 mil km<sup>2</sup>, sendo sentido em várias regiões dos

estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais; o erro de localização do seu epicentro é de 30 km e sua profundidade é de 8 km (Tabela de Sismos - Anexos).

Sua intensidade atingiu IV MM em parte do estado do Rio de Janeiro, desde Campos até Niterói (Figura 5.1-75). Segundo o estudo da WGC (1979), a intensidade do sismo seria de II MM na área do empreendimento; entretanto, o evento não foi reportado na área.

- c) Sismo de 31/07/1861, localização: 22,6o S, 45,2o W

Referido com Sismo de Lorena, SP (Mito, 1997), este evento teve um precursor segundo Berrocal *et al.* (1984). A área afetada é da ordem de 52 mil km<sup>2</sup>, atingindo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro; a magnitude é estimada em 4,4 e a intensidade máxima de V MM no epicentro, que se situa a aproximadamente 150 km da Ilha da Madeira, com erro de locação de 50 km (Tabela de Sismos - Anexos).

O mapa de isossistas (Figura 5.1-76), derivado dos estudos de WGS (1979), indica uma intensidade de IV MM próximo à área do empreendimento.

- d) Sismo de 09/05/1886, localização: 22,66o S, 43,69o W

Referido como Sismo de São Pedro e São Paulo (RJ) por Mito (1997), este evento afetou uma área de 23 mil km<sup>2</sup>, com intensidade máxima epicentral de V MM e magnitude estimada de 4,3 (Tabela de Sismos – Anexos); o epicentro localiza-se a 30 km da Ilha da Madeira com erro de locação de 20 km. Este é o sismo de magnitude maior que 4 com epicentro mais próximo da área do empreendimento.

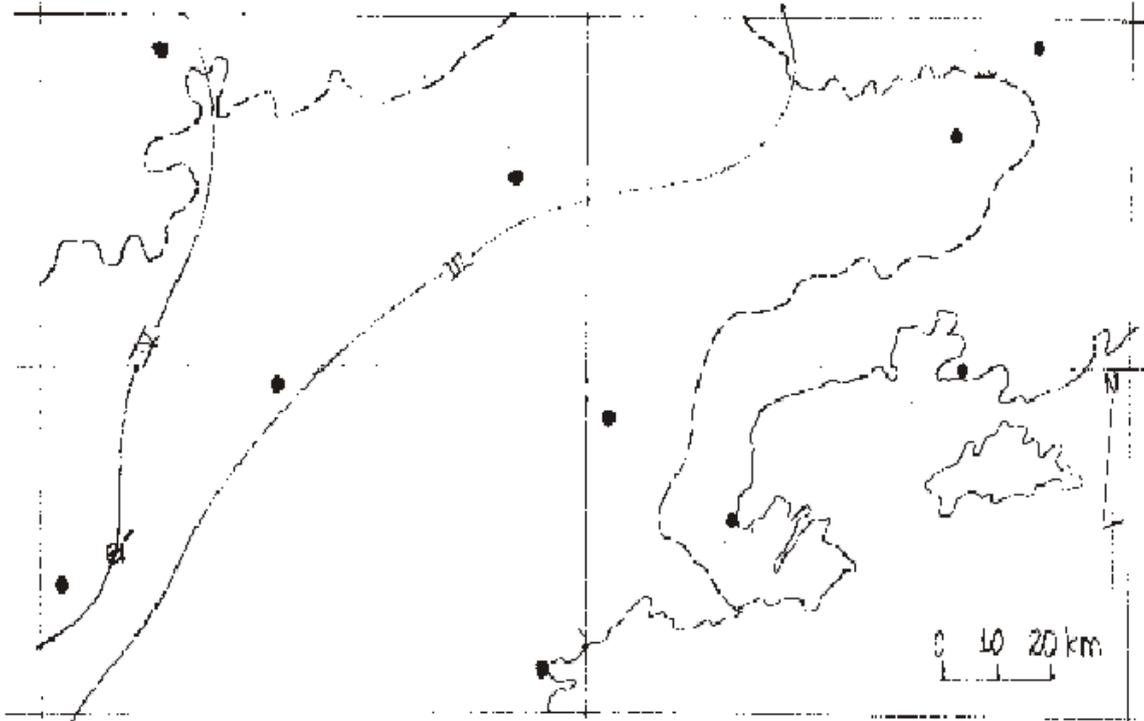
Berrocal *et al.* (1984) destacam que a distribuição em planta das localidades em que o evento foi sentido apresenta uma forma subelíptica, com eixo maior orientado a N60E em clara concordância com o trend da Serra do Mar, como se pode observar na Figura 5.1-77, especialmente na isossista V MM.

- e) Sismo de 23/03/1967, localização: 23,3o S, 45o W

O Sismo de Cunha, como é referido por Mito (1997), afetou uma área de 30 mil km<sup>2</sup>, e teve uma magnitude estimada de 4,1 e intensidade máxima epicentral de VI-VII MM (BERROCAL *et al.*, 1996). O seu epicentro está situado a cerca de 130 km da Ilha da Madeira, com erro de 20 km nesta estimativa.

Nos estudos da WGC (1979), estima-se que, na área da Ilha da Madeira, o evento atingiu uma intensidade de IV MM, tendo em vista a pequena profundidade focal e a qualidade do maciço rochoso na região. Em contraposição, o estudo de Berrocal *et al.* (1993) para o enxame de sismos de Monsuaba sugere que a atenuação da intensidade do evento deve ser mais eficaz, pois, neste caso, a área atingida foi

bastante reduzida. Na Figura 5.1-77, a orientação das isossistas ao longo do trend da Serra do Mar é notável.



**Figura 5.1-74 - Isossistas do evento de 27/01/1922.**

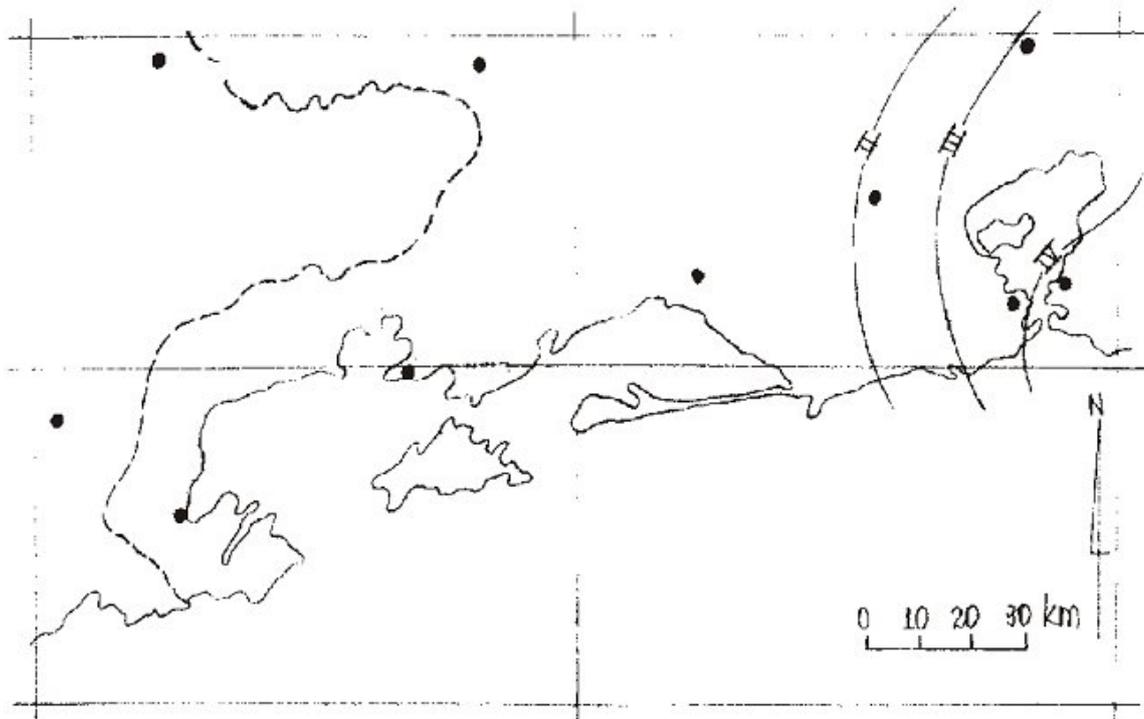


Figura 5.1-75 - Isossistas do evento de 24/10/1972.

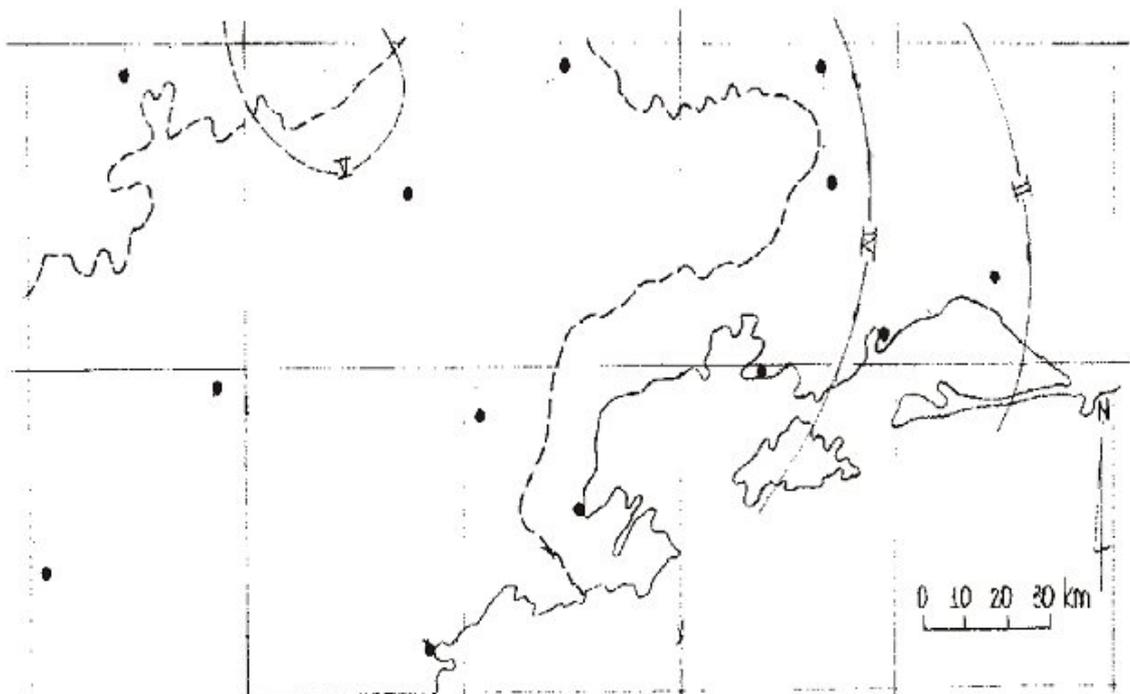


Figura 5.1-76 - Isossistas do evento de 31/07/1861.

#### 5.1.3.7.2.2 Sequência de Microsismos de Monsuaba

Entre dezembro de 1988 e fevereiro de 1989, ocorreu uma série de microsismos em Monsuaba, um distrito do município de Angra dos Reis, a cerca de 40 km a oeste da Ilha da Madeira. Os eventos mostram uma seqüência típica de pequenos choques precursoros, um choque principal com magnitude 3 e choques posteriores também de pequena magnitude (Berrocal *et al.*, 1993). O sismo principal foi sentido com uma intensidade de V MM junto ao epicentro, rapidamente decaindo para II MM em Angra dos Reis e outras áreas a cerca de 10 km de Monsuaba (Berrocal *et al.*, 1993).

O mapa tectônico esquemático da Figura 5.1-79 mostra a localização e as principais feições geológicas da área. Simplificadamente trata-se de uma área de embasamento exposto, recoberto localmente por pacotes sedimentares quaternários de pequena espessura.

Esta série de eventos foi muito bem instrumentada, inicialmente por sismógrafos dispostos em uma rede de 5 estações com 20 km de abertura (mas que não deu resultados significativos devido à baixa magnitude dos eventos) e, posteriormente, baixando-se a abertura da rede para 4 km. Os dados obtidos permitiram analisar a geometria e energia dos eventos, inclusive com a discriminação do mecanismo focal para o enxame de sismos (Berrocal *et al.*, 1993).

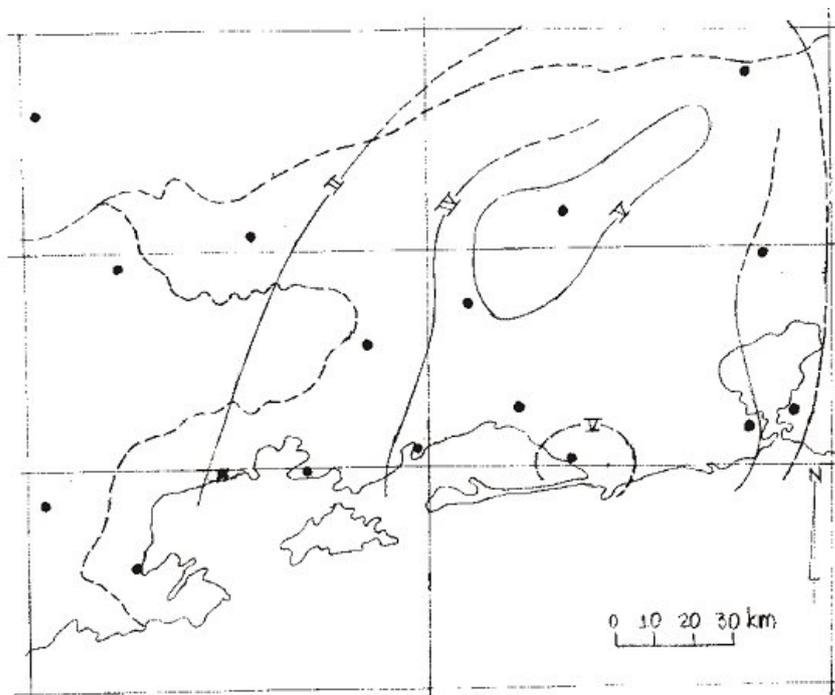


Figura 5.1-77 - Isossistas do evento de 09/05/1886.

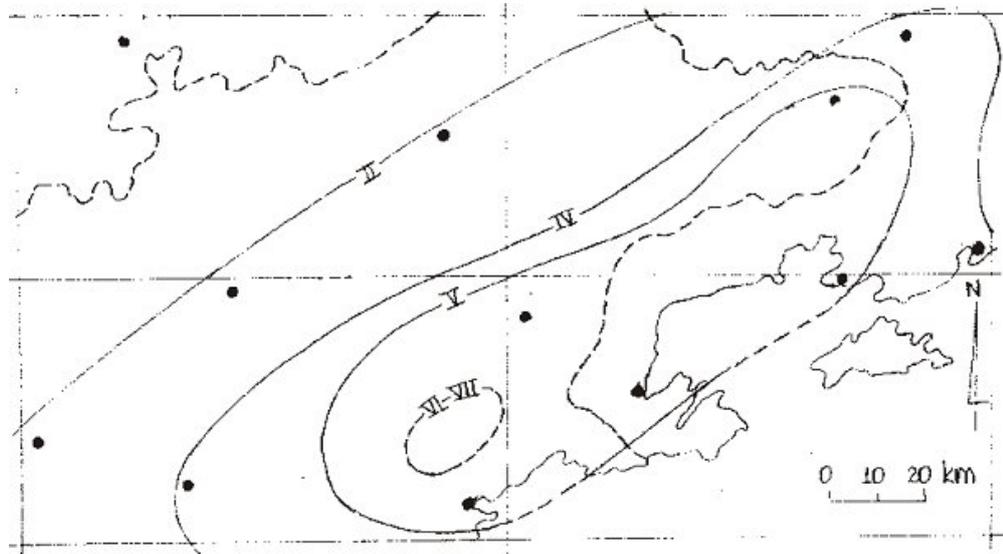


Figura 5.1-78 - Isossistas do evento de 23/03/1967.

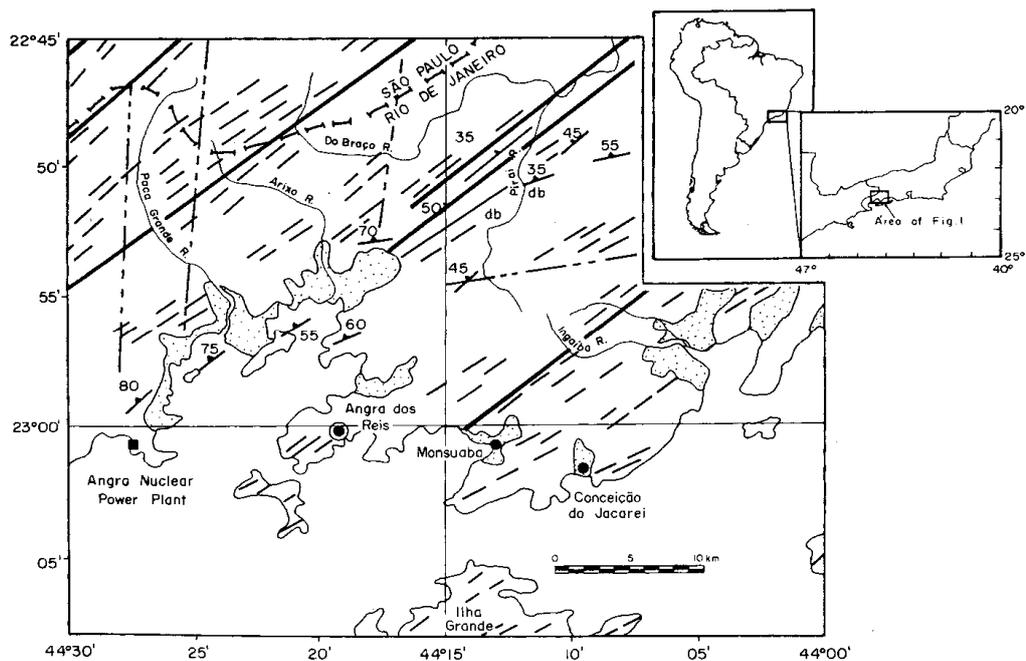


Figura 5.1-79 - Mapa tectônico simplificado da região de Monsuaba mostrando falhas principais (linhas mais espessas); fraturas (linhas finas e tracejadas); lineamentos (tracejado espesso). Manchas restritas de depósitos quaternários (áreas pontilhadas) ocorrem diretamente sobre o embasamento. (ext. de BERROCAL et al., 1993).

O plano obtido para os eventos (N25°E, mergulhando a 35°SE) coincide com um pequeno plano de falha reversa com mergulho a 70° e pequena componente transcorrente dextral, com eixo de maior encurtamento alinhado a NW-SE (Berrocal et al., 1993). O mapa de isossistas (Figura 5.1-80) mostra um claro eixo de alongação

subparalelo aos principais traços estruturais da área (Berrocal *et al.*, 1993), sugerindo uma evidente correlação entre o desenvolvimento dos sismos e seu controle por estruturas prévias.

Berrocal *et al.* (1993) concluem que os sismos de Monsuaba indicam a atuação de esforços compressivos NW-SE (característicos de algumas áreas do Sudeste Brasileiro) e que tais eventos não representam um real risco para obras de engenharia na área, pois a atenuação é expressiva, provavelmente em virtude do seu hipocentro bastante raso (~1,5 km). Ainda, acreditam os autores, os sismos estão geneticamente relacionados à evolução morfológica da Serra do Mar na região.

#### 5.1.3.7.2.3 Recorrência Sísmica

Estudos de recorrência sísmica na área das Centrais Nucleares de Angra dos Reis remontam ao final da década de 1970, com a publicação de um estudo sistemático da Universidade de Brasília que adotava um enfoque determinístico na avaliação de risco: objetivava-se demarcar zonas preferenciais de ocorrência de sismos – as zonas sismogênicas – que se contrapõem a zonas mais estáveis e estudar a série histórico-temporal de eventos neste contexto.

Já no início da década seguinte, um estudo específico do IPT para as usinas nucleares de Angra (Hasui *et al.*, 1982) ampliou o horizonte metodológico até então adotado e valorizou o ambiente tectônico estrutural e a evolução tectônica, principalmente cenozóica, do Sudeste como condicionantes destes eventos e como ferramentas na sua predição e avaliação de risco, numa continuidade filosófica do que Lomnitz (1974) já havia proposto.

A primeira abordagem probabilística de sismicidade regional no país foi publicada por Assumpção (1983). O autor considerou o catálogo de sismos das regiões Sul, Sudeste e Leste do Brasil e tratou estatisticamente os eventos maiores que 3,5 graus de magnitude. Como resultado, obteve intervalos de recorrência para sismos (40 anos para magnitude maior ou igual a 5; 150 anos, maior que 6; 700 anos, maior que 7) que, a despeito da extensa área de definição, podem ser aplicados preliminarmente ao risco na área de Itaorna. Nesta perspectiva, o sismo de Pinhal (Mito, 1997) poderia ser associado à recorrência de 40 anos e os efeitos sobre a área do empreendimento tenderiam a se manter em níveis bastante adequados de segurança.

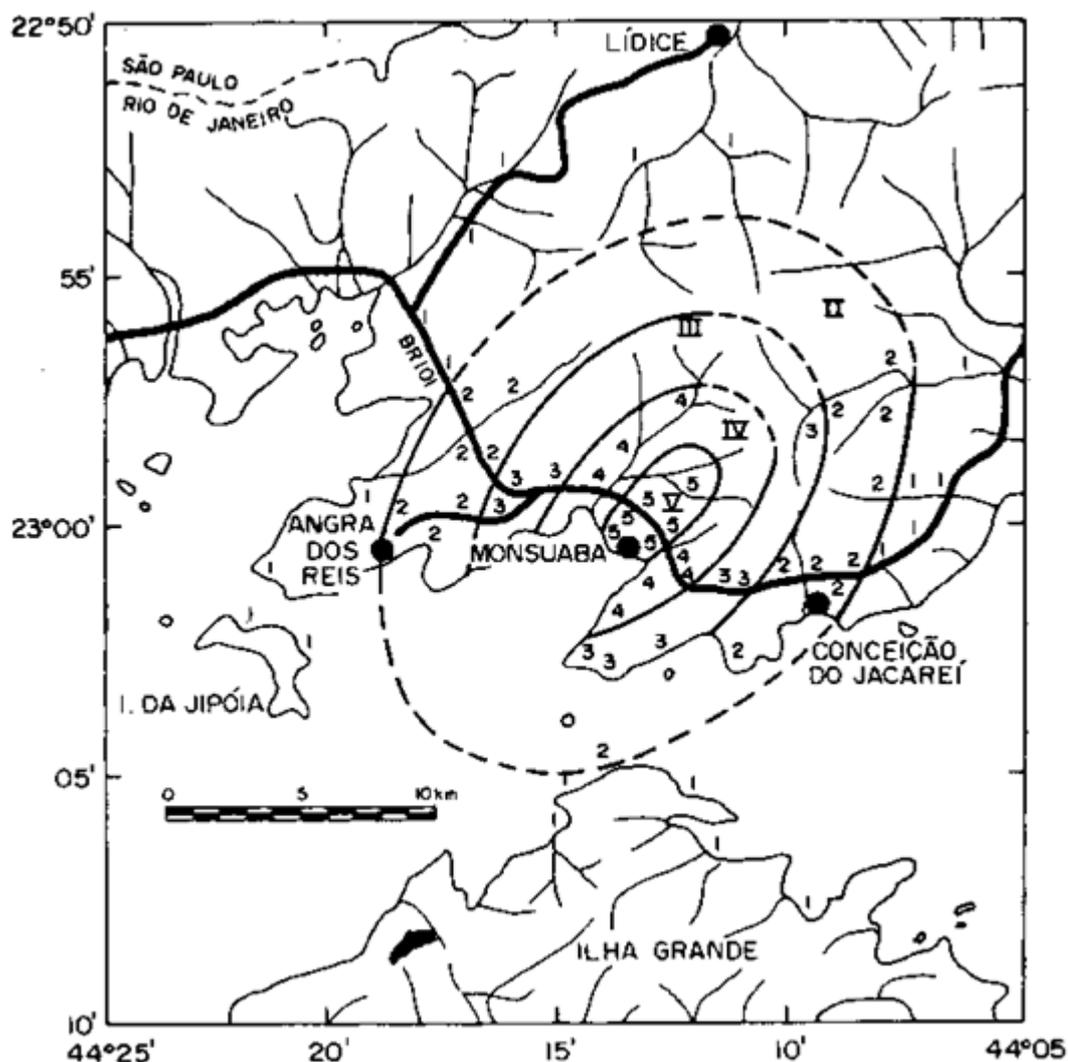


Figura 5.1-80 - Mapa de isossistas do evento principal (magnitude 3), de 23/12/1988, do enxame de Monsuaba; os algarismos arábicos indicam intensidade MM (ext. de Berrocal et al., 1993).

Mioto (1984) adotou uma abordagem similar, mas efetuou o tratamento estatístico de intensidades para o Sudeste brasileiro, adotando o enfoque propugnado por Hasui *et al.* (1982) de concentração de eventos ao longo das chamadas zonas sismogênicas. Nesse estudo, o autor conclui que:

- a probabilidade de que o maior sismo no período de cinco anos seja igual ou exceda III MM varia de 52,5 a 97,5%; o período de retorno da intensidade III MM é de 1 a 1,9 anos;

- a probabilidade de que o maior sismo no mesmo período de cinco anos seja igual ou exceda IV MM varia de 40 a 50%; o período de retorno da intensidade IV MM é de 2 a 2,5 anos;
- a probabilidade de que o maior sismo em período idêntico a cinco anos seja igual ou ultrapasse V MM varia de 15 a 37,5%; o período de retorno da intensidade V MM é de 2,7 a 6,7 anos; e
- a probabilidade de que o maior sismo no período de cinco anos seja igual ou maior que VI MM varia de 2,5 a 12,5%; o período de retorno correspondente à intensidade VI MM é de oito a quarenta anos.

Os estudos mais recentes de risco sísmico do Sudeste brasileiro foram desenvolvidos por Berrocal *et al.* (1996), considerando magnitudes superiores a 3,0 graus e eventos entre as coordenadas 15 - 28S e 35 - 52W, com epicentros no embasamento cristalino.

Os intervalos de recorrência para sismos (Figura 5.1-81) conhecidos foram:

- um sismo similar ao evento de Cunha, de 1967, pode ocorrer a cada 17 anos, e um sismo com magnitude igual ou maior do que 4,1 pode ser esperado a cada seis anos;
- similarmente, um evento da magnitude do que ocorreu em Pinhal, em 1922, pode ocorrer uma vez a cada duzentos anos, mas eventos com magnitude igual ou maior do que 5,1 podem ocorrer a cada 60 anos aproximadamente.

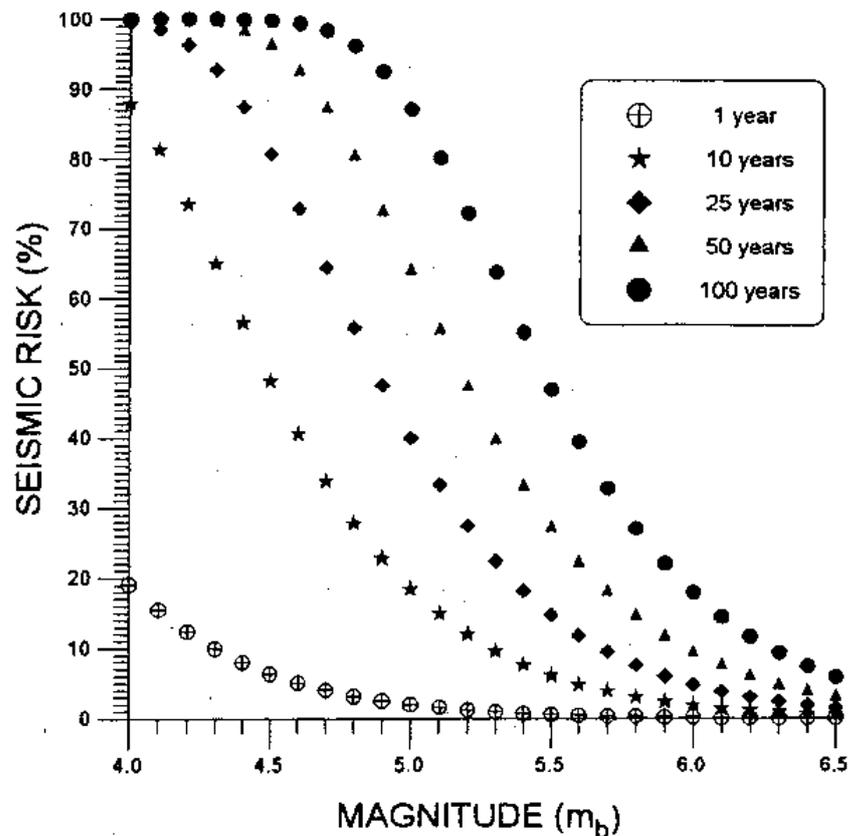


Figura 5.1-81 - Risco sísmico na Província Sismotectônica do Embasamento Pré-Cambriano para valores cumulativos de magnitude e intervalos de tempo de 1 a 100 anos (BERROCAL et al., 1996).

### 5.1.3.7.3 Síntese da Sismologia

Na região em torno da Ilha da Madeira, os eventos são caracteristicamente rasos e, como apontam Berrocal *et al.* (1993), tendem a ser atenuados em distâncias relativamente curtas. Isossistas com intensidades maiores que VI MM – que provocam danos menores ou apenas a estruturas relativamente precárias – não são reportadas na área (e.g., Mito, 1997).

### 5.1.3.8 Pedologia

#### 5.1.3.8.1 Caracterização Pedológica Regional

O Projeto Radambrasil (1983) provavelmente é o estudo sistemático mais antigo que abrange a área pesquisada, apresentando o Mapa Exploratório de Solos na escala de 1:1. 000.000, contudo sua taxonomia obedece à antiga classificação de solos da Embrapa. Além disto, representou um dos parâmetros para a elaboração do Esboço Pedológico do Semads (1997), em escala de detalhe.

Mais recentemente, o IBGE/Embrapa (2001) apresenta, para a região em estudo, três domínios pedológicos principais na classificação, a saber:

- CX3 - Associação de Cambissolo Háplico Tb (Argila de atividade baixa) Distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico;
- SX3 - Associação de Planossolo Háplico Distrófico, Argilosolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Gleissolo Melânico Distrófico;
- ES7 - Associação de Espodossolos Ferrocárbicos Hidromórficos e Neossolos Quartzarênico Hidromórfico.

Em escala mais detalhada, a metodologia de mapeamento dos solos realizado pelo Macroplano (Semads, 1997) considerou como solo “todo e qualquer material de origem natural, particulado e não consolidado, proveniente da meteorização de rochas, podendo ser transportado ou “*in situ*”, procedendo, a partir daí, a caracterização e a distribuição dos diferentes tipos de solos e a sua relação com os condicionantes geológico-geomorfológicos, bem como aos processos atuantes, nos vários tipos de ambientes que compõem a área.

Segundo o Relatório Cinco (Semads, 1997), a base adotada foi em escala 1:50. 000, utilizando-se os dados dos mapeamentos citados para a identificação preliminar das grandes classes de solos existentes na área da bacia. A partir daí, segundo o mesmo documento, foram estabelecidas correlações com alguns condicionantes físicos ambientais (formas do relevo, ambientes e litologias), elementos já caracterizados e disponíveis para toda a área, pelo mapeamento feito pelo Geroe (1995, *apud* Semads, 1997), confirmando-se as inferências com verificações de campo.

A abordagem adotada na caracterização dos solos fundamentou-se nas relações entre os processos pedogenéticos e a atuação, por vezes determinante, de um ou mais dos fatores de formação dos solos. O relevo, por exemplo, foi priorizado, na análise, por aspectos tais como a declividade, forma e comprimento das vertentes que influenciam uma série de características dos solos e do seu processo de formação, como a

penetração de água, a sua profundidade e a diferenciação dos horizontes, teor de matéria orgânica no horizonte A, acidez, lixiviação e eluviação, nível do lençol freático (drenagem), truncamento de perfis e umidade das encostas (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997).

O produto da integração desses fatores resultou no mapa pedológico regional (Mapa 5.1-4).

#### 5.1.3.8.1.1 Unidades Mapeadas na Área de Influência Direta

A área da bacia da baía de Sepetiba constitui-se de variados tipos de ambientes, compondo paisagens específicas: baixada, restingas, manguezais, serras e colinas. Identificam-se, de uma maneira geral, as baixadas e os morros e serras como os dois grandes domínios geomorfológicos na área da bacia. A influência das formas de relevo é marcante na configuração e na distribuição dos diversos tipos de solos que constituem esses ambientes e que podem ser divididos como solos das baixadas e solos das encostas (Sema, 1996, *apud* Semads, 1997).

Os terrenos planos e as depressões da baixada apresentam geralmente condições de drenagem imperfeita, formando quase sempre ambientes hidromórficos, com grande influência do lençol freático, que nessa área aparece muito próximo à superfície.

Constituem-se basicamente de sedimentos quaternários que foram retrabalhados por diversos agentes (vento, ondas, correntes, entre outros), associados ao desenvolvimento de restingas e dunas (depósitos arenosos), mangues (depósitos argilosos, argilo-siltosos e mistura de sedimentos arenosos e materiais orgânicos) e ainda aos alagadiços e aluviões nas áreas planas e represadas junto à costa (depósitos aluvionares). As classes de solos relacionadas a essas zonas de baixada são: areias quartzosas marinhas, solos gley, podzol hidromórfico, planossolos, solos aluviais e solos orgânicos (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997).

O aumento da declividade em direção às serras reflete-se na presença de solos associados às variações de gradientes das encostas e à maior exposição à erosão, originários da intemperização de rochas e sedimentos mais antigos. Nesse contexto, solos podzólicos vermelho-amarelo associados a solos litólicos e afloramentos rochosos, latossolos vermelho-amarelo, cambissolos e brunizem avermelhado, ocorrem nas áreas que apresentam um relevo ondulado a fortemente ondulado, sendo os solos podzólicos vermelho-amarelo característicos das colinas e morrotes isolados nas baixadas.

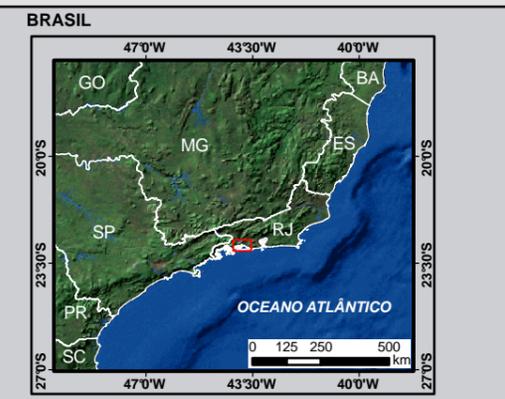
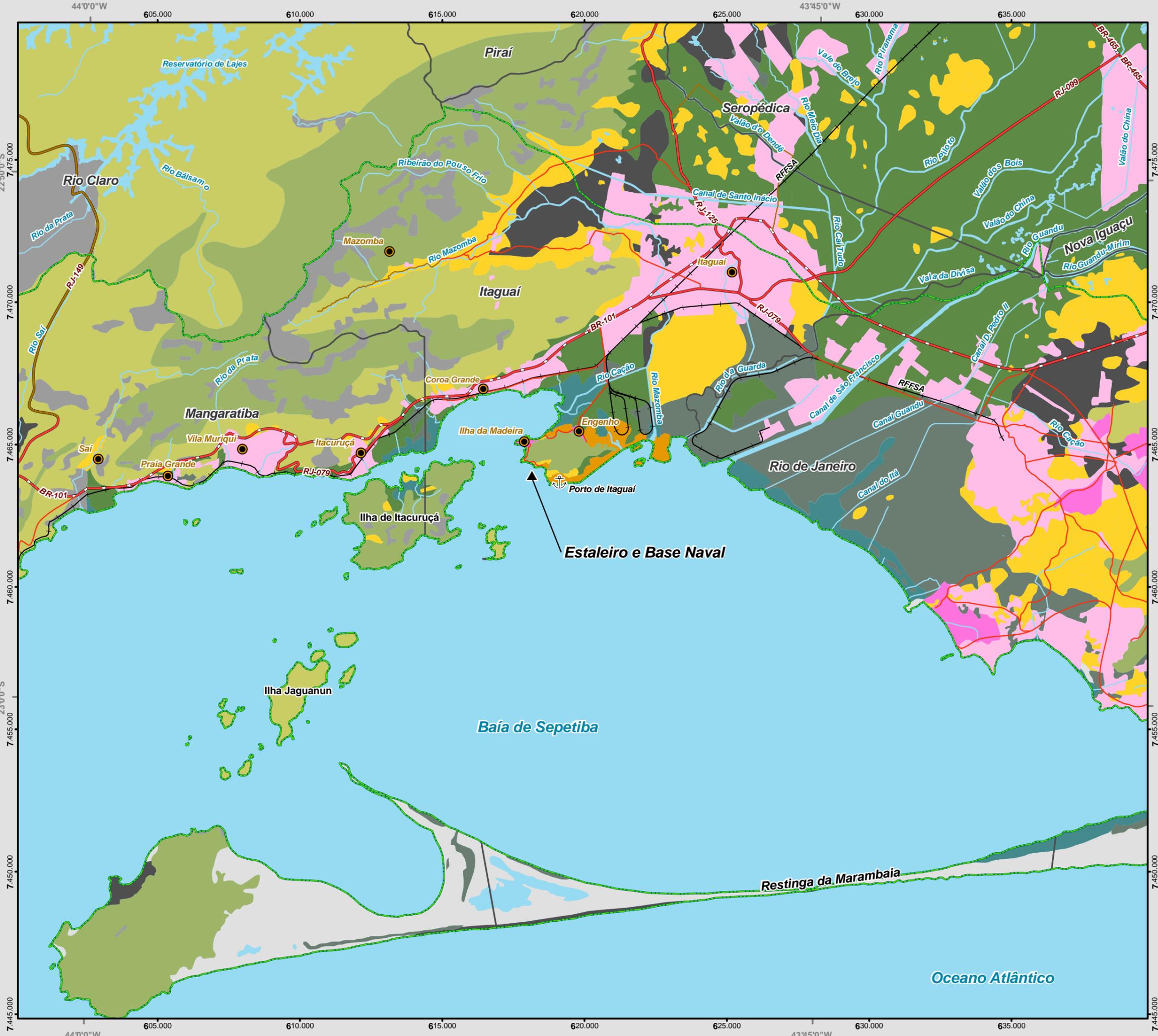
A descrição das unidades pedológicas da AID (Mapa 5.1-5) baseou-se no detalhamento a partir do esboço pedológico realizado pela Semads (1997), com base em trabalhos de campo e interpretação de imagens e fotografias aéreas. Além disto, outros mapeamentos já realizados, em escalas semelhantes para a região (Guerra, 1983; Embrapa/Semac, 2001) auxiliaram nas definições das unidades para a AID.

Há predominância de associações entre afloramentos rochosos, litossolos, cambissolos e latossolos nas encostas dos maciços; predominância de solos podzólicos nas colinas isoladas; predominância de solos gley e planossolos nas baixadas; ocorrências de areias quartzozas nas tênues faixas de praias existentes. Os afloramentos rochosos são visíveis nos maciços e no entorno na faixa costeira sudoeste; localizando-se os aterros nas áreas urbanas (que se espalham ao redor da ilha, concentrando-se nas faces noroeste e nordeste (imediações do Ingá), e nas industriais e portuárias, localizadas nos setores sudoeste, sul, sudeste e nordeste.

Atualmente há poucas ocorrências visíveis de processos erosivos mais acentuados, exceto alguns registros de cicatrizes pretéritas e processos erosivos de encosta em colinas isoladas desmatadas (Figura 5.1-82). Tal fato permite afirmar que, sob o ponto de vista pedológico, a AID apresenta estabilidade natural, desde que mantida a cobertura vegetal e garantida ou mantidas as condições que garantam a estabilidade estrutural, seja por fenômenos naturais ou artificiais.



**Figura 5.1-82 -Processos erosivos (principalmente laminares) em de corte da estrada.**



**Legenda**

- ▲ Estaleiro e Base Naval
- ⚓ Porto/Terminal
- Localidades
- ⊕ Limite Municipal
- Curso d'Água
- Massa d'Água
- ⊕ Área de Influência Indireta do Meio Físico

**Sistema Viário**

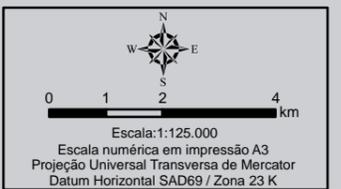
- Federal Pavimentada
- Estadual Pavimentada
- Estadual Leito Natural
- Municipal Pavimentada
- Municipal Leito Natural
- Ferrovia

**Áreas Urbanas**

- Área urbana - baixa densidade
- Área urbana - média densidade

**Classes de Solos**

- Unidade I - Predominância de areias quartzosas marinhas
- Unidade II - Predominância de solos gleis
- Unidade III - Solos glei salinos tiomórficos
- Unidade IV - Predominância de solos aluviais
- Unidade V - Predominância de planossolos e solos gleis
- Unidade VI - Predominância de solos podzólicos vermelhos
- Unidade VII - Predominância de cambissolos e latossolos
- Unidade VIII - Predominância de cambissolos
- Unidade IX - Predominância de cambissolos litólicos
- Solos de Aterro



**Identificação do Projeto**  
 EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear

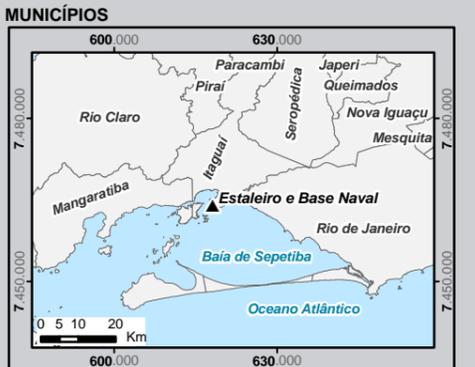
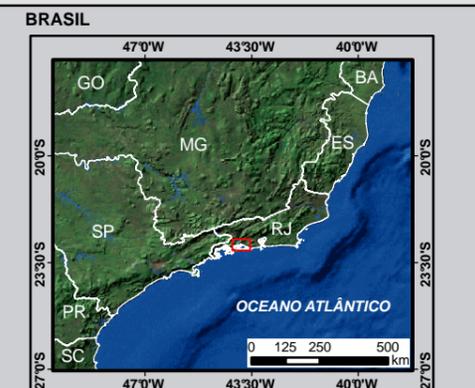
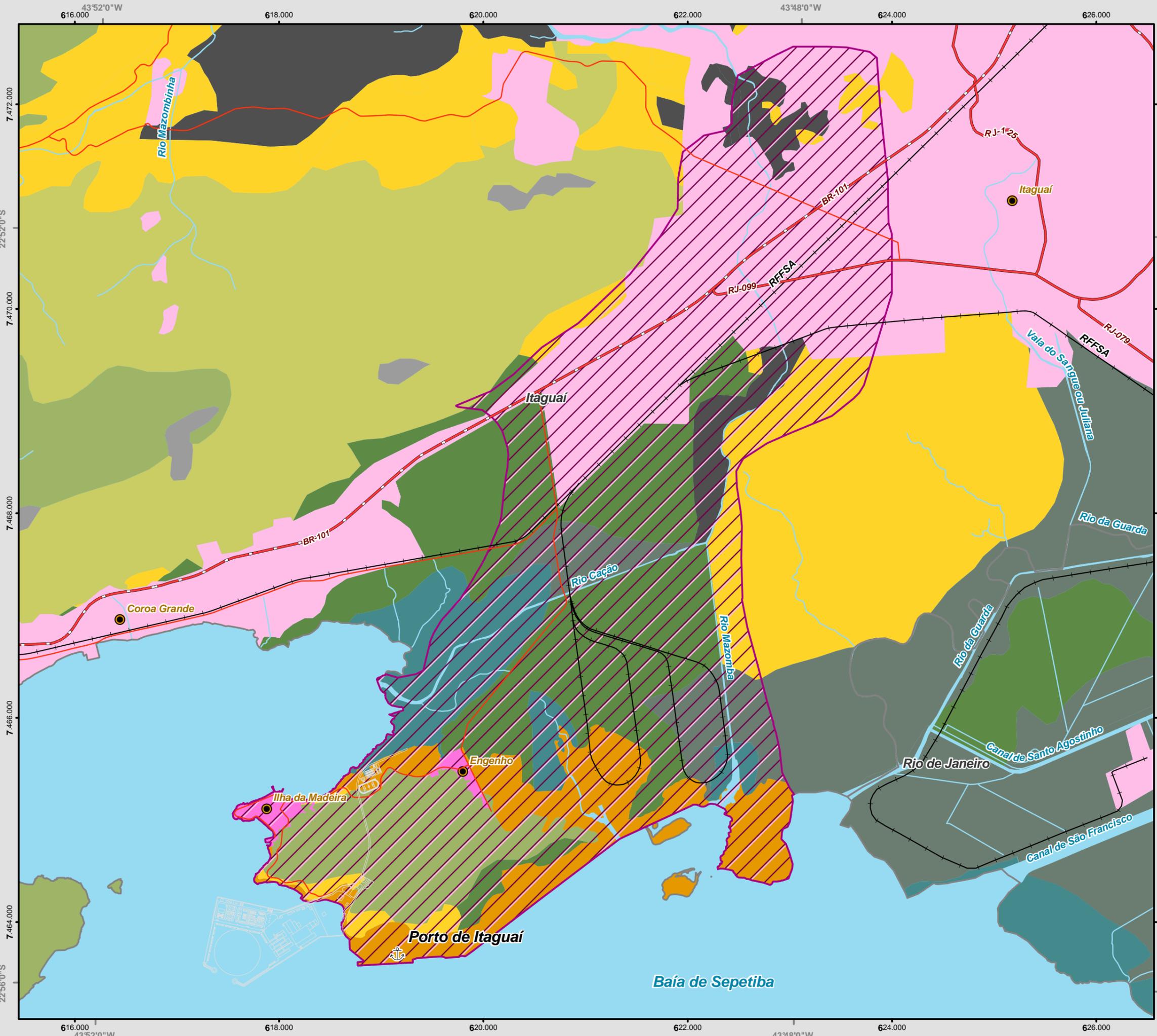
**Título do Mapa**  
 Mapa 5.1-4 - Pedologia Regional

**Empreendedor**  
 Marinha do Brasil

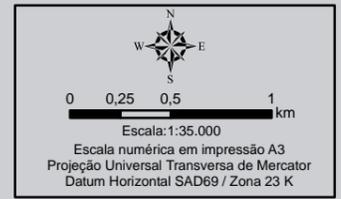
**Responsável Técnico**  
 MRS Estudos Ambientais

**Data:** Agosto/2009

**Fonte:**  
 Projeto Reconstrução Rio de Janeiro - 1:50.000 (CIDE, 1994); Mapa Municipal Estatístico - 1:50.000 (IBGE, 2007); Carta Internacional ao Milionésimo (IBGE, 2003); Macroplano da Bacia da Baía de Sepetiba, 1998



- Legenda**
- Projeto Conceitual
  - Porto
  - Localidades
  - Limite Municipal
  - Curso d'Água
  - Massa d'Água
  - Área de Influência Direta do Meio Físico - Terrestre
- Sistema Viário**
- Federal Pavimentada
  - Estadual Pavimentada
  - Municipal Pavimentada
  - Ferrovia
- Áreas Urbanas**
- Área urbana - baixa densidade
  - Área urbana - média densidade
- Classes de Solos**
- Unidade I - Predominância de areias quartzosas marinhas
  - Unidade II - Predominância de solos gleis
  - Unidade III - Solos glei salinos tiomórficos
  - Unidade IV - Predominância de solos aluviais
  - Unidade V - Predominância de planossolos e solos gleis
  - Unidade VI - Predominância de solos podzólicos vermelhos
  - Unidade VII - Predominância de cambissolos e latossolos
  - Unidade VIII - Predominância de cambissolos
  - Unidade IX - Predominância de cambissolos litólicos
  - Solos de Aterro



<b>Identificação do Projeto</b>	
EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear	
<b>Título do Mapa</b>	
Mapa 5.1-5 - Pedologia (AID do Meio Físico)	
<b>Empreendedor</b>	
Marinha do Brasil	
<b>Responsável Técnico</b>	<b>Data:</b> Agosto/2009
<b>Fonte:</b>	
Projeto Conceitual - Odebrecht Engenharia e Construção; Projeto Reconstrução Rio de Janeiro - 1:50.000 (CIDE, 1994); Mapa Municipal Estatístico - 1:50.000 (IBGE, 2007); Carta Internacional ao Milionésimo (IBGE, 2003); Macroplano da Baía da Baía de Sepetiba, 1998	

#### 5.1.3.8.1.1.1 Unidade 1 – Predominância de Areias Quartzozas Marinhas

Representa as praias existentes, alongadas e estreitas, sob forte pressão da urbanização local (construções e vias de acesso), estando em certos trechos mascaradas pela densa vegetação.

Esta unidade corresponde às áreas de restingas, de acordo com o Geroe (1995, *apud* Semads, 1997). Além da Restinga de Marambaia, essa unidade representa cerca de 0,04% da área da bacia de Sepetiba. Esses ambientes se caracterizam por faixas arenosas no litoral, em terrenos de baixa declividade, em um relevo plano a suave ondulado, e são formados na sua maior parte por sedimentos marinhos não consolidados, classificados como areias quartzosas marinhas. Estas constituem solos essencialmente quartzosos, podendo apresentar fragmentos de conchas, excessivamente drenados, geralmente profundos, de textura arenosa (menos de 15% de argila), com horizonte A pouco espesso ou ausente (comumente moderado), horizonte B inexistente ou muito pouco desenvolvido, configurando uma seqüência típica A, C1, C2, C3, etc., com horizonte C de grande espessura e com textura das classes areia ou areia franca (Radambrasil, 1983). São solos bastante permeáveis, apresentando problemas de retenção de água, possuem baixa capacidade de troca de cátions e poucos nutrientes. Eles não apresentam problemas para o desenvolvimento de vegetação específica. Apresentam grande suscetibilidade à erosão e problemas para a atividade mecanizada (atolamento), em virtude da fraca coerência do substrato arenoso. Pelas características apresentadas, estes solos devem ser mantidos com cobertura permanente, prestando-se mais à conservação de flora e fauna do que às atividades extrativas. Eventualmente podem ser aproveitadas com culturas de coco e caju, dependendo da sua localização em relação ao mar (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

Na Restinga da Marambaia encontram-se as areias quartzosas marinhas distróficas (pouco férteis, com baixo teor de nutrientes). Em algumas áreas estas areias ocorrem contíguas aos solos podzóis hidromórficos que são solos com horizonte B podzol, também muito profundos e que se desenvolvem sobre os sedimentos areno-quartzosos de origem marinha. Esses solos apresentam horizontes bem nítidos, em uma seqüência de horizontes A1, A2 seguidos de Bhir ou Bh ou Bir e C e sua textura é arenosa. O horizonte B apresenta uma espessura variável e se caracteriza por acumulação iluvial de matéria orgânica (h) e/ou sesquióxidos livres, especialmente ferro (ir). Esses podem funcionar como agentes cimentantes, conferindo dureza de graus diversos a este horizonte, além de uma coloração específica amarronzada ou café. Desenvolvem-se em áreas mal drenadas, com excesso de água permanente ou temporária. São solos ácidos, de baixa fertilidade natural, e apresentam uma

dominância da vegetação natural em suas áreas (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997). Pela sua textura arenosa, especialmente no horizonte A, apresenta suscetibilidade à erosão moderada.

#### 5.1.3.8.1.1.2 Unidade 2 – Predominância de Solos Gley

Essa unidade encontra-se em correspondência às áreas de alagadiços e representam cerca de 3,3% da área total da bacia. São terrenos baixos, mal drenados, com nível de lençol freático muito raso, aflorante por longos períodos ou permanentemente. Ocorrem em torno de lagoas e depressões na baixada litorânea, em relevo praticamente plano. Seus sedimentos são provenientes dos ambientes fluviolagunar e marinho e possuem espessura inferior a três metros (Geroe, 1995, *apud* Semads, 1997). Pouco representativa na AID, está sob as atividades da CSN, atualmente destinada ao depósito do minério de ferro, estando assim, bem descaracterizada, apresentando ao longo da estrada apenas testemunho do solo subjacente.

Os solos que correspondem a essas áreas alagadas são predominantemente hidromórficos do tipo gley, que se caracterizam pela presença de um horizonte subsuperficial (g), de coloração cinzenta e/ ou mosqueada, evidenciando a sua formação por reações de oxirredução. Apresentam seqüência de horizontes A e Cg ou A (B)g e Cg. A grande presença de matéria orgânica no horizonte A evidencia, junto com o horizonte gley, a má drenagem do terreno e a condição de hidromorfogenia. Os solos gley são, em geral, pouco profundos, com o horizonte superficial espesso pelo acúmulo de matéria orgânica, de coloração escura (preta ou cinza escura) e os horizontes subsuperficiais (g) de cores cinzentas e neutras, de textura argilosa ou muito argilosa e estrutura maciça. Ocorrem comumente nas várzeas dos rios. Os sedimentos constituintes desses solos em geral são de origem fluviolagunar.

Podem ser identificadas três classes de solos gley: gley húmico, gley pouco húmico e os gley tiomórficos. Os solos gley húmico e gley pouco húmico diferenciam-se basicamente pelo teor de matéria orgânica no horizonte A, que é maior no primeiro do que no segundo. Já os solos gley tiomórficos diferenciam-se por ocorrência de enxofre, formando ácidos sulfídrico e sulfúrico.

Na baixada de Sepetiba, ocorrem os vários tipos de solos gley, predominando os gleys húmicos de argila de atividade alta, álicos, em altitudes que variam de dez a 20 metros, sob campos de várzeas, e os gleys salinos tiomórficos próximos à orla marítima, na desembocadura dos rios e canais, onde os sedimentos argilosos e argilo-siltosos com adição de detritos orgânicos sofrem a influência das marés, favorecendo

a mistura de sais e a ocorrência de compostos de enxofre (Embrapa, 1983 *apud* Semads, 1997).

Por ocuparem terrenos em relevo plano, os solos gley praticamente não são suscetíveis à erosão. Quanto à sua utilização para agricultura, apresentam limitações referentes ao excesso de água, já que o lençol freático encontra-se normalmente alto.

Com medidas de drenagem adequada, os gley húmicos e pouco húmicos podem se prestar para a agricultura, principalmente com culturas de arroz e hortícolas. Os solos álicos e distróficos necessitam de correção da acidez e de adubação para sua perfeita utilização, além de drenagem. Já os que apresentam caráter sódico não despertam interesse para a agricultura, sendo mais indicados para pastagens (RadamBrasil, 1983, *apud* Semads, 1997)

Os solos gley tiomórficos não se prestam para uso agrícola, visto que uma vez drenados, tornam-se extremamente ácidos (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

#### *5.1.3.8.1.1.3 Unidade 3 – Predominância de Solos Gley Salinos Tiomórficos*

Esta unidade está mapeada em correlação com as áreas de manguezais, que possuem ainda uma ocorrência significativa no entorno da baía de Sepetiba (de Guaratiba a Itacuruçá), ocupando cerca de 0,8% da bacia. São terrenos baixos e planos, diretamente sujeitos às inundações diárias de marés, em faixas contíguas ao mar ou eventualmente ao longo de rios e canais.

Representa duas grandes manchas nitidamente marcadas pela vegetação típica do mangue: ao longo da foz do rio Cação e entre a área de rejeitos do Ingá e a via de acesso ao Porto; estão divididas pela estrada que une a Ilha da Madeira a Rio-Santos. A presença do Manguezal (em sua maior parte) infere a manutenção das características físico-químicas, uma vez que permite a sustentação desta vegetação, típica destes solos (Figura 5.1-83). Por serem solos naturalmente expostos às oscilações marinhas e fluviais, não são susceptíveis à erosão.

Como ambiente de transição entre o continente e o mar, os manguezais recebem grande carga de sedimentos provenientes de transporte fluvial. Constituem-se de material que variam de textura arenosa a muito argilosa e grande produção de matéria orgânica, com restos de conchas e vegetal, com intercalação de areias finas, formando vastas lamas. A coloração típica desses sedimentos é a acinzentada, evidenciando as condições redutoras desse ambiente. A sua vegetação típica, o mangue propriamente dito, possui um fundamental papel na deposição e fixação desses sedimentos.

Pelas características desse ambiente, a vegetação assenta-se sobre solos compatíveis com os solos do tipo gley salinos tiomórficos e a associação complexa de solos gley salinos e solos gley salino tiomórficos ambos indiscriminados. Também podem ser encontrados associados aos solos orgânicos salinos tiomórficos. Os gley salinos tiomórficos apresentam seqüência típica de horizontes do tipo A sobre C, com cores escuras no horizonte A e cinzento-esverdeada escura no horizonte C. Possuem alta condutividade elétrica, altos teores de sais solúveis e de enxofre. São solos extremamente ácidos, e quando drenados artificialmente, apresentam torrões de enxofre secos próximos às escavações, por isso não se prestam ao uso agrícola (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997).



**Figura 5.1-83 - Vegetação de manguezal sobre solos Gley Salinos Tiomórficos (UNIDADE 3).**

#### 5.1.3.8.1.1.4 Unidade 4 – Predominância de Solos Aluviais

Esta unidade encontra-se associada às áreas de aluviões, de acordo com o Geroe (1995, *apud* Semads, 1997), cobrindo cerca de 4,2% da bacia. Os aluviões ocorrem em terrenos próximos a rios e lagos, formados geralmente entre as planícies fluviolagunares costeiras e morros e serras de embasamento cristalino, em altitudes inferiores a dez metros e em terraços de até 30 metros, em um relevo plano, podendo-se encontrar isoladamente morrotes e colinas residuais. São constituídos por materiais associados a ambientes fluviais, erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água e depositados nos seus leitos e margens (Vaz, 1996, *apud* Semads, 1997).

São depósitos de idade recente, geralmente de grande extensão e espessura, com grande presença de matéria orgânica.

Nas áreas de menor declividade (média inferior a 5%) predominam sedimentos com textura argilosa e argilo-arenosa (aluviões argilosos) e nas partes com declividades inferiores a 10%, sedimentos com textura arenosa a areno-argilosa (aluviões arenosos) (Geroe, 1995, *apud* Semads, 1997). Com nível do lençol d'água raso, portanto sob condições gerais de má drenagem, os terrenos de aluviões constituem-se em sua maior parte de solos hidromórficos. Na bacia da baía de Sepetiba ocorrem além dos solos gley já descritos anteriormente, os solos orgânicos, os solos aluviais e os planossolos.

Esta unidade está relacionada preferencialmente aos solos aluviais e orgânicos. Já os planossolos e gleys foram individualizados na unidade cinco, por sua predominância sobre os outros tipos de solos que ocorrem nestas áreas, apresentando uma mancha específica bem expressiva, que se estende até as áreas mais interiores da baixada.

Os solos orgânicos são solos hidromórficos, pouco evoluídos por não apresentarem horizonte B ou com B pouco desenvolvido. Sua composição orgânica, em graus de decomposição variável, provém da acumulação de restos vegetais em ambiente palustre. São solos muito ácidos, com teores elevados de carbono e de hidrogênio (H<sup>+</sup>), de coloração escura (preta), textura orgânica e com estrutura ausente ou fraca angular. Estão situados principalmente em áreas de bacias, onde a matéria orgânica se acumula sobre sedimentos fluviolacustres. Em áreas de permanente influência das marés, os altos teores de sais solúveis e compostos de enxofre, caracterizam os solos orgânicos salinos tiomórficos. Com drenagem artificial, os solos orgânicos podem ser utilizados para culturas como o arroz e hortícolas (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

Os solos aluviais compreendem solos pouco desenvolvidos, de seqüência de horizontes A e C, com um horizonte A diferenciado sobre um C de camadas estratificadas, não consolidadas e em geral gleyzadas. Em alguns casos podem aparecer um horizonte B incipiente e pouco espesso. Ocorrem nas várzeas dos rios, em relevo plano, e podem variar em relação à textura, coloração, consistência e estrutura de acordo com a natureza dos sedimentos depositados (Radambrasil, 1983, *apud* Semads, 1997). Também variam quanto à saturação de bases, atividade da argila, tipo de horizonte A e tipo de vegetação. A sua profundidade depende da altura do lençol freático, mas esse fator não limita o desenvolvimento de raízes, apesar do risco de inundações.

São solos com boas condições para utilização agrícola, apresentando limitações somente relacionadas com a fertilidade. Podem aparecer associados aos cambissolos

eutróficos e distróficos, de argila de atividade baixa, compostos de sedimentos provenientes de rios e materiais carregados das partes mais elevadas e depositados nas partes mais baixas. São solos pouco desenvolvidos e apresentam um horizonte AP sobre um horizonte B incipiente, seguido de camadas estratificadas gleyzadas. Na área de estudo, ressalta-se a ocorrência desse solo nas bacias dos rios Mazomba e Santana. Dada a característica do relevo, basicamente plano, esses solos apresentam suscetibilidade à erosão praticamente nula.

#### *5.1.3.8.1.1.5 Unidade 5 - Predominância de Plantossolos e Solos Gley*

Esta unidade refere-se também aos ambientes deposicionais de baixada, correspondendo em grande parte dos aluviões argilosos, em relevo plano e suave ondulado, tendo sido diferenciada pela grande expressividade de gleys nas áreas mais inundáveis e planossolos até as áreas mais interiores da baixada. Corresponde a 12,8% da área da bacia.

Esta unidade, também bem descaracterizada, era evidente, em mapeamentos pretéritos, na área que hoje está ocupada pelos pátios de estocagem da CSN, apesar de apresentar, entre estes depósitos, longo trecho ainda visível desta unidade. As condições naturais destes solos enquadram-se como áreas de baixa susceptibilidade erosiva.

Os planossolos são solos com horizonte B textural, ou seja, uma mudança textural abrupta entre os horizontes A (menos argila) e B (mais argila) e características de hidromorfismo, como cores cinzentas e mosqueadas nos horizontes subsuperficiais.

Em geral, apresentam uma seqüência do tipo A1, A2, B2tg, B3tg e Cg. O acúmulo de argila no horizonte B diminui sensivelmente a permeabilidade desses solos. Elas podem ser de atividade alta (Ta) ou baixa (Tb). Esses solos variam ainda devido à textura, estrutura e consistência no horizonte B. Este solo sofre um excesso de umidade no período de chuvas e um grande ressecamento nos períodos secos. Devido ao regime hídrico, apresenta problemas para o desenvolvimento radicular e às vezes, perigo de acúmulo de sais, dificultando um pouco a sua utilização para a agricultura. Ocorrem em relevo praticamente plano e a sua suscetibilidade à erosão é praticamente nula.

#### *5.1.3.8.1.1.6 Unidade 6 – Predominância de Podzólicos*

Corresponde às áreas de relevo suave ondulado, degradado, residual, de rochas cristalinas, junto ao sopé das serras, de forma isolada por entre a planície sedimentar ou em áreas de relevo bastante arrasado, representado por colinas e morrotes, com litologia composta por gnaisse, migmatito e eventualmente granito. Esta unidade

também está correlacionada com os depósitos de colúvios e tálus e ao todo representa 16,7% da área da bacia.

Estas manchas estão representadas por colinas isoladas, já bastante degradadas, ao longo das vias de acesso que contornam a Ilha da Madeira. Devido aos cortes de estradas localizados nestas colinas, apresentam sinais de processos erosivos originados destas ações antrópicas. A Semads (1997) identifica esta unidade ao redor do maciço central da Ilha da Madeira, contudo a intensa urbanização dificulta a confirmação deste mapeamento, tendo sido substituído em grande parte pela unidade denominada áreas antropizadas.

Os colúvios e os tálus são depósitos de materiais detríticos, localizados geralmente na base e na meia encosta dos morros, montanhas e serras formando rampas. São materiais que sofreram transporte por gravidade, por movimentos de massa do tipo rastejo (lentos) ou escorregamentos (rápidos). Existem ainda, outros processos de formação de colúvios, como o recuo de encostas. Envolvem material de granulometria variada, envolvendo argila até cascalhos (colúvio) e desde argila até blocos e fragmentos de rocha (tálus). Na baixada de Sepetiba, os solos correlacionados a essas topografias são predominantemente os podzólicos vermelho-amarelo.

Os solos podzólicos vermelho-amarelo são solos minerais, bem a moderadamente drenados, em geral profundos, com seqüência de horizontes A, Bt e C, sendo a principal característica a presença do horizonte B textural. O horizonte A é um horizonte mineral com matéria orgânica, moderadamente desenvolvido, de colorações muito escuras, podendo ocorrer ou não horizonte A2 de coloração mais clara. A textura varia de franco arenoso a franco argilo-arenoso, podendo ocorrer cascalhos, predominando estrutura do tipo granular. Possuem poros pequenos a grandes, médios e grandes; consistência ligeiramente dura (seco), muito friável a friável (úmido) e plástico e pegajoso (molhado). O horizonte B textural (Bt), é iluvial, com acúmulo de material lavado da parte superior, de textura argilosa ou muito argilosa. Possui uma coloração vermelho-amarelada, com teores de ferro significativos, podendo ocorrer em alguns perfis mosqueados provenientes do material de origem. Apresentam estrutura do tipo em blocos subangulares e/ou angulares de pequena a média, fortemente desenvolvidas, cerosidade abundante, porosidade comum, consistência dura a muito dura (seco), friável (úmido) e plástica e pegajosa (molhado). O horizonte C apresenta menos argila do que o Bt, maior relação silte/argila dentro do perfil, e a coloração mais freqüente é a variegada. (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997).

Esses solos normalmente apresentam argilas de atividade baixa, o que lhe confere pouca capacidade de retenção de bases, sendo desfavorável para a utilização agrícola em face da necessidade de um maior número de adubações. Se o solo é álico ou

distrófico, necessita de maiores quantidades de insumos para adubação no caso de argilas de atividade alta. As argilas expansivas em que a atividade seja muito alta, também são desfavoráveis para o uso agrícola além de reunir situações desfavoráveis ao uso da engenharia em virtude da forte expansão e contração que gera fendilhamentos no solo.

As condições físicas desse tipo de solo dependem da profundidade, das condições de drenagem e de outras características modificadoras, além da atividade da argila. Essas condições físicas apresentadas pelo solo influirão na sua capacidade de desenvolvimento radicular (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

Em geral, a descontinuidade textural abrupta entre os horizontes A e B, os tornam solos susceptíveis à erosão. A existência de argila dispersível em água e o tipo de estrutura, entre outros fatores, contribuem também para aumentar esta suscetibilidade. Dentro dos graus de limitação do uso do solo, a suscetibilidade desses solos à erosão vai de moderada a muito forte, dependendo da declividade e da classe de textura do horizonte B. No caso do relevo suave ondulado, a suscetibilidade dos podzólicos vermelho-amarelo enquadra-se no grau moderado. Quando não adotadas práticas conservacionistas, poderão ocorrer dificuldades para a exploração agrícola, além da perda rápida desses solos (Mendes, 1982, *apud* Semads, 1997).

Nas colinas e morrotes ocorrem os tipos podzólicos vermelho-amarelo distróficos associados ao álico latossólico; distrófico associado ao eutrófico e, os distróficos planos-sólicos. Todos de argila de atividade baixa. A característica distrófica dos solos refere-se à saturação de bases baixa que reflete o baixo nível de nutrientes no solo e, portanto, sua pouca fertilidade natural. O caráter álico significa que além de distrófico, o solo possui um alto teor de alumínio trocável (Al +++ ) no horizonte B, num nível tóxico para as plantas. O caráter eutrófico significa uma alta saturação de bases, grande reserva de nutrientes e, portanto, maior fertilidade.

Os colúvios e os tálus, como são depósitos de materiais transportados e retrabalhados de encostas da mesma região, podem apresentar solos variados relacionados às feições de morrotes, morros e montanhas. Nessa unidade, porém, eles aparecem predominantemente associados aos solos podzólicos vermelho-amarelo, contudo podem ocorrer outras classes como latossolos vermelho-amarelo, brunizem avermelhado e cambissolos.

#### 5.1.3.8.1.1.7 Unidades 7, 8 e 9 – Predominância de Cambissolos e suas Associações

São representadas pelas Unidades sete (Predominância de Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos), oito (Predominância de Cambissolos) e nove (Predominância de

Cambissolo Litólico) que claramente ocorrem na área, mas que não foram mapeadas em função do caráter secundário da metodologia empregada.

Além das unidades dos solos gley (Unidades dois e três), as unidades com predominância de cambissolos (sete, oito e nove) dominam a paisagem da ADA; tendo como característica a presença de manchas de cambissolos associados ou não a latossolos vermelho-amarelos em altitudes mais elevadas, sobre rochas aflorantes ou não (Figura 5.1-84A e B). Nestas unidades, além desta associação ocorrem manchas de podzólicos vermelho-amarelos próximos à costa; e litossolos (Figura 5.1-84C), cambissolos litólicos e afloramentos de rocha, estes mais visíveis nas declividades mais acentuadas (em geral superiores a 45°.) e sem vegetação densa (Figura 5.1-84D e E).



**Figura 5.1-84 - Cambissolos em áreas de altas altitudes na Estrada José Miranda Oliveira (A); Cambissolo sobre saprolito (B); Litossolos com cobertura vegetal não original (C); Afloramentos rochosos sem e com cobertura vegetal (respectivamente D e E).**

Estas unidades possuem características semelhantes e de difícil delimitação sem trabalho de campo e laboratorial mais intenso. Contudo caracterizam-se principalmente por apresentarem: rocha aflorante, solos médio a rasos, declividades médias a altas, que associadas às condições ambientais locais permitem enquadrar a área como altamente susceptível à erosão. Contudo, pelas características físico-químicas dos solos, há uma resistência maior a este processo. Assim, não foram encontrados registros de processos erosivos recentes visíveis, mesmo naquelas áreas sem vegetação densa (Figura 5.1-85), exceto o registro pretérito de cicatrizes de deslizamentos já cobertos pela vegetação.



**Figura 5.1-85 - Vista geral das Unidades de predominância de Cambissolos e suas associações, verifica-se a ausência de visível de processos erosivos atuais.**

Ações antrópicas, principalmente nos cortes ao longo do Porto de Itaguaí, provavelmente desencadearam processos erosivos localizados, mas que atualmente já apresentam vegetação (Figura 5.1-86) infere uma retomada da estabilidade.



**Figura 5.1-86 - Antiga área de empréstimo, com vestígio de cicatrizes pretéritas, já em fase de colonização pela vegetação.**

#### 5.1.3.8.1.1.7.1 Unidade 7 – Predominância de Cambissolos e Latossolos

Esta unidade está correlacionada ao relevo formado por morros e morros isolados, com altitude predominante entre 200 e 300 metros, integrando a faixa de relevo ondulado a forte ondulado, com substratos formados por gnaisses, migmatitos e xistos. Os solos que se desenvolvem sobre esses substratos e nessa faixa de relevo, são predominantemente das classes cambissolos, podzólico vermelho-amarelo, latossolo vermelho-amarelo, geralmente associados a outras classes características de altas declividades, como os solos litólicos e os afloramentos rochosos. De um modo geral, nos morros até a cota 400 metros encontram-se os podzólicos vermelho-amarelo. Acima dessa cota encontram-se os latossolos e cambissolos. Nesta unidade, que compreende 24,6% da bacia, ocorrem predominantemente os cambissolos e os latossolos. Como segunda grande ocorrência aparece os podzólicos vermelho-amarelos.

Os cambissolos referem-se a uma classe de solos minerais com horizonte B câmbico ou incipiente, caracterizado por minerais de fácil intemperização como feldspatos e micas. Possuem algumas semelhanças morfológicas com os latossolos mas, são menos profundos e menos evoluídos, a atividade da argila é mais alta, os teores de silte mais elevados assim como os calhaus e cascalhos (óxidos de alumínio e fragmentos de rocha) e maior saturação de Al+++ no horizonte B2 (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997).

A pouca profundidade relativa não constitui limitação para o desenvolvimento radicular, porém a sua ocorrência em relevos muito íngremes os torna muito susceptíveis à erosão. De um modo geral, esses solos não são utilizados agricolamente, apresentando como fatores limitantes ora o relevo acentuado ora o excesso de alumínio. Como o uso mais adequado recomenda-se pecuária extensiva e reflorestamento ou ainda como áreas de preservação de ambientes ecológicos (Radambrasil, 1983, *apud* Semads, 1997).

A classe dos latossolos vermelho-amarelos compreende solos minerais, não hidromórficos, com seqüência de horizontes A, B, C, apresentando estágio avançado de intemperismo, sendo normalmente muito profundos ou profundos. O horizonte B é latossólico, o que significa um horizonte subsuperficial com pouca quantidade de minerais primários de fácil intemperização, com concentração de argila, tipo 1:1 (caulinita) e sesquióxidos livres e conseqüentemente baixa capacidade de troca de cátions (valor T). São solos de textura muito argilosa e argilosa, sendo que o contraste textural não é muito nítido. O limite do B latossólico com o horizonte A suprajacente, escurecido pela matéria orgânica, é normalmente claro ou gradual. Com o horizonte C subjacente, é normalmente difuso (Radambrasil, 1983, Embrapa, 1983). Em relação à estrutura, o contraste é mais nítido, sendo do tipo granular no horizonte A e nos horizontes B e C de aspecto maciça pouco coesa in situ. São solos friáveis, fofos, muito porosos, bem drenados e com boa aeração. O tipo de horizonte A predominante é o moderado, ocorrendo também o húmico e o proeminente. O horizonte B apresenta cores que variam de bruno-forte, vermelho-amarelada e vermelha.

De um modo geral, ocorrem em área de relevo forte ondulado e montanhoso, ocasionalmente em relevo ondulado e até suave. Sendo muito porosos, propiciam maior resistência à erosão. Apesar do relevo movimentado, esses solos são bastante utilizados para pastagens, culturas de café e milho, pois não apresentam problemas físicos para o desenvolvimento radicular, embora sejam de baixa fertilidade natural (Radambrasil, 1983, *apud* Semads, 1997).

No município do Rio de Janeiro, os podzólicos vermelho-amarelo, de argila de atividade baixa (Tb) álicos, normalmente com horizonte A moderado e textura média/argilosa são encontrados em associação com os podzólicos vermelho-amarelo Tb eutróficos e solos litólicos indiscriminados, podendo também ser associados a afloramentos de rocha (no relevo forte ondulado), em geral em substrato de rochas gnáissicas.

Os solos podzólicos vermelho-amarelo eutróficos com horizonte A moderado e textura média/argilosa, ocasionalmente rasos (podzólicos com menor profundidade) podem ser encontrados em associação com os podzólicos vermelho-amarelo eutróficos com

A chernozêmico, e também com solos litólicos indiscriminados e afloramentos de rocha. Quando rasos, podem ocasionar limitações para o uso agrícola ou pela dificuldade de armazenamento de água ou pela pouca espessura para o desenvolvimento de raízes (dependendo de seu substrato fraturado ou não). Ocorre ainda o eutrófico com horizonte A chernozêmico, textura argilosa/muito argilosa associada à brunizem avermelhado e, em menor proporção, os podzólicos vermelho-amarelo distróficos associados ao podzólicos vermelho-amarelo eutróficos.

#### 5.1.3.8.1.1.7.2 Unidade 8 – Predominância de Cambissolos

Esta unidade está correlacionada ao relevo formado por morros e morros isolados, com declividades predominantes entre 200 e 300, integrando a faixa de relevo ondulado a forte ondulado, diferindo da unidade seteelo substrato de rochas graníticas e alcalinas. Nesta unidade predominam os cambissolos, com grande expressão a associação de latossolos e cambissolos relacionadas às rochas alcalinas, ocorrências de podzólicos vermelho-amarelo e solos litólicos, e isoladamente o brunizem avermelhado (maciços do Mendanha e da Pedra Branca). Essa unidade perfaz 16,4% da área da bacia.

Os latossolos vermelho-amarelos pouco profundos aparecem associados com os cambissolos latossólicos, ambos álicos e textura muito argilosa, sobre rochas alcalinas, nas áreas de relevo mais forte, em altitudes superiores a 400 metros, como nos Maciços do Mendanha e da Pedra Branca.

Diferentemente dos solos podzólicos vermelho-amarelo, os solos litólicos que se encontram associados a eles, compreendem solos pouco desenvolvidos, pouco profundos (de 20 a 40 cm já apresentam rochas consolidadas pouco intemperizadas), com seqüência que varia de horizonte A sobre camada de rocha até a presença de horizonte B pouco espesso. Quando o substrato não é consolidado, pode ser composto por cascalhos, calhaus e matações quase sem decomposição e em maior quantidade do que a de terra, apresentando profundidade suficiente para permitir o desenvolvimento radicular. Quando são eutróficos (férteis) podem ser utilizados para alguns tipos de culturas, principalmente fruticultura (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

Os afloramentos de rocha que aparecem em associação nos relevos fortemente ondulados, referem-se à exposição de rochas nuas ou com reduzidas porções de materiais detríticos grosseiros, largas porções de fragmentos provenientes da desagregação das rochas locais com algum material terroso (Radambrasil, 1983, *apud* Semads, 1997).

O brunizem avermelhado é uma classe de solos que ocorre predominantemente em relevo forte ondulado, ocupando as encostas com declive de até 70% (em altitude superior a 240 metros no morro do Quitungo e rio da Prata), e suas características são a alta atividade da argila (Ta), pouco profundos, com espessura entre o horizonte A e o B entre um metro e 1,5 metro, com horizonte A chernozêmico e horizonte B iluvial de acumulação de argila (Bt). A transição do A para o Bt é gradual e do B para o C, o percentual de argila decresce acentuadamente. São solos bem estruturados, do tipo granular (estrutura forte) no horizonte A e do tipo blocos angulares e subangulares com cerosidade forte abundante no Bt. Possui altos valores de base trocável ao longo do perfil. Tem origem na decomposição de granodioritos e gnaisses da série inferior, com intrusões de rochas básicas e intermediárias do pré-cambriano. O horizonte A possui cores que variam do bruno - escuro a bruno - acinzentado muito escuro, (Embrapa, 1980, *apud* Semads, 1997). São solos naturalmente férteis e com boas condições físicas, não limitando o desenvolvimento radicular, porém pelas altas declividades, apresenta uma forte suscetibilidade à erosão. Podem ainda apresentar problemas ligados à falta d'água (Embrapa, 1983, *apud* Semads, 1997).

#### 5.1.3.8.1.1.7.3 Unidade 9 – Predominância de Cambissolos Litólicos

Esta unidade representa o relevo fortemente ondulado e montanhoso, composto por serras e montanhas, com encostas de altas declividades, predominantemente acima de 300 metros. A litologia é composta de xistos, gnaisses e migmatitos e rochas graníticas e alcalinas. Relacionadas a essa morfologia, predominam os cambissolos e solos litólicos e afloramentos de rocha. Como ocorrências associadas aos cambissolos e solos litólicos, as classes latossolo vermelho-amarelo, podzólico vermelho-amarelo e brunizem avermelhado. Estas classes já foram descritas na unidade morros e a diferenciação nessa unidade dá-se principalmente pelo aumento das declividades e altitudes. Pelas características da maior amplitude de relevo, predominam os solos poucos profundos, litólicos e afloramentos rochosos.

#### 5.1.3.8.2 Áreas Antropizadas

Nestas áreas encontram-se a maioria dos aterros ou locais cujo uso do solo descaracterizou as manchas pedológicas:

a) URBANA – ocuparam principalmente as áreas de planossolos e gley, no caso da Vila e entrada principal do Ingá; areias quartzozas e associação de podzólicos, cambissolos, litossolos e afloramento rochoso, em toda região costeira sudoeste da

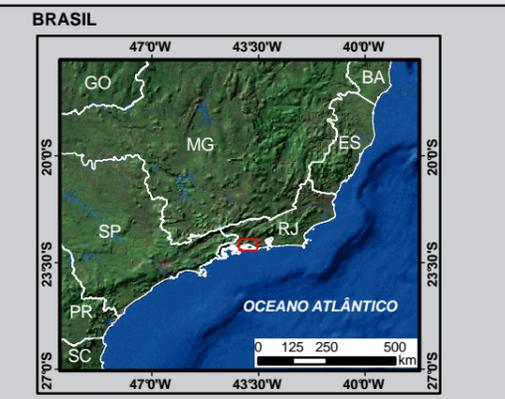
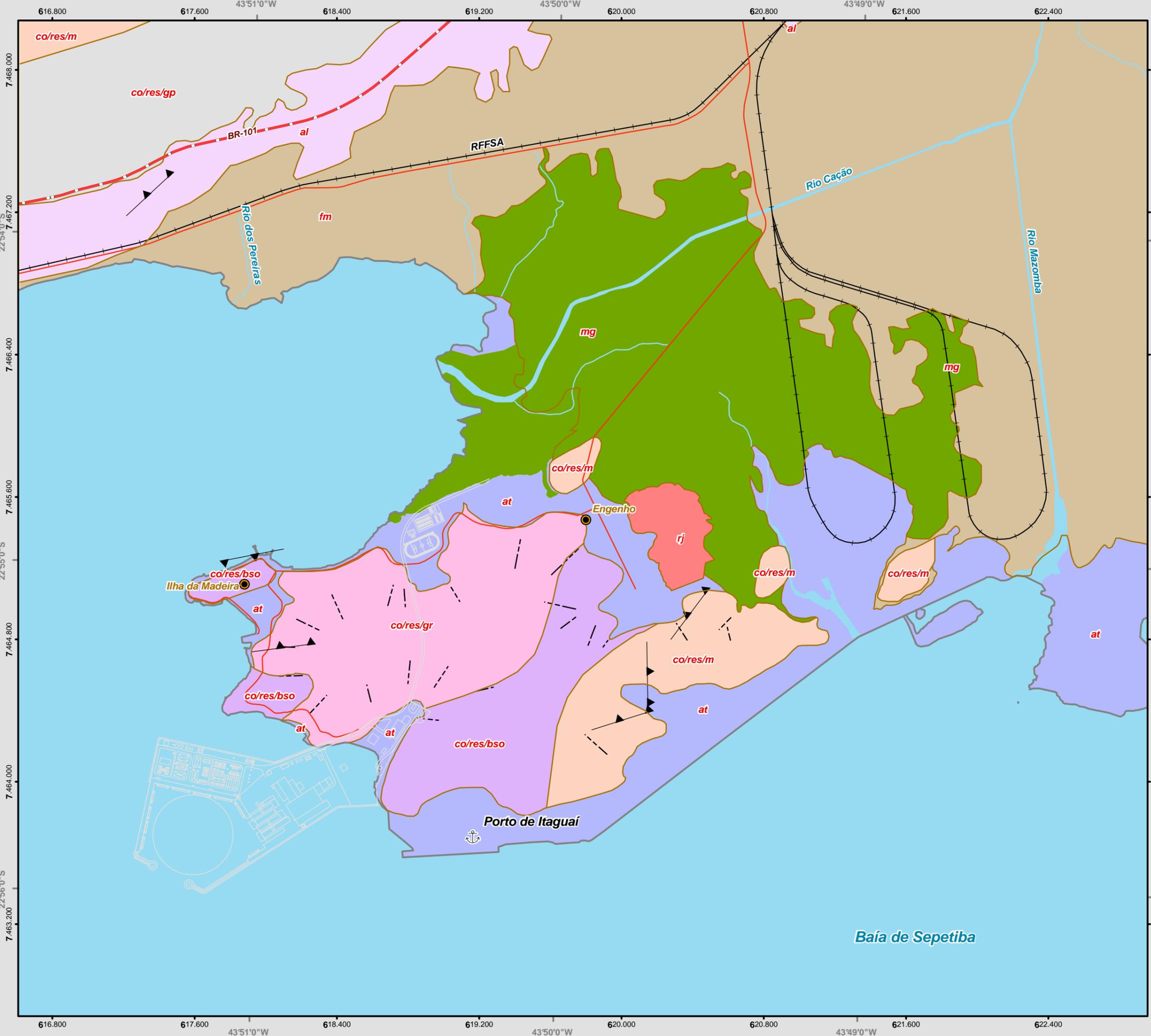
Ilha da Madeira, prolongando-se sob a forma de ocupação dispersa ao longo da Estrada José Miranda Oliveira.

b) INDUSTRIALIZADA E PORTUÁRIA – localizam-se sob antigas manchas de solos, principalmente planossolos e gley (Ingá); gley (CSN) e associação de solos podzólicos, câmbicos e alforamentos rochosos, além das areias quartzozas (Porto de Itaguaí - antiga e atual), tendo sido em grande parte aterradas.

#### 5.1.3.8.3 Características Geológico-Geotécnicas da Ilha da Madeira

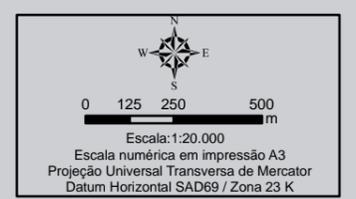
Os estudos geológico-geotécnicos indicaram as seguintes unidades de mapeamento na Ilha da Madeira (Mapa 5.1-6):

- Rejeito (Rj): rejeito da Mineração Ingá Mercantil, atual massa falida, permanecendo o passivo ambiental;
- Aterro (At): relevo de baixa declividade, constituídos por materiais argilo-arenosos, avermelhados, ligeiramente compactados, ocupando áreas de pouca elevação acima do mar, geralmente sobre aluviões e manguezais constituindo aterro sobre a baía de Sepetiba (área do Porto de Itaguaí);
- Mangue (Mg): áreas de baixa declividade, saturadas, nível d'água aflorante, constituído por sedimentos marinhos finos, argilosos, ricos em matéria orgânica e sujeito a variações de marés, geralmente espessos e de baixo suporte, difícil escavação devido a instabilidade das paredes dos taludes;
- Flúvio-marinha (Fm): terreno de baixa declividade ocupando elevações abaixo de cinco metros, constituído por sedimentos argilosos e arenosos, com presença de matéria orgânica. Nível d'água próximo à superfície, água salobra a salgada, baixo suporte e mal drenados;
- Tálus (TI): são acúmulos de matacões e blocos de rocha instáveis nas encostas rochosas. Ocorrem nas áreas de granitos, concentrando-se nas feições côncavas, provocadas pelas fraturas, escamações e esfoliação do maciço rochoso, expostos superficialmente na superfície dos terrenos, especialmente nas vertentes das calhas das drenagens, em relevo bastante acentuado, nos talwegues no fundo dos vales das drenagens.



**Legenda**

- Projeto Conceitual
- Porto
- Localidades
- Limite Municipal
- Curso d'Água
- Massa d'Água
- Sistema Viário**
  - Federal Pavimentada
  - Municipal Pavimentada
  - Ferrovia
- Geológico - Geotécnico**
  - at - Solos de aterro de morros próximos
  - rg - Rejeito
  - mg - Manguezais argilosos com matéria orgânica
  - fm - Sedimentos fluviomarinhos argilosos
  - al - Solos aluvionares areno-argilosos
  - co/res/gr - Solos coluvionares argilo-arenosos de Granito
  - co/res/bsc - Solos coluvionares argilo-arenosos do Batólito da Serra dos Órgãos
  - co/res/m - Solos coluvionares argilo-arenosos de Migmatito
  - co/res/gp - Solos coluvionares argilo-arenosos de Gnaiss
- Direção e Mergulho
- Fraturamentos



**Identificação do Projeto**  
EIA do Estaleiro e Base Naval para Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear

**Título do Mapa**  
Mapa 5.1-6 - Geológico-Geotécnico (Ilha da Madeira)

**Empreendedor**  
Marinha do Brasil

**Responsável Técnico**  
MRS Estudos Ambientais

**Data:** Agosto/2009

**Fonte:**  
Projeto Conceitual - Odebrecht Engenharia e Construção;  
Diretoria de Serviços Geográficos - DSG (1970) - Folha SF 23-Z-A-VI-3; Carta Geológica de Itaguaí (RJ) - Departamento de Recursos Minerais - DRM (1982)

- Solos aluvionares (Al):
  - Relevo: solos com baixa declividade, predominando valores inferiores a 10°, ocupando as partes mais baixas da região constituídas pelos leitos e várzeas dos rios e córregos, podendo estar encaixados entre morros ou ocupando amplas planícies de inundação, muitas vezes com aterros superficiais cobrindo esta unidade;
  - Textura: normalmente apresentam uma seqüência tipo, cuja parte superior é caracterizada por uma camada de sedimentos de cor escura, baixa capacidade de suporte, constituída por areia fina e média, argilosa, plasticidade elevada podendo conter nas partes superiores, concentração de matéria orgânica e resto de vegetais;
  - Drenagem: são mal drenados com lençol freático ocorrendo da ordem de um a dois metros de profundidade, podendo ocorrer localizadamente acúmulo de água na superfície do terreno devido à dificuldade de escoamento das águas;
  - Estabilidade dos taludes de escavação: pode apresentar taludes instáveis devido à saturação do solo com eventual presença de níveis arenosos e argilosos intercalados, formando níveis d'água suspensos, que quando escavados podem provocar instabilidade das paredes da escavação exigindo proteção;
  - Fundações: quando secos indicam suporte mais elevado devido ao aumento da coesão, mas quando saturados reduzem bastante esta capacidade de carga. Se francamente argiloso e/ou com presença de matéria orgânica em quantidade representativa, baixa sua resistência podendo exigir cuidados quanto ao recalque nas fundações;
  - Escavabilidade: são normalmente escaváveis com retroescavadeira podendo eventualmente exigir drenagens para solos argilosos para aumentar a estabilidade dos taludes ou exigir, casualmente, escoramentos para níveis arenosos quando ocorrer franca drenagem pelo corpo do talude de escavação;
  - Ocupação: são áreas sujeitas a inundações periódicas, não adequadas a ocupação urbana e quando sofre intervenção, cuidados especiais são necessários quanto a criação de acesso que poderá criar barreiras ao escoamento das águas subterrâneas e superficiais.

- Solos coluvionares e residuais (Figura 5.1-87 e Figura 5.1-88):
  - Relevo: apresentam relevo ondulado dominando formas côncavas nos divisores de águas e convexas nas cabeceiras dos talwegues com amplitudes de vertentes atingindo até 300 metros de extensão e declividades dominantes em torno de 10° a 30°, se apresentando recortadas por linhas de drenagens naturais. São bem drenados, com drenagens espaçadas devido à espessa cobertura de solo poroso superficial e nível d'água profundo;
  - Textura: o horizonte superficial é constituído por solo argilo-arenoso, amarelado e de boa plasticidade. De origem coluvionar, indica um a dois metros de espessura passando a solo coluvionar silte-arenoso fino, pouco argiloso, avermelhado e de boa plasticidade;
  - Drenagem: bem drenados, com drenagens espaçadas devido à espessa cobertura de solo poroso superficial e nível d'água profundo;
  - Estabilidade dos taludes de escavação: estáveis em condições naturais podendo apresentar instabilidade se removido o horizonte superficial de solo coluvionar;
  - Fundações: boas características de fundação aumentando sua resistência com a profundidade do terreno;
  - Escavabilidade: são normalmente escaváveis com retroescavadeira podendo, eventualmente, ocorrer níveis mais resistentes no fundo da escavação, exigindo o emprego de escarificador simples;
  - Ocupação: os terrenos com declividade não muito acentuadas são adequados à ocupação e implementação de vias de acesso. Em cortes acima de três metros, cuidados devem ser tomados quanto a estabilidade dos taludes e disciplinar as águas, evitando-se concentração de águas de chuva nos taludes remanescentes.



**Figura 5.1-87 - Solos coluvionares que ocorrem no norte da Ilha da Madeira. Composição argilo-arenoso, de coloração amarelada a avermelhada, espesso e com boa plasticidade. Ocorre rocha sã na base.**



**Figura 5.1-88 - Solos coluvionares que ocorrem na porção norte da Ilha da Madeira, argilo-arenosos, avermelhado, com boa plasticidade, espessos e bem drenados.**

- Afloramentos de rocha (Af): caracterizam-se pelo relevo destacado, drenagens freqüentes e profundas sulcando o maciço. Ocorrem nas áreas marginais da baía de Sepetiba e localizadamente nas drenagens da face norte da Ilha da Madeira, próximo ao emboque norte do túnel. São constituídos principalmente por granitos, apresentando por vezes uma capa superficial de solo coluvionar, com ocorrência de exposições de rocha nas partes mais dissecadas do relevo (Figura 5.1-89 e Figura 5.1-90).



**Figura 5.1-89 - Afloramento de rocha granítica na drenagem à direita do emboque norte da Ilha da Madeira onde se observa a presença de água. Topo rochoso, maciço e não fraturado.**



**Figura 5.1-90 - Granito pouco fraturado superficialmente passando a rocha sã não fraturada.**

#### 5.1.3.8.4 Aspectos Geológico-Geotécnicos da ADA

##### 5.1.3.8.4.1 Túnel

O túnel de ligação das praças norte-sul deverá ter extensão de cerca de 850 metros, a ser escavado em granito é (Figura 5.1-91 e Figura 5.1-91), maciço e de granulação grossa na maior parte de sua extensão. Os emboques deverão ser abertos em solo, evitando-se a expansão da área escavada com conseqüente ampliação da cicatriz nas vertentes (Figura 5.1-92). Esta solução exigirá taludes bastante inclinados em solo com aplicação de tirantes longos para estabilização da encosta remanescente.

As extremidades próximas aos emboques deverão ter uma faixa linear de cerca de 30 a 50 metros, escavadas em solo e progredindo para rocha alterada no emboque norte e rocha sã no emboque sul.



**Figura 5.1-91 - Vista do emboque norte, onde se observa floramentos de rocha sã e maciça.**



**Figura 5.1-92 - Sul da Ilha da Madeira. Local de saída do emboque sul entre no divisor de águas entre os talvegues à direita e à esquerda.**

A eventual presença de diques de basalto com espessuras de quatro a oito metros na direção N50E e mais fraturados que o granito poderá ocorrer, a exemplo do que existe na pedreira Sepetiba. Outras estruturas que poderão estar presentes são as zonas de cisalhamento como observado a oeste da Ilha, mas que não deverão causar maiores entraves por serem de pequena expressão em largura e seu desenvolvimento pouco expressivo no maciço granítico.

A intensidade de matacões e blocos de granito na superfície do terreno no emboque sul fica reduzida no maciço terroso onde ocorrem poucos blocos encaixados no solo (Figura 5.1-93 e Figura 5.1-98).



**Figura 5.1-93 - Nascente e barragem de 0,7 m de altura. Lado oeste do emboque sul do túnel.**



**Figura 5.1-94 - Solos coluvionares espessos no emboque sul. Taludes remanescentes de retirada de material.**



**Figura 5.1-95 - Blocos de granito em processo de esfoliação no emboque sul do túnel.**



**Figura 5.1-96 - Blocos e matacões arredondados de granito, encaixados em solo coluvionar.**



**Figura 5.1-97 - Linha de drenagem do talvegue leste no emboque sul do túnel, onde se observa a existência de blocos e matações de granito impedindo o avanço da erosão.**



**Figura 5.1-98 - Maciço granítico alterado localizado na linha de drenagem leste do emboque sul do túnel.**

No emboque norte é raro a ocorrência de blocos, dominando solos e localizadamente, afloramentos de rocha, como observado pouco abaixo do emboque do túnel (Figura 5.1-99 e Figura 5.1-102).



**Figura 5.1-99 - Solos coluvionares que ocorrem no emboque norte. A ocorrência de blocos é bem menor que no emboque sul.**



**Figura 5.1-100 - Blocos raros porém muito grandes e parcialmente enterrados no solo coluvionar espesso do emboque norte.**



**Figura 5.1-101 - Solo coluvionar espesso que ocorre no emboque norte. Este ponto está localizado na antiga estrada da Ilha da Madeira que poderá ser utilizada para acesso às sondagens do túnel.**



**Figura 5.1-102 - Antiga estrada com taludes de dois metros de altura, estáveis.**

#### 5.1.3.8.4.2 Estrada de acesso ao túnel

A estrada de acesso ao túnel até a estrada de acesso à Ilha da Madeira deverá ter parte de suas fundações em solos oriundos de aterros com material dragado proveniente da baía de Sepetiba (quando a área foi aterrada com a abertura do canal de acesso ao porto da Nuclep) e parte em moles de manguezais.

A área norte do projeto se desenvolverá em aterro, onde lateralmente à mesma ocorreu em uma extensão natural do manguezal da foz do rio Cação, projetando-a para dentro da baía de Sepetiba (Figura 5.1-103).



**Figura 5.1-103 - Vista do emboque norte para a Serra do Mar, onde se observa em primeiro plano a área aterrada e, ao fundo, manguezal até o rio Cação.**

#### 5.1.3.8.4.3 Bota foras

O material rochoso escavado do túnel irá constituir material de construção para aterro das obras civis na baía de Sepetiba. O mesmo será temporariamente disposto na área continental do canteiro de obras norte.

#### 5.1.3.8.4.4 Materiais de empréstimo

Será utilizado o material proveniente da escavação do túnel, sendo o restante do material de empréstimo rochoso adquiridos na Pedreira Sepetiba. O material arenoso poderá ser obtido em área de estudo da empresa LLX localizada na baía de Sepetiba em conjunto com materiais obtidos juntos às empresas fornecedoras da região.

### 5.1.3.9 Levantamento Geofísico

Os estudos de prospecção geofísica, através do método eletromagnético do Georradar foram realizados no período 08 a 12 de junho de 2009, na área da instalação do Estaleiro e Base Naval, no município de Itaguaí – RJ (Figura 5.1-104).

Esse tipo de avaliação geofísica ganhou grande importância com o desenvolvimento de equipamentos de ground penetrating radar – (GPR, Georradar), uma vez que usualmente é de fácil aplicação e, caracterizada a assinatura estrutural de interesse, permite a visualização direta de vários problemas estruturais de acordo com o nível de resolução aplicado.

A análise dos perfis contínuos de georradar fornece subsídios adequados para um melhor planejamento das investigações por métodos diretos e conseqüentemente da presença dos materiais em subsuperfície.

O objetivo dos estudos é auxiliar o mapeamento geológico/ambiental, indicando a estratigrafia do subsolo e a definição do nível freático local no momento da investigação. Os levantamentos foram executados em perfis de forma a abranger a maior área possível dentro do empreendimento. A estratigrafia desses segmentos é marcada por camadas de distinto comportamento geofísico algumas quebras na estruturação estratigráfica. A Figura 5.1-104 indica a localização das áreas investigadas pelos estudos geofísicos.

No presente estudo os objetivos são a investigação da estratigrafia do subsolo e a definição do nível freático no momento da investigação, assim foram empregadas duas técnicas de processamento dos dados:

a) imageamento estratigráfico: consiste no levantamento geofísico para caracterização da estrutura estratigráfica do subsolo até uma profundidade aproximada de 10 e 20 m (nível de penetração da onda EM nos locais para a frequência de 250 e 100 MHz, respectivamente). O espaçamento de amostragem de pulsos ao longo da linha dos perfis foi de 0,10 m.

b) imageamento do lençol freático: consiste num processamento dos dados de campo de modo a avaliar a primeira atenuação das ondas EM. A presença de poros saturados em água atenua fortemente a propagação das ondas EM e, desta forma, a intensidade (amplitude) do sinal EM é drasticamente reduzida.

As imagens de georradar obtidas a partir dessas técnicas permitem traçar a continuidade lateral dos horizontes estratigráficos constitutivos, avaliar a regularidade de sua estrutura quanto à espessura e definir segmentos portadores de grande número de estruturas refletoras pontuais (material grosseiro, tal como matacões), que produzem hipérbolos de difração;

A área Sul (Porto) foi investigada com antena de 250 MHz, atingindo profundidade aproximada de 10 m, e a área Norte (Docas) foi investigada com antena de 100 MHz, com alcance de até 20 m de profundidade.



Figura 5.1-104 - Imagem Quick Bird com a localização das áreas de estudo e das linhas de levantamento geofísico.

### 5.1.3.10 Metodologia do Levantamento Geofísico

A aplicação de métodos elétricos/eletromagnéticos possibilita o estudo de diversas características do meio físico, tendo grande importância para a caracterização geológica. As características geológicas e geotécnicas que podem ser obtidas são: (a) profundidade do substrato rochoso; (b) presença de discontinuidades; (c) variações texturais do solo (em alguns casos); (d) profundidade do nível d'água; (e) fluxo das águas subsuperficiais.

O georradar (*ground penetrating radar*, GPR) constitui um dos vários tipos de dispositivos dos métodos de investigação geofísica. A característica essencial desse dispositivo é a emissão de uma onda eletromagnética (EM) de pulso controlado em superfície, a propagação e a reflexão dessa mesma onda em subsuperfície e a sua recepção em superfície. Nesse sentido, esse dispositivo geofísico (não invasivo) aproxima-se do método sísmico de reflexão, largamente utilizado na indústria petrolífera.

A avaliação da estratigrafia e da penetrabilidade do georradar depende fundamentalmente da frequência da onda EM emitida, dos contrastes de impedância dielétrica, da atenuação do pulso inicialmente emitido e da potência do equipamento utilizado. Em termos gerais e práticos simples, a resolução vertical (espessura da “camada elétrica” discernível) depende da frequência utilizada e do contraste de impedância dielétrica (basicamente, uma relação que envolve a resistividade e permissividade magnética).

O georradar, então, tem sido utilizado para obter imagens contínuas das estruturas em subsuperfície. A análise dos perfis contínuos de georradar fornece os subsídios adequados para um melhor planejamento das investigações por métodos diretos; ou seja, a avaliação pelos métodos indiretos (georradar) não dispensa a investigação pelos métodos diretos. A adequada conjunção dos métodos pode garantir o sucesso das investigações de subsuperfície.

A técnica empregada para estes levantamentos foi a do imageamento estratigráfico, que consiste no levantamento geofísico para caracterização da estrutura estratigráfica do subsolo em uma profundidade aproximada de entre 10 e 20 m (nível de penetração da onda EM nos locais para as frequências de 250 e 100 MHz). O espaçamento de amostragem de pulsos ao longo das linhas de perfilagem foi de 0,10 m. As imagens de georradar obtidas a partir dessa técnica permitem traçar a continuidade lateral dos horizontes estratigráficos constitutivos, avaliar a regularidade de sua estrutura quanto à espessura e definir segmentos portadores de grande número de estruturas refletoras

pontuais (material grosseiro, tal como matacões dispostos em meio ao solo), que produzem hipérbolos de difração.

### 5.1.3.11 Características Gerais dos Locais Pesquisados

Na Figura 5.1-104 estão indicadas as duas áreas estudadas. A área Sul, localizada junto à praia e ao Porto de Itaguaí, foi investigada por 06 perfis longitudinais, 04 ortogonais a linha de praia (GPR1 a GPR4) com orientação aproximadamente nordeste-sudoeste (NE-SW) e 02 perfis transversais com orientação noroeste-sudeste (NW-SE). A figura 3 indica a localização e extensão das linhas de investigação na área Sul. Os perfis foram executados de forma cruzada totalizando 1 548 m. A Tabela 5.1-14 abaixo indica a extensão e orientação de cada perfil executado.

**Tabela 5.1-14 - Relação dos perfis de georradar com antena de 250 MHz.**

ÁREA SUL (PORTO)		
Perfil	Extensão(m)	Orientação
GPR1	418	NE-SW
GPR2	295	NE-SW
GPR3	258	NE-SW
GPR4	275	NE-SW
GPR5	95	N-S
GPR6	207	N-S

A área Norte, localizada junto às antigas Docas, foi investigada por 03 perfis longitudinais a linha de praia (GPR1 a GPR3) com orientação aproximadamente sul-norte (S-N) e um perfil transversal com orientação aproximada sudoeste-nordeste (SW-NE – GPR4). O quinto e último perfil foi executado fora da área das docas e de orientação aproximada noroeste-sudeste (NW-SE – GPR5). Os cinco perfis totalizaram 782 m. A Tabela 5.1-15 abaixo indica a extensão e orientação de cada perfil executado:

**Tabela 5.1-15 - Relação dos perfis de georradar com antena de 100 MHz.**

ÁREA NORTE (DOCAS)		
Perfil	Extensão(m)	Orientação
GPRD-1	246	S-N
GPRD-2	174	S-N
GPRD-3	121	S-N
GPRD-4	195	SW-NE
GPRD-5	46	NW-SE

### 5.1.3.12 Descrição do Levantamento e Processamento dos Dados GPR

Os levantamentos de campo foram realizados através de caminhamentos em perfis previamente definidos para abranger a maior área possível dentro das áreas de interesse (Figura 5.1-104). Os dados de georradar são obtidos através do arraste das antenas em contato com a superfície através de um cabo rígido. As antenas são arrastadas, acopladas ao terreno (*ground coupled*). De acordo com o objetivo definido para a investigação geofísica (estratigrafia), o espaçamento de amostragem (emissão de pulsos de georradar) foi de 0,1 m.

Na área da Praia (área Sul) foi utilizada antena com frequência central 250 MHz, atingindo profundidade máxima de 10 m. Na área Norte (Docas) foi utilizada antena com frequência central 100 MHz, atingindo profundidade máxima de 20 m.

O levantamento foi realizado com o equipamento *ProEx*, produzido pela *MÅLA Geoscience Inc.* (Suécia) e os dados obtidos foram tratados no pacote de software de formato específico definido pelo fabricante do equipamento (*Ground Vision 2.0*) que possui todas as rotinas e ferramentas necessárias para a análise dos sinais. As rotinas de processamento incluem desde a análise do traço até a análise média do espectro de sinais.

O processamento objetivou a extração legítima de sinais e a supressão de ruídos e interferências e sinais não informativos. Foram executados 11 perfis na área, sendo 5 na área norte e 6 na área sul. O início de cada perfil está marcado com a denominação do mesmo (ex: GPR1, GPR2, etc.); o final de cada perfil geofísico é marcado com uma seta, que também indica o sentido do caminhamento. A distância percorrida em cada perfil está indicada no eixo horizontal da base, e a profundidade no eixo vertical do perfil a esquerda. Os dados estão processados na forma de arquivos gráficos (*radargramas* = distância x tempo de propagação da onda EM, em profundidade).

A estimativa da velocidade de propagação das ondas EM nos principais horizontes elétricos foi tomada a partir de medidas de hipérbolos de difração ao longo dos vários perfis de levantamento geofísico. Assim, a velocidade média estimada para a área de levantamento foi de 9,5 cm/ns.

Os dados do levantamento foram posteriormente corrigidos com relação a problemas de *drift*, ruídos, filtrados e invertidos nos softwares *Gradix* e *Reflexw 5.0*. Esses dados foram pós-processados e interpretados em aplicativos de imagens.

Os perfis de georradar executados mostraram baixa interferência de ondas superficiais. No gráfico da frequência vs. amplitude (espectro de frequência – Figura

5.1-113), pode-se observar quase somente os picos centrais das frequências de 250 e 100 MHz.

O processamento dos dados de campo seguiu dois caminhos distintos, conforme a frequência de georradar empregada em cada área. Assim, na área Sul (Porto), foi empregada a frequência central de 250 MHz, enquanto na área Norte (Docas), foi empregada a frequência central de 100 MHz. A descrição do processamento para cada área seguiu os seguintes passos:

a) Área Sul - frequência central de 250 MHz

- ajuste de tempo zero;
- filtro de baixa frequência (*dewow*): <50 MHz;
- filtro passa banda tipo butterworth: F1=175, F2=325 MHz;
- testes de migração para as estruturas de difração;
- conversão tempo-profundidade: velocidade de 9 m/ns;
- correção estática de topografia.

b) Área Norte - frequência central de 100 MHz

- ajuste de tempo zero;
- filtro de baixa frequência (*dewow*): <20 MHz;
- filtro passa banda tipo *butterworth*: F1=75, F2=125 MHz;
- conversão tempo-profundidade: velocidade de 9 m/ns;
- correção estática de topografia.



**Figura 5.1-105 - Limpeza da área para a realização do levantamento geofísico.**



**Figura 5.1-106 - Caminhamento para perfilagem geofísica.**



**Figura 5.1-107 - Caminhamento para perfilagem geofísica.**



**Figura 5.1-108 - Detalhe do equipamento.**



**Figura 5.1-109 - Detalhe do Georradar.**



**Figura 5.1-110 - Detalhe do Georradar.**



**Figura 5.1-111 - Conferência dos dados obtidos em uma perfilagem.**



**Figura 5.1-112 - Detalhe no monitor do *notebook* da realização de uma perfilagem geofísica.**

### 5.1.3.13 Resultados

A estratigrafia e a estruturação estratigráfica são definidas por meio de camadas geofisicamente refletoras, que são reconhecíveis principalmente por:

- mudanças de comprimento de onda,
- amplitude do sinal de retorno e
- truncamento de linhas de propagação das ondas EM.

A apresentação dos perfis onde a amplitude do sinal está em escala colorida possibilitou uma definição mais apurada das interfaces refletoras, conforme se poderá verificar nos radargramas anexos (listagem na Tabela 5.1-14 e Tabela 5.1-15).

Na interpretação, é importante salientar, que geofisicamente duas camadas (horizontes) podem apresentar a mesma resposta (não serem discerníveis ou individualizáveis por um método geofísico) quando possuem as mesmas propriedades físicas, ou o produto de determinadas propriedades físicas; no caso do georradar, importa falar de impedância eletromagnética, que é o produto complexo principalmente da permissividade elétrica e da permeabilidade magnética dos materiais constitutivos dos horizontes.

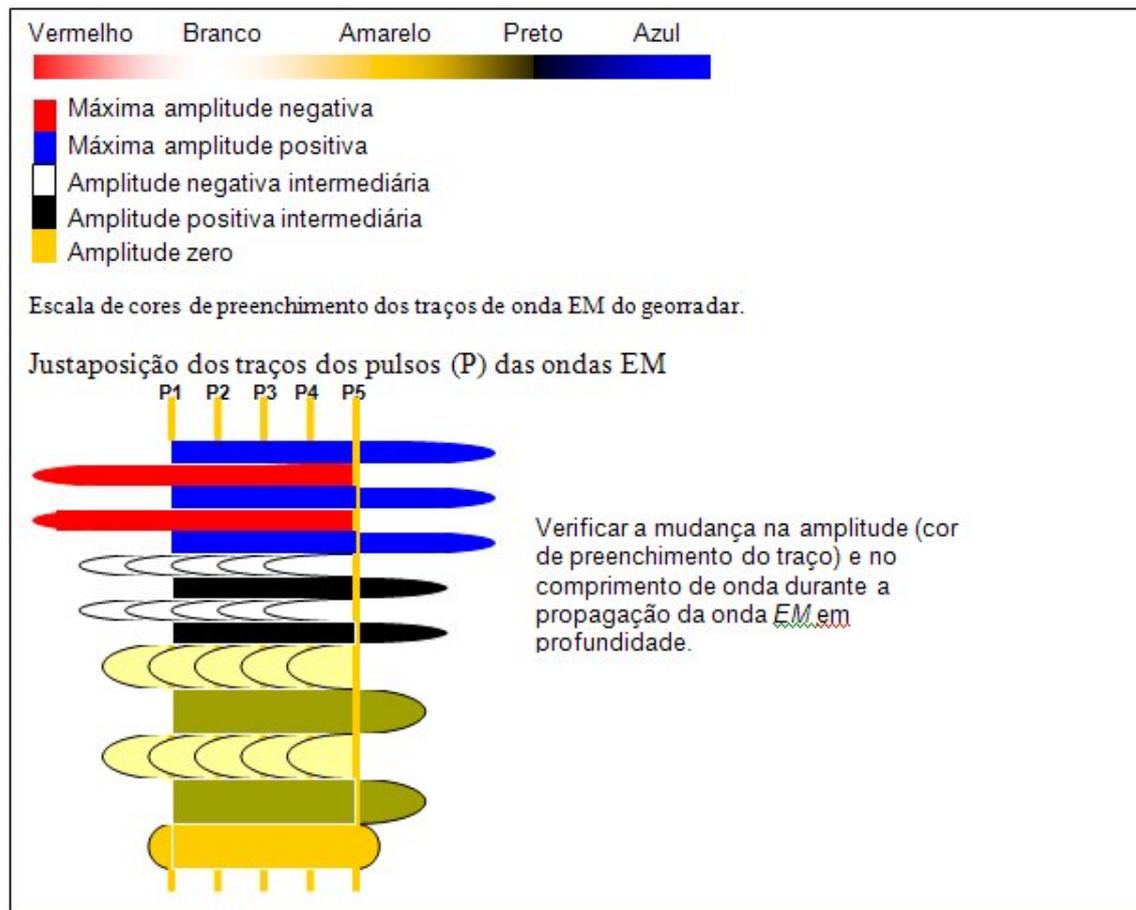


Figura 5.1-113 - Visualização do traço da onda EM que se propaga nos materiais rochosos.

Os radargramas em cores representam a justaposição lateral dos diversos pulsos amostrados (intervalo de amostragem de 0,10 m nesse caso). Os pulsos EM individuais recebidos durante a propagação das ondas em subsolo apresentam características de amplitude (cor) e comprimento de onda de acordo com a impedância eletromagnética de cada material atravessado. Nesse sentido, podem-se aproximar as propriedades físicas dos materiais de acordo com tais elementos. Por exemplo: a amplitude do traço de onda EM refletida é preenchida numa escala de cores interpolada entre os picos máximos e mínimos; materiais resistivos mostram grande amplitude (baixa atenuação) e pequeno comprimento de onda, enquanto que materiais condutivos mostram pequena amplitude e comprimento de onda grande. A partir dessas características, é possível avaliar a presença de diferentes materiais presentes em subsolo.

Os dados obtidos através dos radargramas da área Sul (Porto) mostram que é possível distinguir as camadas constitutivas do subsolo até uma profundidade de 6-

7m. Esta área está composta por 2 - 3 camadas geofísicas, que são distinguidas com base na relação comprimento/amplitude da onda eletromagnética e no arranjo estrutural dos refletores. Foram realizadas cinco linhas de caminhamento que obtiveram um perfil geofísico cada, sendo as mesmas apresentadas a partir da Figura 5.1-114 até a Figura 5.1-120. As mesmas estão indicando a distinção das camadas geofísicas definidas no levantamento de georradar.

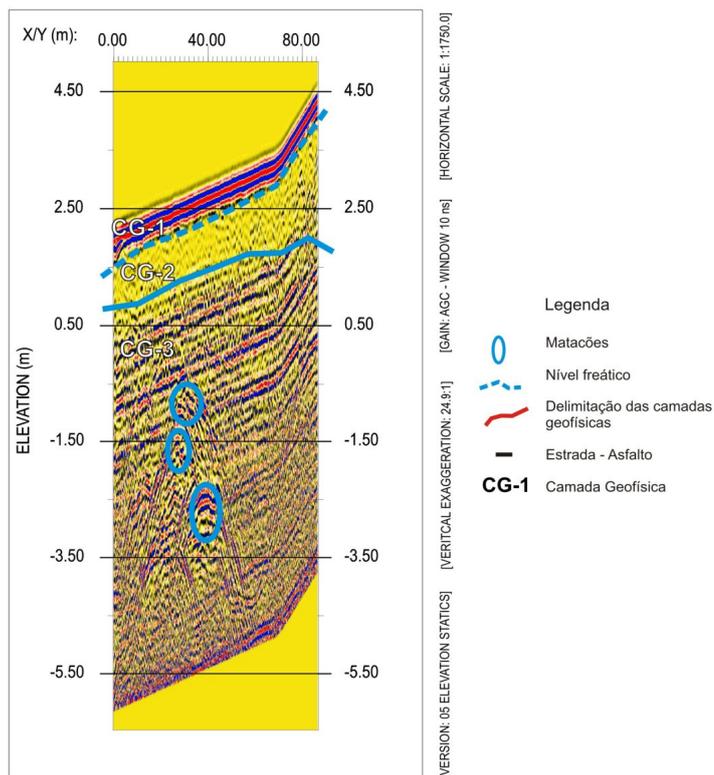


Figura 5.1-114 – Radargrama da Linha 1A na área sul.

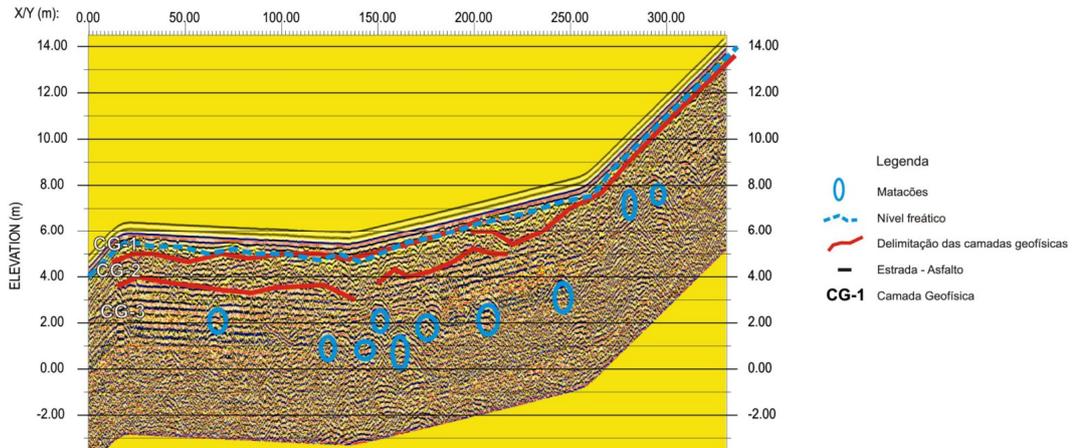


Figura 5.1-115 - Radargrama da Linha 1B na área sul.

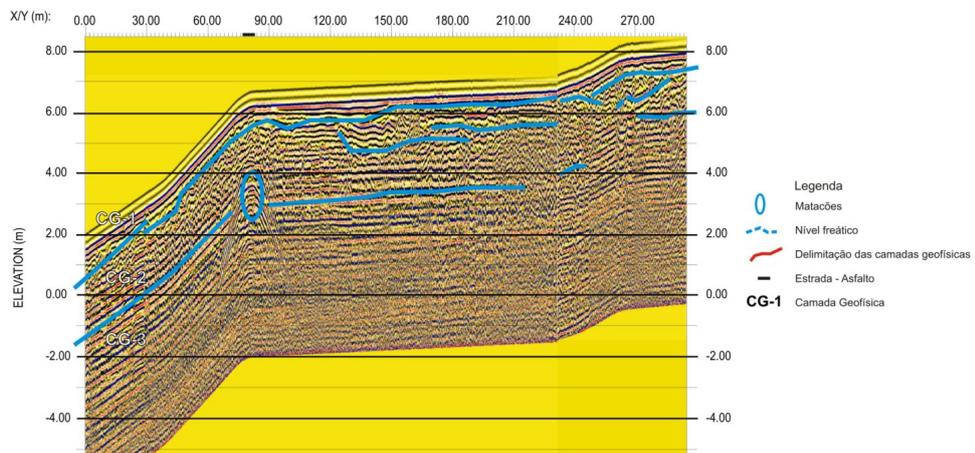


Figura 5.1-116 - Radargrama da Linha 2 na área sul.

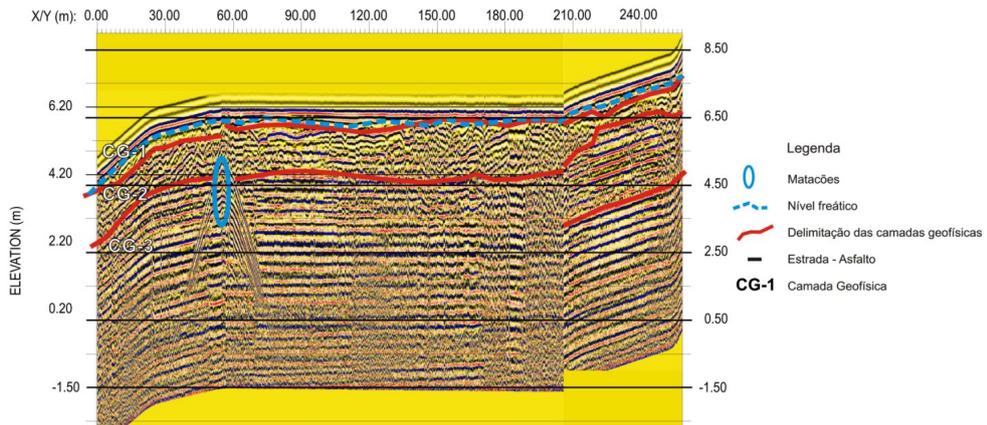


Figura 5.1-117 - Radargrama da Linha 3 na área sul.

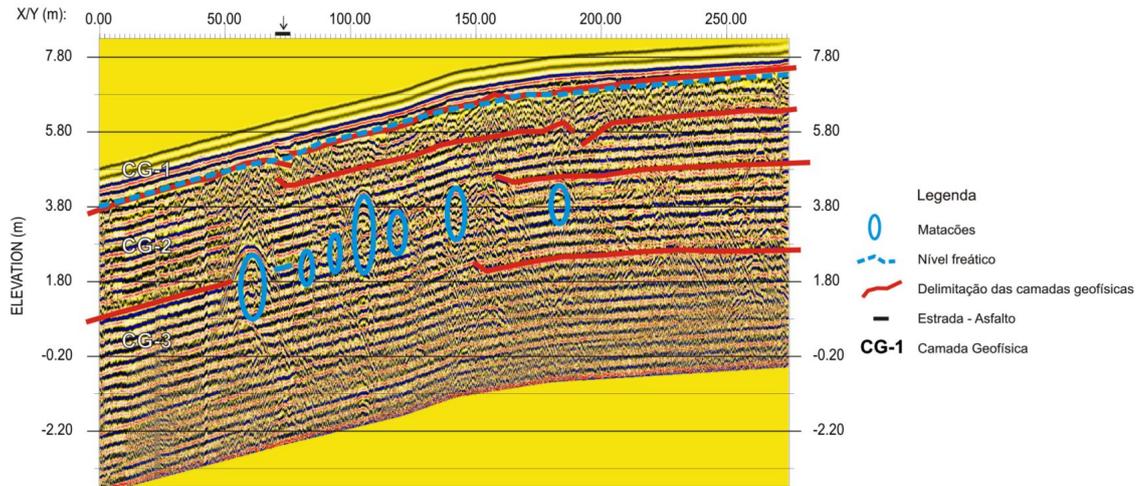


Figura 5.1-118 - Radargrama da Linha 4 na área sul.

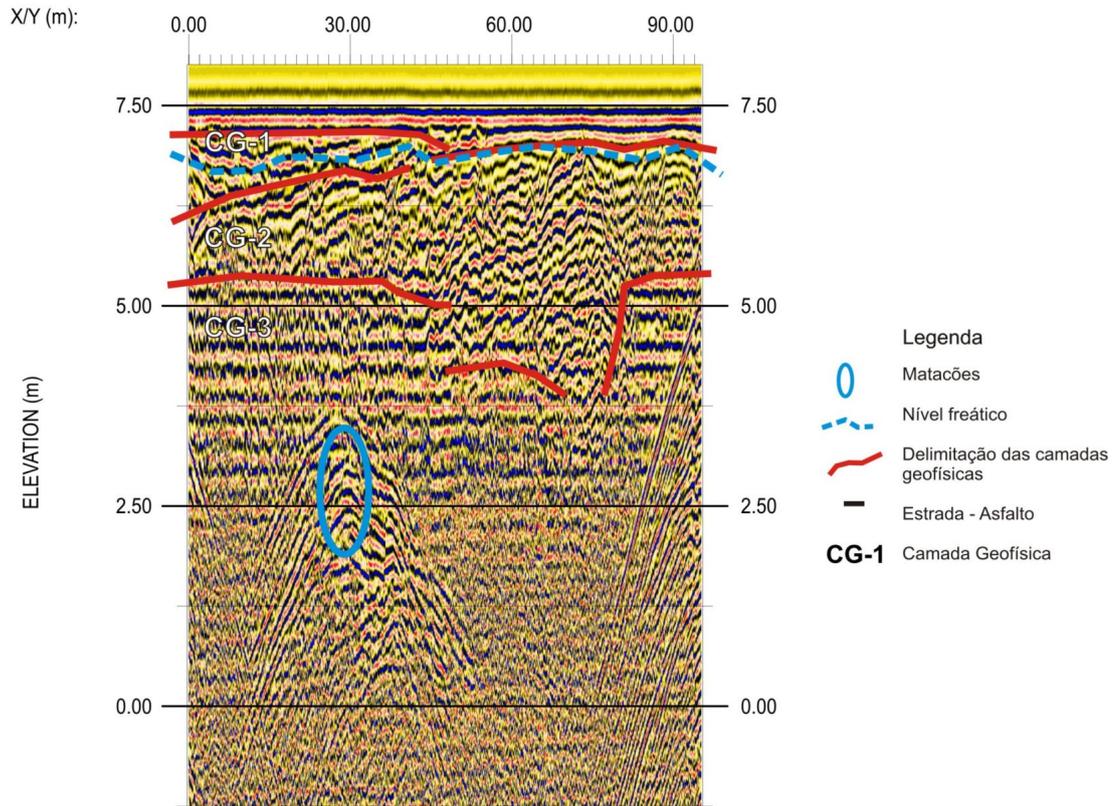


Figura 5.1-119 - Radargrama da Linha 5 na área sul.

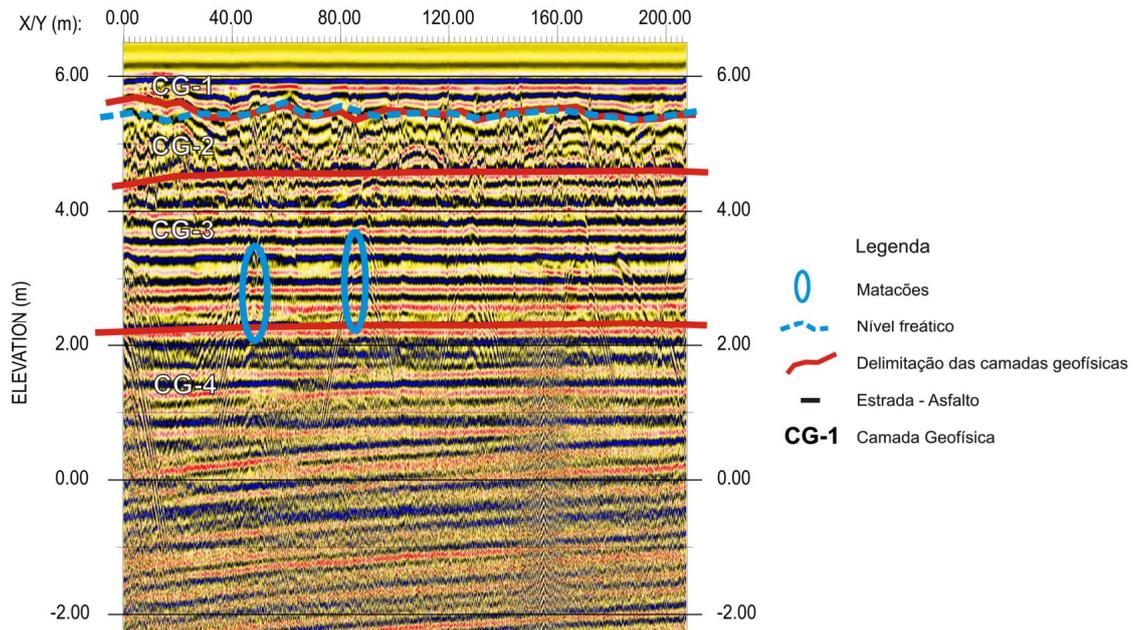


Figura 5.1-120 - Radargrama da Linha 6 na área sul.

A primeira camada geofisicamente distinguível (Camada Geofísica 1 - CG-1) possui grande amplitude e pequeno comprimento de onda, como é característico dos solos rasos e avermelhados (latossolos) que ocorrem nas regiões tropicais do Brasil (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A segunda camada geofísica (CG-2) possui menor amplitude da onda eletromagnética e um arranjo ondulado com vários pontos de truncamento dos refletores. A camada geofísica mais inferior (CG-3) mostra uma amplitude média de onda e um comprimento de onda bastante largo, sugerindo materiais mais argilosos, ou completamente saturados em água.

No limite entre a base da camada 2 e topo da camada geofísica 3, ocorrem normalmente várias estruturas de difração (hipérboles). Tais estruturas sugerem a presença de corpos de matações no limite entre as camadas.

Na área Norte (Docas) também são detectadas 2/3 camadas geofisicamente distinguíveis nos radargramas (Figura 5.1-121 até Figura 5.1-126); porém, não apresentam as estruturas de difração (hipérboles), características da área Sul.

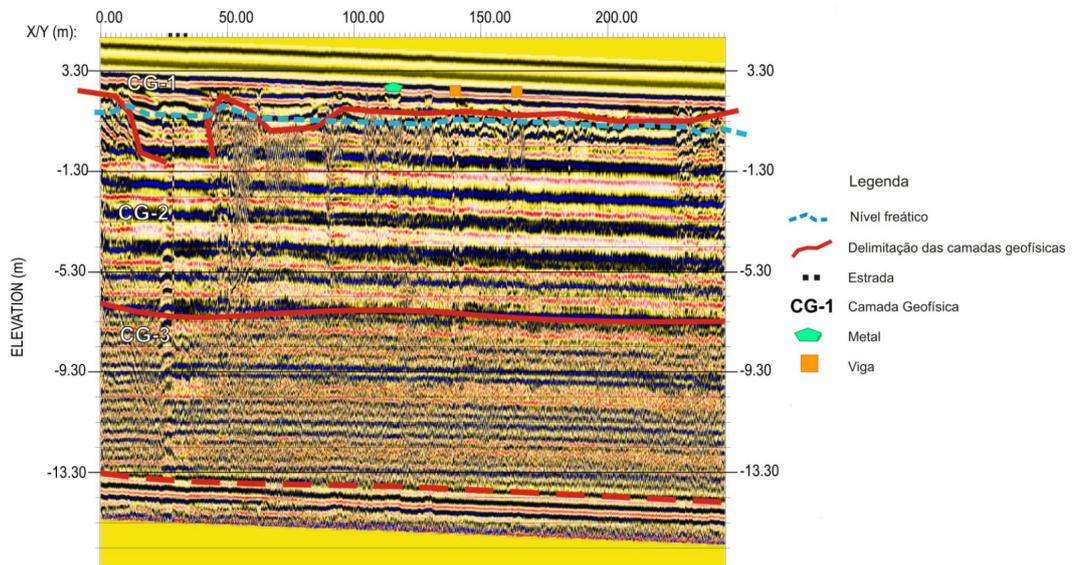


Figura 5.1-121 - Radargrama da Linha 1 na área norte.

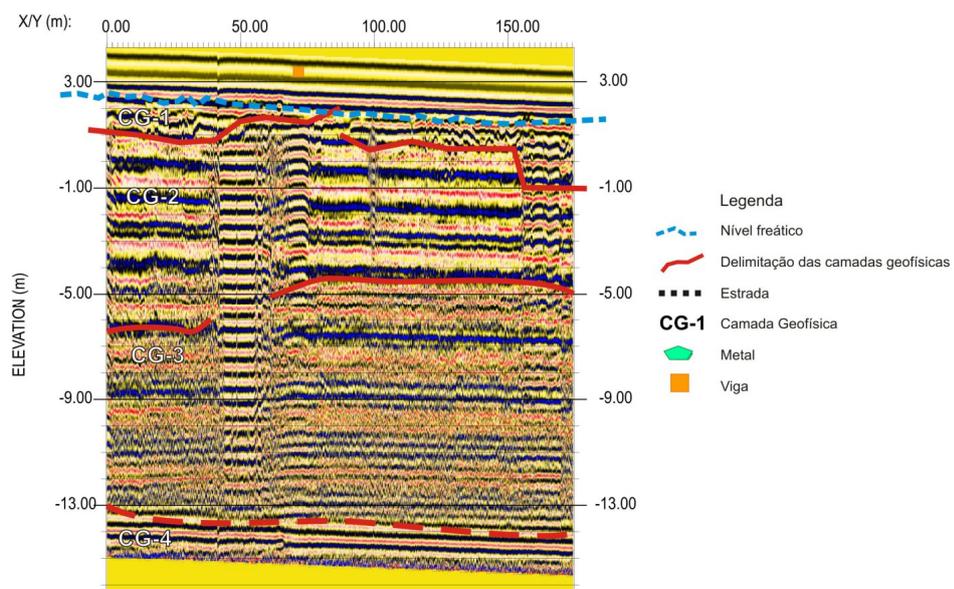


Figura 5.1-122 - Radargrama da Linha 2 na área norte.

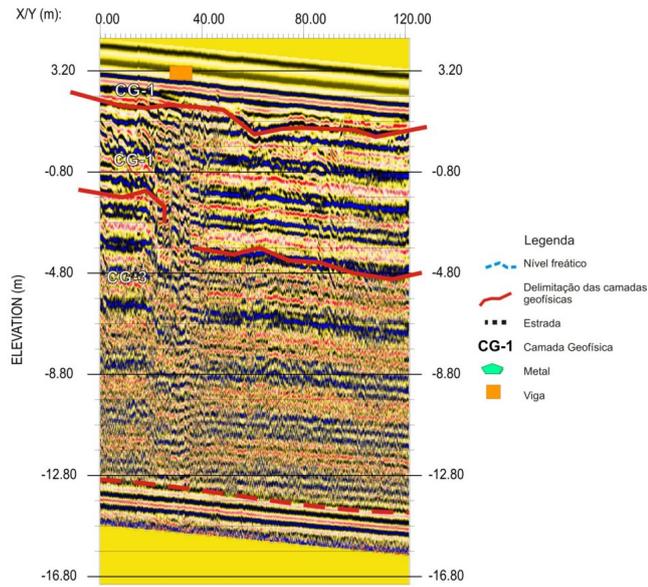


Figura 5.1-123 - Radargrama da Linha 3 na área norte.

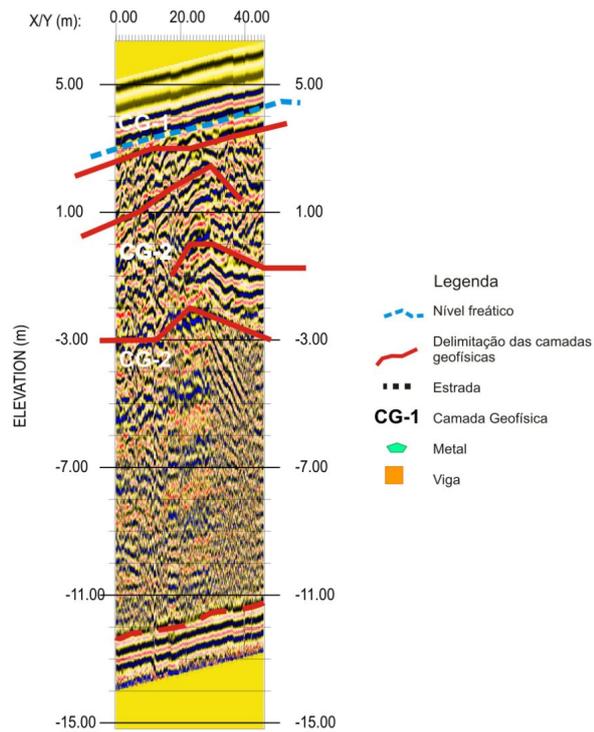


Figura 5.1-124 - Radargrama da Linha 4A na área norte.

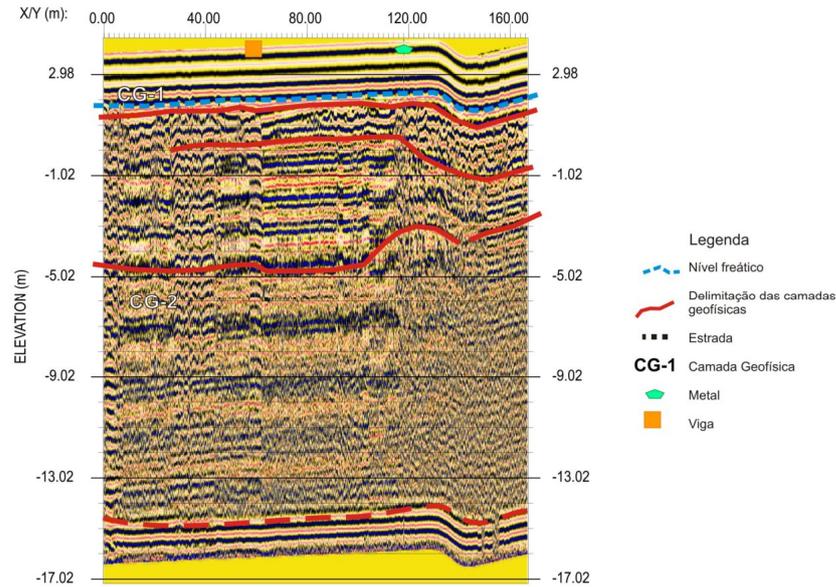


Figura 5.1-125 - Radargrama da Linha 4B na área norte.

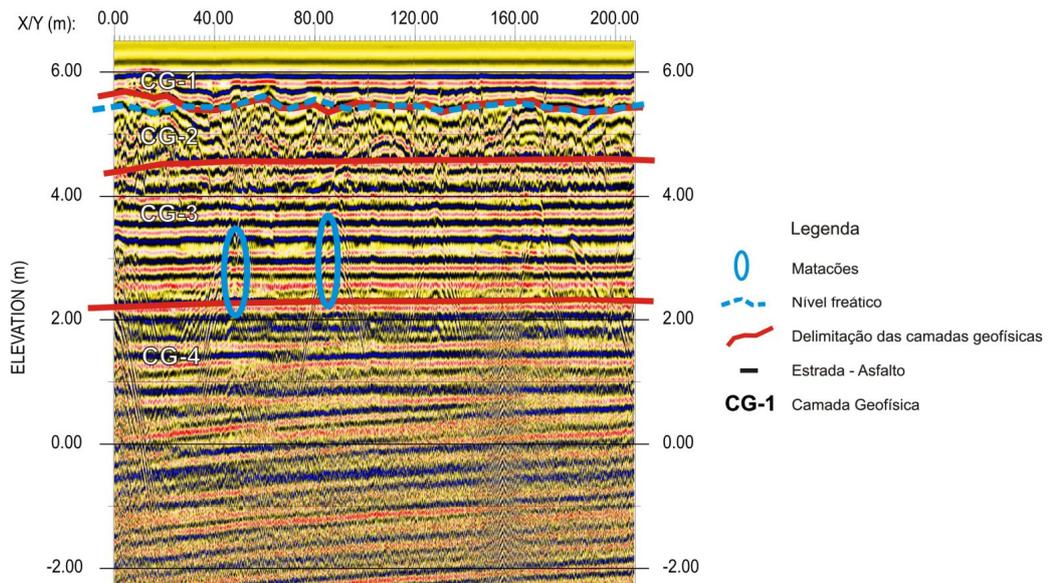


Figura 5.1-126 - Radargrama da Linha 5 na área norte.

A primeira camada geofísica (CG-1) apresenta uma grande amplitude e um comprimento de onda relativamente pequeno, indicando a cobertura de solos / aterro que ocorrem na região. A base da camada geofísica 1 apresenta refletores ondulados e com truncamentos, que podem definir camadas de solo avermelhados transportados pelos processos erosivos encostas abaixo.

A segunda camada geofísica (CG-2) mostra, no sentido contrário, uma amplitude marcadamente menor e um comprimento de onda significativamente maior do que a

camada anterior superficial; essa camada geofísica, pelas características acima definidas, pode representar litologias compostas essencialmente por material condutivo (argilas) saturadas em água.

A camada geofísica 3 (CG-3), por outro lado, mostra uma amplitude média, mas volta a apresentar um curto comprimento de onda; dessa forma, sugere uma constituição feita de materiais mais resistivos, como misturas variadas de areias.

Desta maneira, de forma geral, podemos classificar as distintas camadas geofísicas identificadas nas duas áreas investigadas:

#### I. Área Sul – Porto

CG 1: Solos superficiais ou latossolos

CG 2: Areias com misturas variadas;

CG 3: Argilas intercaladas com material mais grosseiro (silte / areia fina)

#### II. Área Norte – docas

CG 1: Solos superficiais ou latossolos / aterro

CG 2: Argilas com composições variadas;

CG 3: Areias com misturas variadas.

#### 5.1.3.13.1 Resultados Obtidos

Os trabalhos buscaram identificar as diferentes tipologias dos horizontes presentes em subsuperfície, bem como indicar a presença do nível d'água subterrâneo. Desta forma os resultados obtidos neste trabalho indicam que:

- Nas duas áreas estudadas - sul (Porto) e norte (Docas) a presença do nível d'água foi identificada em todas as linhas de investigação, mas a delimitação da “cunha salina” não passível de identificação, devido a distância do início das linhas de investigação em relação a linha de praia;
- A profundidade do nível d'água, ou melhor, dos aquíferos freáticos oscila entre 0,50 metro a 2 metros de profundidade e apresentam tendências de fluxo em direção a baía de Sepetiba, sendo na área norte o sentido de fluxo para oeste e na área sul o sentido de fluxo para sul;
- A área sul apresenta níveis com matacões, representado nos radargramas como hipérbolos de difração, entre os níveis 0,5 e 2,5 m. Estas estruturas não estão presentes nos perfis da área norte;

- Os diferentes níveis sedimentares presentes em subsuperfície são muitas vezes de difícil distinção em termos geofísicos, uma vez que a interdigitação das camadas e sua pequena espessura dificulta tal processo. Uma maior acurácia na interpretação seria possível com a execução de sondagens diretas nos locais investigados;
- Os radargramas da área norte (Docas) indicam uma faixa com maior amplitude dos sinais eletromagnéticos a partir das cotas – 11 a 13 m. Isto é corroborado pelos dados das sondagens executadas nesta área (SP- AN 101; SP- AN 102; SP- AN 103; SP- AN 104). Mas como está em grande profundidade pode ser reflexo de alguma filtragem para melhora do sinal, assim esta camada geofísica está apenas inferida nos perfis.

## 5.1.4 GEOMORFOLOGIA

### 5.1.4.1 Caracterização Geomorfológica

A caracterização geomorfológica foi realizada a partir dos mapeamentos geomorfológicos do estado do Rio de Janeiro executados pela CPRM (2001), Silva (2002) e ZEE-RJ (2008). Os mesmos são apresentados a seguir.

#### 5.1.4.1.1 Mapeamento Geomorfológico Proposto pela CPRM

O mapeamento geomorfológico realizado pela CPRM (2001), Mapa 5.1-7, foi efetuado a partir da interpretação de mosaico de imagens de satélite Landsat TM (bandas 3, 4 e 5), em escala 1:500.000. A interpretação preliminar dos Sistemas de Relevo foi feita por meio da interpretação de imagens de satélite Landsat TM (banda 4), em escala 1:250.000, do apoio de cartas topográficas em escala 1:50.000 e de fotografias aéreas (USAF – escala 1:60.000).

Para definição e identificação das unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro, a CPRM adotou a metodologia de Ross (1990), utilizando apenas os dois primeiros *táxons* propostos, individualizando as unidades morfoestruturais e morfoesculturais no estado. Cada unidade morfoestrutural compreende um conjunto de unidades morfoesculturais, as quais, por sua vez, compreendem um conjunto de sistemas de relevo. As unidades morfoesculturais foram também subdivididas em unidades geomorfológicas, devido a variações morfológicas ou por sua própria localização geográfica.

Segundo esse mapeamento, a área da baixada e da Baía de Sepetiba inserem-se nas Unidades Morfoesculturais do Cinturão Orogênico do Atlântico, caracterizado como uma das mais importantes feições geotectônicas da fachada atlântica brasileira, constituída de um conjunto diversificado de rochas graníticas e gnáissicas submetidas a diversos eventos orogênicos ao longo do Pré-Cambriano e das Bacias Sedimentares Cenozóicas, que representam uma das mais importantes feições geotectônicas resultantes da tectônica extensional pós-cretácica no sudeste brasileiro.

Compreende um conjunto de bacias tafrogênicas continentais de idade terciária (Paleoceno ao Oligoceno), denominadas “Sistema de *Riftes* da Serra do Mar” ou “Sistema de *Riftes* Continentais do Sudeste do Brasil”.

Os setores de maior subsidência do Gráben da Guanabara e junto à linha de costa são preenchidos por sedimentação fluvial ou marinha de idade quaternária, associada



aos últimos eventos transgressivos do nível do mar discretizando unidades morfo-esculturais e geomorfológicas (Quadro 5.1-1, Quadro 5.1-2 e Quadro 5.1-3).



---

### Mapa 5.1-7 – Geomorfologia (Formas de Relevo)

**Quadro 5.1-1 - Unidade Morfoescultural dos Maciços Costeiros e Interiores. Fonte: CPRM 2001.**

UNIDADE	DESCRIÇÃO
1.1 Unidade Morfoescultural dos Maciços Costeiros e Interiores:	Constituindo-se em blocos soerguidos durante o Cenozóico, paralelamente ao <i>front</i> escarpado das cadeias montanhosas das serras do Mar e Mantiqueira, ou como remanescentes de uma antiga borda meridional do gráben da Guanabara, outrora inserida no Planalto.
1.1.1 Unidade Geomorfológica Ilhas da Marambaia, Jaguanum e Itacuruçá:	São maciços montanhosos insulares. Definem um nítido alinhamento com direção SW-NE entre as baías da Ilha Grande e de Sepetiba. As demais ilhas foram definidas pelo sistema de relevo Alinhamentos Serranos Isolados apresentando altitudes que variam entre 200 e 300m.
1.1.3 Unidade Geomorfológica Maciço da Pedra Branca:	Consiste num maciço montanhoso imponente e isolado com picos elevados, próximo ao litoral (Pico da Pedra Branca – 1.024m), e em meio às baixadas fluviomarinhas, atuando como zona dispersora de águas entre as baixadas de Sepetiba e Jacarepaguá. Está sustentado, em grande parte, por rochas graníticas ou granitóides, conferindo um aspecto dômico em sua porção central, com padrão de drenagem dendrítico e centrífugo e densidade alta. Sua porção sudoeste está alinhada na direção SW-NE, atingindo diretamente o oceano Atlântico, nas localidades de Grumari e Barra de Guaratiba. Destacam-se também os alinhamentos isolados das serras do Cantagalo (254m) e da Paciência (202m), de direção WSW-ENE, que são prolongamentos do Maciço da Pedra Branca no interior da Baixada de Sepetiba.
1.2 Unidade Morfoescultural Maciços Alcalinos Intrusivos:	Compreende um conjunto de maciços montanhosos de rochas alcalinas geradas num período de atividade vulcânica entre o final do Cretáceo e o início do Terciário, decorrente da abertura do oceano Atlântico, que originaram corpos intrusivos no embasamento cristalino de idade pré-cambriana, compondo o alinhamento magmático de Cabo Frio, com direção aproximada WNW-ESE.
1.2.1 - Unidade Geomorfológica Maciço do Mendanha	Consiste num maciço montanhoso intrusivo isolado, com formato dômico, alongado na direção WSW-ENE, atingindo altitudes superiores a 800m (serra de Madureira – 940m). Delimita-se abruptamente com as baixadas fluviomarinhas e elevações isoladas. Apresenta cristas paralelas e padrão de drenagem dendrítico a retangular, condicionado pela rede de fraturamento. Atua como zona dispersora de águas entre a zona oeste do município do Rio de Janeiro e a Baixada Fluminense, alojando as nascentes de importantes tributários das bacias dos rios Guandu e Cabuçu, que drenam para a baía de Sepetiba. O Morro de Marapicu (620m) integra essa unidade e consiste numa intrusão de rochas alcalinas localizada um pouco a sudoeste do corpo intrusivo principal, apresentando uma perfeita morfologia de cone vulcânico preservando estruturas anelares. Essas estruturas também ocorrem no restante do maciço, porém são menos relevantes que as estruturas WSW-ENE, que controlam a direção das cristas e drenagens principais.

**Quadro 5.1-2 - Síntese dos domínios geomorfológicos da bacia da baía de Sepetiba na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Fonte: CPRM 2001.**

DOMÍNIO	DESCRIÇÃO
1.3 - Unidade Morfoescultural Escarpas Serranas:	Compreende um conjunto de escarpas montanhosas festonadas, fortemente alinhadas sob direção WSW-ENE, compostas pelas serras do Mar e da Mantiqueira. São resultantes do soerguimento e basculamento de blocos escalonados de direção WSW-ENE. Essa tectônica cenozóica originou, entre os blocos elevados, depressões tectônicas que se comportam como hemigrábens. As escarpas serranas apresentam, em geral, desnivelamentos extremamente elevados, por vezes, superiores a 2.000m com vertentes muito íngremes e rochosas. As configurações morfológicas dos escarpamentos são bastante diversificadas, causadas principalmente por condicionantes estruturais.
1.3.1 - Unidade Geomorfológica Escarpas das Serras da Bocaina, Mangaratiba e Mazomba	Imponente alinhamento serrano alçado por tectônica a mais de 1.000m de altitude. O escarpamento mergulha diretamente sobre as águas das baías da Ilha Grande e de Sepetiba por meio de costões rochosos, produzindo uma paisagem pontilhada de ilhas, cabos, sacos e enseadas que configuram o litoral sul fluminense. Esse escarpamento prolonga-se ininterruptamente desde a serra de Parati até a escarpa da serra do Mazomba, alcançando a baixada de Sepetiba. É um segmento da cadeia montanhosa da Serra do Mar, que prossegue, a oeste, no litoral norte do estado de São Paulo. A escarpa da Serra da Bocaina caracteriza-se como um relevo de transição entre os terrenos planos das exíguas baixadas flúvio-marinhas que ocupam as reentrâncias do litoral, recortado do sul fluminense e a zona colinosa a montanhosa do planalto da Bocaina. Rios de planalto descem vertiginosamente a escarpa em direção aos fundos de enseadas e embaixamentos da baía da Ilha Grande. As escarpas das serras de Mangaratiba (ou das Lajes) e do Mazomba consistem em um prolongamento leste da escarpa da Serra da Bocaina. Formam um relevo de transição entre a depressão interplanáltica do médio vale do rio Paraíba do Sul, onde se assentam os núcleos urbanos de Lídice e Rio Claro e o reservatório de Ribeirão das Lajes, e as exíguas baixadas flúvio-marinhas, situadas em reentrâncias das baías da Ilha Grande e de Sepetiba. A linha de cumeada do topo do escarpamento sustenta altitudes entre 1.200 e 1.400m, na serra de Mangaratiba, atingindo cotas superiores a 1.500m (Morro das Lajes – 1.692m), e em torno de 900 a 1.200m, entre o colo do rio do Saco e a porção terminal da serra do Mazomba. O rio Mazomba não desemboca diretamente no litoral, atravessando um grande trecho da baixada flúvio-marinha de Sepetiba. É caracterizado como um vale estrutural de direção W-E demonstrando um relativo controle estrutural no processo de dissecação diferencial da escarpa.

**Quadro 5.1-3 - Síntese dos domínios geomorfológicos da bacia da baía de Sepetiba - Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas. Fonte: CPRM 2001.**

DOMÍNIO	DESCRIÇÃO
2.1- Unidade Morfoescultural das Planícies Flúvio-Marinhas (Baixadas)	Compreende um conjunto de baixadas aluviais, planícies flúvio-marinhas e fluviolagunares, que preenchem extensas áreas deprimidas localizadas próximo ao litoral e também os baixos cursos dos principais canais que deságuam diretamente no oceano. São

DOMÍNIO	DESCRIÇÃO
	<p>caracterizadas por uma sedimentação de interface entre ambientes continentais e marinhos ou transicionais. Foram originadas pelas flutuações do nível relativo do mar desde o Pleistoceno Superior. Sua configuração atual é marcada por intensa sedimentação flúvio-marinha ou fluviolagunar resultante do período de regressão marinha subsequente ao máximo transgressivo holocênico. Nas baixadas do litoral sul fluminense e da baía de Sepetiba são definidas pelo sistema de relevo Planícies Colúvio-Alúvio-Marinhas, associadas ao sistema de relevo Planícies flúvio-marinhas. Delimitam-se bruscamente com as escarpas serranas e os maciços costeiros por meio de vertentes íngremes, sendo que os depósitos colúviais de tálus se interdigitam ou se sobrepõem com os depósitos aluviais. Caracterizam-se originalmente por terrenos mal a muito maldrenados, com padrão de canais meandantes a divagantes, porém, as sucessivas obras de aterros e retificação de canais tornaram viável a ocupação agrícola e urbana na maioria dessas baixadas.</p>
<p>2.1.1 - Unidade Geomorfológica Baixadas das baías da Guanabara e de Sepetiba</p>	<p>importantes áreas de acumulação flúvio-marinha que preenchem o recôncavo dessas baías. Ocupam uma depressão tectônica denominada Gráben da Guanabara, de idade correlata à das bacias tafrogênicas do médio vale do rio Paraíba do Sul, preenchidas por sedimentação recente, resultante de uma sucessão de eventos de regressão e transgressão do nível relativo do mar que modelaram sua morfologia original, posteriormente modificada pela intervenção humana. Na Baixada de Sepetiba destacam-se importantes unidades geomorfológicas como o maciços da Pedra Branca e o maciço intrusivo do Mendanha. A feição morfológica dominante é de extensas planícies colúvio-aluviais que, na medida em que se aproxima das escarpas serranas, são substituídas por um relevo de colinas e morros isolados por sedimentos fluviais ou rampas de colúvio, ou cortadas pelas planícies fluviais dos principais rios. Toda a rede de drenagem tributária da baía de Sepetiba tem suas nascentes situadas nas escarpas serranas ou, subordinadamente, nos maciços costeiros, destacando-se os rios Guandu, Santana e Mazomba, que drenam as escarpas das serras do Mazomba e das Araras; o rio São Pedro, que drena o maciço do Tinguá; e o rio Piraquê, que drena o maciço da Pedra Branca.</p>

#### 5.1.4.1.2 Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro Proposto por SILVA (2002)

A proposta de estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro, Silva (2002), Mapa 5.1-9, tomou como base a metodologia desenvolvida por Meis *et al.* (1982, *apud* Silva, 2002), que considera o conceito de bacias de drenagem como unidade básica para cálculo do desnivelamento altimétrico. O significado dessa noção, em termos práticos e conceituais, concebe que em bacias formadoras da rede de drenagem, o valor entre a cota superior e a inferior, antes de atingir a drenagem coletora, corresponde ao trabalho de dissecação do relevo efetuado pela atuação de agentes erosivos ao longo do tempo geológico. O índice de dissecação topográfica vai variar de acordo com a litologia e/ou com as diferentes histórias de movimentação

geológica, refletindo, no modelado, domínios de relevo distintos e que correspondem a ambientes de dinâmicas também diferenciadas. Segundo Silva, (2002), a identificação das feições morfológicas com base no cálculo do índice de dissecação topográfica, possibilita um maior detalhamento das unidades de relevo mapeadas, com uma maior precisão dos limites traçados.

Esse mapeamento definiu dois grandes domínios morfoestruturais no Estado do Rio de Janeiro: o Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico e o Domínio Morfoestrutural Depressões Tectônicas Cenozóicas. Ambos podem ser identificados na área da bacia da Baía de Sepetiba.

Dentro do Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico pode ser identificada, na área da bacia de Sepetiba, a Região do Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos, onde se encontra a Unidade de Terraços e Planícies Fluviais. Dentro do Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Mesozóica-Cenozóicas delimitam-se a Região do Rift da Guanabara, com as seguintes Unidades: Maciços Costeiros, Colinas e Morros, Depressão da Guanabara e Região dos Lagos e a Região de Terraços e Planícies Fluviais e/ou Flúvio-Marinhas.

O Planalto Atlântico é descrito como o trecho do relevo do Sudeste brasileiro que engloba um extenso planalto maturamente dissecado e desnivelado. Passa-se de uma costa recortada a uma região serrana que se apresenta na forma de escarpas abruptas e quase lineares, condicionada por linhas de falha ou, ainda, desfeita em formas de morros, também alinhados segundo recortes derivados da imposição estrutural.

Esse domínio encontra-se cortado pela alongada depressão do Gráben do Rio Paraíba do Sul de orientação NE-SW - limitada por falhamentos que correspondem às escarpas tectônicas da Serra da Mantiqueira a NNW e da Serra do Mar a SSE, preenchida, ainda, pelos sedimentos das bacias cenozóicas de São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda - e pelo Gráben da Guanabara de orientação E-W (Silva, 2002) (Quadro 5.1-4).

Dentro desses domínios, Silva (*op cit*) diferenciou diferentes feições de relevo agrupadas em Regiões Morfoestruturais. No Domínio das Depressões Tectônicas Cenozóicas foram delimitadas as Depressões Interplanálticas (do Médio Paraíba do Sul e do Pomba-Muriaé) e o Rift da Guanabara. Este último engloba a área de relevo deprimido que se estende desde a Baía de Sepetiba, a oeste, até a localidade de Barra de São João, a leste, fazendo parte do sistema de Riftes da Serra do Mar.

Riccomini & Francisco (1992, *apud* Silva 2002) estendem o modelo de evolução tectônica das bacias continentais do sudeste brasileiro (Taubaté, São Paulo, Resende e Volta Redonda) para o Gráben da Guanabara, englobando-o no Rift Continental do

Sudeste do Brasil (RCSB). Essa área é bordejada a norte pela Serra do Mar, que chega a alcançar 2.200m de altitude e pelos maciços litorâneos, ao sul, com altitudes médias de 1.000m.

Silva (2002) também diferenciou Unidades de Relevo de Terraços e Planícies Fluviais e/ou Flúvio-Marinhas, que se referem a feições de significativas extensões do terreno, relativamente planos, onde os processos de agradação superam os de degradação (Magalhães *et al.*, 1973; Guerra & Guerra, 1997, *apud* Silva, 2002).

**Quadro 5.1-4 - Domínios e Unidades Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro (SILVA, 2002), em destaque as unidades presentes na área da bacia de Sepetiba.**

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS	DESCRIÇÃO
Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico	Região do Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região do Planalto e Escarpas da Serra dos Orgãos Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região do Planalto e Escarpas do Norte Fluminense Unidade de terraços e planícies fluviais
Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Mesozóica-Cenozóicas	Região da Depressão Interplanáltica Médio Paraíba do Sul Unidade Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região do Rift da Guanabara Unidade Maciços Costeiros Unidade de Colinas e Morros
	Região da Depressão Interplanáltica Pomba-Muriaé Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região de Colinas e Morros do Leste Fluminense
	Região de Terraços e Planícies Fluviais e/ou Flúvio-Marinhas
	Região dos Tabuleiros Costeiros



---

### Mapa 5.1-8 - Geomorfologia (Domínios Morfoestruturais)

#### 5.1.4.1.3 Mapeamento Geomorfológico Proposto pelo ZEE (2009)

O mapeamento proposto pelo ZEE-RJ (Mapa 5.1-9) utilizou como base um modelo digital de elevação (MDE) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A classificação foi feita por meio de ferramentas de geoprocessamento.

A partir de um Modelo Digital de Elevação do Terreno (GRID), foi realizado um cálculo do desnivelamento topográfico, gerando-se um Mapa de Relevos. Com base na ferramenta *Zonal Stats* do *ARCGIS*, foram estabelecidos os desnivelamentos de cada polígono mapeado. Todos os polígonos com desnível superior a 300m foram classificados como pertencente aos domínios montanhosos ou de maciços isolados, enquanto aqueles com desnivelamentos inferiores a 300m foram interpretados e reclassificados como domínios colinosos. Segundo o relatório, o Mapa de Domínios Geomorfológicos foi realizado mediante a superposição das classes de relevos com a agregação das categorias existentes no Mapa Geológico publicado pela CPRM (2001). As classes identificadas representam processos funcionais geomorfológicos dos diferentes domínios.

- Domínio I (montanhoso/escarpas/desnivelamento > 300m);
- Domínio II (morros elevados/inselbergs/desnivelamento > 300m);
- Domínio III (maciços costeiros/desnivelamento > 300m);
- Domínio IV (colinas/desnivelamento < 300m);
- Domínio V (planícies fluviais/declividades < 5°);
- Domínio VI (planícies flúvio-marinhas/declividades < 5°);
- Dunas, cordões arenosos e restingas;
- Corpos d'água.



---

**Mapa 5.1-9 – Geomorfologia (Domínios Geomorfológicos).**

#### 5.1.4.1.4 Geomorfologia da Sub-Bacia Mazomba-Cação

A bacia de drenagem do Rio Mazomba é constituída predominantemente no curso superior e afluentes por escarpas serranas. A segunda unidade, em área, são as planícies aluvionares do curso médio e baixo do Rio Mazomba. E, finalmente, contornando a face norte da Baía de Sepetiba, ocorrem sedimentos flúvio-marinhos se estendendo pelo manguezal até a Ilha da Madeira. Ocorre, ainda, uma unidade de colinas isoladas, com solos espessos envolvidas por aluviões (Mapa 5.1-10).

#### 5.1.4.1.5 Geomorfologia da Ilha da Madeira

A Ilha da Madeira é constituída quase que totalmente pela unidade geomorfológica dos Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais. Essa unidade alcança altitudes de até 219 metros na parte sul da ilha, vertentes amplas e fortemente inclinadas, drenagens com declividade acentuada formando talvegues dissecados e vales encaixados. Outras unidades que ocorrem por domínio de área são os manguezais, ao norte da ilha entre o continente e os terrenos flúvio-marinhos adjacentes; aterros ocupam o entorno da ilha constituindo uma faixa marginal, principalmente ao norte, provocada pela expansão urbana e, ao sul, provocada pela expansão do Porto de Itaguaí. Na região do estaleiro, um amplo anfiteatro, originalmente em aluvião, foi colmatado por aterro (Mapa 5.1-11).

### 5.1.4.2 Geomorfologia da Área de Influência Direta

#### 5.1.4.2.1 Caracterização Geomorfológica, Hidrográfica e Pedológica

Segundo mapeamento do ZEE (2008), geomorfologicamente, a Ilha da Madeira insere-se na unidade dos domínios colinosos, e o seu entorno na unidade das planícies costeiras flúvio-marinhas. Pela caracterização da CPRM (2001) a ilha insere-se no sistema de relevos de degradação na baixada, fazendo parte da unidade de "Alinhamentos Serranos Isolados" e "Pães-de-Açúcar", sendo descrita como uma forma de relevo residual, com vertentes retilíneas a côncavas e escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha, remanescentes do afogamento generalizado do relevo produzido pela sedimentação flúvio-marinha que caracteriza as baixadas litorâneas; enquanto seu entorno insere-se no sistema de agradação de relevos, fazendo parte da unidade Planícies Flúvio-Marinhas (terrenos argilosos orgânicos de fundo de baías ou enseadas, ou deltas dominados por maré), caracterizando-se por superfícies planas,

de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos. Caracterizando-se como terrenos muito mal drenados com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo de marés (vide item referente à AII).

Com a análise, por geoprocessamento (ArcGis 9.2), do mosaico de imagens *Quickbird* com pontos cotados e curvas de nível da área, associada a foto-interpretação (aerofotos PROSPEC DE 1988, FUNDREM de 1976 e USAF de 1965), investigações de campo e outros mapeamentos temáticos afins, foi possível elaborar os seguintes mapeamentos da AID.

- Mapeamento geomorfológico em escala 1:10.000;
- Segmentação geométrica dos setores de encostas em escala 1:10.000;
- Declividade em escala 1:10.000;
- Delimitação das bacias de zero ordem em escala 1:10.000;
- Crênulas das cabeceiras de drenagem em escala 1:10.000;
- Atualização expedita do esboço pedológico traçado pelo Macroplano (SEMADS, 1998) em escala 1:50.000.

#### 5.1.4.2.1.1 Mapeamento Geomorfológico em detalhe (1:10.000)

No mapeamento das feições geomorfológicas (Mapa 5.1-10) pode-se identificar, dentro da ADA, sistemas de relevo agradacionais (planícies costeiras e flúvio-marinhas) e sistemas de relevo degradacionais (encostas), que podem ser individualizados em unidades menores.

##### 5.1.4.2.1.1.1 Sistema de Relevo Agradacionais

Foi subdividido em duas unidades: planícies costeiras e planícies flúvio-marinhas.

As unidades de planícies costeiras são em sua maioria do tipo praias em terraços, na maior parte, descaracterizadas por aterros (áreas portuárias) e urbanização (enrocamento de vias públicas ou edificações).

As praias remanescentes restringem-se, na face sudoeste, a pequenas enseadas de areias escurecidas localizadas na área prevista para as instalações portuárias da Marinha (Praia do Frazão e Praia do Inglês); e pequenas enseadas cortadas por encostas abruptas dentro de propriedades particulares (Praia do Porto Velho).

Na face oeste, encontram-se as praias mais extensas (Praia do Limão e Praia de Fora) (Figura 5.1-127), localizadas na área urbana central da ilha, que se assentou,

em parte sobre a uma pequena planície costeira. Ao redor dessa elevação também podem ser identificadas estreitas praias já bastante descaracterizadas, que se estendem para o norte até a área remanescente da Praia do Saco de Dentro.



**Figura 5.1-127 - Praia de Fora, na área urbana central.**



**Figura 5.1-128 - Praia do Saco de Dentro, com enrocamento e canalizações de águas servidas e água pluviais.**



**Mapa 5.1-10 – Geomorfologia (AID do Meio Físico).**



---

**Mapa 5.1-11 – Geomorfologia (Ilha da Madeira).**

As planícies flúvio-marinhas dominam os setores leste e nordeste, como extensas planícies colonizadas por manguezais, que podem ser encontrados ao norte (no saco da Coroa Grande) e ao leste (mangue da área portuária), além de uma pequena área de brejo (no entorno da lagoa de decantação da Ingá).

Os manguezais que dominam o fundo do saco da Coroa Grande vêm propagando aceleradamente a linha de costa, como resultado da alta carga sedimentar que chega pelo canal do Cação e pelos drenos das áreas de extração da Ingá (Figura 5.1-129 e Figura 5.1-130).

Até a década de 30, esse canal recebia o deságüe de um pequeníssimo rio, o Monjolo, e do canal de maré então denominado Rio do Estreito. A partir da década de 40, com as obras de saneamento, o Cação passou a ter um aporte adicional do Rio Mazomba (que antes contribuía para o Rio Itaguaí), atualmente carreando para o mar um volume de sedimentos de aproximadamente 16 mil toneladas anuais (Semads, 2001).

Partindo da linha de contorno retirada da carta batimétrica de 1935 (carta DHN 1610), sobreposta à imagem *Quickbird* de 2008, obteve-se um cálculo de avanço da linha de costa de mais de 600 metros lineares adentro da enseada, assoreando uma área de 847.632m<sup>2</sup>, que vem sendo colonizada por manguezais, que já dominam antigas praias como a Praia do Capitão, Praia da Mariquita (ambas atualmente aterradas) e parte da Praia do Saco de Dentro.

Ao leste, na área portuária, os mangues colonizaram a parte remanescente do Saco do Engenho, que foi parcialmente aterrado na década de 70, sendo incorporado aos pátios de manobra do Porto de Itaguaí (pátios de estocagem da CSN), que tomou aproximadamente 80% de sua área original, restando hoje pouco mais que um canal de maré que recebe águas do escoamento superficial das áreas adjacentes, inclusive das pilhas de rejeitos de mineração da Ingá, que se mantêm ali, sem tratamento, desde 1998, quando as atividades da empresa foram interditadas. Além desse material, também chegam à baía as águas que drenam as áreas de manobra do porto, incluindo pátios de estocagem de minérios e carvão (Figura 5.1-131 e Figura 5.1-132).



**Figura 5.1-129 - Foz do Cação vista da Praia do Saco de Dentro**



**Figura 5.1-130 - Mangue colonizando a frente das praias da mariquita e do capitão visto da Praia do Saco de Dentro.**



**Figura 5.1-131 - Mangue dentro do complexo Portuário (área do antigo Saco do Engenho).**



**Figura 5.1-132 - Mangue dentro do complexo Portuário, no detalhe manilha de dreno do canal que passa ao atrás do pátio da CSN.**

Ainda nessa unidade, podem ser identificados um pequeno brejal localizado no entorno do lago de decantação dos rejeitos da Ingá, que tem canais conectados tanto para o manguezal do porto, quanto para o manguezal do Cação (Figura 5.1-133); uma planície flúvio-marinha com mangues e apicuns degradados (nordeste), áreas de aterro (retroárea do complexo portuário e área da Ingá).



**Figura 5.1-133 - Dreno do lago de decantação da Ingá: na foto A lago, na foto B saída do dreno; na foto C sentido da canalização sob a estrada de acesso à Ingá e à Ilha da Madeira; na foto D canalização do outro lado da estrada, e na foto E o deságue no mangue do Cação.**

#### 5.1.4.2.2 Caracterização Topográfica e Levantamento Planialtimétrico da ADA

Foi realizado o levantamento planialtimétrico da ADA envolvendo a estrada de acessos, os emboques do túnel e a praia do Inglês. Este levantamento foi realizado na escala 1:1.000 e é apresentado no Mapa 5.1-12 até o Mapa 5.1-21.

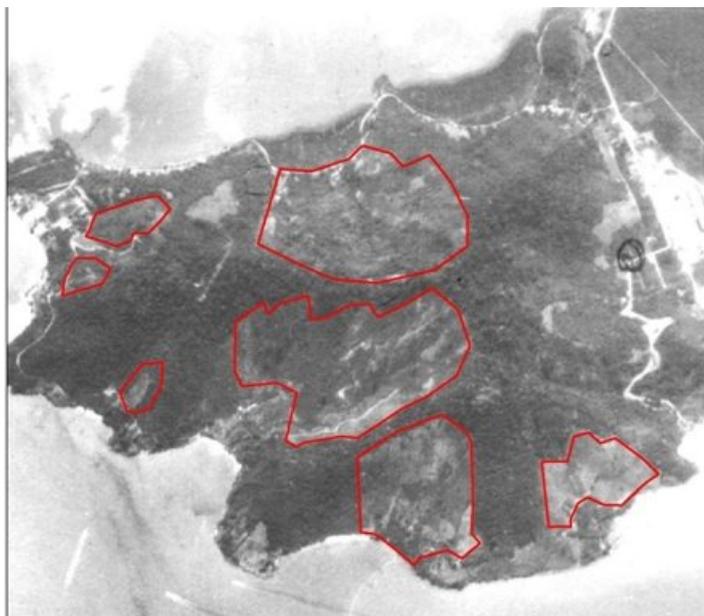
As áreas norte e sul apresentam declividades inferiores a 5%, podendo ser considerada como área plana. Os emboques norte e sul do túnel apresentam declividades entre 30 e 40%.

#### 5.1.4.2.3 Sistemas de Relevo Degradacionais

As formas degradacionais (ou denudacionais) podem ser associadas às formas de topos que, na Ilha da Madeira podem ser classificados predominantemente como topos arredondados associados a formas de vertentes (encostas de menor declividade), e escarpamentos (maior declividade) que podem ser melhor observados através do mapa de declividade (Mapa 5.1-23).

Foram ainda demarcadas grandes feições de cicatrizes erosivas de movimentos de massa ocorridos na década de 60, identificados nas aerofotos da USAF de 1965 (Figura 5.1-134). Essas cicatrizes, que sugerem principalmente escorregamentos rotacionais nas áreas maiores e deslizamentos nas áreas menores, atualmente já se encontram recobertas por Mata Atlântica secundária, e podem ser observadas nas vertentes norte, oeste, sudoeste e norte. Além dessas, foram observadas cicatrizes erosivas em encostas que hoje são áreas de empréstimo (vertentes nordestes da área portuária), áreas de mineração (extração da Ingá e pedreira na área portuária), pequenas manchas de clareiras associadas a desmatamentos locais (vertentes oeste e norte), além de um colúvio pedogeneizado, cortado em patamares, localizado entre a encosta e um aterro, na área do antigo cais (Praia do Inglês).

O mapa de declividade evidencia a existência de encostas escarpadas, que se associam a paredões rochosos, áreas de cicatrizes erosivas e áreas antropizadas (principalmente áreas de mineração) (Mapa 5.1-22).



**Figura 5.1-134 - Cicatrizes de movimentos de massa demarcados sobre aerofoto.**

**Fonte: USAF de 1965.**

#### 5.1.4.2.4 Segmentação Geométrica dos Setores de Encostas e Carta de Vulnerabilidade de Processos Erosivos

Numa escala de maior detalhamento as vertentes foram segmentadas em função de sua geometria em planta e perfil (Mapa 5.1-23).

A identificação de plano e perfil de curvatura de relevo (segmentação geométrica dos setores de encosta) é um instrumento de suporte para a compreensão da dinâmica da paisagem. A identificação dos padrões de curvatura em planta (horizontal) e perfil (vertical) e suas combinações (planta X perfil) permitem identificar o direcionamento dos fluxos de água e energia que controlam os processos de redistribuição de material nas vertentes.

A curvatura em planta refere-se ao caráter divergente/convergente (convexo/côncavo) dos fluxos, enquanto a curvatura em perfil refere-se aos processos de migração (segmentos convexo) e acúmulo (segmentos côncavos) de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, causados pela gravidade (Valeriano, 2008).

Na classificação adotada neste mapeamento, utilizou-se para as curvaturas horizontais a seguinte nomenclatura: côncavo para as curvaturas convergentes, retilíneo para as planares e convexo para as divergentes. Quando associadas ao uso do solo, declividades, hidrologia, geologia e tipo de solo da área auxiliam no entendimento da susceptibilidade destas encostas a deslizamentos e desmoronamentos.





### Mapa 5.1-12 - Planta Topográfica Articulação 1



---

**Mapa 5.1-13 – Planta Topográfica Articulação 2**



### Mapa 5.1-14 – Planialtimetria Área Sul Articulação 1



## Mapa 5.1-15 – Planialtimetria Área Sul Articulação 2



### Mapa 5.1-16 - Planialtimetria Área Sul Articulação 3



### Mapa 5.1-17 - Planialtimetria Área Sul Articulação 4



### Mapa 5.1-18 - Planialtimetria Área Norte Articulação 1



## Mapa 5.1-19 - Planialtimetria Área Norte Articulação 2



### Mapa 5.1-20 - Planialtimetria Área Norte Articulação 3



#### Mapa 5.1-21 - Planialtimetria Área Norte Articulação 4



### Mapa 5.1-22 – Mapa de Declividade



---

**Mapa 5.1-23 – Geomorfologia de Segmento de Relevô**

## 5.1.5 RECURSOS HÍDRICOS

### 5.1.5.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba

O limite da bacia é dado pela linha que une as cumeadas das serras que compõem o maciço da Pedra Branca, iniciando no morro de Guaratiba, seu limite à sudeste, seguindo a serra Geral de Guaratiba, serra do rio da Prata, serra da Pedra Branca, do Viegas e do Lameirão. A partir da serra do Lameirão a linha divisória vai cortando a baixada, na altura de Santíssimo, pelos topos dos morros residuais (pequenas elevações de formas arredondadas muito comuns na Baixada) até a Serra do Quitungo, seguindo pela serra do Mendanha e serra de Madureira, todas pertencentes ao maciço do Gericinó-Mendanha. Da serra de Madureira, o limite leste da bacia é delimitado pela linha imaginária que torna a cortar a Baixada, na altura de Nova Iguaçu, sendo traçada mais uma vez pelos topos dos morrotes até a serra do Tinguá, seguindo pelas cumeadas das serras do Macuco e do Couto (expressões locais da serra do Mar).

Toda essa linha imaginária, que começa no morro de Guaratiba, marca o limite leste da bacia de drenagem, ou seja, a partir dessa linha os rios a oeste drenam para a baía de Sepetiba, enquanto os do leste vão para a baía da Guanabara. Este limite pode ser um pouco impreciso nas baixadas, porque as constantes obras de saneamento transformam e redirecionam as drenagens locais tornando a delimitação um pouco mais confusa.

A partir da serra do Couto, na altura do município de Miguel Pereira, a linha divisória da bacia inflete abruptamente para sudoeste, seguindo pelas cumeadas das serras do Pau Ferro, Paracambi e do Batista (expressões locais da serra das Araras/ serra do Mar), delimitando o divisor Norte até a altura do município de Piraí.

Nesse trecho da serra das Araras, a operação do complexo de Lajes criou uma situação anômala que resultou em importantes repercussões para a dinâmica da baía de Sepetiba. O reservatório é alimentado por águas do rio Piraí e do rio Paraíba do Sul, pertencentes à bacia do Paraíba do Sul, e através de adutoras artificiais extravasa suas águas para o ribeirão das Lajes, formador do rio Guandu, principal rio da bacia de Sepetiba, o que levou a um aumento considerável de sua vazão natural. Com isso, a delimitação necessária para o fechamento da bacia torna-se bastante complicada, convencendo-se o divisor oeste a partir da mesma linha divisória anterior à construção da represa. Essa linha vai coincidir, a partir da localidade de Ponte Coberta, em Piraí, com a divisa dos municípios de Piraí e Itaguaí, descendo na direção sul pelas Serras do Caranguejo, do Matoso, do Itaguassu, da Mazomba, e de

Itacuruçá (expres-sões locais da Serra do Mar, no trecho em que ela inflete para o litoral) e pro fim, no extremo sul do município de Itaguaí, para a Ilha de Itacuruçá.

Assim, além dessa área, que compreende a bacia natural de drenagem à baía de Sepetiba, designada no Macroplano da Região (Semads, 1997) como Área I - ou Zona Fluvial 1 (Semads, 2001), integram artificialmente o sistema hídrico da região duas outras áreas (Áreas ou Zonas Fluviais II e III) de contribuição, representadas pela sub-bacia do rio Piraí, que teve seu curso invertido por meio de barramento, e a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante da barragem de Santa Cecília.

Segundo o Macroplano, estas áreas integram a bacia pela interdependência estratégica, no contexto da qualidade e quantidade dos recursos hídricos da bacia de Sepetiba, determinada pela transposição de águas que servem ao Complexo Serra das Araras Light/SESA, de aproveitamento hidroelétrico, e do aporte hídrico ao sistema Guandu, principal manancial de abastecimento de água à população metropolitana do Rio de Janeiro. Além disso, a importação dessas águas repercutiu em alterações drásticas no equilíbrio da drenagem, com reflexos na bacia do Guandu e no espelho d'água da Baía.

Bacia compreende parcial ou integralmente a área de 12 municípios, dos quais estão inscritos 24 distritos:

- a totalidade do município de Itaguaí (com os distritos de Coroa Grande, Sero-pédica, Ibituporanga e o distrito-sede de Itaguaí);
- a totalidade dos municípios de Japeri; Queimados; e Paracambi;
- Eng.Paulo de Frontin: o distrito-sede de Paulo de Frontin e a porção sul do distrito de Sacra Família do Tinguá;
- Mangaratiba: os distritos de Vila Muriqui e Itacuruçá, e uma parcela pequena do distrito-sede de Mangaratiba;
- Miguel Pereira: os distritos de Conrado e Governador Portela, além de grande parte do distrito-sede de Miguel Pereira;
- Nova Iguaçu: menos da metade do distrito de Cava e cerca da metade do distrito-sede de Nova Iguaçu;
- Piraí: o distrito de Monumento e uma faixa estreita do distrito-sede de Piraí;
- Rio de Janeiro: as Regiões Administrativas de Campo Grande, Santa Cruz e Guaratiba;
- Rio Claro: uma faixa muito estreita do distrito de S.João Marco;

- Vassouras: uma parcela pequena ao sul do distrito de São Sebastião dos Fer-reiros.

A Bacia Hidrográfica é constituída principalmente pelas bacias dos rios Mazomba, Guarda/Itaguaí, São Francisco/Guandu e Piraquê/Cabuçu, além de outros rios e canais menores que deságuam diretamente na baía de Sepetiba. Os principais núcleos urbanos são as cidades de Queimados, Itaguaí, Seropédica e Mangaratiba e parte da Zona Oeste do Rio de Janeiro.

Para permitir a administração das sub-bacias a Semads (2001) delimitou as unidades de planejamento apresentadas no Quadro 5.1-5.

Dentro da bacia, as cotas altimétricas variam de 0 a 1.800 metros, sendo o ponto culminante na Serra do Couto. O uso predominante do solo é florestal (50%), de formações herbáceas (30%), e as áreas urbanas ocupam 6% da área total.

Segundo o ZEE, a área está sujeita a uma série de desastres ambientais (alagamento, escorregamento, vendaval, tromba d'água, inundação, etc.).

**Quadro 5.1-5 - Quantidade de Sedimentos Transportados por Unidades de Planejamento da Macrorregião Ambiental 2: Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba, segundo SEMADS (2001).**

SIGLA	DESIGNAÇÃO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	Quantidade de Sedimentos Transportados (1.000t/ano)	QST / ÁREA (t/ano/km <sup>2</sup> )
UP1	Litoral Oeste	312	137	439
UP2	Mazomba	96	16	167
UP3	Guarda	338	73	216
UP4	Guandu	1.395	862	618
UP5	Guandu-Mirim	180	31	172
UP6	Cação Vermelho	70	8	114
UP7	Sepetiba	54	5	93
UP8	Cabuçu-Piraquê	105	12	114CPRM (2001)
UP9	Guaratiba	67	6	90
UPE	Restinga da Marambaia e Ilhas	S/R	S/R	S/R
<b>TOTAIS</b>		2.617	1.150	439

S/R = Sem Referência

### 5.1.5.2 Caracterização Hidrográfica das Sub-Bacias da Área de Influência Direta e da Área Diretamente Afetada

Espremida entre o mar e as escarpas da serra do Mar, o trecho da Baixada de Itaguaí inscrito na AII localiza-se numa região onde se registram altos índices de pluviosidade,

sobretudo nos meses de verão. Essa situação geográfica faz com que os rios apresentem regime hidrológico bastante instável, com variações de vazões de cheias características de rios de montanha, com bacias curtas, gerando respostas quase imediatas na baixada, resultando em freqüentes inundações.

Uma camada de argila impermeável, resultante da deposição de sedimentos finos a partir da acumulação de água nas depressões, cobre toda a área e é responsável pelas cheias e pela “insalubridade” da baixada. As áreas alagadas, que historicamente criaram sempre diversas dificuldades para o uso e a ocupação da área, vêm sendo sistematicamente dessecadas desde o século XVI, devido ao aterramento e ao rebaixamento do lençol e canalização e retificação da rede hidrográfica. Essas obras, embora permitam o uso das terras da baixada, exigem um esforço constante de dragagens, desobstruções e manutenção de comportas, o que nem sempre ocorre, resultando em graves inundações na época das chuvas, que tendem a ser potencialmente agravadas quando os eventos chuvosos coincidem com as marés cheias e/ou sizígias.

#### 5.1.5.2.1 Bacia do Rio Mazomba-Cação

A bacia do rio Mazomba-Cação é identificada como Unidade de Planejamento 2 (UP2), que, juntamente com a bacia do rio da Guarda (UP3), constituem a Região Hidrográfica de Itaguaí (Semads, 2001).

A UP2 localiza-se integralmente dentro do município de Itaguaí, sendo cortada pelas BR-101 e RJ-109 (em construção).

No passado, o Mazomba era o principal formador do rio da Guarda ou Itaguaí. O Mazomba, com o nome de rio Teixeira, alimentava, em conjunto com outros rios, os extensos banhados das baixadas da bacia do rio Itaguaí.



---

**Mapa 5.1-24 – Sistema Hidrográfico.**

Na época das grandes chuvas as águas do Mazomba, no início da baixada, formavam um grande alagadiço. Durante as cheias havia extravasamento para um banhado adjacente formado pelo baixo curso do rio Cação, cujas nascentes se situam na serra do Leandro, defronte à Ilha da Madeira. O rio Cação, por sua vez, desembocava diretamente na Baía de Sepetiba. Constatando esse fato, o DNOS construiu em 1941 o Canal da Arapucaia, derivando as águas do rio Mazomba para o rio Cação.

O rio Mazomba e seus afluentes foram também por essa época todos dragados. Com a construção do canal Arapucaia, o Mazomba deixou de ser a nascente principal do rio da Guarda, passando a constituir um rio isolado, o Mazomba-Cação.

Atualmente, depois de muitas intervenções, a bacia do rio Mazomba-Cação abrange cerca de 96km<sup>2</sup>, sendo delimitada pelas serras do Gado, Itaguassu, Mazomba, Pacheco e Leandro, entre cotas altimétricas de 80 a 1.200m, que são maiores a oeste. Confronta-se a leste com a bacia do rio Itaguaí e a oeste com bacias da região hidrográfica do Litoral Oeste. Seus principais afluentes são os rios Mazombinha, Pouso Frio e Mandí.

O rio Mazomba nasce há 1.080 metros, na serra da Mazomba, e se desenvolve por cerca de 26 quilômetros. Passa a ser denominado de rio Cação à montante de seu desvio pela margem esquerda, onde tem início o canal de Arapucaia ou do Martins. No seu trajeto, banha as localidades de Mazomba, Mazombinha e a cidade de Itaguaí.

Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, o rio Santa Rita-Pouso Frio e os canais Mandí e Guarda Grande, e pela margem direita, os rios Mazombinha e Preto ou Teixeira.

O alto curso do rio Mazomba é caracterizado por leito rochoso com diversos matacões e areia. As margens são taludes íngremes, com poucas árvores, estando em sua maior parte desprotegidas. Muitas residências também se estabeleceram às suas margens. A água é clara, com presença de lixo, mas fica turva após as chuvas. Provavelmente recebe esgoto diretamente, bem como efluentes de fossas.

No trecho superior há uma captação da CEDAE, que dispõe de uma pequena barragem com descarga de fundo. Observou-se, em visita ao local, que a bacia à montante da captação é ocupada em algumas áreas, causando problemas de turvação da água devido à contribuição de sedimentos. O acesso em busca de lazer para montante da captação é impedido pela CEDAE.

À jusante desse local, o rio é muito freqüentado para lazer, pois tem muitos atrativos como poços e pequenas quedas. Um estabelecimento hoteleiro construiu três barragens no rio Mazomba, com descarregadores de fundo, para propiciar a

exploração turística.

O leito do rio Mazomba na parte inicial do baixo curso é largo e extremamente raso, com grande quantidade de sedimentos na calha. Pouco depois, o rio Mazomba passa a ter um leito mais aprofundado e com largura menor. Com essa configuração, atravessa a porção oeste da área urbana de Itaguaí, apresentando margens planas com capim, bananas, residências e deposição de lixo. O rio passa a receber, nesse trecho, maior contribuição de esgoto. O rio segue seu curso atravessando uma área de pasto e logo adiante verte suas águas em dois canais. O primeiro é denominado de rio Cação e o segundo de canal Arapucaia. O fluxo do rio segue pelo Cação até desaguar em um manguezal situado na face oeste da Ilha da Madeira. O canal do Arapucaia, com dois quilômetros e situado à esquerda, aparentemente está todo obstruído e não atua mais como extravasor de águas. Esse canal tem sua foz nas imediações do Porto de Sepetiba.

Próximo à foz do rio Cação encontra-se instalada a Ingá Mercantil, que é a indústria com maior passivo ambiental de toda a bacia. O baixo curso do rio Mazomba-Cação tem problemas de estrangulamento de fluxo, o que vem provocando enchentes. A influência da maré no rio Cação se faz sentir até um quilômetro à jusante do cruzamento com a BR 101, localizada a cerca de oito quilômetros à montante da baía.

O período de águas altas vai de dezembro a março, sendo que as maiores vazões ocorrem com maior frequência no mês de janeiro. O período de águas baixas vai de junho a setembro, com as vazões mínimas ocorrendo mais frequentemente no mês de julho. As descargas, em geral, acompanham os índices de precipitação. Como rios que desembocam na baía, os canais do Mazomba e do Cação estão sujeitos à ação das marés, que influencia o escoamento e a penetração da cunha salina, que elevados teores de cloretos e oxigênio e permite que os manguezais se instalem às suas margens.

Segundo relatório Semads (2001) até o ano de 2001 não havia estações de monitoramento da qualidade da água na bacia, ou estações fluviométricas e/ou pluviométricas. Segundo dados desse mesmo relatório, o aporte global de sedimentos à baía de Sepetiba pode ser estimado em 1.150.000t/ano, dos quais apenas 1,4% são oriundos da bacia do Mazomba-Cação.

#### 5.1.5.2.2 Hidrografia da AID

Hidrograficamente a Ilha da Madeira apresenta-se como um conjunto de microbacias, ou bacias de zero ordem, nenhuma delas chegando a formar uma rede de drenagem organizada. A partir de fotointerpretação (aerofoto Fundrem, 1976, Escala 1:10.000)

superposta a imagem *Quickbird* 2008 (com curvas de nível em intervalos de 5 metros), foi possível a individualização de unidades morfológicas, identificando-se 18 unidades.

As unidades 1, 2, 4, 8 e 17 não apresentam lineamentos de drenagem identificáveis e não podem ser morfologicamente classificadas como bacias, uma vez que os padrões de formas geométricas de suas vertentes evidenciam tratar-se de setores de encosta independentes, com fluxos pluviais não convergentes (escoamento superficial não concentrado), conforme pode ser observado no mapeamento de segmentos geométricos de vertentes em planta e perfil (Figura 5.1-135).

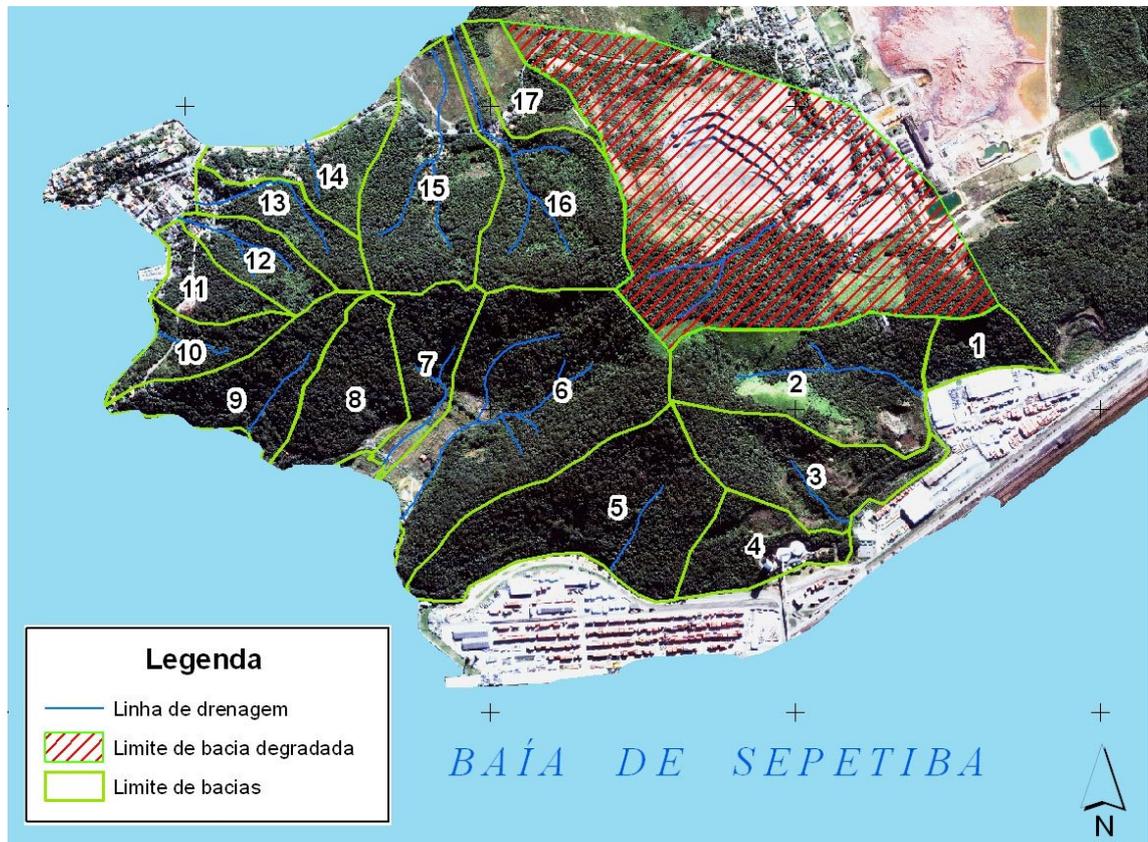


Figura 5.1-135 – Microbacias da Ilha da Madeira.

Na bacia 8, pode-se observar uma mina d'água, exfiltrando em rocha, escorrendo por uma canaleta de dreno da estrada e depois dispersando-se pela estrada, o que pode explicar a falta de linhas de drenagem, tanto pela penetração da água por fraturamento do substrato, quanto, por tratar-se de um trecho de rocha aflorante e segmentos geométricos caracteristicamente RxR, CCxR e CXxR, indicativos de fluxo disperso (não concentrado).



**Figura 5.1-136 – Afloramento de água na bacia 8, vista no corte da estrada José Miranda Oliveira (A). O escoamento da drenagem é desviado para uma vala (B) e dispersando-se pela estrada (C).**

A unidade 18, por sua vez, revelou linhas de drenagem por fotointerpretação (aerofoto Fundren, 1976), mas atualmente encontra-se intensamente modificada pelas atividades de extração da Ingá, com linhas de dreno indefiníveis, sendo por isso denominada como “unidade degradada”. A Figura 5.1-14 mostra as unidades morfológicas sem linha de drenagem.

**Tabela 5.1-16- Unidades mapeadas que morfológicamente ou funcionalmente não podem ser caracterizadas como bacias de drenagem.**

UNIDADE	PERÍMETRO km	ÁREA km <sup>2</sup>	DRENAGEM	D/d
1	1,08	0,05	0,0000	0,00
2	2,18	0,23	0,0000	0,00
4	1,39	0,09	0,0000	0,00
8	1,58	0,12	0,0000	0,00
11	1,24	0,06	0,0000	0,00
17	1,36	0,06	0,0000	0,00

Apenas as unidades 3, 5, 6, 7 e as unidades de 9 a 17 inserem-se na categoria bacias de zero ordem (ou cabeceiras de drenagem). Nos trabalhos de campo, pôde-se identificar em algumas dessas bacias apenas alguns fluxos de exfiltração, afloramentos de água em fraturas de rocha e feições de linhas de drenagem secas, não tendo sido observado nenhum fluxo originando redes de drenagem organizadas ou dando origem a existência atual de um fluxo de primeira ordem de água perene desembocando nas planícies flúvio-marinhas ou costeiras.

Constatou-se, também, que a maior parte das águas de nascentes é captada para uso doméstico, comercial, industrial e portuário, e a inexistência de estação de tratamento de esgotos leva a crer que as águas do esgotamento sejam despejadas em fossas sépticas e/ou canalizadas por tubulações diretamente nas praias, como se pôde observar na bacia 14 (vista da praia do Saco de Dentro) (Figura 5.1-137 e Figura 5.1-138).

#### 5.1.5.2.3 Densidade de Drenagem

O cálculo da densidade de drenagem, obtido através da relação entre o comprimento total dos canais e linhas de drenagem com a área da bacia ( $Dd = d/A$ ) é um indicador importante da eficiência da drenagem, mantendo uma relação inversa com a extensão do escoamento superficial, ou seja, quanto maior a eficiência, menor a extensão do escoamento superficial. Essa relação pode ser interpretada a partir dos parâmetros propostos por Florenzano (2008), conforme apresentado na Tabela 5.1-17.

**Tabela 5.1-17 - Parâmetros de Eficiência de drenagem (segundo Florenzano, 2008)**

Densidade de Drenagem	
Índice	Eficiência
< 0,5	muito baixa
0,5 a 3 Km / Km <sup>2</sup>	baixa
3,0 a 7,5 km / km <sup>2</sup>	média
7,5 a 20 km / km <sup>2</sup>	alta
>> 20 km / km <sup>2</sup>	muito alta



Figura 5.1-137 - Sistema de captação de águas de nascentes na Praia do Saco de Dentro.



Figura 5.1-138 - Canalização de águas servidas para a Praia do Saco de Dentro, localizada do outro lado da estrada.

Os cálculos de densidade de D/d foram efetuados para cada unidade (Tabela 5.1-18).

Tabela 5.1-18 - Densidade de drenagem por bacia delimitada.

BACIA	PERÍMETRO km	ÁREA km <sup>2</sup>	DRENAGEM km	D/d km/km <sup>2</sup>
3	2,04	0,15	0,2606	1,69
5	2,56	0,27	0,3040	1,14
6	2,85	0,37	1,4982	4,02
7	1,75	0,09	0,5297	5,87
9	2,18	0,13	0,2998	2,35
10	1,51	0,07	0,2274	3,45
12	1,18	0,07	0,5087	7,76
13	1,49	0,08	0,5292	6,87
14	1,81	0,10	0,2244	2,32
15	1,98	0,21	0,9209	4,32
16	2,43	0,20	0,8310	4,14

As bacias 3, 5, 9 e 14 apresentam indicadores de baixa eficiência de drenagem, ou seja, possuem uma resposta às chuvas de rápido escoamento superficial, o que pode ser explicado pela alta declividade das encostas, solos pouco profundos apoiados em

substrato geológico bastante fraturado, favorecendo o rápido encharcamento dos solos e a rápida formação de escoamento pluvial superficial e de fluxos subsuperficiais (gerados pela anisotropia na interface solo/rocha) que podem favorecer o deslocamento do material superficial encharcado sendo suscetíveis a movimentos de massa nos eventos de maior intensidade. Fora dos eventos chuvosos, ocorrem eventuais pontos de exfiltração com afloramento de água geradas pelo lento movimento das águas infiltradas na rede de fraturamentos das rochas do substrato. Todas essas bacias apresentam cicatrizes erosivas sugestivas de deslizamentos. À exceção da bacia 3, localizada dentro da área portuária, que foi área de empréstimo provavelmente para o aterro do porto, e que hoje apresenta uma cicatriz ainda profunda, todas as demais estão bem revegetadas.



**Figura 5.1-139 - Área de empréstimo dentro do complexo portuário, inserida na bacia 3, onde identificou-se cicatrizes de escorregamentos através de fotointerpretação (aerofoto USAF, 65).**

As bacias 6, 7, 13, 15 e 16 são classificadas como de média eficiência. A bacia 6 é a maior bacia em área e também aquela que apresenta maior comprimento de linhas de drenagem, com anfiteatro amplo, predominantemente CC x CC nos setores mais altos da encosta, que também apresentam uma declividade moderada, o que favorece a infiltração da água e a formação de lençol. Nessa bacia foi observada uma das maiores cicatrizes erosivas, o que, associando-se à grande antropização do hollow (onde se observou um espesso colúvio), pode explicar a inexistência atual de uma drenagem perene organizada. Ali se observam escoamentos de nascentes captados

por uma bomba hidráulica, e um fluxo excedente que não flui diretamente para a praia, infiltrando-se no baixio e encharcando o solo.

A bacia 7, adjacente à bacia 6, tem comportamento semelhante ao desta, e embora tenha encostas mais íngremes, tem um anfiteatro largo com geometria central CC x CC e um comprimento de canais significativo em relação a uma área bem menor do que a bacia 6. Também nessa bacia foram identificadas cicatrizes erosivas revegetadas.

As bacias 15 e 16, também adjacentes, e localizadas em vertentes contrárias do mesmo segmento de relevo das bacias 6 e 7, e separadas destas pelo divisor, têm índices semelhantes ao da bacia 6, e uma configuração bem similar, com anfiteatros largos encaixados em segmentos CC x CC e padrão de declividade semelhantes. Também nelas foram identificados grandes movimentos de massa do tipo escorregamentos rotacionais e ambas têm sopés mais largos e extensos, talvez formados por depósitos coluviais, hoje situados sob área urbanizada.

A bacia 13 é a que apresenta maior índice Dd dentre as bacias de média densidade, apresentando um padrão muito mais semelhante ao da bacia 12, a única bacia com índice de alta eficiência, do que com as demais. Ambas são adjacentes à área urbana central da ilha, e caracterizam-se por serem estreitas e terem cabeceiras com CC x CC profundas e lineamentos de drenagem extensos, também associados a movimentos de massa de geometria indefinida.

#### 5.1.5.2.4 Usos da Água na AID

As águas continentais na AID, rio Mazomba-Cação, não possuem uso específico para agricultura, dessedentação de animais, industrial e abastecimento uma vez que as mesmas apresentam-se por vezes salobras em função da variação da maré da baía de Sepetiba. As águas da baía de Sepetiba, na AID, possuem uso para turismo, pesca e balneabilidade.

O abastecimento público e o consumo humano na área ocorre principalmente pela SEDAE, bem como o abastecimento industrial. A utilização de água subterrânea por meio de poço tubular ocorre na Pedreira Sepetiba.

Além destes, ocorre pontualmente captações de fontes intermitentes na área da Ilha da Madeira.

#### 5.1.5.3 Qualidade da Água

Este capítulo trata da caracterização do sistema hidrográfico nas AII, AID e ADA, bem como da indicação dos pontos de coleta de amostras para caracterização da

qualidade das águas interiores, dentro dos parâmetros químicos, físicos e biológicos que atendessem às resoluções da legislação em vigor, sobretudo a Resolução CONAMA 357/05.

A coleta propriamente dita das amostras de água e sua análise foram realizadas pela empresa Green Brasil Serviços Ambientais Ltda. As campanhas para coleta foram feitas por técnicos deste laboratório, nos dias 24 (áreas estuarinas visitadas em embarcação) e 25 (áreas continentais) de junho de 2009. Foram utilizados equipamentos para amostragem tipo “Garrafa de *Van Dorn*”, balde graduado de 10.000 ml, 40 frascos de PVC com capacidade 5.000 ml, equipamentos de proteção, um termômetro analítico digital e um GPS Etrex Garmin.

#### 5.1.5.3.1 Justificativa dos Pontos de Amostragem

Foram escolhidos pontos nas sub-bacias costeiras da área de influência indireta para comparação das condições atuais com os estudos já existentes.

Na área de influência direta foram definidos os pontos na bacia do Mazomba-Cação, na área de mangue do porto de Itaguaí e na área diretamente afetada em frente a praia do Inglês.

Para os rios e canais localizados dentro da ADA e AID, pontos de 1 a 4 (rio Mazomba, canal do Mazomba/Arapucaia, canal do mangue dentro do complexo portuário e canal do Cação), foram realizadas coletas de superfície, meio e fundo, perfazendo um total de 12 amostras analisadas. Para os demais rios/canais localizados na AI foi coletada apenas uma amostra composta (em uma vertical) para cada ponto amostrado, num total de mais oito amostras. Os métodos utilizados para análise de cada parâmetro são apresentados nos laudos das análises (Anexo).

A localização dos pontos de amostragem das águas fluviais e estuarinas foi sugerida em função do que os modelos de circulação de águas da baía apontavam como áreas que potencialmente poderiam ser afetadas pelo empreendimento. Foi determinada a amostragem de material em 12 pontos, perfazendo um total de 20 amostras (Mapa 5.1-25).



---

**Mapa 5.1-25 – Pontos de Amostragem de Água.**

#### 5.1.5.3.1.1 Histórico

Os dados secundários existentes procedem dos documentos: Avaliação da Qualidade da Água da Bacia da Baía de Sepetiba (FEEMA, 1998), Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba (Semads, 1997), Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba, Estudo de Impacto Ambiental do Terminal Portuário Centro Atlântico (Ecologus, 2005), Estudo de Impacto Ambiental do Porto Sudeste (LLX, 2008).

#### 5.1.5.3.1.2 Principais fontes potencialmente poluidoras

Segundo Semads (2001) no âmbito da bacia de drenagem da Baía de Sepetiba encontram-se 12 municípios cuja área urbana é estimada em 9,2% do total da bacia contribuinte à baía, e cerca de 19,7% constituem-se em unidades de conservação ambiental. O curso d'água de maior importância no âmbito da bacia da baía de Sepetiba é o sistema Guandu/São Francisco, que responde pelo abastecimento de água de 90% da região metropolitana do Rio de Janeiro, distribuída pela ETA Guandu.

##### 5.1.5.3.1.2.1 Esgotos domésticos

A bacia da baía de Sepetiba possui uma população estimada de mais de 1.295.000 habitantes, os quais geram uma produção de esgotos sanitários da ordem de 286.900 m<sup>3</sup>/dia. A carga orgânica produzida na bacia é de aproximadamente 70.000 kg/dia, em termos de DBO, lançada, na prática, diretamente nos corpos d'água, já que uma parcela muito pouco significativa das residências é dotada de algum tratamento (Semads, 2001). Com isso, observa-se a degradação dos ecossistemas aquáticos de toda a bacia hidrográfica. A situação sanitária da região é muito grave, principalmente nas áreas de baixada, sujeitas a inundações periódicas. De modo geral, as populações da bacia carecem de um atendimento satisfatório no tocante ao esgotamento sanitário. Mesmo no município do Rio de Janeiro, onde se encontra a maior população urbana da bacia da baía de Sepetiba e onde o serviço é, por concessão, de responsabilidade da CEDAE, praticamente não existem sistemas coletores implantados. Nos municípios do interior, onde a atribuição é das prefeituras, o pouco que existe, opera de maneira inadequada.

Nas áreas desprovidas de esgotamento sanitário, situação em que se encontra a maior parte da bacia, os efluentes são conduzidos a fossas sépticas individuais, geralmente sem sumidouro, ou, na maioria dos casos, para as galerias de águas pluviais, acarretando o lançamento direto para valas ou para fundos de vale e cursos de água locais. A falta de atuação das prefeituras, no sentido de conscientizar a

população sobre a importância da limpeza periódica das fossas, contribui para o agravamento da situação. A não existência dessa orientação transforma as fossas, com o tempo, em caixas de passagem, com pouca ou até mesmo nenhuma depuração dos esgotos.

#### 5.1.5.3.1.2.1.1 Situação Atual dos Principais Municípios

**a) Município do Rio de Janeiro:** a bacia da baía de Sepetiba, dentro do município do Rio de Janeiro, abrange uma área de 60.352 ha, dos quais 32.500 ha correspondem a regiões urbanas dotadas parcialmente de esgotamento sanitário. Engloba os bairros de Campo Grande, Cosmos, Paciência, Inhoaíba, Santíssimo, Santa Cruz, Sepetiba, Barra de Guaratiba e Pedra de Guaratiba, sendo que apenas Pedra de Guaratiba, a Zona Industrial de Santa Cruz e o Distrito Industrial de Palmares contam com sistema separador. Como principais corpos receptores da região destacam-se, além da baía de Sepetiba que recebe diretamente os esgotos das localidades situadas ao longo da costa, os rios Cabuçu, Piraquê, Campinho, Guandu-Mirim, Guandu, Prata do Mendanha, Itá, Cação Vermelho e Ponte Branca (Semads, 2001).

**b) Município de Nova Iguaçu:** no município de Nova Iguaçu, os esgotos são lançados, *in natura*, para os corpos receptores da região, através de galerias de águas pluviais ou de valas a céu aberto, afetando, principalmente, os Rios Queimados, Guandu, Guandu-Mirim, São Pedro, Santo Antônio e Douro (Semads, 2001).

**c) Município de Queimados:** está em fase de implantação, no distrito sede, que corresponde à área urbana predominante, um sistema separador de coleta de esgotos; no restante do município, no entanto, a rede existente encaminha os esgotos domiciliares, despejados em fossas sépticas, através de galerias de águas pluviais, diretamente aos cursos de água locais, sem qualquer tratamento. Os principais corpos receptores, cuja qualidade da água apresenta-se em péssimas condições, são os rios Queimados, Abel, Camorim, Camboatá, Sarapó e Poços (Semads, 2001).

**d) Município de Japeri:** as duas áreas urbanas principais, que correspondem ao distrito sede e ao distrito de Engenheiro Pedreira, contam com um sistema de coleta de esgotos sanitários que são conduzidos diretamente aos corpos receptores da região, os rios Guandu e Santana, em Japeri e o rio dos Poços, em Engenheiro Pedreira (Semads, 2001).

**e) Município de Miguel Pereira:** na localidade de Conrado, o esgoto domiciliar é conduzido aos cursos d'água com passagem ou não por fossas sépticas, sendo o principal corpo receptor o rio Santana, que cruza a área urbana de Conrado e é afluente do rio Guandu (Semads, 2001).

**f) Município de Engenheiro Paulo de Frontin:** nesse município os esgotos são conduzidos a fossas sépticas individuais ou lançados diretamente em valas a céu aberto, ou, ainda, diretamente nas galerias de águas pluviais. Em todas as situações os esgotos têm como destino final o rio Macacos, que cruza a área urbana da cidade e é o principal curso d'água da região. Cabe ressaltar ainda que, os esgotos provenientes dos novos loteamentos implantados na localidade de Morro Azul, no distrito de Paulo de Frontin, são coletados em redes de drenagem pluvial e lançados em cursos d'água locais, os quais vêm a ser afluentes do rio Santana (Semads, 2001).

**g) Município de Paracambi:** os esgotos sanitários do distrito sede Paracambi e do distrito de Lajes, principais aglomerados urbanos do município, são lançados em valas a céu aberto e em fossas sépticas que se encontram, na maioria dos casos, saturadas; o destino final dos esgotos é o rio Macacos, agravando, ainda mais, a sua situação, já comprometida pelos despejos provenientes de Paulo de Frontin (Semads, 2001).

**h) Município de Seropédica:** o distrito sede Seropédica não dispõe de sistema de esgotamento sanitário, sendo os esgotos domiciliares despejados em valas a céu aberto que cruzam a área urbana até os cursos d'água locais, principalmente, o Valão dos Bois e o Rio Guandu. A localidade de Campo Lindo, segunda em importância no município, conta com disposição de esgotos em fossas sépticas, normalmente providas de sumidouro; entretanto, nas demais localidades os esgotos são lançados em valas a céu aberto e daí aos corpos receptores (Semads, 2001).

**i) Município de Itaguaí:** não contando com um sistema de coleta e disposição de esgotos domiciliares, tanto no distrito sede, quanto nos distritos de Coroa Grande e Ibituporanga, o sistema utilizado é o de fossas sépticas sem sumidouro, existindo, também, lançamentos em valas a céu aberto. Na área urbana e mais central da cidade de Itaguaí, os esgotos são lançados na rede de águas pluviais. Os principais corpos receptores dos esgotos da região são, além da baía de Sepetiba que recebe lançamentos diretos, os Canais Viana, do Trapiche e Santo Inácio, e os rios Cação, Piloto, Meio Dia, Mazomba e Itaguaí, a Vala do Sangue e o Valão do Dendê (Semads, 2001).

**j) Município de Mangaratiba:** o município não conta com sistema de esgotamento sanitário em nenhum dos seus principais núcleos urbanos, sendo que, em grande parte dos domicílios, o sistema utilizado é o de fossa séptica sem sumidouro, operado em condições inadequadas. Ocorrem também lançamentos de esgotos em valas a céu aberto e em galerias de águas pluviais, que conduzem os esgotos aos cursos de água que, desaguando no mar, seu destinatário final, comprometem a qualidade das praias para recreação de contato primário. Do acima exposto, pode-se afirmar que a

insuficiência de condições sanitárias adequadas, tanto pela precariedade quanto pela inexistência de rede de esgotos, além de acarretar prejuízos à saúde da população, é responsável pela degradação dos rios, com o aumento, cada vez maior, da entrada de carga orgânica no sistema aquático (Semads, 2001).

Pode-se resumir o lançamento de carga orgânica proveniente de efluentes sanitários em três regiões distintas (Semads, 1997; LLX, 2008).

- A região oeste onde acontecem lançamentos pontuais que podem comprometer pequenas faixas litorâneas, não caracterizando um problema de qualidade de água para a região como um todo. Essa área apresenta pequeno percentual de lançamento de carga orgânica, comparada ao restante da bacia de contribuição;
- A região central onde a carga orgânica lançada na baía atinge 64,27% da carga orgânica total. Vale ressaltar que, desse total, 31,05 % é lançado pelo rio Guandu Mirim. Devido a características de circulação e conseqüente oxigenação da coluna d'água, essa carga acaba sendo depurada, diminuindo os efeitos da poluição e evitando maiores problemas relacionados à qualidade do sedimento;
- A região leste onde características de circulação restrita e alta carga de matéria orgânica da bacia contribuinte (34,5 % da carga orgânica total) geram um quadro mais crítico. Sendo assim, essa região apresenta graves problemas relacionados à qualidade de água, tornando a faixa litorânea bastante poluída, sem qualquer possibilidade de atender aos padrões de balneabilidade impostos pela legislação.

O Quadro 5.1-6 mostra um resumo da população, a produção de esgoto sanitário + água de infiltração e a carga orgânica no ano de 2000 e as projeções feitas para o ano de 2010 e 2020, considerando um crescimento populacional da ordem de 36% em 20 anos.

**Quadro 5.1-6 - População, contribuições de esgoto sanitário + água de infiltração e carga orgânica para a bacia hidrográfica contribuinte da Baía de Sepetiba para o ano de 2000 e projeções para os anos de 2010 e 2020.**

Ano	População	Contribuições de esgoto sanitário + água de infiltração (m <sup>3</sup> /dia)	Carga orgânica (kg DBO/dia)
2000	1.400.000	378.000	70.000
2010	1.650.000	452.000	89.000
2020	1.900.000	519.000	102.000

Fonte: LLX, 2008

#### 5.1.5.3.1.3 Efluentes da atividade agropecuária

A oleicultura e a fruticultura são as principais atividades agrícolas da região, predominando, em Itaguaí e Santa Cruz, a fruticultura, basicamente a cultura de banana e coco. Na região do canal de São Francisco, localizam-se algumas áreas com atividades agropecuárias. A utilização de defensivos agrícolas e carrapaticidas é intensa, podendo trazer graves consequências, tanto para os rios quanto para as águas da baía, tendo em vista que muitos desses compostos são resistentes e acumulativos na cadeia biológica (muitos deles incluindo-se na categoria dos Poluentes Orgânicos Resistentes – POPs).

#### 5.1.5.3.1.4 Efluentes industriais

As atividades industriais representam, sem dúvida, o maior potencial poluidor para o sistema de drenagem, solo e atmosfera da região. A bacia contribuinte da baía de Sepetiba possui mais de 100 indústrias, constituindo um dos maiores pólos industriais do estado do Rio de Janeiro. A maior parte das indústrias é de pequeno e médio porte, com poucas indústrias de grande porte (Semads, 2001). Das indústrias instaladas, destacam-se as processadoras de metais, papéis, produtos químicos, os complexos portuários e de mineração.

Os metais pesados estão entre os poluentes de maior impacto associado ao setor industrial, tendo nos sedimentos do fundo da baía de Sepetiba, em especial na sua porção leste, seus maiores depósitos. O solo é o principal destino provisório dos rejeitos industriais estocados em grandes aterros a céu aberto. A transferência dos poluentes metálicos para as águas superficiais e subterrâneas se faz pela lixiviação e percolação promovidas pelo alto índice pluviométrico registrado na região. Da mesma maneira, as emissões atmosféricas de poluentes metálicos representam uma parcela expressiva de entrada total desses poluentes para a bacia (Pedlowski, 1990, *apud* LLX, 2008).

Os efluentes contaminados por resíduos metálicos atingem a baía de uma forma praticamente puntiforme, fato esse já detectado por Fonseca *et al.*, 1978 (*apud* LLX, 2008), através de análise de água, onde foram encontradas concentrações de cádmio e zinco superiores aos limites máximos permitidos pela legislação vigente, na área próxima à foz dos principais rios.

#### 5.1.5.3.1.5 Extração de areia

A região de Itaguaí é a principal supridora de areia para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo intensa a atividade de extração no leito dos rios e por meio de cavas. Os principais métodos utilizados são os seguintes.

- Extração em cava submersa: esses depósitos são diferenciados dos demais por não estarem nos leitos, porém nas planícies de inundação dos corpos d'água;
- Extração mecanizada em leito de rio: dragagem dos sedimentos do leito dos rios, por sucção;
- Extração manual em leito de rio: em coluna d'água pouco profunda, retirada com pás e depositada em caixas de madeira.

Na região, as lavras de areia, principalmente, em ambientes de cavas submersas, alcançam profundidades muito grandes, formando lagos de coloração verde piscina. São observadas, também, cavas abertas, de contorno irregular e de grande profundidade, muitas vezes interligadas em superfície com a calha do rio. Essa atividade é a causa de grandes danos ambientais, cuja reparação é muito difícil quando se procura restabelecer as condições naturais. No rio Guandu a captação é seriamente prejudicada pelas mudanças físico-químicas da água provocadas por essa atividade. A descaracterização das margens propicia o seu repovoamento por um tipo de vegetação que não se fixa, trazendo problemas operacionais para a captação na ETA Guandu.

Em face desses fatos a Comissão Estadual de Controle Ambiental, por meio da deliberação CECA nº 3.554, de 2 de outubro de 1996, procurou traçar diretrizes para o disciplinamento e o controle da atividade no estado, principalmente na sub-bacia do rio Guandu, com a suspensão da concessão de novas licenças para empreendimentos de extração de areia e para aqueles já instalados que não tenham requerido a licença de extração no leito do rio Guandu, no trecho compreendido entre a usina Pereira Passos e a barragem da ETA Guandu. O condicionamento de adoção de projetos de recuperação das margens do rio e de medidas compensatórias por danos ambientais, imposta aos núcleos de extração de areia, e essa deliberação aplicam-se também, aos rios contribuintes do rio Guandu.

### 5.1.5.3.2 Características da Qualidade da Bacia

#### 5.1.5.3.2.1 Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba

Para a caracterização da qualidade ambiental dos principais rios da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba, foram utilizados dados registrados nos levantamentos periódicos da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA (atual INEA - Instituto Estadual do Ambiente). Esses dados são referentes aos rios Guandu, Macacos, ribeirão das Lages, dos Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga na sub-bacia do rio Guandu; aos rios Engenho Novo e Piraquê, ao canal do Itá, à vala do Sangue, aos rios Guandu Mirim e da Guarda e ao canal de São Francisco das sub-bacias da área de baixada da bacia da baía de Sepetiba. Os dados foram agrupados por sub-bacias devido às peculiaridades do rio Guandu em comparação aos demais rios da baixada da baía de Sepetiba. Para a classificação das águas monitoradas na bacia da baía de Sepetiba, a FEEMA/GTZ (1998) utilizou os padrões da Resolução CONAMA Nº 20, de 1986, para comparação dos dados de qualidade da água e para definir os critérios – qualificação das águas doces, salobras e salinas – com base nos usos preponderantes. Na realização do presente diagnóstico, as considerações de FEEMA/GTZ (1998) foram adaptadas para a Resolução CONAMA 357/05.

Os rios da baixada da bacia ainda estão sujeitos à influência da intrusão da cunha salina e às flutuações periódicas da corrente de marés, em resposta às variações sazonais de pluviosidade. Uma característica logo levantada foi a influência direta da proximidade dos agrupamentos urbanos sobre a qualidade dos corpos d'água. Essa situação é facilmente observada a partir da visualização dos dados do monitoramento de qualidade de água aliada à descrição dos agravos a que estão sujeitos, principalmente, em função das principais fontes de poluição, tais como os esgotos domésticos e os efluentes industriais.

**Quadro 5.1-7 - Classificação das águas dos corpos hídricos segundo a Resolução CONAMA 357/05.**

<b>Classificação</b>	<b>Especificação</b>
Águas doces: Classe 2	Para os pontos de amostragem localizados em trechos de rios que não sofrem influência da cunha salina.
Águas salobras: Classe 1	Para os pontos de amostragem localizados em trechos de rios com influência da cunha salina.

**Fonte: Artigo 42/ CONAMA No 357/05**

Segundo Semads (2001), entre os rios mais comprometidos quanto à qualidade de suas águas estão os rios Poços e Queimados, rios contribuintes da sub-bacia do rio Guandu, canal do Itá, vala do Sangue e rios da baixada da bacia. Os pontos de

monitoramento dos rios localizados na baixada estão distribuídos próximos às desembocaduras, sendo influenciados pelos regimes de marés.

Análises anteriores apontaram boas condições do rio Guandu e do ribeirão das Lages (Ecologus, 2005). A situação mais crítica de todos os rios da sub-bacia foi a do rio Queimados, seguido pelo rio Poços e seus afluentes Ipiranga e Cabuçu, sabidamente contaminados pelo aporte direto de efluentes domésticos onde se inclui também o rio Macaco.

A análise do conjunto de resultados mostrou variações expressivas de resíduos não filtráveis totais (RNFT), que são resultantes das condições de degradação das cabeceiras, matas ciliares e erosões, aliados a altos índices de pluviosidade, característicos dessa região. Observou-se que os rios da sub-bacia do rio Queimados (rios Queimados e Poços) apresentaram as maiores concentrações, incorrendo os resultados muitas vezes em valores extremamente elevados. Entretanto, no ribeirão das Lages e no rio Guandu, os valores foram mais similares e mais baixos.

Quanto aos parâmetros oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), os limites são ultrapassados nos rios de qualidade da água já, reconhecidamente, comprometida pelo lançamento de efluentes, sejam industriais ou domésticos: rio Poços, Queimados, Cabuçu e Ipiranga.

**Quadro 5.1-8 - Mediana dos principais parâmetros de qualidade da água dos rios da sub-bacia do rio Guandu.**

Rio	pH	DBO (mg/L) <5,0	OD (mg/L) >5,0	RNFT (mg/L)	N Amônia (mg/L) 3,7	N Kjeldahl (mg/L)	Ptotal (mg/L) 0,05
Ribeirão das Lages – LG350	6,9	<2,0	7,6	10	0,09	0,6	0,07
Ribeirão das Lages – LG351	6,9	<2,0	7,8	12	0,07	0,8	0,07
Rio Macaco – MC410	6,9	9,2	4,0	40	0,60	1,8	0,35
Rio dos Poços – PO290	6,7	4,0	4,0	50	0,80	2,0	0,30
Rio Queimados – QM270	7,1	30	0,8	50	6,0	13	2,0
Rio Queimados – QM271	7,2	24	0,8	60	9,0	17	2,5
Rio Cabuçu – CU650	7,1	8,0	2,2	24	3,60	6,0	1,0
Rio Guandu – GN200	7,0	<2,0	7,8	24	0,08	0,8	0,10
Rio Guandu – GN201	7,0	<2,0	8,4	18	0,06	0,60	0,10
Rio Ipiranga – IR251	7,0	10,0	1,6	30	2,0	4,0	0,95

Fonte: Ecologus, 2005.

Os teores de Nitrogênio Amoniacal, no entanto, não ultrapassam o limite da legislação e apresentam seu maior valor no rio Cabuçu. As concentrações de fósforo total ultrapassam o limite de 0,05 mg/L em todos os rios. As concentrações mais altas são nos rios Queimados e Cabuçu, seguidos do rio Ipiranga (Quadro 5.1-8).

Os resultados de fenóis apresentaram grandes variações: medianas entre  $<0,001$  e  $0,01$  mg/L; o valor mínimo sempre menor que o limite de detecção,  $0,001$  e os valores máximos variando entre  $0,02$  e  $0,08$  mg/L. O rio que apresentou os piores resultados foi o rio Queimados. Esses resultados podem ser atribuídos a indústrias químicas, a despejos orgânicos ou a degradação bacteriana de pesticidas. Os cianetos estão, também, intrinsecamente relacionados com ocupação urbana e o desenvolvimento industrial e atingiu valor máximo de  $0,15$  mg/L também no rio Queimados. Ambos os parâmetros ultrapassaram com frequência os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05:  $0,003$  mg/L para fenóis e  $0,005$  para cianeto.

As elevadas concentrações de cloretos (faixa de variação entre  $<1,0$  a  $280$  mg/L) e condutividade (faixa de variação entre  $10$  a  $9800$  mg/L) nos rios afluentes ao rio Guandu podem ser atribuídos a despejos com sais de cloreto e a lançamentos contaminados por metais pesados ou o próprio aporte de efluentes domésticos. Quadro 5.1-9 apresenta os valores mínimos, máximos e medianas para as concentrações de metais pesados nas estações monitoradas nos rios da sub-bacia do rio Guandu, pela FEEMA, no período de 1990 a 1997, e no Quadro 5.1-9, os limites da Resolução CONAMA 357 de 2005 para a concentração de metais em corpos de água doce da Classe 2 e corpos de água salobra da Classe 1. Os resultados obtidos para a concentração de metais na água não evidenciam uma contaminação efetiva, conforme seria esperado, principalmente para Zn, Cd e Pb. O cromo foi o único metal a não apresentar concentrações acima do limite permitido pela legislação. A maioria dos valores de mediana encontra-se dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doce da Classe 2, exceção para o comportamento de Fe e Mn, cujas medianas, assim como os valores máximos estiveram frequentemente acima do limite da legislação ( $0,3$  e  $0,1$  mg/L, respectivamente).

Na maioria das estações os valores máximos excederam o limite permitido pela legislação, mas não podem ser considerados como representativos da amostra, apesar de indicarem a presença da contaminação em algum momento. Dessa forma, a maioria dos rios da sub-bacia do rio Guandu merece atenção em relação à contaminação por metais pesados.

Em nove das dez estações, o valor máximo de Cd excedeu o limite permitido pela legislação ( $0,001$  mg/L). A maioria dos valores de mediana (oito em dez estações) esteve abaixo do limite de detecção, no entanto, os valores máximos excederam em muito o limite, variando de  $0,06$  a  $0,16$  mg/L. Quanto aos resultados de Pb, foram encontrados valores de mediana inferiores a  $0,01$  mg/L enquanto os valores máximos excedem sempre o limite de  $0,025$  mg/L (Quadro 5.1-10).

**Quadro 5.1-9 - Concentração de metais pesados nas estações dos rios da sub-bacia do rio Guandu.**

Estações	LG350				LG351				MC410				PQ290				QM270			
	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.
Cromo Total (mg Cr/l)	21	<0,01	<0,01	0,01	2 4	<0,01	<0,01	0,01	23	<0,01	<0,01	0,02	25	<0,01	<0,01	0,01	23	<0,01	<0,01	0,01
Cromo Hexav. (mg Cr/l)	44	<0,01	<0,01	0,01	4 6	<0,01	<0,01	<0,01	43	<0,01	<0,01	<0,01	46	<0,01	<0,01	<0,01	46	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trival (mg Cr/l)	32	<0,01	<0,01	0,40	3 1	<0,01	<0,01	0,04	30	<0,01	<0,01	0,04	31	<0,01	<0,01	0,02	33	<0,01	<0,01	<0,01
Manganês (mg Mn/l)	11	<0,010	0,045	0,25	1 1	0,040	0,065	0,10	11	0,040	0,12	0,40	13	0,10	0,20	0,75	12	0,17	0,40	0,65
Ferro (mg Fe/l)	4	0,35	1,4	3,5	5	0,30	0,90	3,0	5	0,06	3,5	6,0	5	0,60	1,9	5,0	5	0,40	3,0	5,5
Ferro Sol.(mg Fe/l)	47	<0,02	0,20	5,0	4 9	0,02	0,25	1,3	46	<0,02	0,16	1,5	49	0,08	0,65	6,0	49	0,04	0,70	6,0
Níquel (mg Ni/l)	52	<0,01	<0,01	0,14	5 5	<0,01	<0,01	0,16	52	<0,01	<0,01	0,04	53	<0,01	<0,01	0,10	55	<0,01	<0,01	0,03
Cobre (mg Cu/l)	52	<0,005	<0,005	0,03	5 5	<0,005	<0,005	0,02	52	<0,005	<0,005	0,05	54	<0,005	<0,005	0,05	55	<0,005	<0,005	0,05
Zinco (mgZn/l)	52	<0,005	0,010	0,10	5 4	<0,005	0,010	0,12	52	<0,005	0,03	0,35	55	<0,005	0,02	0,40	55	<0,005	0,02	0,30
Cádmio (mgCd/l)	52	<0,002	<0,002	0,004	5 5	<0,002	<0,002	0,002	52	<0,002	<0,002	0,006	53	<0,002	<0,002	<0,002	55	<0,002	<0,002	0,004
Mercúrio (mgmg/l)	52	<0,10	<0,10	0,8	5 5	<0,10	<0,10	1,8	51	<0,10	<0,10	1,6	53	<0,10	<0,10	1,0	55	<0,10	<0,10	0,5
Chumbo (mgPb/l)	52	<0,02	0,02	0,08	5 5	<0,02	<0,02	0,10	52	<0,02	<0,02	0,12	53	<0,02	<0,02	0,08	55	<0,02	<0,02	0,10



Estações	QM271				CU650				GN200				GN201				IR251			
	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.	N	Mín.	Med.	Máx.
Cromo Total (mgCr/l)	24	<0,01	<0,01	<0,01	21	<0,01	<0,01	<0,01	27	<0,01	<0,01	0,01	24	<0,01	<0,01	0,01	21	<0,01	<0,01	0,01
Cromo Hexav. (mgCr/l)	45	<0,01	<0,01	0,02	41	<0,01	<0,01	<0,01	48	<0,01	<0,01	<0,01	47	<0,01	<0,01	<0,01	44	<0,01	<0,01	0,02
Cromo Trival (mgCr/l)	31	<0,01	<0,01	0,04	29	<0,01	<0,01	0,02	33	<0,01	<0,01	<0,01	33	<0,01	<0,01	0,04	31	<0,01	<0,01	0,04
Manganês (mgMn/l)	12	0,040	0,40	0,70	10	0,30	0,55	0,95	14	0,035	0,050	0,10	13	0,035	0,055	0,30	10	0,18	0,50	0,80
Ferro (mgFe/l)	5	0,1	4,5	6,5	5	0,14	1,3	4,5	5	0,50	1,3	3,0	5	0,30	0,85	3,0	4	0,04	1,8	3,0
Ferro Sol. (mgFe/l)	48	0,04	1,0	7,5	43	<0,00 2	0,20	3,0	51	0,02	0,25	1,7	50	<0,02	0,25	1,5	45	<0,02	0,20	35
Níquel (mgNi/l)	54	<0,01	<0,01	0,09	49	0,01	<0,01	0,08	58	<0,01	<0,01	0,12	56	<0,01	<0,01	0,12	51	<0,01	<0,01	0,16
Cobre (mgCu/l)	54	<0,005	<0,005	0,05	49	<0,00 5	<0,005	0,05	58	<0,005	<0,00 5	0,010	56	<0,00 5	<0,00 5	0,07	51	<0,00 5	<0,005	0,015
Zinco (mgZn/l)	54	<0,005	0,02	0,30	49	<0,00 5	0,015	0,50	58	<0,005	0,010	0,10	56	0,005	0,010	0,10	51	<0,00 5	0,02	0,25
Cádmio (mgCd/l)	54	<0,002	<0,002	0,002	49	<0,00 2	<0,002	0,006	58	<0,002	<0,00 2	0,006	56	<0,00 2	<0,00 2	0,002	51	<0,00 2	<0,002	0,006
Mercúrio (mgHg/l)	54	<0,10	<0,10	0,35	49	<0,10	<0,10	1,0	57	<0,10	<0,10	0,25	56	<0,10	<0,10	1,0	51	<0,10	<0,10	1,0
Chumbo (mgPb/l)	54	<0,02	<0,02	0,1	49	<0,02	0,02	0,12	58	<0,02	<0,02	0,06	55	<0,02	<0,02	0,16	51	<0,02	<0,02	0,12

**Quadro 5.1-10 - Limites de metais em águas naturais segundo a Res. CONAMA 357/05.**

Metal	Água doce	Água salobra	Unidade
	Classe 2	Classe 1	
Cádmio	0,001	0,005	mgCd/l
Chumbo	0,01	0,01	mgPb/l
Cobre	0,009	0,005	mgCu/l
Cromo Total	0,05	0,05	mgCr/l
Ferro	0,3	0,3	mgFe/l
Manganês	0,1	0,1	mgMn/l
Mercurio	0,0002	0,0002	OgHg/l
Níquel	0,025	0,025	mgNi/l
Zinco	0,18	0,09	mgZn/l

Fonte: FEEMA/GTZ (1998).

#### 5.1.5.3.2.2 Baixada da Baía de Sepetiba

A análise dos resultados dos principais parâmetros de qualidade das águas dos rios da baixada da bacia da baía de Sepetiba (Ecologus, 2005) permitiu concluir que a falta de infraestrutura de esgotamento sanitário é o principal responsável pela situação crítica de degradação dos corpos d'água da região.

Os parâmetros indicadores de poluição por matéria orgânica mostram que somente a estação no canal de São Francisco (SF 80) difere das demais, apresentando um conjunto de dados mais homogêneo, com pouca variação. As demais estações, de modo geral, apresentam também uma tendência a pequenas variações no conjunto de dados. Contudo, grandes variações ocorreram especialmente nos rios Engenho Novo (EN 670), da Guarda (GR 100) e vala do Sangue (VS 660), no que diz respeito aos parâmetros indicadores de poluição por matéria orgânica.

São detectadas concentrações de oxigênio dissolvido que variam desde condições praticamente anóxicas até as de supersaturação. Tais estações não estão na área de influência do empreendimento, sendo apenas citadas face às condições extremas de influência na qualidade de água da Baía de Sepetiba.

**Quadro 5.1-11 - Mediana dos principais parâmetros de qualidade de água dos rios da baixada da bacia da baía de Sepetiba.**

Rio	pH	DBO (mg/L) <5,0	OD (mg/L) >5,0	RNFT (mg/L)	N Amônia (mg/L) 3,7	N Kjeldahl (mg/L)	Ptotal (mg/L) 0,05
Padrão de Referência da Resolução CONAMA 357/05							
Rio Piraquê – PR 000	7,0	10,0	1,2	36	3,00	7,0	1,0
Rio Engenho Novo – FN 670	6,7	2,0	6,8	18	0,20	0,8	0,10
Canal do Itá – IT 040	6,8	20,0	< 0,1	36	5,5	8,0	1,5

Rio	pH	DBO	OD	RNFT	N Amônia	N Kjeldahl	Ptotal
Vala do Sangue – VS660	6,8	100	0,4	160	9,0	30	3,5
Canal S. Francisco – SF 080	6,9	< 2,0	8,0	30	0,09	0,60	0,10
Rio da Guarda – GR 100	6,6	7,0	2,2	30	1,00	2,0	0,20
Rio Guandu Mirim – GM 180	6,8	12,0	1,2	100	2,60	4,5	1,0

Fonte: FEEMA/GTZ, 1998

Os valores medianos de pH encontram-se no limite inferior da faixa de variação permitida pela legislação (entre 6,5 e 8,5), indicando comprometimento dos corpos d'água por carga orgânica. Os estudos da Ecologus (2005) apontaram que os rios em piores condições de qualidade da água eram o rio Piraquê, o canal do Itá, a vala do Sangue, o rio da Guarda e o rio Guandu Mirim.

Nesse conjunto de rios há a coincidência de concentração acima do limite da legislação tanto para OD, quanto para nitrogênio amoniacal e fósforo total. Verificou-se, no entanto, que o canal de São Francisco apresentou a melhor condição entre os demais rios da baixada. Isso se deve, em grande parte, à magnitude de sua vazão que é capaz de depurar a carga orgânica lançada no mesmo.

Quanto a DBO, foram notáveis os resultados elevados para esses rios, em alguns casos somente comparáveis a valas negras, por receber toda a contribuição dos esgotos domésticos e/ou das indústrias da região. Destaca-se o resultado da vala do Sangue, 100mg/l.

As amostras de água em rios são realizadas, especificamente, em marés de sizígia, vazante, para evitar a influência das águas da baía e obter uma amostra representativa da qualidade das águas dos rios. Entretanto, em alguns meses são encontrados valores de condutividade/cloretos indicativos ainda da influência da maré, sugerindo a presença da cunha salina ou ainda o escoamento de águas salinas. Devido à proximidade da foz do rio com a baía, é extremamente difícil a amostragem exatamente no “momento zero” do ciclo de maré, quando a influência das marés seria evitada.

O Quadro 5.1-12 apresenta os valores mínimos, máximos e medianas para as concentrações de metais pesados nas estações dos rios da baixada da baía de Sepetiba monitoradas pela FEEMA, no período de 1990 a 1997. Em relação aos metais pesados na água, as estações que apresentam as maiores variações são aquelas situadas nas áreas da baixada da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Nessa região mais interna da baía, em função da morfologia, as profundidades menores favorecem a perda progressiva de carga na circulação, determinando uma retenção maior na cunha salina nos rios.

**Quadro 5.1-12 - Concentração de metais pesados nas estações dos rios da baixada da bacia da baía de Sepetiba.**

Estações	PR 000				IT040				SF080				GR100			
	N	Mínimo	Mediana	Máximo	N	Mínimo	Mediana	Máximo	N	Mínimo	Mediana	Máximo	N	Mínimo	Mediana	Máxima
CROMO TOTAL (mg Cr/l)	6	< 0,01	< 0,01	0,02	6	< 0,01	< 0,01	0,01	5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	6	< 0,01	0,02	0,16
CROMO HEXAV.. (mg Cr/l)	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	15	< 0,01	< 0,01	< 0,01	15	< 0,01	< 0,01	0,01
CROMO TRIVALI (mg Cr/l)	6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	6	< 0,01	< 0,01	< 0,01	12	< 0,01	< 0,01	0,02	12	< 0,01	< 0,01	0,02
MANGANÊS (mg Mn/l)	2	0,50	0,60	0,65	2	0,20	0,35	0,5	2	0,050	0,080	0,12	2	0,20	0,40	0,60
FERRO SOL. (mg Fe/l)	12	< 0,02	0,08	3,5	10	< 0,02	0,25	1,6	16	< 0,02	0,25	1,2				
NÍQUEL (mg Ni/l)	12	<0,01	< 0,01	0,04	12	< 0,01	< 0,01	0,03	17	< 0,01	< 0,01	0,05	18	< 0,01	< 0,01	0,03
COBRE (mg Cu/l)	12	< 0,005	0,010	0,03	12	< 0,005	< 0,005	0,02	17	< 0,005	< 0,005	< 0,005	18	< 0,005	< 0,005	0,02
ZINCO (mg Zn/l)	11	< 0,005	0,015	0,08	12	0,010	0,04	0,10	17	< 0,005	0,015	0,16	18	0,005	0,04	1,1
CÁDMIO (mg Cd/l)	11	< 0,002	< 0,002	0,014	12	< 0,002	< 0,002	0,004	17	< 0,002	< 0,002	< 0,002	18	< 0,002	< 0,002	0,040
MERCÚRIO (Og Hg/l)	11	< 0,10	< 0,10	< 0,10	11	< 0,10	< 0,10	2,5	17	< 0,10	< 0,10	3,0	16	< 0,10	< 0,10	< 0,10
CHUMBO (mg Pb/l)	12	< 0,02	< 0,02	0,06	12	<0,02	< 0,02	0,04	17	< 0,02	< 0,02	0,06	18	< 0,02	< 0,02	0,08



Estações	PR 000				IT040				SF080			
	N	Mínimo	Mediana	Máximo	N	Mínimo	Mediana	Máximo	N	Mínimo	Mediana	Máximo
CROMO TOTAL (mg Cr/l)	5	< 0,01	< 0,01	0,02	6	< 0,01	0,02	0,02	5	< 0,01	< 0,01	0,04
CROMO HEXAV.. (mg Cr/l)	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01
CROMO TRIVALI (mg Cr/l)	6	< 0,01	< 0,01	0,04	6	< 0,01	0,02	0,04	6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
MANGANÊS (mg Mn/l)	2	0,40	0,45	0,50	2	0,14	0,17	0,20	2	0,080	0,14	0,20
FERRO SOL. (mg Fe/l)	11	< 0,02	0,16	2,0	11	0,06	0,25	1,8	10	< 0,02	0,30	8,0
NÍQUEL (mg Ni/l)	12	<0,01	< 0,01	0,07	12	< 0,01	0,02	0,07	11	< 0,01	< 0,01	0,12
COBRE (mg Cu/l)	12	< 0,005	0,010	0,04	12	< 0,005	0,02	0,05	11	< 0,005	< 0,005	0,14
ZINCO (mg Zn/l)	12	< 0,005	0,04	0,09	12	0,03	0,06	0,20	11	< 0,005	0,02	0,12
CÁDMIO (mg Cd/l)	12	< 0,002	< 0,002	0,002	12	< 0,002	< 0,002	0,014	11	< 0,002	< 0,002	0,075
MERCÚRIO (Og Hg/l)	11	< 0,10	< 0,10	< 0,40	11	< 0,10	< 0,10	0,35	11	< 0,10	< 0,10	0,25
CHUMBO (mg Pb/l)	12	< 0,02	< 0,02	0,10	12	<0,02	< 0,02	0,16	11	< 0,02	< 0,02	0,20

Fonte: FEEMA/GTZ, 1998.

Os resultados da análise da concentração de metais nas amostras de água dos rios da baixada da bacia da apresentaram padrão de comportamento similar aos da sub-bacia do rio Guandu. A maioria dos valores das medianas esteve dentro dos limites preconizados pela legislação com os valores máximos excedendo esse limite em muitos casos. Cabe ressaltar que as concentrações máximas de Hg excedem em muito o limite da legislação (0,0002 mg/L) na maioria dos rios, embora os valores das medianas estivessem sempre abaixo do limite de detecção do método (0,0001 mg/L).

Esses resultados são bastante preocupantes em se tratando desse elemento. Os rios Piraquê e da Guarda, no entanto, apresentaram resultados sempre abaixo do limite de detecção, indicando a não contaminação desses corpos d'água por Hg. O Mn cujo limite na nova legislação é de 0,1 mg/L excedeu esse valor na maior parte dos rios e das categorias de resultados: mediana, valores mínimos e máximos. Outro metal com comportamento preocupante foi Cu, principalmente nos rios Piraquê, Guandu Mirim e vala do Sangue. A detecção de metais pesados na água depende da forma como estes se comportam no meio aquático. Alguns tendem a uma rápida adsorção ao particulado em suspensão, e outros permanecem por mais tempo no meio aquático, tendo uma mobilidade maior no ambiente, sofrendo ainda, influência da hidrodinâmica - correntes e movimento das marés - e da granulometria do material em suspensão na coluna d'água.

No monitoramento realizado também foi analisada a concentração de PCBs nas amostras de água dos rios da bacia da baía de Sepetiba e os resultados estiveram todos abaixo do limite de detecção do método (0,01 g/L), indicando a ausência de contaminação significativa nos rios da baixada, uma vez que o limite da legislação é 0,03 g/l para águas salobras de Classe 1.

#### *5.1.5.3.2.2.1 As Vias de Acesso de Metais Pesados para a Baía de Sepetiba e o Potencial Poluidor das Águas Marinhas sob os Canais Fluviais*

A utilização de organismos aquáticos da baía de Sepetiba para alimentação humana foi demonstrada por Lacerda (1983), Pfeiffer *et al.* (1984) e Penna Franca *et al.* (1984) (*apud* LLX, 2008) como sendo uma das primeiras vias de acesso dos metais pesados dessa baía às populações consumidoras. Uma das principais fontes de metais pesados da baía de Sepetiba é a Cia. Mercantil e Industrial Ingá, localizada na Ilha da Madeira. A principal atividade da empresa é a produção de zinco, obtido através da calamina (minério silicato de zinco), que contém impurezas de outros metais, principalmente, cádmio, chumbo e cobre.

A Companhia Siderúrgica Guanabara (COSIGUA) é também responsável pelo quadro de poluição da região. Localizada em Santa Cruz, lança seus efluentes no rio da

Guarda. Apesar da produção de 1.280.000 t/ano de aço, podendo chegar a 1.648.000 t/ano, seus sistemas de controle de poluição são considerados precários pela FEEMA. Óleos, graxas, demanda química de oxigênio (DQO), fenóis, cianetos, zinco, cádmio, chumbo, ferro, cromo, sólidos em suspensão e materiais sedimentáveis são os principais poluentes gerados pela COSIGUA (FEEMA, 1993). Não são somente essas empresas que contribuem para o agravamento da situação ambiental. As indústrias do Distrito Industrial de Santa Cruz também têm uma participação significativa quanto à poluição gerada, como a VALESUL, produtora de alumínio, e a Companhia Siderúrgica Nacional II.

Durante as últimas três décadas, um parque industrial se estabeleceu na área, basicamente metalúrgico, que lança efluentes na baía contendo metais pesados e elevando as concentrações de metais na água acima dos padrões estabelecidos pelo Brasil. (Lacerda *et al.*, 1987, *apud* LLX, 2008).

A Cia. Mercantil e Industrial Ingá produziu zinco de 1960 a 1998 (quando foi interditada), além de cádmio (a partir de 1974), sendo os resíduos dispostos em uma área adjacente, exposta à chuva e à água do mar. Embora fosse construída em 1984 uma área específica para disposição dos resíduos, com 40.000 m<sup>2</sup>, a empresa ainda é a principal fonte de metais-traço no ambiente (Barcellos *et al.*, 1991). Em 1988, estimava-se a presença de 50.000 t de zinco e 200 t de cádmio na área de disposição (Barcellos, 1991, *apud* LLX, 2008).

Por ano, Barcellos e Lacerda (1994, *apud* LLX, 2008) calcularam um *input* de 24 t de cádmio, o que equivale ao *input* de cádmio gerado pela mesma atividade industrial em todo o Reino Unido – e 3.660 t de zinco. A baixa eficiência de produção é, provavelmente, a responsável por esses elevados fatores de emissão. Segundo Barcellos e Lacerda (1994, *apud* LLX, 2008), a produção primária de zinco e as atividades portuárias são responsáveis pela descarga direta de cádmio e zinco na baía, que representa 80% e 62% do *input* total.

O impacto direto da navegação no *input* de metais pesados é desconhecido. A proteção química dos cascos das embarcações é responsável por 160-200 t por ano de zinco liberado nas águas do sul da Califórnia. Contudo, em Sepetiba, essa fonte pode ser negligível devido à baixa movimentação e tempo de “residência” dos barcos na baía.

#### 5.1.5.3.3 Caracterização dos Pontos de Amostragem e Suas Principais Fontes Poluidoras

Todos os pontos de amostragem de águas fluviais/estuarinas inserem-se na bacia hidrográfica da baía Sepetiba, também denominada Macrorregião Ambiental – MRA-2

(Decreto Estadual nº 26.058, 14 de março de 2000), especificamente rios e canais inseridos dentro das Regiões Hidrográficas do Guandu (Unidade de Planejamento 4), Itaguaí (Unidades de Planejamento 3 e 2) e Região Hidrográfica do Litoral Oeste, até o limite de penetração da cunha salina, conforme Semads (2001).

#### 5.1.5.3.3.1 Pontos de Coleta –ADA

##### 5.1.5.3.3.1.1 Região Hidrográfica de Itaguaí – UP2

Os pontos de 2 a 4 correspondem aos canais do sistema Mazomba-Cação que delimitam a ADA, conforme descritos abaixo:

**Ponto 2** - Foz do canal do Mazomba (ou canal de Arapucaia), a leste dos pátios de estocagem da CSN (complexo portuário de Itaguaí). Principais fontes potencialmente poluidoras: atividades agropecuárias (alto e médio curso do rio Mazomba), extração de areia (médio curso do Mazomba), esgotos domésticos e comerciais (baixo curso do Mazomba), dreno portuário (foz), águas marinhas contaminadas.

**Ponto 3** – Canal do mangue do Porto de Itaguaí. Principais fontes potencialmente poluidoras: localizado dentro da área portuária, recebe uma pequena contribuição das águas do canal do Mazomba/Cação, da vertente leste da Ilha da Madeira, e drenos das áreas de rejeitos de mineração e de extração da Ingá (área atualmente operada pela LLX) e da área portuária, além de águas marinhas contaminadas.

**Tabela 5.1-19 - Pontos de coleta e caracterização do tipo de amostras.**

Ponto		Descrição	Amostra	Coordenadas	
No mapa	Originais				
1	23	Rio Mazomba (1km à jusante da BR 101, dentro das comunidades Brisamar/Vila Aparecida)	3 – topo, meio e fundo	622854	7469593
2	24	Foz do Mazomba (ao lado do Porto de Sepetiba)	3 – topo, meio e fundo	622397	7465389
3	25	Canal do mangue do Porto de Itaguaí	3 – topo, meio fundo	621172	7464883
4	26	Foz do Caçã	3 – topo meio fundo	619255	7466105
8	27	Rio dos Pereiras (distrito de Coroa Grande)	Uma composta	617813	7466813
9	28	Rio Muxiconga (distrito Itacuruçá)	Uma composta	612285	7464056
10	19	Foz do Canal da Guarda	Uma composta	623674	7465291
11	21	Rio da Guarda (cruzamento da	Uma	628621	7470318



		BR 101)	composta		
12	15	Foz do Canal de São Francisco	Uma composta	625214	7464455
13	17	Canal de São Francisco (cruzamento da BR 101)	Uma composta	631464	7468764
14	13	Foz do Canal Guandu	Uma composta	626405	7463429
15	14	Canal Guandu (cruzamento da BR 101)	Uma composta	633859	7467789

- **Ponto 4** - Foz do Cação, ao norte da Ilha da Madeira, desaguando no saco de Coroa Grande. Principais fontes potencialmente poluidoras: atividades agropecuárias (alto e médio curso do rio Mazomba), extração de areia (médio curso do Mazomba), esgotos domésticos e comerciais (baixo curso do Mazomba), drenos da Nuclep, das áreas de rejeitos de mineração e de extração da Ingá (área atualmente operada pela LLX) e esgotos domésticos e comerciais da comunidade do Engenho Velho (vertente norte da Ilha da Madeira), águas marinhas contaminadas.

#### 5.1.5.3.3.2 Pontos Coletados – AID

##### 5.1.5.3.3.2.1 Região Hidrográfica de Itaguaí - UP2

**Ponto 1** - Rio Mazomba, um quilômetro à jusante do seu cruzamento com a BR 101 (cerca de oito quilômetros à montante da baía), dentro das comunidades Brisamar/Vila Aparecida, ponto de máxima penetração da cunha salina. Principais fontes potencialmente poluidoras: insumos de atividades agropecuárias e esgotos (alto e médio cursos do Mazomba), extração de areia (médio curso do rio Mazomba), esgotos domésticos e comerciais (baixo curso do rio Mazomba), águas marinhas contaminadas.

#### 5.1.5.3.3.3 Pontos Coletados na All

##### 5.1.5.3.3.3.1 Região Hidrográfica do Litoral Oeste

**Ponto 8** - Foz do rio dos Pereiras – tem suas cabeceiras na serra do Pacheco, entre 200-240 metros, e se desenvolve por 1,5 km. O curso inferior atravessa a área urbana de Coroa Grande. Principais fontes potencialmente poluidoras: lixo e efluentes da área urbana, águas marinhas contaminadas.

**Ponto 9** - Foz do rio Muxiconga - o rio Muxiconga (ou Santana) nasce na serra de Itacuruçá, em altitudes de 500-600 m, e se desenvolve por cerca de 2,3 km. À montante da BR 101 a bacia encontra-se relativamente bem protegida e as águas são límpidas. Pouco à jusante da BR 101 forma-se o seu baixo curso, onde suas margens são canalizadas. Atravessa o núcleo urbano de Itacuruçá e deságua na praia de Itacuruçá. Principais fontes potencialmente poluidoras: lixo e efluentes da área urbana, e águas marinhas contaminadas.

### 5.1.5.3.3.2 Região Hidrográfica de Itaguaí – UP3

**Ponto 10** - Foz do canal da Guarda – limite dos municípios de Itaguaí e rio de Janeiro, antigo ponto de deságüe do rio Mazomba, e originalmente rio Itaguaí, esse canal é resultante das obras de regularização da drenagem da baixada de Itaguaí. Principais fontes potencialmente poluidoras: lixo e efluentes da área urbana, e águas marinhas contaminadas.

**Ponto 11** - Rio da Guarda (no cruzamento da BR 101) – ponto de máxima penetração da cunha salina (Semads, 2001). Principais fontes potencialmente poluidoras: os rios contribuintes de sua bacia cortam áreas de ocupação rural (de onde recebem efluentes da atividade agropecuária) e cruzam áreas densamente povoadas dos municípios de Seropédica e Itaguaí, recebendo grande aporte de esgotos (valas negras), lixo doméstico, efluentes comerciais e industriais. Também recebem rejeitos da atividade de mineração e areia (oriundas de cavas ao longo dos rios Piranema e valão dos Bois).



**Figura 5.1-140 - Canal da Guarda no cruzamento da BR 101 – ao fundo a ponte da BR.**

#### 5.1.5.3.3.3.3 Região Hidrográfica do Guandu – UP4

Esses pontos localizam-se nos baixos cursos do canal do Guandu e São Francisco.

**Ponto 12** - Foz do canal de São Francisco - ponto de deságüe das águas do sistema Guandu (rio Guandu). À montante desse ponto as fontes potencialmente poluidoras são, principalmente, áreas urbanas, agrícolas e industriais (descritas abaixo) cavas de areia e rejeitos da atividade de mineração. Bem próximos à foz localizam-se o distrito industrial de Santa Cruz, a Termoelétrica de Santa Cruz e a CSA. Também está sujeito às águas marinhas contaminadas.

**Ponto 13** - Canal de São Francisco (cruzamento da BR 101). Na realidade o ponto de penetração máximo da cunha salina (para uma vazão de 50 m<sup>3</sup>/s e maré de 1,5 m) localiza-se um quilômetro à montante do cruzamento com a BR 101 (Semads, 2001), porém em área de difícil acesso.

À montante desse ponto, as fontes potencialmente poluidoras são aquelas que fluem para as represas de Vigário e Santana (uma mistura de águas do rio Pirai e Paraíba do Sul), além daquelas que fluem para as bacias contribuintes “naturais”, que drenam as áreas dos municípios de Seropédica, Queimados, Japeri, Nova Iguaçu, Paracambi, Engenheiro Paulo de Frontin e Miguel Pereira, que em vários trechos encontram-se bastante degradadas.

Dessas bacias, o rio Guandu/canal de São Francisco recebe efluentes domésticos, e de atividades agrícolas, comerciais e industriais (destacando-se o distrito industrial de Queimados, dentre outras instalações); há vários pontos de despejo de lixo nas margens e drenos do depósito de lixo municipal de Paracambi e vazadouro de lixo municipal de Japeri. A bacia do rio São Pedro (serra do Tinguá) é cortada pelo oleoduto Rio de Janeiro – Belo Horizonte.



**Figura 5.1-141 - Ponte da CSA sobre o canal de São Francisco – visão ao Sul, com instalações da CSA.**



**Figura 5.1-142 - Canal de São Francisco no cruzamento com a BR101.**

Uma bacia bastante comprometida é a bacia do rio dos Poços (coletor principal dos efluentes domésticos e industriais das localidades de Engenheiro Pedreira, Cabuçu e

Queimados), que desemboca na lagoa do Guandu, na cota de 15 m, onde deságua também o rio Ipiranga.

Essa lagoa que é formada pelo barramento da CEDAE e encontra-se conectada ao rio Guandu (que depois é conectado ao canal de São Francisco), apresenta suas águas comprometidas e sedimentos contaminados. A desembocadura do rio dos Poços está a cerca de 300 m da área de captação da CEDAE para a ETA Guandu.

Também está sujeito às águas marinhas contaminadas.



Figura 5.1-143 - Rio Guandu, com a formação da lagoa do Guandu e os pontos de confluência com os rios dos Poços e Ipiranga.

Fonte: Serber, 2005, retirado de Saleme, 2007.

**Ponto 14** - Foz do canal Guandu – ponto de deságue do canal, atravessa mais um trecho densamente ocupado de Santa Cruz, recebendo mais esgotos domésticos e apresentando uma coloração indicativa de grande volume de carga orgânica. Também está sujeito aos impactos de águas marinhas contaminadas.

**Ponto 15** - Canal Guandu (cruzamento da BR 101) – ponto de máxima penetração da cunha salina (Semads, 2001), recebe águas de contribuintes cujas nascentes localizam-se na serra do Mendanha (Guandu do Sena e Guandu Mirim), atravessa a área do distrito industrial de Campo Grande e áreas agrícolas e urbanas, recebendo grande volume de efluentes domésticos. À montante desse ponto tem uma ligação

(canal D. Pedro) com o rio Guandu, que aparentemente encontra-se bastante assoreada. Também está sujeito às águas marinhas contaminadas.



Figura 5.1-144 - Canal do Guandu, no cruzamento com a BR 101.

#### 5.1.5.3.4 Parâmetros de Análise

Cada uma das amostras foi analisada pela empresa Green Brasil dentro das especificações da Resolução Conama 357/05. Os parâmetros físico-químicos utilizados são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 5.1-13 - Parâmetros físico-químicos utilizados (GREEN BRASIL).

Parâmetros físico-químicos			
Inorgânicos	Orgânicos		Metais
Materiais flutuantes	Acrilamida	1,1-Dicloroetano	Alumínio dissolvido
Óleos e graxas	Alacloro	1,2-Dicloroetano	Antimônio total
Substâncias que comuniquem GOSTO ou ODOR	Benzidina	Benzeno	Arsênio total
Corantes provenientes de fontes antrópicas	Benzo(a)antraceno	Benzo(a)pireno	Bário total
Resíduos sólidos objetáveis	Benzo(b)fluoranteno	Tetracloroeto de Carbono	Berílio total
DBO 5 dias	Benzo(k)fluoranteno	Tetracloroetano	Boro total
Oxigênio dissolvido	2-Clorofenol	Tributilestanho	Cádmio total
Turbidez	Criseno	Tricloroetano	Chumbo total
Cor verdadeira	Dibenzo(a,h)antraceno	2,4,6-Triclorofenol	Cobalto total
Substâncias tensoativas (MBAS)	2,4-Diclorofenol	Clordano (cis + trans)	Cobre dissolvido
Cianeto livre	Diclorometano	Endossulfan (I + II + Sulfato)	Cromo total
Cloreto total	Estireno	Atrazina	Ferro dissolvido

Parâmetros físico-químicos			
Inorgânicos	Orgânicos		Metais
Cloro residual total	Etilbenzeno	2,4,5-T	Lítio total
pH	Hexaclorobenzeno	2,4,5-TP	Manganês total
Fluoreto total	Indeno(1,2,3-cd)pireno	Lindano (g-BHC)	Mercúrio total
Fósforo total	Metolacloro	Metoxicloro	Níquel total
Nitrato	Simazina	Malation	Prata total
Nitrito	Tolueno	Paration	Selênio total
Nitrogênio amoniacal total	Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	Urânio total
Sólidos sedimentáveis	Trifluralina	2,4-D	Vanádio total
Sólidos suspensos totais	Xileno	Carbaril	Zinco total
Sólidos totais dissolvidos		Glifosato	
Sulfato total		Gution	
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)		Heptacloro e Heptacloro Epóxido	
Fenóis totais		Toxafeno	
		Dodecacloro Pentacilcodecano	
		Aldrin e Dieldrin	
		Endrin	
		DDT (DDT + DDE + DDD)	
		Pentaclorofenol	
		PCB's (Bifenilas Policloradas)	
Métodos utilizados			
Standard Methods for the Examination of water and wastewater 21ª Edição	Voláteis: EPA SW 846 - 8260 C, Semi-Voláteis: EPA SW 846 - 8270 D	Voláteis: EPA SW 846 - 8260 C, Semi-Voláteis: EPA SW 846 - 8270 D	Metais :EPA SW846-7000B

Dos pontos amostrados, apenas dois têm equivalência com pontos anteriormente apontados neste relatório: o ponto 11 (Rio da Guarda no cruzamento com a BR 101) equivalente ao ponto GR100 de monitoramento de qualidade da FEEMA (1998), e o ponto 13 (Canal de São Francisco no cruzamento da BR 101) equivalente ao SF 080 de monitoramento de qualidade da FEEMA (1998).

Os laudos da análise de cada amostra emitidos pela empresa Green Brasil Serviços Ambientais Ltda. são apresentados a seguir.

Uma análise comparativa mais acurada não foi possível, uma vez que todos os laudos foram aferidos a partir de parâmetros e índices estabelecidos pela CONAMA 357/05 para águas doces classe 2, quando tratam-se de pontos de águas estuarinas (foz de rios e canais na baía) ou pontos sob influência da cunha salina, onde os parâmetros a

serem aferidos bem como os índices deveriam ser os de água salobras classe 1 (vide Quadro 5.1-7) e/ou salinas.

#### 5.1.5.3.4.1 Análise dos Dados Primários

A análise foi feita a partir dos laudos encaminhados pela Green Brasil Serviços Ambientais Ltda, empresa responsável pela coleta e análise laboratorial, cujos laudos encontram-se no Anexo III. Os resultados foram agrupados por classe de salinidade e analisados conforme as determinações da Resolução Conama 357/05.

As análises dos resultados estão apresentadas a seguir, de acordo com cada ponto amostrado, separadamente, para facilitar a compreensão.

**Tabela 5.1-20 - Pontos de coleta na baía de Sepetiba.**

N.º amostra	Profundidade*	Local	Ponto
<b>Águas Salinas</b>			
1156/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1
1157/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1
1158/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1
1240/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2
1241/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2
1242/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2
1276/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3
1277/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3
1278/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3
<b>Águas Salobras</b>			
1486/09	mista	Foz do Canal Guandu	14
1488/09	mista	Foz do Canal de São Francisco	12
1505/09	mista	Foz do Rio Muxiconga	9
1490/09	mista	Foz do Rio da Guarda	10
1495/09	superfície	Foz do Rio Mazomba	2
1496/09	meio - 1,5m	Foz do Rio Mazomba	2
1497/09	fundo - 3,0m	Foz do Rio Mazomba	2
1498/09	superfície	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3
1499/09	meio - 1,0m	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3
1500/09	fundo - 2,0m	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3
1501/09	superfície	Foz do Rio Cação	4
1502/09	meio - 1,0m	Foz do Rio Cação	4
1503/09	fundo - 2,0m	Foz do Rio Cação	4
1504/09	mista	Foz do Rio dos Pereiras	8

N.º amostra	Profundidade*	Local	Ponto
Águas Doces			
1487/09	mista	Canal Guandu/Cruzamento da BR-101	15
1489/09	mista	Canal de São Francisco/Cruzamento da BR-101	13
1491/09	mista	Rio da Guarda/Cruzamento da BR-101	11
1492/09	superfície	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-101	1
1493/09	meio - 1,5m	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-102	1
1494/09	fundo - 3,0m	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-103	1

#### 5.1.5.3.4.1.1 Análises das Águas Salinas

As águas salinas foram analisadas dentro dos parâmetros indicadores da classe 1, conforme reza o Artigo 18, item III da Resolução Conama 357/05 – “para corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1156/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1
1157/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1
1158/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	1

Esta amostra apresentou oxigênio dissolvido (3,48 mg/L) menor do que estipula a Resolução Conama 357 (6,0 mg/L). O resultado de substâncias tensoativas (0,99 mg/L) também ultrapassou o limite da Resolução para águas salinas de classe 1 (0,2 mg/L).

A amostra de meio do mesmo ponto também apresentou o oxigênio dissolvido (3,70 mg/L) abaixo dos limites mínimos para classe 1, a concentração de fenóis totais (0,33 mg/L) está acima do limite máximo (0,06 mg/L) da mesma resolução. Esses resultados podem ser atribuídos a indústrias químicas, a despejos orgânicos ou a degradação bacteriana de pesticidas.

Além destes, na amostra de meio, o resultado de substâncias tensoativas (0,89 mg/L) também ultrapassou o limite da Resolução para águas salinas de classe 1 (0,2 mg/L).

A amostra de fundo apresentou, além do oxigênio dissolvido (3,25 mg/L), concentração de fenóis (0,50 mg/L) e substâncias tensoativas (1,04 mg/L) fora dos padrões estipulados para águas salinas de classe 1.

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para este ponto.

A clorofila a, as cianobactérias e os coliformes termotolerantes mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1240/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2
1241/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2
1242/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	2

Nas amostras dos pontos de controle na ADA nº 2, superfície, meio e fundo, somente o parâmetro fenol está acima do estipulado pela Resolução Conama 357/05. O valor de fenol total para amostra de água de superfície foi de 0,35 mg/L, 0,55 mg/L para a amostra de meio e 0,56 mg/L para amostra de fundo, estando todas as amostras deste ponto fora do especificado pela legislação (0,06 mg/L).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para este ponto.

A clorofila a, as cianobactérias e os coliformes termotolerantes estiveram abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1276/09	superfície	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3
1277/09	meio	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3
1278/09	fundo	Baía de Sepetiba\Controle na ADA	3

Nas amostras do ponto de controle na ADA nº 3, superfície e meio, somente o parâmetro fenol total está acima do estipulado pela Resolução Conama 357/05 (0,06 mg/L). O valor de fenol para essas amostras foi de 1,72 mg/L e 0,68 mg/L, respectivamente.

A amostra de água de fundo apresenta o fenol (0,72 mg/L) acima do limite máximo e o oxigênio dissolvido (5,87 mg/L) levemente abaixo do limite mínimo (6,0 mg/L) estabelecido na legislação.

Os outros parâmetros inorgânicos estão dentro dos limites. Ademais, todos os parâmetros analisados para compostos orgânicos e metais estão abaixo do especificado pela legislação brasileira (Resolução Conama 357/05).

A clorofila a, as cianobactérias e os coliformes termotolerantes estiveram abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

#### 5.1.5.3.4.1.2 *Análise das Águas Salobras*

Como para as águas salinas, as águas salobras foram analisadas dentro dos parâmetros e indicadores da classe 1, em áreas de pesca (Artigo 21, item III da Resolução Conama 357/05).

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1486/09	mista	Foz do Canal Guandu	14

Este ponto apresentou resultados acima dos limites permitidos pela Resolução Conama apenas para fenóis (1,20 mg/L ) e coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1488/09	mista	Foz do Canal de São Francisco	12

O ponto 12 somente apresentou-se além do limite da Resolução Conama 357/05 com relação aos coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1490/09	mista	Foz do Rio da Guarda	10

Este ponto apresentou resultados acima dos limites permitidos pela Resolução Conama apenas para fenóis (1,20 mg/L ) e coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1495/09	superfície	Foz do Rio Mazomba	2
1496/09	meio - 1,5m	Foz do Rio Mazomba	2
1497/09	fundo - 3,0m	Foz do Rio Mazomba	2

O ponto 2, na superfície e na amostra de meio, apresentou-se além do limite da Resolução Conama 357/05 com relação aos fenóis (0,08 mg/L e 0,19 mg/L respectivamente) e aos coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Com relação à amostragem de fundo – 3,0 m, tanto os coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL), quanto o nitrogênio amoniacal total (0,42 mg/L) se mostraram acima dos limites permitidos pela Resolução Conama. Os valores de nitrogênio amoniacal acima da legislação podem ser devido ao processo de degeneração biológica de matéria orgânica animal e vegetal. Concentrações mais altas desse parâmetro podem ser encontradas em esgotos brutos e efluentes industriais. A amônia é um importante componente de fertilizantes.

Os demais parâmetros inorgânicos, orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1498/09	superfície	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3
1499/09	meio - 1,0m	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3
1500/09	fundo - 2,0m	Canal do Mangue do Porto de Sepetiba	3

A coleta de superfície do ponto 3 apresentou resultado acima dos limites permitidos pela Resolução Conama apenas para nitrogênio amoniacal total (4,50 mg/L).

Quanto à amostragem de meio - 1,0 m, além do nitrogênio amoniacal total (2,90 mg/L), os coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL) também apresentaram-se acima dos limites permitidos pela legislação.

A amostra de fundo – 2,0 m ultrapassou os limites da Conama 357/05 quanto aos parâmetros nitrogênio amoniacal total (0,92 mg/L) e fenóis totais (0,32 mg/L).

Os demais parâmetros inorgânicos, orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1501/09	superfície	Foz do Rio Caçã	4
1502/09	meio - 1,0m	Foz do Rio Caçã	4
1503/09	fundo - 2,0m	Foz do Rio Caçã	4

As coletas de superfície e meio – 1,0 m, do ponto 4, apresentaram resultados acima dos limites permitidos pela Resolução Conama apenas para fenóis totais, 0,25 mg/L e 1,36 mg/L, respectivamente.

Os demais parâmetros inorgânicos, orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

A amostra de fundo - 2,0 m não apresentou nenhum parâmetro fora dos limites da legislação.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1504/09	mista	Foz do Rio dos Pereiras	8

Este ponto apresentou resultados fora dos limites permitidos pela Resolução Conama para oxigênio dissolvido (5,63 mg/L), nitrogênio amoniacal total (0,60 mg/L) e coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1505/09	mista	Foz do Rio Muxiconga	9

O ponto 9 apresentou-se além do limite da Resolução Conama 357/05 com relação aos fenóis (0,06 mg/L ) e aos coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas salobras de classe 1.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

#### 5.1.5.3.4.1.3 Análises das Águas Doces

As águas doces foram analisadas dentro dos parâmetros e indicadores da Classe 2 (conforme determina o art. 42 da Resolução Conama 357/05).

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1487/09	mista	Canal Guandu/Cruzamento da BR-101	15

O ponto 15 apresentou vários parâmetros inorgânicos não conformes com os limites estabelecidos para as águas de classe 2: demanda bioquímica de oxigênio (115 mg/L), cloreto total (515 mg/L), nitrogênio amoniacal total (2,80 mg/L), sólidos totais dissolvidos (980 mg/L) e fenóis totais (0,36 mg/L).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas doces de classe 2.

A clorofila a, as cianobactérias e os coliformes termotolerantes mostraram-se nos limites da legislação.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1489/09	mista	Canal de São Francisco/Cruzamento da BR-101	13

O ponto 13 também apresentou vários parâmetros não conformes com os limites estabelecidos para as águas de classe 2: demanda bioquímica de oxigênio (83 mg/L), cloreto total (472 mg/L), nitrogênio amoniacal total (2,50 mg/L), sólidos totais dissolvidos (988 mg/L), sulfato total (863 mg/L), fenóis totais (0,36 mg/L), além de coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas doces de classe 2.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1491/09	mista	Rio da Guarda/Cruzamento da BR-101	11

Semelhante aos pontos 13 e 15, as amostras coletadas no ponto 11 apresentaram vários parâmetros com resultados não conformes com os limites estabelecidos para as águas de classe 2: demanda bioquímica de oxigênio (72 mg/L), cloreto total (481 mg/L), fluoreto total (1,43 mg/L), nitrogênio amoniacal total (4,60 mg/L), sólidos totais dissolvidos (798 mg/L), fenóis totais (0,22 mg/L), além de coliformes termotolerantes (>300 UFC/mL).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas doces de classe 2.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

N.º amostra	Profundidade	Local	Ponto
1492/09	superfície	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-101	1
1493/09	meio - 1,5m	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-102	1
1494/09	fundo - 3,0m	Rio Mazomba/1km à jusante da BR-103	1

As amostras de superfície do ponto 1 apresentaram-se fora dos limites de águas doces de classe 2 com relação aos seguintes parâmetros inorgânicos: demanda bioquímica de oxigênio (79 mg/L), cloreto total (501 mg/L) e sólidos totais dissolvidos (942 mg/L).

As amostras coletadas no meio – 1,5 m expressaram valores não conformes com a legislação para os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (63 mg/L), cloreto total (491 mg/L), sólidos totais dissolvidos (918 mg/L), sulfato total (312 mg/L) e fenóis totais (0,30 mg/L).

Quanto às amostragens de fundo, os resultados que ultrapassaram os limites da Resolução Conama 357/05 foram: demanda bioquímica de oxigênio (54 mg/L), cloreto total (632 mg/L), nitrogênio amoniacal total (4,40 mg/L), sólidos totais dissolvidos (1036 mg/L) e fenóis totais (0,57 mg/L).

Os demais parâmetros inorgânicos, os orgânicos e os metais expressaram-se dentro dos limites estipulados pela legislação para águas doces de classe 2.

A clorofila a e as cianobactérias mostraram-se abaixo do limite de detecção.

Com relação aos testes de toxicidade, o resultado para este ponto foi “não tóxico”.

#### 5.1.5.3.4.1.4 Síntese Conclusiva

Para as águas salinas, a amostra do ponto de controle na ADA nº 1 (água de superfície) apresenta o parâmetro oxigênio dissolvido a 3,48 mg/L, menor do que estipula a Resolução Conama 357/05 (6,0 mg/L). O resultado de substâncias tensoativas (0,99 mg/L) também ultrapassou o limite da Resolução para águas salinas de classe 1. O valor de substâncias tensoativas estipulados pela Conama 357/05 para águas salinas de classe 1 é de 0,2 mg/L.

Já a amostra de meio do mesmo ponto apresenta o oxigênio dissolvido (3,70 mg/L) abaixo dos limites mínimos, enquanto a concentração de fenóis totais (0,33 mg/L) está acima do limite máximo (0,06 mg/L) da mesma resolução.

A amostra de fundo do ponto 1 apresenta oxigênio dissolvido (3,25 mg/L), concentração de fenóis (0,50 mg/L) e substâncias tensoativas (1,04 mg/L) também fora dos padrões estipulados. Os outros parâmetros estão dentro do especificado pela legislação.

Nas amostras dos pontos de controle na ADA nº 2, superior, médio e fundo somente o parâmetro fenol está acima do estipulado pela Resolução Conama 357/05. O valor de fenol total para amostra de água de superfície foi de 0,35 mg/L, 0,55 mg/L para a amostra de meio e 0,56 mg/L para amostra de fundo, estando todas as amostras deste ponto fora do especificado pela legislação. Os outros parâmetros estão dentro dos limites.

Nas amostras dos pontos de controle na ADA nº 3, superior e médio, somente o parâmetro fenol total está acima do estipulado pela Resolução Conama 357/05. O valor de fenol para essas amostras foi de 1,72 mg/L e 0,68 mg/L, respectivamente. A amostra de água de fundo apresenta o fenol (0,72 mg/L) acima do limite máximo e o oxigênio dissolvido (5,87 mg/L) abaixo do limite mínimo estabelecido na legislação. Os outros parâmetros inorgânicos estão dentro dos limites.

Todos os parâmetros analisados para compostos orgânicos e metais para as águas salinas estão abaixo do especificado pela legislação brasileira (Resolução Conama 357/05).

No que concerne às águas salobras, os teores de nitrogênio amoniacal ultrapassaram o limite da legislação (0,40 mg/L) apresentando valores acima do estipulado pela Resolução Conama 357/05 para os pontos do canal do mangue do Porto de Sepetiba (4,50 mg/L; 2,90 mg/L; 0,92 mg/L para os pontos superfície, meio e fundo,

respectivamente), foz do Rio dos Pereiras (0,60 mg/L) e foz do Rio Mazomba (0,42 mg/L para ponto do meio).

As concentrações de metais estão dentro dos limites especificados pela legislação.

Os compostos orgânicos que possuem limite para água salobra Classe 1, tais como os compostos orgânicos voláteis benzeno (51 µg/L), tolueno (215 µg/L), etilbenzeno (25 µg/L) estão com suas concentrações abaixo do limite especificado pela Resolução Conama 357/05. As possíveis fontes de BTEX são derivadas de petróleo, indústria de solvente, queimadas entre outras. Dentre os compostos orgânicos voláteis salientam-se os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-xileno, m-xileno e p-xileno) que podem ou não ser carcinogênicos e, além disso, podem ter efeitos neurotóxicos e/ou mutagênicos (Ferreira *et al.*, 2008).

Os resultados de fenóis apresentaram grandes variações, com os valores máximos oscilando entre 0,08 e 1,36 mg/L. A amostra que apresentou os piores resultados foi a da foz do Rio Caçã, coleta a 1 metro da superfície.

No monitoramento realizado também foi analisada a concentração de PCB's nas amostras de água dos rios da bacia da Baía de Sepetiba e os resultados estiveram todos abaixo do limite de detecção do método (0,01g/L), indicando a ausência de contaminação significativa nos rios da baixada, uma vez que o limite da legislação é de 0,000064 µg/L para águas salobras de Classe 1 (onde ocorra pesca) e também não excede o limite para águas salobras Classe 1 (onde não ocorra a pesca), cujo limite é de 0,03 µg/L.

Para as amostras de águas doces, quanto ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio, os limites são ultrapassados nos rios de qualidade da água já, reconhecidamente, comprometida pelo lançamento de efluentes seja industrial ou doméstico: rio Mazomba e rio da Guarda. Além destes, o canal Guandu e o canal São Francisco também estiveram com os limites ultrapassados para DBO.

Os teores de nitrogênio amoniacal também ultrapassaram o limite da legislação em alguns pontos e apresentam seu maior valor no rio Mazomba, nas amostras de águas de superfície e meio. As concentrações de nitrogênio amoniacal ultrapassaram o limite no canal do Guandu, no canal de São Francisco, no rio da Guarda e no rio Mazomba, nas amostras de meio e fundo. As principais fontes são os efluentes industriais e domésticos.

Os resultados de fenóis ultrapassaram o limite especificado pela Resolução para os pontos do canal do Guandu, canal de São Francisco e rio Mazomba. Esses resultados podem ser atribuídos a indústrias químicas, a despejos orgânicos ou a degradação bacteriana de pesticidas.

As elevadas concentrações de cloretos no rio Guandu, no canal de São Francisco, no rio da Guarda e no rio Mazomba podem ser atribuídos a despejos com sais de cloreto ou ao próprio aporte de efluentes domésticos.

A amostragem no canal Guandu (no cruzamento da BR-101, limite de penetração da cunha salina) apresentou valores de DBO, cloretos totais, nitrogênio amoniacal total, sólidos totais dissolvidos e fenóis acima do estabelecido pela Resolução Conama 357/05.

A amostra coletada no canal de São Francisco apresentou valores de DBO, cloretos totais, nitrogênio amoniacal total, sólidos totais dissolvidos, sulfatos totais e fenóis também acima do estabelecido pela mesma resolução. Na amostra de água de superfície do rio Mazomba somente os parâmetros DBO, cloretos totais e sólidos totais dissolvidos estão acima do limite estabelecido.

Nos pontos considerados pelos parâmetros de água doce classe 2, nenhum dos metais analisados apresentou valores de concentração maior que o discriminado pela Resolução Conama 357/05.

#### *5.1.5.3.4.1.5 Comparação com Estudos Pretéritos*

Em que pese a existência de uma boa base de dados secundários, os quais foram devidamente apresentados e discutidos neste EIA, a malha amostral para levantamento de dados primários de qualidade de água, definida para atender corretamente o presente estudo, embora na mesma bacia hidrográfica, não contemplou os mesmos pontos, razão que impede a fiel comparação entre os dados anteriormente existentes e os levantados para este EIA.

#### **5.1.5.3.5 Áreas Críticas a Serem Afetadas por Acidentes**

Nas últimas décadas, entretanto, impactos ambientais de vazamentos de petróleo têm ocorrido em todo o mundo e as praias têm frequentemente sofrido os impactos ambientais causados por tais episódios. Razão esta que justifica a ampliação dos esforços para o planejamento dos mapas de sensibilidade.

Acidentes com navios tanque refinarias costeiras e plataformas podem ser considerados esporádicos e localizados, entretanto, são responsáveis por um percentual considerável de contaminação por hidrocarbonetos no meio oceânico. Além disso, o transporte marítimo do óleo gera um risco permanente de desastres ambientais. É interessante lembrar que um derrame de petróleo tem consequências

ambientais graves que provocam fortes reações nas instâncias comunitárias, no sentido de reforçar a segurança marítima, a prevenção e o combate à poluição

#### 5.1.5.3.5.1 Classificação de Habitats e Feições Costeiras Brasileiras segundo seu Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) a Derramamento de Óleo

A sensibilidade dos ecossistemas costeiros e marinhos ao derramamento de óleo é representada pelo Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL). Este índice é baseado em uma escala que hierarquiza os tipos de ambientes costeiros de 1 a 10, sendo o índice 10 o mais sensível (SQA/MMA, 2004a).

A classificação do ISL é baseada nas características geomorfológicas do litoral, segundo o grau de exposição da costa à energia das ondas e marés, declividade do litoral e tipo do substrato, sendo estas fundamentais para a determinação do impacto e permanência do óleo assim como dos procedimentos de limpeza (SQA/MMA, 2004b).

Os diversos habitats e feições costeiras brasileiras foram ordenados de acordo com a sua sensibilidade a derramamentos de óleo, segundo as classificações que se seguem, acompanhadas de breve relato das características principais desses ambientes, dos impactos de derramamentos de óleo e de ações de resposta recomendadas.

Os tempos considerados para o comportamento/ permanência do óleo e para as ações de resposta (limpeza/remoção) são apenas comparativos

Índice 1 (ISL 1) – Substratos impermeáveis, de declividade alta a média, expostos:

- Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos
- Falésias em rochas sedimentares, expostas
- Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas.

Exposição frequente a ondas de um ou mais metros de altura e/ou a fortes correntes de maré, tendência relativa, substrato impermeável e sem rugosidades, declividade superior a 30 graus (zona intermarés estreita). Sensibilidade baixa a derramamento de óleo.

Índice 2 (ISL 2) – Substrato impermeáveis, sub-horizontais, expostos:

- Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos
- Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.)

Exposição frequente a ondas de um ou mais metros de altura e/ou a fortes correntes de maré, tendência refletiva, substrato impermeável e sem rugosidades, podendo

apresentar fina cobertura de sedimentos mobilizáveis, declividade inferior a 30 graus (zona intermarés mais larga que as relativas às feições classificadas no índice de sensibilidade 1), sedimentos podem acumular na base da escarpa, sendo removidos nas tempestades. Não ocorre penetração de óleo, geralmente remoção rápida do óleo por ação das ondas, a remoção de depósitos de óleo na faixa preamar pode ser necessária, no caso de uso intensivo para recreação ou proteção de espécies animais.

Índice 3 (ISL 3) – Substratos semipermeáveis, baixa penetração/soterramento de petróleo:

- Praias dissipativas de areia média a fina, expostas
- Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressaca (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restinga tipo “long beach”)
- Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos, expostos
- Campos de dunas expostas

Reflexão média das ondas; praias com declividade da face praial da ordem de 3 a 5 graus (zona intermarés larga); sedimentos bem selecionados e geralmente compactos (fundo duro); percolação óleo geralmente inferior a 10 cm; baixa mobilidade do perfil praial, com baixo potencial de soterramento; sedimento superficiais sujeitos à remobilização freqüente por ação das ondas. No caso de escarpas e taludes íngremes expostos do Grupo Barreiras, o mar, durante os períodos de maré alta, bate forte na base da barreira, escavando a sua porção inferior, enquanto as porções superiores são desgastadas pela água da chuva e outras descargas que se infiltram no terreno. Como resultado desta ação conjugada, a escarpa se desbarranca e o mar distribui o material desmoronado ao longo do litoral. Ocorre penetração do óleo é geralmente menor que 10 cm com a mínima possibilidade de soterramento do óleo devida à lenta mobilidade da massa sedimentar, a possibilidade existe, porém, em praias expostas, após a fase erosiva das tempestades os impactos sobre as comunidades bióticas intermarés podem ser severos. É possível o tráfego de veículos, respeitando o ciclo de marés e as eventuais restrições ambientais locais. No caso das barreiras, o óleo pode entranhar no material desmoronado, acumulado na base da escarpa, tornando a limpeza necessária na faixa da preamar.

Índice 4 (ISL 4) – Substratos de média permeabilidade; moderada penetração/soterramento de petróleo:

- Praias de areia grossa

- Praias intermediárias de areia fina a médias, expostas
- Praias de areia fina a média, abrigadas

Declividade da face praias entre 3 e 10 graus, substrato moderadamente permeáveis com mobilidade sedimentar relativamente elevada (acumulação de até 20 cm por ciclo de maré), soterramento parcial do óleo. As praias de areia fina a média, protegidas, têm características semelhantes às do índice anterior (ISL 3), sendo, porém, mais sensíveis por serem protegidas, com menor grau de exposição à energia de ondas e marés. Ocorre penetração do óleo até cerca de 50 cm de profundidade, maior profundidade de percolação do óleo dificulta a limpeza, podendo causar erosão ou problemas de descarte. Possui baixa trafegabilidade potencial, a persistência do óleo pode ser alta se houver soterramento ou retenção em irregularidades do substrato. Tempestades periódicas podem ajudar a remoção e/ou soterramento do óleo.

Índice 5 (ISL 5) – Substratos de média a elevada permeabilidade, com alta penetração/soterramento de petróleo ou estrutura rochosa calcária paralela e em contato direto com a linha costeira:

- Praias mistas de areia e cascalho ou conchas e fragmentos de corais
- Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação
- Recifes areníticos em franja

Energia variada das ondas e das correntes de maré, declividade entre 8 e 15 graus, nos casos de substratos móveis, ou sub-horizontal em substratos duros. Média a elevada permeabilidade do substrato (mistura de cascalho e areia), participação relativa da fração cascalho (maior que 2 mm) de pelo menos 20% na composição do sedimento. O cascalho pode ser composto de fragmentos de rochas, conchas ou corais, ocorre percolação do óleo até cerca de 50 cm de profundidade, mobilidade dos sedimentos muito elevada no ciclo tempestade/ pós-tempestade. Potencial de erosão durante tempestades e posterior soterramento, superfície irregular ou recoberta de vegetação, no caso de substratos duros. Os recifes em franja formam barragem com declividade suave para o continente e brusca queda para o mar, e apresentam rugosidades onde tende a se acumular o óleo. Ocorre penetração do óleo até cerca de 50 cm de profundidade, maior profundidade de percolação do óleo dificulta a limpeza, podendo causar erosão ou problemas de descarte. Baixa trafegabilidade potencial; persistência do óleo pode ser alta se houver soterramento ou retenção em irregularidades do substrato; tempestades periódicas podem ajudar a remoção e/ ou soterramento do óleo.

Índice 6 (ISL 6) – Substratos de elevada permeabilidade; alta penetração/soterramento de petróleo:

- Praias de cascalho (seixos e calhaus)
- Costa de detritos calcários
- Depósito de tálus
- Enrocamentos (“rip-rap”, guia corrente, quebra-mar) expostos
- Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas)

Elevada variabilidade anual no grau de exposição e, conseqüentemente, na freqüência de mobilização de sedimentos por ação das ondas, reflexão variável das ondas. Elevada permeabilidade do substrato (cascalho) ou substrato rochoso / duro com muitas reentrâncias com declividade moderada, potencial de enterramento e erosão durante tempestades, baixíssima trafegabilidade, baixíssima reposição natural dos sedimentos. Ocorre percolação do óleo até cerca de 100 cm, praias de cascalho têm o nível mais elevado de impacto, devido à facilidade e profundidade de percolação do óleo e conseqüentes dificuldades de remoção. A persistência do óleo pode ser alta se há soterramento ou se as tempestades após o soterramento forem pouco frequentes. A limpeza pode ser difícil devido à grande profundidade de penetração do óleo e baixa trafegabilidade, jateamento com água pode ser uma solução parcial em enrocamentos.

Índice 7 (ISL 7) – Substratos sub-horizontais, permeáveis, expostos:

- Planície de maré arenosa exposta
- Terraço de baixa-mar

Acumulação sedimentar de baixíssima declividade (menor que 3 graus), formado predominantemente por areia, podendo ocorrer frações de silte e cascalho. Percolação do óleo muito reduzida, devido à saturação do sedimento com água, largura variando de poucos metros a extensões da ordem de quilômetros, sedimento inconsistente e de baixa trafegabilidade. O óleo tende a não percolar ou aderir facilmente aos sedimentos arenosos saturados, o óleo tende a ser transportado para a zona de alcance máximo da preamar ou é levado ao longo da costa pelas correntes de maré. O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados). A limpeza é difícil devido à tendência de transferir o óleo para camadas mais profundas de sedimento através do pisoteio ou outras ações de resposta.

Índice 8 (ISL 8) – Substratos impermeáveis a moderadamente permeáveis, abrigados, com epifauna abundante:

- Escarpa/ encosta de rocha lisa, abrigada
- Escarpa/ encosta de rocha não lisa, abrigada
- Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados
- Enrocamentos (“rip-rap” e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados

Abrigado da ação das ondas, substrato duro composto por rocha do embasamento, estrutura artificial ou argila dura, exceto no caso das barreiras, o substrato pode variar de vertical liso a encosta rugosa de variados graus de permeabilidade. Sua declividade geralmente íngreme (maior que 15 graus), resultando em estreita faixa de estrâncio, usualmente com densa cobertura de algas e outros organismos.

O óleo tende a recobrir a superfície afetada, persistindo por longo tempo devido à inexistência de hidrodinamismo capaz de efetuar a remoção; o mapeamento deve distinguir entre substratos lisos impermeáveis ao óleo e substratos recobertos por blocos, irregularidades ou sedimentos capazes de armazenar o óleo. O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados). A limpeza frequentemente necessária, tanto por razões estéticas, quanto pela baixa remoção natural, sendo muitas vezes complicada, devido à dificuldade de acesso.

Índice 9 (ISL 9) – Substratos semipermeáveis, planos, abrigados, ou recifes com concreções bioconstrucionais:

- Planície de maré arenosa/ lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas
- Terraço de baixa-mar lamoso abrigado
- Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais

Abrigado da ação das ondas possui substrato sub-horizontal lamoso (declividade menor que 3 graus), sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais, largura variando de poucos metros a extensões da ordem de quilômetros possui sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade. Os recifes com colônias de corais constituem ambientes de grande diversidade biológica com grau de exposição a ondas e inclinação variável, substrato rugoso característico de concreções biológicas de grande heterogeneidade. Possui permeabilidade variável e grande aderência, agravada pela presença de orifícios feitos por animais com baixa ou nenhuma trafegabilidade. A penetração de óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água. O óleo é geralmente transportado até a linha de

maré alta, podendo ocorrer penetração junto à linha de preamar. O impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados), a remoção natural ocorre de forma extremamente lenta, o substrato mole e a dificuldade de acesso tornam a limpeza quase impossível, qualquer esforço nesse sentido tende a introduzir o óleo nas camadas mais profundas. No caso de recifes biológicos, a limpeza é impraticável; ações de resposta podem agravar o dano.

Índice 10 (ISL 10) – Zonas pantanosas com vegetação acima d'água:

- Deltas e barras de rio vegetadas
- Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas
- Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum
- Marismas
- Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)

Características – Ambientes de baixa energia; substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns os solos muito orgânicos lamosos; declive geralmente muito baixo, menor que 3 graus (zona intermarés potencialmente extensa); sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais; sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade.

Comportamento potencial do óleo/ Ações de resposta – A penetração de óleo é limitada pelos sedimentos saturados de água; possibilidade de cobertura direta da vegetação pelo óleo na zona intermarés; cobertura direta com óleos viscosos pode sufocar os organismos bênticos e sistemas de raízes; o impacto na biota pode ser alto devido à exposição tóxica (óleos leves ou frações dispersas) ou asfixia (óleos pesados); a remoção natural ocorre de forma extremamente lenta, devido aos baixos níveis de energia e biodegradação (condição anaeróbia do substrato) desses ambientes; constituem os habitats mais sensíveis devido à elevada riqueza e valor biológico; funcionam como verdadeiras armadilhas de retenção de óleo; o substrato mole e a dificuldade de acesso tornam a limpeza impraticável; o esforço nesse sentido tende a introduzir o óleo nas camadas mais profundas e agravar o dano.

#### *5.1.5.3.5.1.1 Código de cores para representação do ISL (Índice de sensibilidade do litoral)*

A simbologia adotada para representação do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) dos diversos segmentos costeiros nas cartas de sensibilidade obedece a um código de cores mostrado no Quadro 14. Este índice tem escala de 1 a 10, sendo 10

representante de ambientes de maior sensibilidade e os índices representam de menor sensibilidade.

**Quadro 14 - Esquema de cores para classificação de Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)**

COR	ÍNDICE	CÓDIGO			TIPOS DE COSTA
		R	G	B	
	ISL1	119	38	105	Costões rochosos lisos Falésia em rochas sedimentares Estruturas artificiais lisas
	ISL2	174	153	191	Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos Terraço, plataforma de abrasão ou terraço arenítico exumado, de declividade média, exposto
	ISL3	0	151	212	Praias dissipativas, de areia fina a média expostas. Praias de areia fina a média, abrigadas Restingas – faixa contígua à praia, ainda sujeita à ação de ressacas
	ISL4	146	209	241	Praias de areia grossa. Praias intermediárias, de areia média a fina, expostas
	ISL5	152	206	201	Praias mistas de cascalho e areia, areia e conchas, ou areia e corais Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou coberto de vegetação
	ISL6	0	149	32	Praias de cascalho (seixos e calhaus) Depósito de tálus Enrocamentos (“rip-rap”, quebra-mar) exposta. Plataforma ou terraço recoberto por concreções lateríticas ou bioconstrucionais
	ISL7	214	186	0	Planície de maré arenosa exposta. Terraço de baixa-mar
	ISL8	225	232	0	Escarpa/ encosta de rocha lisa abrigada Escarpa/ encosta de rocha não-lisa abrigada Enrocamentos abrigado
	ISL9	248	163	0	Planícies de maré arenosa/ lamosa abrigada Terraço de baixa-mar
	ISL10	214	0	24	Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas Marismas Mangues e pântanos costeiros

#### 5.1.5.3.5.2 Área de Influência Direta

Os pontos indicados na Figura 5.1-145 representam o Índice de Sensibilidade Litorânea e estão descritos a seguir.

Na região Norte do empreendimento foram identificados quatro níveis de sensibilidade: um na Ilha da Madeira classificado como ISL 7 constituído por planície de maré

arenosa exposta, um ponto ISL 1 devido a presença de costões rochosos de alta declividade. Na região da Coroa Grande identificou-se um ponto ISL 10 localizado na foz do rio dos Pereiras, caracterizado por brejos salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado e três pontos ISL 6 representados por enrocamentos expostos, plataformas ou terraços exumado recoberto por concreções lateríticas.

Na região Noroeste do empreendimento, localizada em Coroa Grande, foram identificados quatro níveis de sensibilidade: seis pontos ISL 10 possuindo característica de terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas, um ponto ISL 6 devido a presença de plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas e um ponto ISL 5 representado por praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais.

No extremo oeste do mapa foram identificados dois pontos ISL 4 (praias de areia fina a média, abrigadas).

Na ilha de Itacuruçá foram identificados dois pontos de sensibilidade: ao longo da costa leste da ilha foram encontrados oito pontos ISL 4 representados por praias de areia fina a média, abrigadas e quatro pontos ISL 2 caracterizado por costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos.

Na região sul do mapa foi identificado quatro níveis de sensibilidade: dois na ilha do Gato, classificados como ISL 3 (praias dissipativas de areia média a fina, exposta) e quatro pontos na ilha do Martins, caracterizados pelos níveis ISL 1, ISL 3, ISL 4 e ISL 2.

No Porto de Itaguaí foram identificados dois níveis de sensibilidade: dois pontos ISL 6, caracterizado por plataformas ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas e dois pontos ISL 4, possuindo as características de vegetação com influência fluvio-marinha.



Figura 5.1-145 - Índice de Sensibilidade Litorânea

#### 5.1.5.4 Hidrogeologia

Embora o conhecimento hidrogeológico sistemático da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba seja recente, o aproveitamento das águas subterrâneas vem ocorrendo ao longo das últimas décadas devido à exploração dos aquíferos da região. Ainda assim, em face a grande diferença em volume, comparativamente com as águas superficiais, devido a transposição de outras bacias, as águas subterrâneas desempenham papéis secundários no balanço hídrico da bacia. Contudo, cada vez mais sua utilização é incrementada, devido aos hábitos culturais desenvolvidos por parte da população estabelecida na bacia, ao crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial.

O rio Guandu, junto com o rio Paraíba do Sul são os principais contribuintes hídricos para a formação e renovação destes aquíferos.

De caráter estratégico, seus conhecimentos possibilitarão aos gestores, alternativas para auxiliar no gerenciamento de crises hídricas, quer por meio de simples captação, quer pela aplicação de técnicas inovadoras de armazenamento de água subterrânea e/ou do uso complementar aos recursos superficiais. Porém, igualmente aos outros sistemas naturais, que sofrem efeitos da degradação ambiental, as águas subterrâneas já experimentam, em alguns locais, significativas modificações em quantidade e/ou qualidade.

Este item visa analisar o potencial e disponibilidade das águas subterrâneas, suas limitações relacionadas ao crescimento da oferta futura e/ou às transformações ambientais nela ocorrida.

##### 5.1.5.4.1 Sistemas Aquíferos

As condições de ocorrência das águas subterrâneas estão relacionadas à existência de ambiente geológico favorável ao armazenamento e a circulação. Na bacia são identificados dois sistemas hidroestratigráficos principais:

- Sistema Aquífero Fraturado e
- Sistema Aquífero Piranema.

O primeiro sistema hidroestratigráfico é pertinente às discontinuidades existentes nas rochas cristalinas, principalmente associadas às rochas do embasamento granítico-gnáissico e eventualmente, em rochas alcalinas e básicas.

A segunda unidade hidroestratigráfica é o aquífero Piranema, considerado aqui somente os sedimentos relacionados à Formação Piranema (Góes, 1994).

#### 5.1.5.4.1.1 Aquífero Fraturado

Genericamente o sistema cristalino pode ser caracterizado pela ausência ou baixa frequência de espaços vazios na rocha. Este tipo de aquífero é marcado pela elevada anisotropia e heterogeneidade onde a porosidade e permeabilidade estão relacionadas às fraturas e fissuras, juntas e ainda falhas. Por conta destas características, os parâmetros hidráulicos apresentam intensa variação espacial, tornando difícil a quantificação das propriedades hidrogeológicas. Os principais fatores que podem atuar neste sistema, controlando os mecanismos de infiltração, armazenamento e qualidade da água, são: o clima, relevo, hidrografia, coberturas detríticas, manto de intemperismo, litologia e estruturas geológicas.

Os aquíferos fraturados ou fissurados estão condicionados às zonas de fraturas ou fissuras, oriundas de processos tectônicos, que permitem a acumulação de água nas rochas.

Na região o aquífero fraturado geralmente é livre e frequentemente é recoberto pelas coberturas sedimentares e pela rocha alterada. Na presença dessas coberturas, eventualmente pode acontecer o confinamento do sistema fraturado. Conforme Eletrobolt (2003) são os seguintes condicionantes estruturais para armazenamento de água no aquífero fraturado:

- O trend estrutural principal NE/SW apresenta características compressionais que selam as falhas ou fraturas pré-existentes;
- Somente a atividade neotectônica imposta o quadro litoestrutural mais antigo na região permitiria gerar um quadro favorável relacionado à exploração de água subterrânea associada às fraturas e/ou falhamentos;
- A tipologia das rochas básicas e alcalinas que preenche as falhas e/ou fraturas são elementos negativos que contribuem para o fechamento dos espaços entre os blocos;
- O padrão de falhas e/ou fraturas NW/SE, com vorticidade anti-horária mostram-se mais propícias ao aprisionamento ou interação rocha-água, produzindo áreas promissoras nas confluências com os demais padrões existentes na área.

O sistema de falhamento ou fraturamento NE/SW caracteriza-se por ter desenvolvido falhas ou fraturas abertas, porém serão necessários estudos mais profundos para a sua compreensão. Estas estruturas podem ser responsáveis pelo condicionamento das bordas das Serras do Caçador e da Calçada. A predominância é de sistemas abertos, favoráveis ao armazenamento e transporte de água.

As rochas cristalinas ocupam a maior parte da área da bacia, sendo mais bem representada na porção centro/norte e nos contornos topográficos mais elevados. A espessura da zona fraturada nessas rochas é incerta, sendo função da intensidade e amplitude dos processos tectônicos.

A profundidade das fraturas produtivas (entrada de água nos poços tubulares) ocorre geralmente nos intervalos entre 15 a 20, 20 a 30 e 35 a 40 metros de profundidade. Eventualmente podem ocorrer fraturas a profundidades inferiores aos 10 metros e mais raramente além de 80 metros. Segundo Eetrobolt (2003, *op. cit.*), os sistemas principais de fraturamento para o acúmulo de água são os NW/SE.

As vazões médias dos poços profundos no sistema cristalino estão em torno de 6,0 m<sup>3</sup>/hora, ocorrendo vazões entre 10 e 15 m<sup>3</sup>/hora. Informações verbais relatam uma vazão acima dos 30 m<sup>3</sup>/hora. Embora estas vazões sejam perfeitamente possíveis no sistema cristalino, não se pode descartar a contribuição das coberturas sedimentares e/ou manto de intemperismo. Contudo, os dados obtidos não permitem quantificar essas informações.

A despeito do registro de algumas vazões consideráveis, quando o parâmetro avaliado é a capacidade ou vazão específica, ou seja, a razão entre a vazão de bombeamento pelo respectivo rebaixamento de água medido no próprio poço, os valores encontrados são bastante reduzidos, indicando rebaixamento significativo no nível dinâmico do poço.

#### 5.1.5.4.1.2 Aquífero Piranema

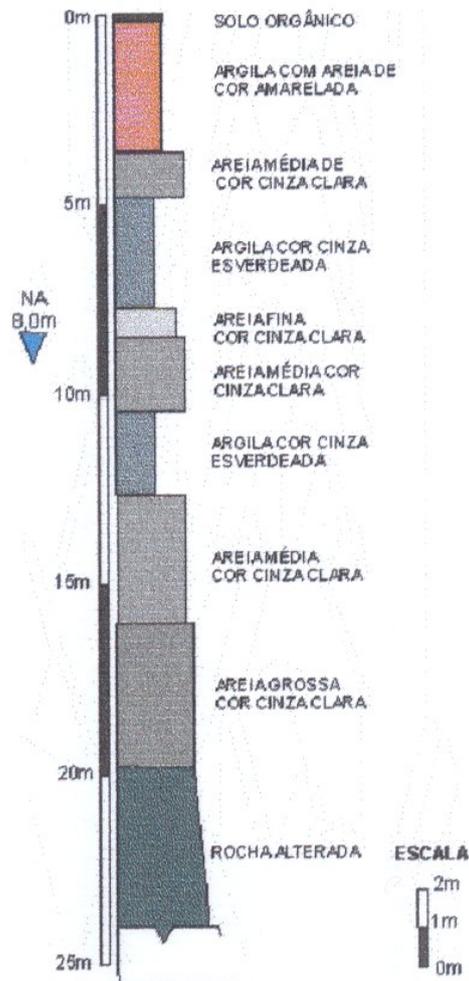
Neste diagnóstico foi considerado como o Aquífero Piranema a unidade hidroestratigráfica de origem sedimentar com permeabilidade intergranular constituída por sedimentos arenosos, areno-argilosos e que apresentam estreita relação genética com a Formação Piranema. (Góes, 1994).

Esses sedimentos foram depositados em ambiente colúvio-aluvionar, leques aluviais e paleoterraços. A matriz do aquífero é arenosa, de composição mineralógica simples, predominância de minerais como quartzo e feldspato, portanto, francamente

arcosiano, e quimicamente próximo a um granito. Esses sedimentos constituem o minério extraído por dezenas de mineradoras de areia na região de Itaguaí.

Na bacia, este aquífero apresenta uma área próxima de 250 km<sup>2</sup> tendo maior desenvolvimento na parte centro-sul. Sondagens para avaliação dos depósitos de areia descritos por Carvalho (2001) e Bebert (2002), registram a profundidade média para o embasamento cristalino alterado aos 22 metros. A espessura média do pacote sedimentar varia entre 16 e 24 metros, ocorrendo intercalação de lentes e camadas de argila, que variam de poucos centímetros a raros 10 metros na região mais ao sul da bacia.

A Figura 5.1-146 apresenta um perfil esquemático da estratigrafia dos sedimentos que formam o Aquífero Piranema na área dos areais.



**Figura 5.1-146 - Perfil esquemático da estratigrafia dos sedimentos que formam o Aquífero Piranema na área dos areais.**

Relatórios técnicos de perfurações de poços tubulares profundos registram a espessura de sedimentos de até 75 metros de profundidade, (CEDAE, 1986), enquanto estimativas consideram que os sedimentos da bacia poderiam alcançar profundidades entre 150 a 200 metros, Macroplano (1998).

Sondagens geofísicas na região de Piranema determinaram a espessura dos sedimentos entre 50 e 60 metros, Eletrobolt (*op. cit.*). Informações verbais dão ciência da perfuração de um poço tubular na Reta dos Bandeirantes, ao norte da área de Piranema, que teriam atingido os 72 metros sem alcançar o embasamento cristalino. Todavia, durante a fase de cadastramento não foi possível identificar o referido poço.

O nível de água subterrânea regionalmente é pouco profundo, variando de poucos centímetros até um máximo (pouco comum), de 10 metros, mas normalmente dependendo da estação climática e do local, mantem-se entre 2 e 3,5 metros, Eletrobolt (*op. cit.*).

Geralmente o aquífero é livre, porém sendo possível a existência de sistemas confinados devido à intercalação de camadas argilosas e arenosas. De acordo com Macroplano (*op. cit.*) e Tubbs (1999), em certas regiões da bacia quando se perfura um poço que ultrapassa a camada argilosa, atingindo as zonas mais arenosas, a água é encontrada e sofre o efeito artesiano de subir até a superfície. O mesmo fato é relatado por posseiros e areeiros da região.

As figuras seguintes apresentam as hidrografias relacionadas às águas subterrâneas do aquífero livre da região de Piranema. A Figura 5.1-147 foi obtida por medições mensais do nível de água em poços existentes nas proximidades dos areais, entre novembro de 2003 e abril de 2005.

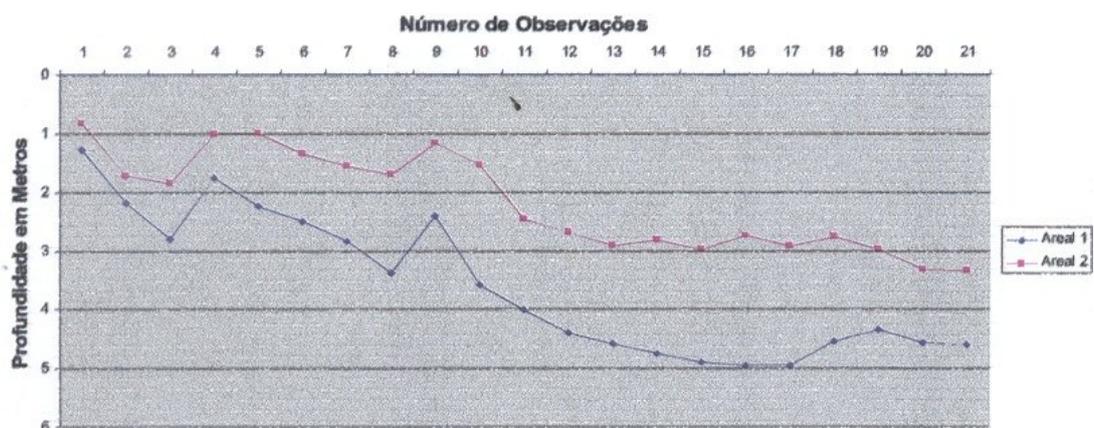


Figura 5.1-147 – Variações do nível de água subterrânea nos areais. Fonte: Tubbs e Yoshinaga (2005).

A segunda hidrógrafa, Figura 5.1-44 (Barbosa, 2005), foi determinada em poços residenciais do bairro Piranema, entre outubro de 2003 e outubro de 2004.

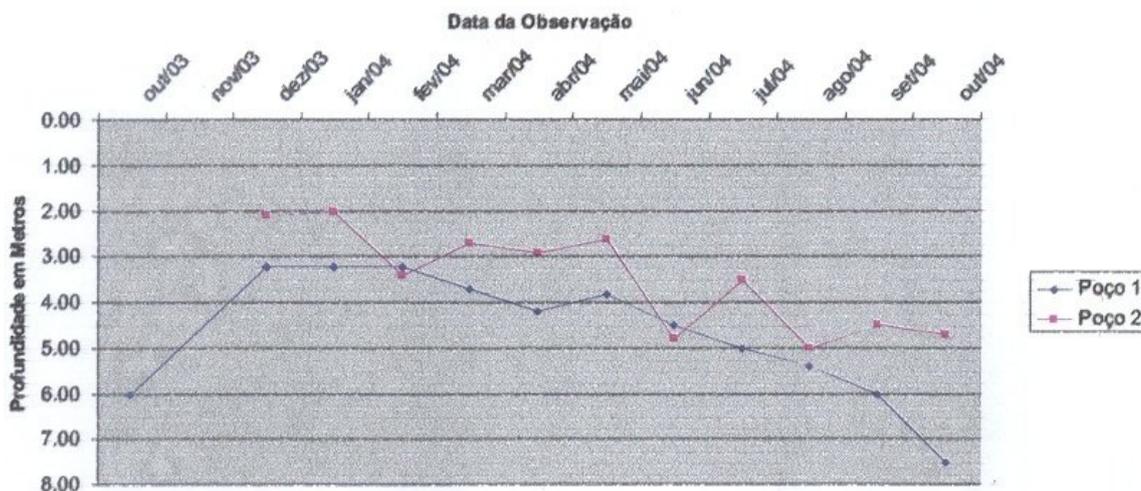


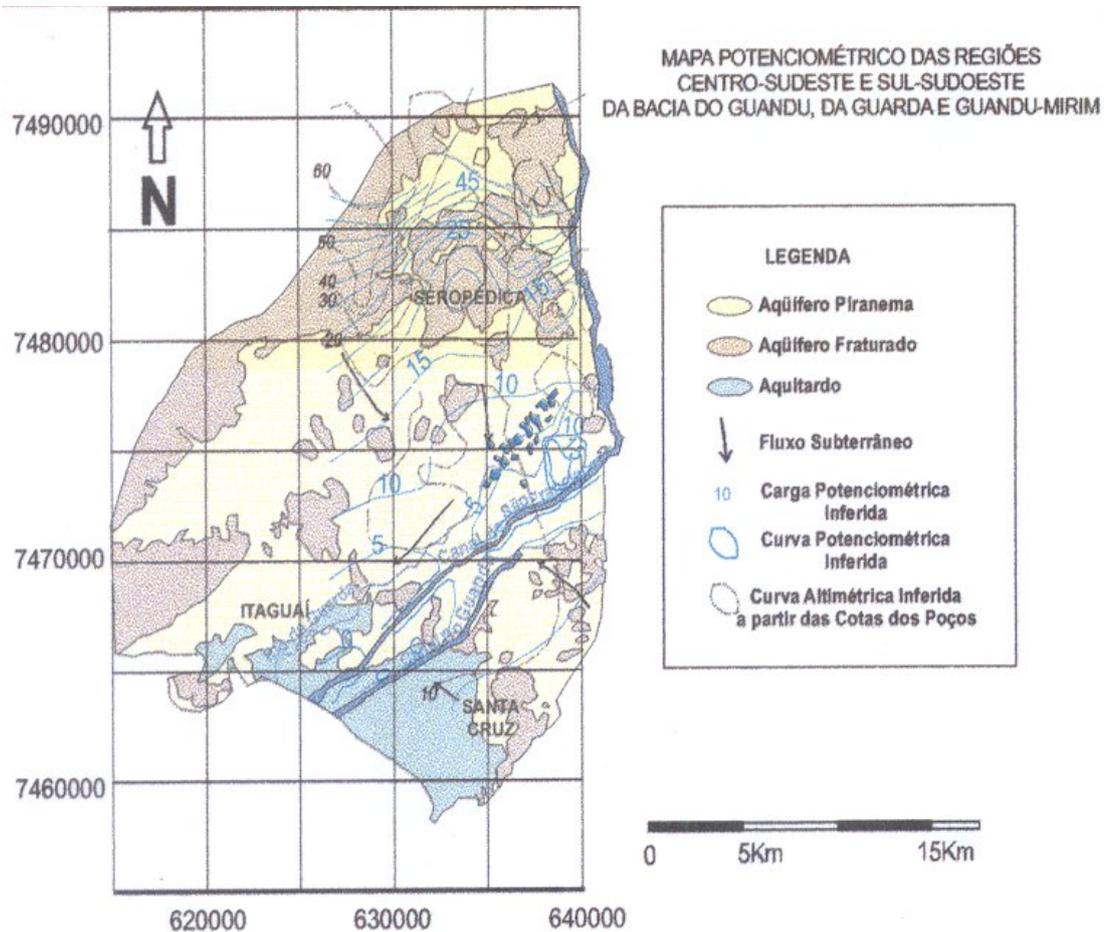
Figura 5.1-148 – Variações do nível de água subterrânea na Piranema. Fonte: Barbosa (2005).

Ambas evidenciam comportamento recessivo de descarga subterrânea e os eventos de recarga do aquífero. Na região podem ocorrer dois tipos de recarga. Uma local, que acontece ao longo de toda área de ocorrência do aquífero, e outra regional, próxima às regiões de afloramento dos depósitos de origem colúvio-aluvionar encontrados na base das serras, encostas e morros, principalmente na porção oeste e noroeste da região de Piranema. As duas formas de recarga incidem normalmente ao fim da primavera, início do verão, entre os meses de dezembro e março.

O fluxo subterrâneo no aquífero Piranema é bastante complexo, por conta de processos externos que atuam sobre os padrões naturais. Segundo Eletrobolt (*op. cit.*), o sentido geral do fluxo é de norte/nordeste para sul/sudoeste. Todavia, devido à extração de areia e a formação das cavas, parte desse fluxo é desviado temporariamente para o interior das lagoas da cavas e posteriormente sofre uma inflexão para oeste em direção ao rio Guandu.

A Figura 5.1-149 apresenta o mapa potenciométrico de parte do aquífero, evidenciando a modificação do fluxo.

Outro evento importante na região é o controle do fluxo subterrâneo exercido pela vazão do rio Guandu. Essa influência é causada pela diferença de carga hidráulica existentes entre as águas deste rio e as águas subterrâneas, (Tubbs e Yoshinaga 2005).



**Figura 5.1-149 – Mapa potenciométrico da região do Aquífero Piranema. Fonte: Tubbs (2005), Modificado a partir da Eletrobolt (2003).**

Na exploração de areia, quando a dragagem é feita, areia e água são removidos. Antes da dragagem, a porosidade do aquífero é em torno de 20 a 25%. Após a exploração, os “espaços vazios” provocados pela mineração passam a 100%, e consequentemente as águas subterrâneas afloram à superfície e inundam o buraco da cava.

Considerando que estas lagoas representam zonas de “permeabilidade infinita” dentro do aquífero Piranema, elas afetam o balanço hidráulico da região, causando um desvio permanente dos padrões potenciométricos da região. Deste modo, as linhas de fluxo de uma área considerável devem convergir para as lagoas. Uma vez que a lagoa de cava é formada, o armazenamento aumenta e as águas fluem para esse espaço extra e temporariamente ocorre o rebaixamento do nível da água nas vizinhanças.

Entretanto, de acordo com as linhas de fluxo na Figura 5.1-150, ocorre uma inflexão para oeste/sudoeste, na direção do rio Guandu, resultado da diferença de carga hidráulica entre as águas superficiais do rio Guandu e subterrâneas do Aquífero Piranema.

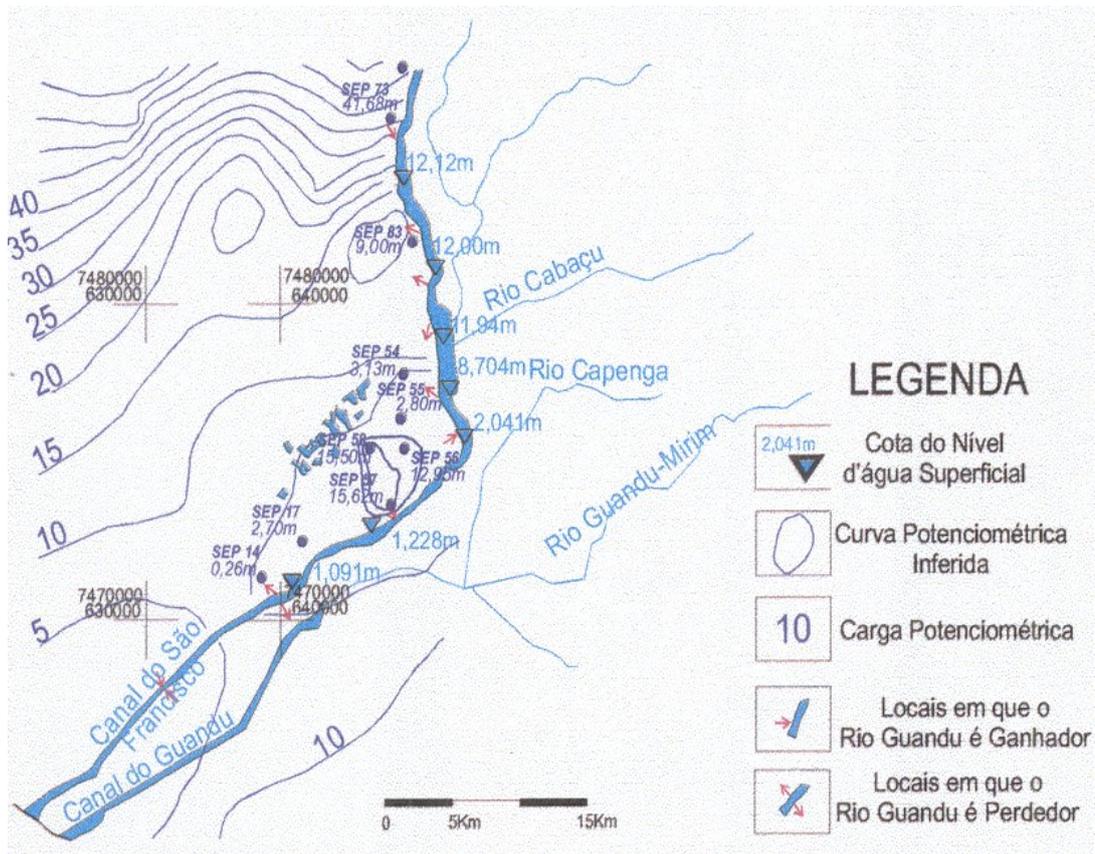


Figura 5.1-150 – Relação entre as águas subterrâneas e o rio Guandu. Fonte: Tubbs, 2005.

#### 5.1.5.4.2 Hidrogeologia Local

As condições de ocorrência das águas subterrâneas próximo ao local do empreendimento estão relacionadas ao sistema hidroestratigráfico, associadas às rochas do embasamento granítico-gnáissico. As informações obtidas foram de dados de poços existentes em uma Pedreira próximo ao empreendimento. São dois poços, sendo um de 80 metros com 1,8 m<sup>3</sup>/h e outro com 100 metros com 11,3 m<sup>3</sup>/h. Este tipo de aquífero é marcado pela elevada anisotropia e heterogeneidade onde a porosidade e permeabilidade estão relacionadas às fraturas e fissuras. Por conta destas características, os parâmetros hidráulicos apresentam intensa variação espacial, tornando difícil a quantificação das propriedades hidrogeológicas locais.



A partir das sondagens realizadas nas áreas norte e sul, em conjunto com o levantamento geofísico, pode-se determinar que o aquífero freático ocorre em ambas as áreas em profundidades que variam de 1 a 3 metros. Os mesmos não apresentam direção de fluxo principal constante, uma vez que sofrem influência da variação da maré e da cunha salina.

## 5.1.6 AVALIAÇÃO DE RUÍDO DO ESTALEIRO E BASE NAVAL

### 5.1.6.1 Medições de ruído ambiente

O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (LAEq), em decibéis ponderados em “A”, e tem como finalidade quantificar e avaliar os níveis de ruído no local citado, de acordo com a norma NBR10151:2000 – “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento”.

#### 5.1.6.1.1 Equipamentos Utilizados

Foram utilizados os equipamentos abaixo, os quais estão em conformidade com as normas IEC 60651, IEC 60804, IEC 61260 e IEC 60942.

- Medidor de Nível Sonoro tipo 1 Larson Davis modelo 831 s/n 1069;
- Microfone incidência aleatória PCB modelo 377B02 s/n 102043;
- Pré-amplificador Larson Davis modelo PRM831 s/n 0164;
- Calibrador Acústico Larson Davis modelo CAL200 s/n 3231.

Todos os equipamentos da lista possuem certificados de calibração válidos, reconhecidos pelo INMETRO ou rastreáveis ao NIST com período de validade de 1 ano. As cópias dos certificados de calibração estão disponíveis no anexo E.

#### 5.1.6.1.2 Procedimento de calibração

A cadeia de medição de pressão sonora (microfone – pré-amplificador – medidor) foi verificada com o calibrador acústico ajustado em 114,0 dB antes e depois de cada seqüência de medições. Todas as leituras indicaram níveis entre 114,0 dB e 114,1 dB na frequência do calibrador de 1000 Hz. Os desvios de calibração da cadeia de medição, estando dentro da faixa de +/- 0,2 dB, mostram-se plenamente aceitáveis para um sistema Tipo 1.

#### 5.1.6.1.3 Normas e Procedimentos de Medição

O procedimento adotado para a campanha de medição reportada neste relatório segue as diretrizes gerais contidas na NBR 10151:2000 - “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento”.

Os pontos de medição foram estabelecidos através de uma reunião realizada com o responsável, Sr. André, da empresa MRS Estudos Ambientais LTDA. Juntamente com

os responsáveis técnicos da Empresa Grom Equipamentos Eletromecânicos. Foram estabelecidos oito pontos ao redor do futuro empreendimento em receptores críticos mostrados na tabela abaixo.

**Tabela 5.1-21- Pontos de Medição**

Pontos de Medição	Descrição dos Pontos	Fotos	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
01	Próximo a entrada sul do futuro túnel a ser aberto	Fig 5 - 124 à Fig 5 - 126	22°55'30.78"S	43°50'31.92"O
02	Pier, próximo ao posto ambiental	Fig 5 – 127 à Fig 5 - 129	22°55'43.24"S	43°50'39.75"O
03	Porto de Itaguaí	Fig 5 – 130 à Fig 5 - 132	22°55'43.63"S	43°49'47.41"O
04	Estrada Joaquim Fernandes	Fig 5 – 133 à Fig 5 – 135	22°54'53.76"S	43°50'23.30"O
05	Próximo a entrada norte do futuro túnel a ser aberto	Fig 5 – 138 à Fig 5 - 136	22°55'4.00"S	43°50'31.88"O
06	No terreno da CDRJ	Fig 5- 139 à Fig 5 - 141	22°54'58.81"S	43°50'34.59"O
07	Próximo a praia da comunidade da Ilha da Madeira	Fig 5 – 142 à Fig 5 - 143	22°55'10.59"S	43°51'4.79"O
08	Rua José Miranda Pena	Fig 5 – 144 à Fig 5 - 146	22°55'29.94"S	43°50'49.97"O

**Nota: Os pontos de medição estão localizados em croquis no Anexo B e o relatório fotográfico está localizado no Anexo C.**



**Figura 5.1-151 – Ponto 1 de medição de ruído de fundo.**



**Figura 5.1-152 – Ponto 1 de medição de ruído de fundo.**



**Figura 5.1-153 – Ponto 1 de medição de ruído de fundo.**



**Figura 5.1-154 – Ponto 2 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-155 – Ponto 2 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-156 – Ponto 2 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-157 – Ponto 3 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-158 – Ponto 3 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-159 – Ponto 3 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-160 – Ponto 4 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-161 – Ponto 4 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-162 – Ponto 4 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-163 – Ponto 5 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-164 – Ponto 5 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-165 – Ponto 5 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-166 – Ponto 6 de medição de ruído de fundo**



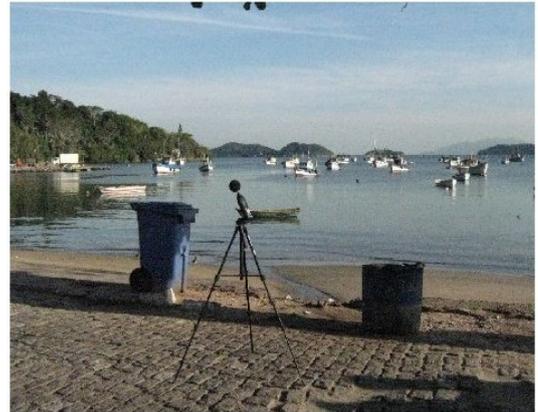
**Figura 5.1-167 – Ponto 6 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-168 – Ponto 6 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-169 – Ponto 7 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-170 – Ponto 7 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-171 – Ponto 8 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-172 – Ponto 8 de medição de ruído de fundo**



**Figura 5.1-173 – Ponto 8 de medição de ruído de fundo**

Para a localização e a marcação dos pontos de medição, foi utilizado um GPS da marca GARMIM modelo ETREX, que possibilita a leitura do sistema de coordenadas geográficas.

As medições foram realizadas com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (*FAST*), ficando os pontos afastados aproximadamente 1,20m do piso e pelo menos 2,00m de quaisquer outras superfícies refletoras (por exemplo: muros, paredes etc.).

Durante as medições, percebia-se claramente, no período diurno, a influência de animais nas redondezas, passagem de carros e vento na vegetação e, no período noturno, a influência de insetos, passagem de carro e animais nas redondezas.

Para que não houvesse nenhuma interferência nas medições realizadas com o medidor de pressão sonora, foi acoplado a ele um acessório chamado windscreen que evita o ruído de sopro no microfone.

Dessa forma, o nível de pressão sonora medido caracteriza as condições acústicas normais da região, não havendo interferência de rajadas de vento no microfone.

As medições foram realizadas de modo a se obter um nível de ruído representativo para os ambientes em questão. Os resultados apresentados correspondem a medições de ruídos por tempos nunca inferiores a 10 minutos.

#### 5.1.6.1.4 Valores medidos

##### 5.1.6.1.4.1 Período diurno

A Tabela 5.1-22 abaixo mostra os níveis equivalentes medidos ( $L_{Aeq}$ ), os níveis máximos ( $L_{MAX}$ ), os níveis mínimos ( $L_{MIN}$ ) e os níveis estatísticos ( $L_{01}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ) medidos no período diurno.

Todos os valores medidos foram arredondados para o inteiro mais próximo, de acordo com a norma NBR10151:2000.

**Tabela 5.1-22 - Valores Medidos – Ruído Ambiente no período Diurno**

Ponto	Data (dd/mm/aa)	Hora Início (hh:mm:ss)	Hora Término (hh:mm:ss)	$L_{Aeq}$ dB(A)	$L_{max}$ dB(A)	$L_{min}$ dB(A)	$L_{01}$ dB(A)	$L_{10}$ dB(A)	$L_{50}$ dB(A)	$L_{90}$ dB(A)
01	06/07/2009	12:49:11	12:59:12	43	63	34	51	46	41	38
02	06/07/2009	13:06:29	13:16:29	52	67	48	56	54	51	49
03	06/07/2009	13:24:52	13:34:52	73	90	69	83	72	71	70
04	06/07/2009	14:33:51	14:43:51	56	76	42	69	55	48	44
05	06/07/2009	15:01:21	15:11:22	45	58	38	54	48	43	40
06	06/07/2009	15:18:23	15:27:16	46	64	38	55	49	43	40
07	06/07/2009	15:44:33	15:54:34	60	79	43	70	63	55	48
08	06/07/2009	16:02:43	16:12:43	52	59	46	56	54	51	49

A Tabela 5.1-23 apresenta os comentários e refere-se aos ruídos que foram perceptíveis durante as medições, aparecendo em ordem decrescente em relação à intensidade de ruído observado no local.

**Tabela 5.1-23 - Comentários observados durante o período Diurno**

Pontos	Ruídos perceptíveis durante a medição
01	Vento na vegetação, insetos e pássaros.
02	Porto de Itaguaí, pássaros e vento na vegetação.
03	Os ruídos perceptíveis durante a medição foram: Porto de Itaguaí (esteira de minério), passagem de veículos pesados e locomotiva de transportes de materiais da CSN.
04	Passagem de veículos e vento na vegetação.
05	Pássaros, passagem de veículos e insetos
06	Passagem de veículos e insetos
07	Passagem de veículos e conversação de pessoas ao redor (comunidade)
08	Insetos e pássaros.

#### 5.1.6.1.4.2 Período Noturno

#### A

Tabela 5.1-24 mostra os níveis equivalentes medidos (LAeq), os níveis máximos (LMAX), os níveis mínimos (LMIN) e os níveis estatísticos (L01, L10, L50 e L90) medidos no período noturno.

Todos os valores medidos foram arredondados para o inteiro mais próximo, de acordo com a norma NBR10151:2000.

**Tabela 5.1-24 - Valores Medidos – Ruído Ambiente no período Noturno**

Ponto	Data (dd/mm/aa)	Hora Início (hh:mm:ss)	Hora Término (hh:mm:ss)	LAeq dB(A)	Lmax dB(A)	Lmin dB(A)	L01 dB(A)	L10 dB(A)	L50 dB(A)	L90 dB(A)
01	06/07/2009	22:37:07	22:47:08	49	56	46	53	50	48	47
02	06/07/2009	22:53:21	23:03:21	47	55	43	51	48	47	45
03	06/07/2009	23:11:14	23:21:14	69	89	66	76	68	67	67
04	06/07/2009	23:34:41	23:44:41	60	84	47	72	57	50	48
05	07/07/2009	23:57:27	00:07:27	53	73	45	65	52	49	47
06	07/07/2009	00:09:14	00:19:15	56	80	44	68	51	47	45
07	07/07/2009	00:27:11	00:37:11	54	73	42	64	56	50	46

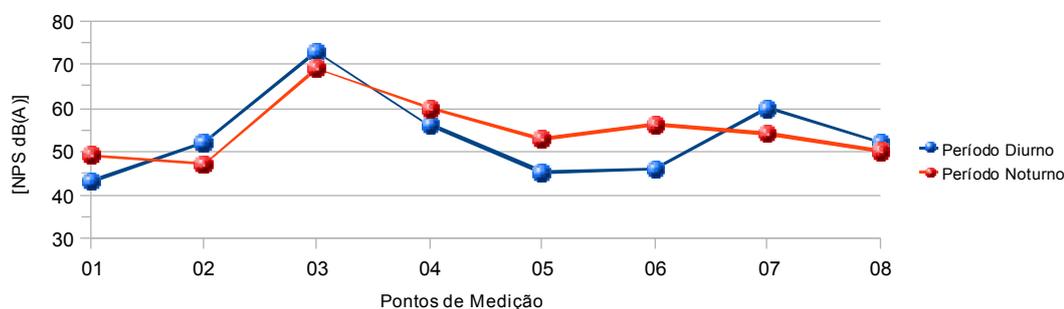
Ponto	Data (dd/mm/aa)	Hora Início (hh:mm:ss)	Hora Término (hh:mm:ss)	L <sub>Aeq</sub> dB(A)	L <sub>max</sub> dB(A)	L <sub>min</sub> dB(A)	L01 dB(A)	L10 dB(A)	L50 dB(A)	L90 dB(A)
08	07/07/2009	00:43:46	00:53:47	50	54	45	52	51	50	18

A Tabela 5.1-25 apresenta os comentários e refere-se aos ruídos que foram perceptíveis durante as medições, aparecendo em ordem decrescente em relação à intensidade de ruído observado no local.

**Tabela 5.1-25 - Comentários observados durante o período Noturno**

Pontos	Ruídos perceptíveis durante a medição
01	Vento na vegetação e insetos.
02	Porto e vento na vegetação.
03	Porto de Itaguaí (esteira de minério) e passagem de veículos pesados
04	Passagem de veículos e vento na vegetação.
05	Vento na vegetação, insetos e passagem de veículos.
06	Vento na vegetação e passagem de veículos.
07	Vento na vegetação, conversação de pessoas (comunidade).
08	Vento na vegetação e insetos.

A Figura 5.1-174 mostra os valores medidos (LAEQ) nos períodos diurno e noturno.



**Figura 5.1-174 - Valores medidos período Diurno e Noturno.**

#### 5.1.6.1.5 Limites Permitidos

Conforme determina a norma NBR 10151:2000, o ruído medido em ambientes externos deve ser comparado com o Nível de Critério de Avaliação (NCA), aplicando-se as devidas correções e penalidades.

Para a avaliação dos níveis de ruído, é feita uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido (Lc) e o Nível de Critério de Avaliação (NCA), estabelecidos conforme as recomendações expressas na norma NBR 10151:2000.

A Tabela 5.1-26 reproduz a tabela da norma NBR 10151:2000 com os níveis de critério de avaliação segundo o tipo de ocupação da área.

**Tabela 5.1-26 - NCA para ambientes externos, em dB(A), segundo a norma NBR 10151:2000.**

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

O nível medido será corrigido quando houver a presença de componentes tonais ou de impacto, tiros e martelada. Quando isso não ocorre, o nível médio medido LAEQ será o nível corrigido LC.

Os níveis de pressão sonora apresentados neste relatório não serão comparados com os limites impostos pela norma NBR 10151:2000. Os níveis foram medidos para identificar o ruído ambiente (LRA) do local, para futuros estudos durante o processo de construção do porto.

#### **5.1.6.2 Simulação de impacto acústico ambiental**

A simulação acústica permite avaliar o impacto acústico esperado após a implantação do Estaleiro e da Base Naval da Marinha. Como resultado do processo de simulação, são gerados mapas de ruído representando o ambiente atual nos períodos diurno e noturno, o ambiente esperado após a implantação das novas fontes de ruído e mapas comparativos representando o impacto dessas novas fontes sobre o ambiente local.

Todo o processo de modelagem do ambiente 3D acústico e simulação da propagação do ruído foi executado através do programa de simulação acústica *SoundPLAN*. Os modelos da situação atual e da situação futura foram baseados em informações passadas diretamente pela MRS e em observações feitas no local. A modelagem do ambiente acústico foi realizada com base nas medições ambientais relatadas acima. A modelagem das fontes sonoras a serem implantadas foi realizada considerando estimativas baseadas na extrapolação das fontes já existentes no porto.

#### 5.1.6.2.1 Modelagem da topografia e ambiente construído

A topografia local foi modelada a partir das curvas de nível presentes no desenho "DE-0847-GR-LAY-PLT-32-R1.dwg" em formato digital apresentado pela MRS. O mapa topográfico com o relevo considerado em todo o processo de simulação é apresentado na Figura 5.1-175.

Edificações existentes no local foram modeladas com base nas observações feitas durante a campanha de medição e em fotografias aéreas da região. As edificações servem como barreiras influenciando diretamente na propagação do ruído.

#### 5.1.6.2.2 Modelagem das fontes sonoras atuais

Todas as fontes de ruído foram modeladas com base nos valores medidos no local. As principais fontes locais são rodovias, atividades na comunidade, atividades no porto e fenômenos naturais (animais, vento na vegetação etc.).

Devido à inviabilidade de se modelar cada fonte isoladamente, os ruídos provocados por animais e movimento de folhagens foram modelados simplesmente com a adição de uma pressão sonora de 43 dB(A), no período diurno, e 47 dB(A), no período noturno, em toda a área de cálculo.

O ruído gerado pela comunidade foi incorporado ao ruído gerado pelo tráfego de veículos nas ruas locais. Esse tráfego foi modelado como fonte linear com potência capaz de gerar níveis de pressão sonora equivalentes aos medidos no local.

As fontes sonoras referentes às atividades do porto foram modeladas de três formas distintas. Há fontes semelhantes às ruas do entorno, porém com potência mais elevada, a fim de corresponder à elevada taxa de veículos pesados. Fontes referentes a navios (carregamento, motores etc.) e esteiras rolantes foram modeladas como fontes lineares ao longo dos atracadouros. Foram escolhidas fontes lineares para

melhor representar a diretividade dessas fontes. Atividades gerais do porto foram modeladas como fontes superficiais (planos horizontais).

Todas as potências foram estimadas de forma a reproduzir a pressão sonora encontrada no local no momento das medições.

#### 5.1.6.2.3 Modelagem das fontes sonoras futuras

As fontes referentes à expansão do Porto de Itaguaí foram modeladas com base nas fontes já existentes no porto e em base de dados da Grom. Foram modeladas quatro fontes lineares no estaleiro, a fim de representar as atividades industriais em embarcações.

Rodovias ao redor foram remodeladas de acordo com o mapa de localização do empreendimento. Elas foram modeladas conforme as ruas internas do porto atual, reproduzindo o aumento no tráfego de veículos pesados esperado para as novas vias.

#### 5.1.6.2.4 Cálculos de simulação

Os diversos parâmetros utilizados nos cálculos de simulação são descritos abaixo.

- • Normas para avaliação:
  - Ruído industrial: ISO 9613-2;
  - Absorção pelo ar: ISO 9613.
- Condições ambientais:
  - Pressão atmosférica: 1020 mBar;
  - Umidade relativa do ar: 80%;
  - Temperatura: 25°C.
- Mapa de ruído:
  - Altura em relação ao chão: 1,5m;
  - Espaçamento: 25m.

#### 5.1.6.2.5 Resultados



Os resultados das simulações são apresentados nas figuras seguintes, conforme a Figura 5.1-176 à Figura 5.1-181.

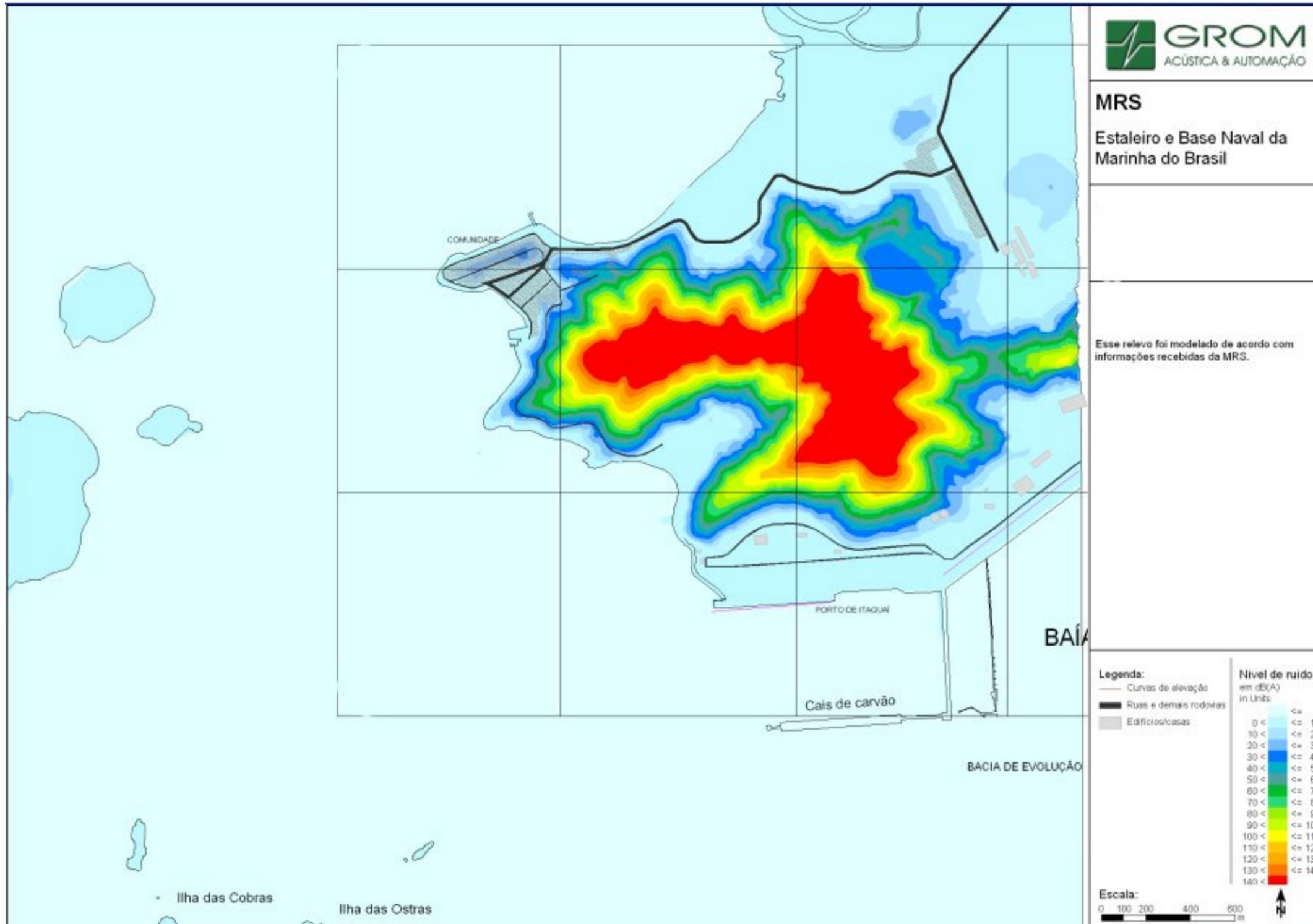


Figura 5.1-175 – Representação do relevo da região do Porto de Itaguá, conforme considerado ao longo do processo de simulação.

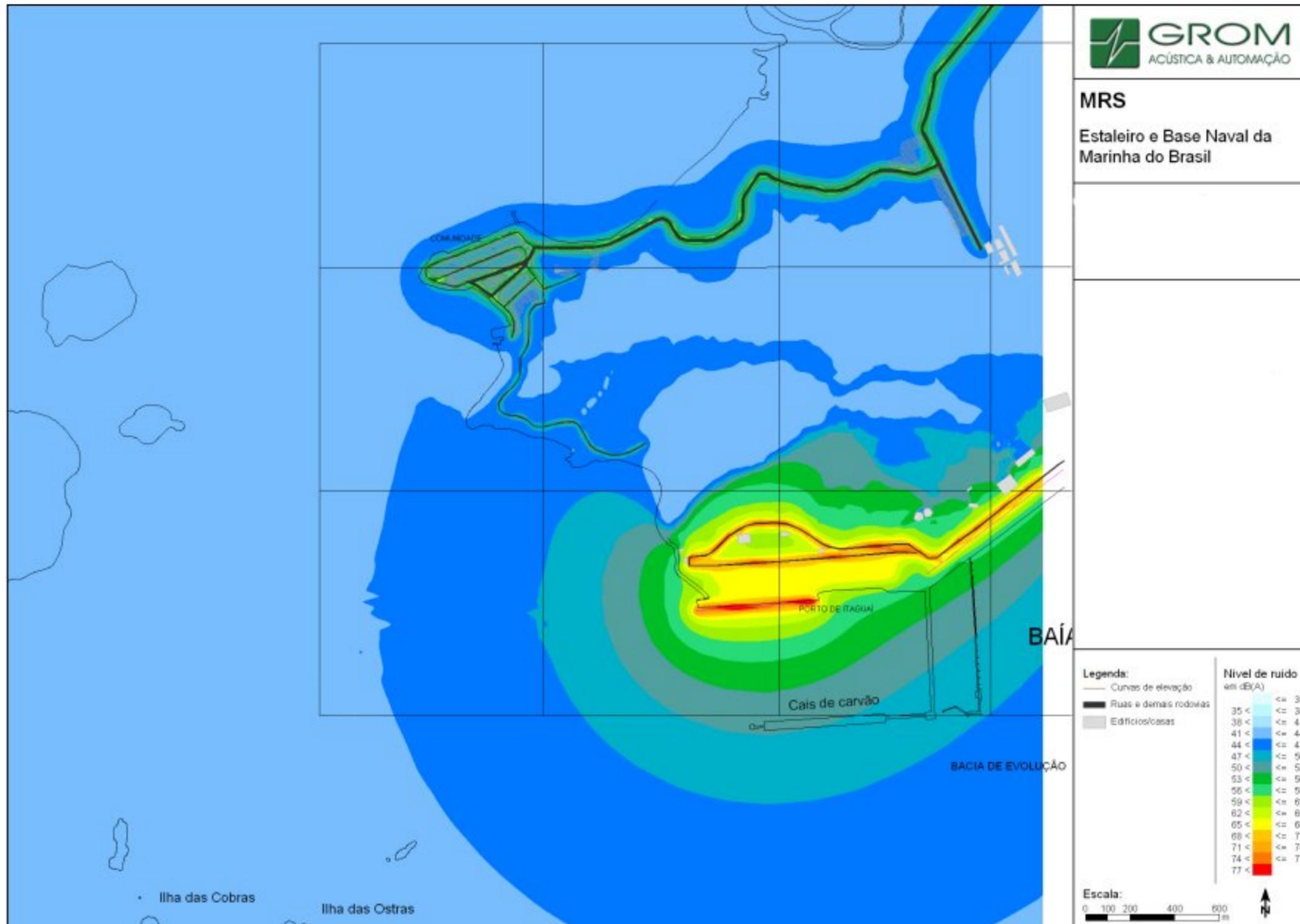


Figura 5.1-176 – Representação do ruído atual do Porto de Itaguaí. Fontes sonoras representando as atividades do porto, o tráfego de veículos, dentro e fora do porto, e as outras fontes que compõem o ambiente acústico local (fontes naturais e da comunidade). Período diurno: 07:00 às 22:00.

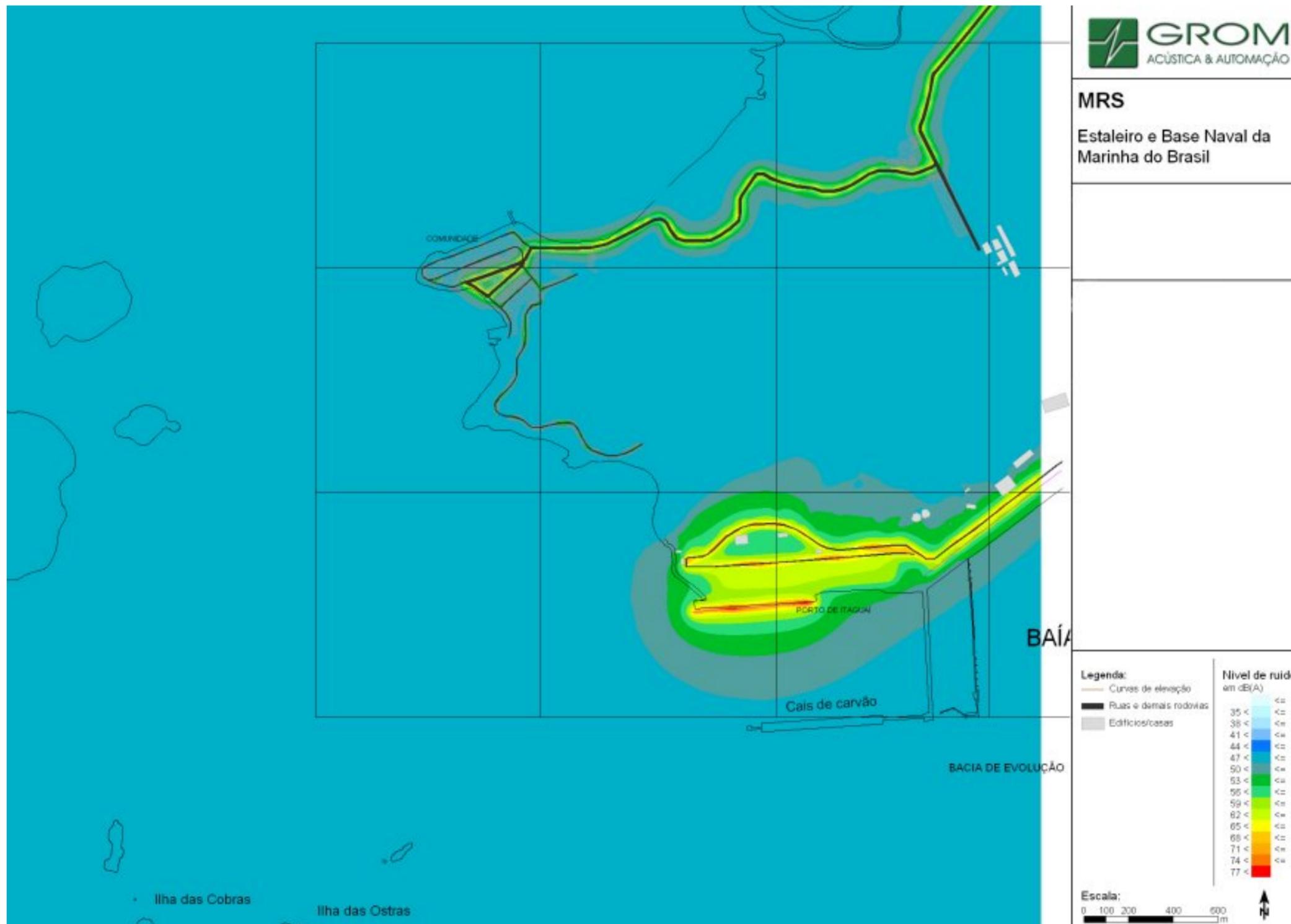


Figura 5.1-177 – Representação do ruído atual noturno. Fontes sonoras representando as atividades do porto, o tráfego de veículos, dentro e fora do porto, e as outras fontes que compõem o ambiente acústico local (fontes naturais e comunidade).  
 Período noturno: 22:00 às 07:00.

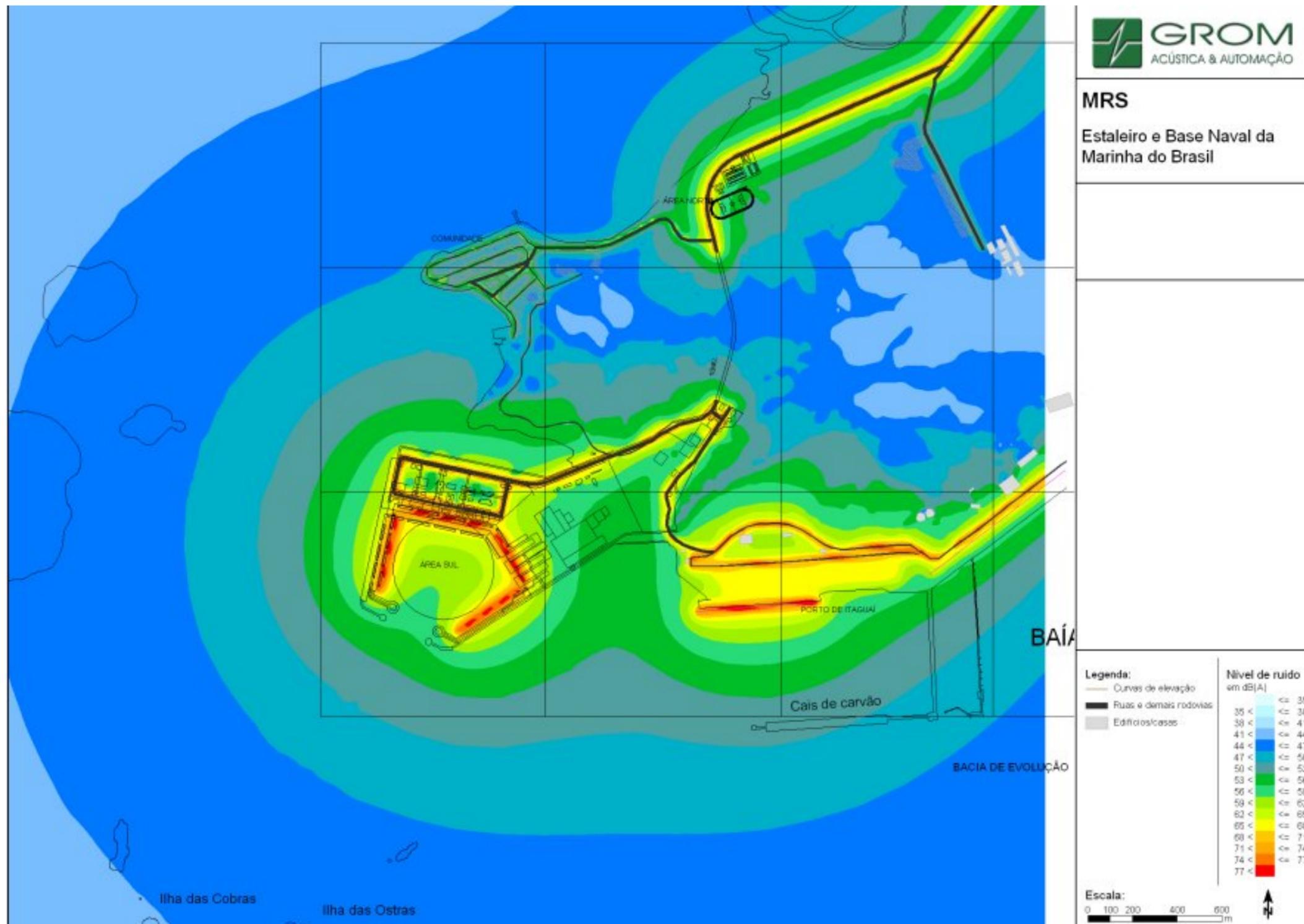


Figura 5.1-178 – Representação do ruído diurno da região do Porto de Itaguaí após a instalação do empreendimento. Fontes sonoras representando as atividades do estaleiro, o tráfego de veículos e as outras fontes que compõem o ambiente acústico local (fontes naturais e da comunidade). Período diurno: 07:00 às 22:00.

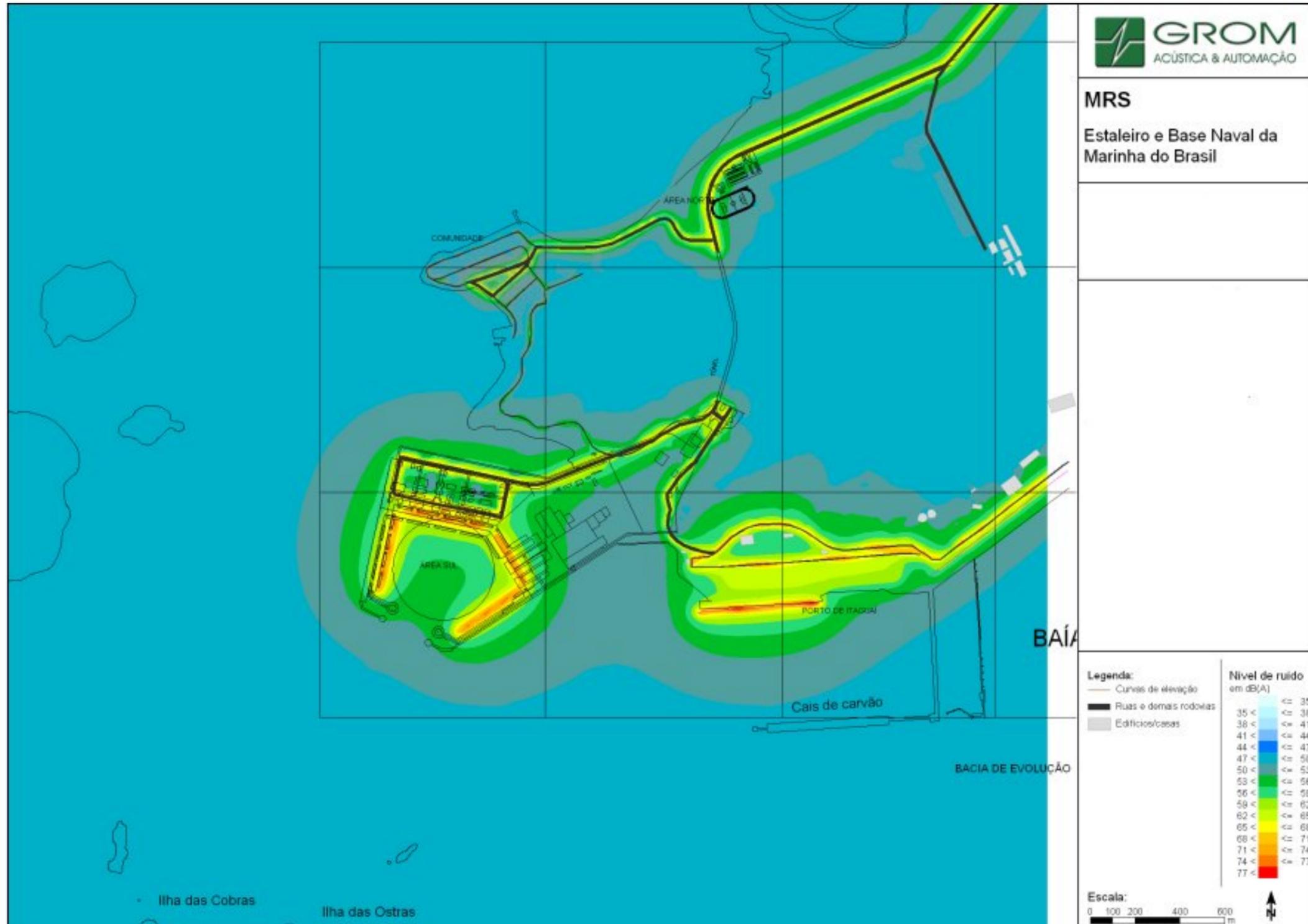


Figura 5.1-179 – Representação do ruído noturno na região do Porto de Itaguaí após a instalação do empreendimento. Fontes sonoras representando as atividades do estaleiro, o tráfego de veículos e as outras fontes que compõem o ambiente acústico local (fontes naturais e da comunidade). Período diurno: 22:00 às 07:00.

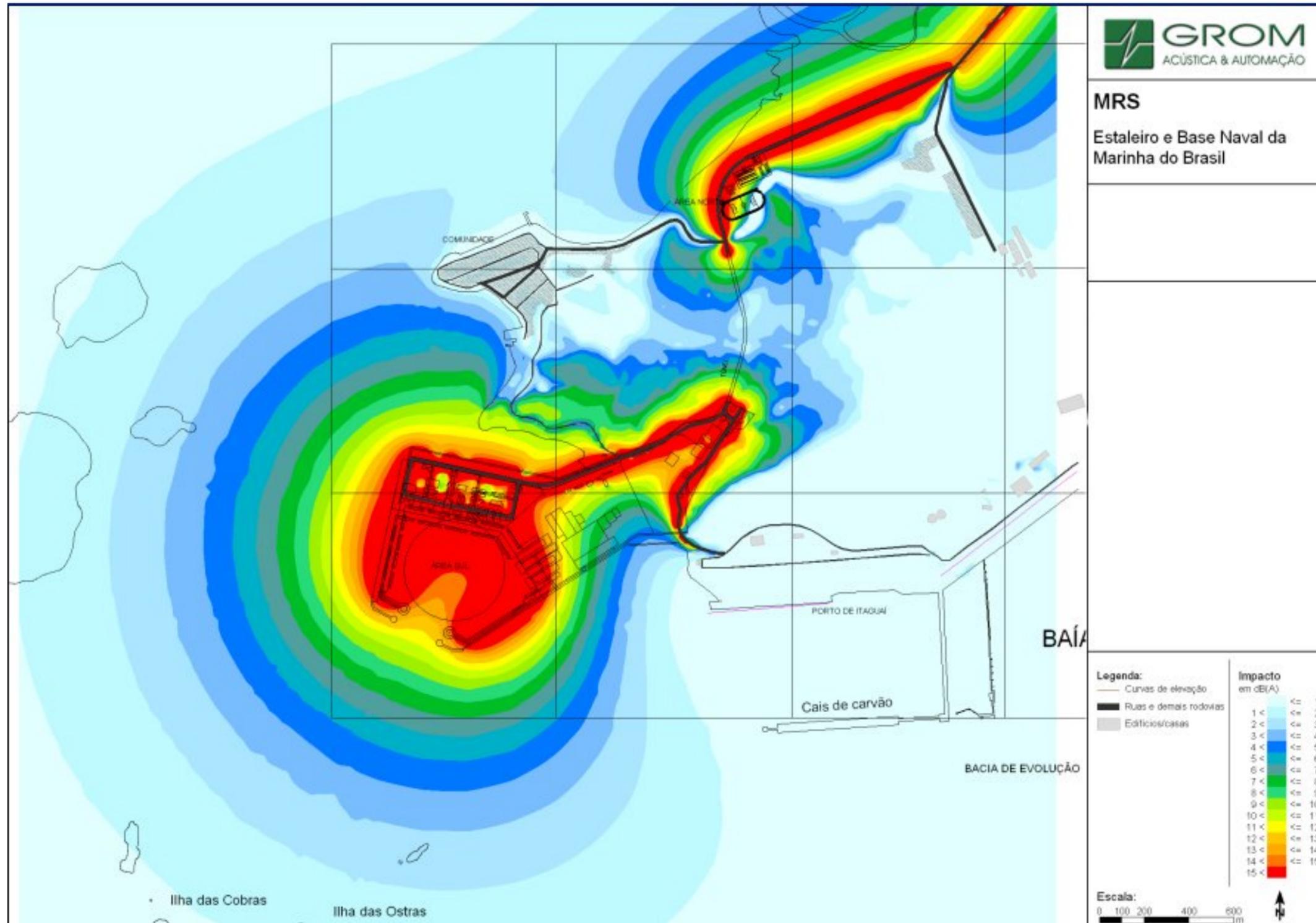


Figura 5.1-180 – Representação do impacto da instalação do empreendimento sobre o ambiente acústico da região. Os valores representados pelas cores são a quantidade de dB que se espera aumentar após a implantação do empreendimento. Período diurno: 07:00 às 22:00.

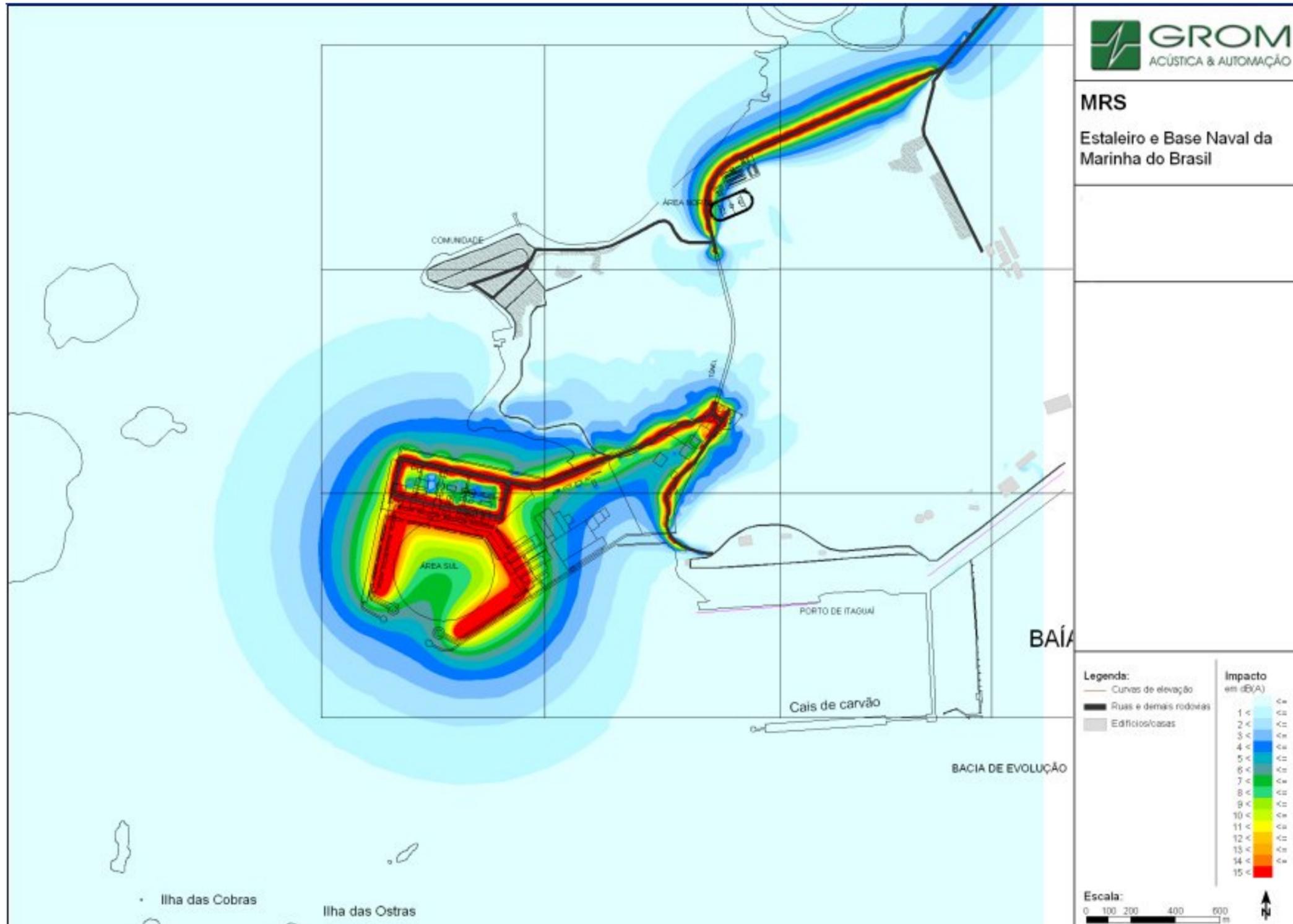


Figura 5.1-181 – Representação do impacto da instalação do empreendimento sobre o ambiente acústico da região. Os valores representados pelas cores são a quantidade de dB que se espera aumentar após a implantação do empreendimento. Período noturno: 07:00 às 22:00.



## BIBLIOGRAFIA

ADMIRALTY 1998. The Admiralty Tide Tables, Volume 2, NP 202-98. Published by the Hydrographer of the Navy.

ALMEIDA, F. F. M. 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. In: Bol. DGM/DNPM, 246, 36p. Rio de Janeiro.

ALMEIDA, F. F. M. 1969. Divisão Cronoestratigráfica do Pré-Cambriano da Plataforma Brasileira. In: XXXIII Congr. Bras. Geol., Resumos, Salvador.

ALMEIDA, F. F. M. 1991. O alinhamento magmático de Cabo Frio. In: II Simpósio de geologia do sudeste, SBG, São Paulo. Anais, p. 423-428.

ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; NEVES, B. B. de B. & FUCK, R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Atas Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande.

ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. & TROUW R. 1998 Geometric and Kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. In: 39 Congr. Bras. Geol., Anais, Belo Horizonte.

ALMEIDA, P.M.P. Fenômenos meteorológicos extremos e a segurança das instalações nucleares. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. Brasil. 2006.

ANDRE, R.G.B. et.al. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.4, 501-509. 2008.

ANGELIER, J. & MECHLER, P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales, également utilisable en tectonique et en seismologie: la méthode des diédres droits. Bull. Soc. Geol. Fr., 7: 1309-1318.

ANNAN AP & COSWAY SW. 1992. Ground penetrating radar survey design. In: Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, 5ft, Oakbrook, Illinois. Proceedings., Oakbrook, SAGEEP, 2: 329-352.

ASSUMPÇÃO, M. 1992. The regional intraplate stress field in South America. J. Geophys. Res., 97: p. 11889-11903.

ASSUMPÇÃO, M. Focal Mechanism of Small Earthquakes in the Southeastern Brazilian Shield: a Test of Stress Models of the South American Plate. Geophys. J. Int., 1998. 133:490-498.

ASSUMPÇÃO, M. Terremotos no Brasil. Ciência Hoje, 1983. v.1, n.6, p.13-20.

ASSUMPÇÃO, M. The regional intraplate stress field in South America. J. Geophys. Res., 97: 1992. 11889-11903.



ASSUMPÇÃO, M.; BARBOSA, J.R.; BERROCAL; J.; BASSINI, A.M.; VELOSO, J.A.V.; MÄRZA, V.I.; HUELSEN, M.G. & RIBOTTA, L.C. 1997. Seismicity patterns and focal mechanisms in southeastern Brazil. In: Rev. Bras. Geof., Rio de Janeiro, 15 (2): p. 119- 131.

ASSUMPÇÃO, M.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R. & FRANÇA, H. O Terremoto de São Paulo de 1922. Atas do 2o Simp. Reg. Geol., 1979. v.1, p.321-329.

BARBOSA, A. L. M. & GROSSI SAD, J. H. 1985. Batólito Granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: Contribuições à Geologia e Petrologia. SBG/Núcleo Minas gerais.

BEBERT, MARCELO CAVALCANTE. 2003. A Mineração de Areia no Distrito Areeiro de Itaguaí-Seropédica/RJ: Geologia dos Depósitos e Caracterização das Atividades de Lavra e dos Impactos Ambientais. Tese de Mestrado. Departamento de Geologia, Programa de Pós Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. UFRJ, Rio de Janeiro.

BEJI, S. ; J. <sup>a</sup> BATTJES. Experimental investigation of wave propagation over a bar. Coastal Eng. 19, 151-162. 1993.

BERROCAL, J.; ASSUMPÇÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H. & VELOSO, J. A. V. Sismicidade do Brasil. São Paulo, Edição IAG-USP/CNEN, 1984. 320p.

BERROCAL, J.; FERNANDES, C.; BASSINI, A. & BARBOSA, J. R. Earthquake Hazard Assessment in Southeastern Brazil. Geofísica Internacional, 1996. 35(3): 257-272.

BERROCAL, J.; FERNANDES, C.; BUENO, A. SEIXAS, N. & BASSINI, A. Seismic Activity in Monsuaba (state of Rio de Janeiro), Brazil, Between 1988 December and 1989 February. Geophys. J. Int., 1993. 113: 73-82.

BLUMBERG, A. F. & G. L. MELLOR (1987). A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: Heaps, N. S. ed. Three-Dimensional Coastal Ocean Models. Coastal and Estuarine Sciences, 4: 1-16.

BLUMBERG, A. F. & G. L. MELLOR 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation

BOOIJ, N.; R. C. RIS, L. H. HOLTHUIJSEN. A third-generation wave model for coastal regions 1. model description and validation. Journal of Geophysical Research, 1999.

BORGES, H. V. 1990. Dinâmica sedimentar da Restinga de Marambaia e Baía de Sepetiba. Dissertação de Mestrado em Geologia, UFRJ/IGEO. Rio de Janeiro, 82 p.

BORGES, H. V. 1998. Holocene geological evolution of Sepetiba Bay and Marambaia Barrier Island, Brazil. PhD Dissertation on Coastal Oceanography, State University of New York. New York, 145 p.

- BRANNER, J. C. Earthquakes in Brazil. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2: 105-117. 1912
- BRANNER, J. C. Recent Earthquakes in Brazil. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 10: 90-104. 1920.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos: 2006. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guarda e Guandu-Mirim: Relatório do Diagnóstico – Final, Brasília, DF.
- BRITO NEVES, B. & CORDANI, U. G. 1991 Tectonic Evolution of South America during the Late Proterozoic. In: *Precambrian Research*, 53.
- BRÖNNIMANN, P. MOURA, J. A. & DIAS-BRITO, D. 1981. Estudos ecológicos na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: foraminíferos. In: *Anais do II Congresso Latino-Americano de Paleontologia*. Porto Alegre: 861-875.
- BUDGELL, W.P. (2005). Numerical simulation of ice-ocean variability in the Barents Sea region, *Ocean Dynamics*, DOI 10.1007/s10236-005-0008-3.
- BUDGELL, W.P. 2005. Numerical simulation of ice-ocean variability in the Barents Sea region, *Ocean Dynamics*, DOI 10.1007/s10236-005-0008-3.
- CALADO, L. 2006. Dinâmica da interação da atividade de mesoescala da corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro. Tese de Doutorado. USP.
- CALIL, M., L. 2005. Distribuição Espacial dos Crustáceos Decápodes e Anfípodes de Substrato Não Consolidado Sublitorais da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense.
- CAMPOS, E., GONÇALVES, J., & IKEDA, Y. 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the south Brazil bight – summer of 1991. *Journal Geophysical Research*, 100(C9):18537-18550.
- CAMPOS, E., LORENZZETTI, J. STEVENSON, M., Stech, J., & Souza, R. 1996. Penetration of waters from Brazil-Malvinas confluence region along the South American continental shelf up to 23°S. *Ann. Acad. Bras. Ciências*, 68(1):49-58
- CAMPOS, E., VELHOTE, D., & SILVEIRA, I. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, 27(6):751-754.
- CANDELLA, R. N. Estudo de casos de ondas no Atlântico Sul através de modelagem numérica. Agosto 1997. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Agosto 1997.
- CAPANEMA, G. S. de. 'Quais as tradições ou vestígios geológicos que nos levam à certeza de ter havido terremotos no Brasil?'. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 1859. vol. 22, pp. 135-59.

CARELLI, S. G. 2008. Evolução holocênica da planície costeira de Itaguaí – litoral sul do Rio de Janeiro: uma abordagem interdisciplinar. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, UFRJ. Rio de Janeiro.

CASTELÃO, R., Campos, E., & Miller, J. 2004. A modelling study of coastal upwelling driven by wind and meanders of the Brazil current. *Journal of Coastal Research*, 20:662-671

CASTRO, B. & LEE, T. 1995. Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf. *Journal of Geophysical Research*, 100(C8):16045-16056

CASTRO, B. 1996. Correntes e massa de água da Plataforma Continental Norte de São Paulo. Tese de livre-Docência. Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo, SP, 237p.

CEDAE - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS. 1985. Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: relatório final, Rio de Janeiro: CEDAE,.

CHOI, B.-J., AND J. L. WILKIN (2006A). The effect of wind on the dispersal of the Hudson River plume, *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 1878-1897.

CHOI, B.-J., and J. L. Wilkin 2006. The effect of wind on the dispersal of the Hudson River plume, *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 1878-1897.

CINTRA, D. Certificado de não ocorrência de granizo na região de Angra dos Reis. 6o Distrito de Meteorologia, INMET. Brasil. Novembro de 1974.

COBLENZ, D. D. & RICHARDSON, R. M. Analysis of the South American Intraplate Stress Field. *J. Geophys. Res.*, 100: 20245-20255. 1996.

COIMBRA, A. ,G. 2003. Distribuição de Metais Pesados em Moluscos e Sedimentos nos Manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Programas de Meteorologia de Apoio de Usinas Nucleoelétricas. CNEN-NE 1.22. Rio de Janeiro. 1989.

COPELAND, G., Monteiro, T., Couch, S., Borthwick, A. 2003. Water quality in Sepetiba Bay, Brazil. *Marine Environmental Research*, vol,55: 385–408.

CORDANI, U. G.; MELCHER, G. C. & ALMEIDA, F. F. M. de. 1967. Outline of Precambrian Geochronology of South America. In: *Can. J. Earth Sciences*, 5.

CORREA, M. A. (1994). Análise das Oscilações das Correntes Observadas na baía da Ilha Grande (RJ). Dissertação de Mestrado. IO-USP.São Paulo.

CORREA, M. A. 1994. Análise das Oscilações das Correntes Observadas na Baía da Ilha Grande (RJ). Dissertação de Mestrado. IO-USP.São Paulo.

CORTEZ, V. D.; RIBEIRO, A. P.; FIGUEIREDO, A. M. G.; SANTOS, J. O; WASSERMANN, J. C., 2005. Avaliação da mobilidade de metais e semi-metais em sedimentos coletados em diferentes períodos na baía de Sepetiba (Rio de Janeiro - Brasil). In: International Nuclear Atlantic Conference, 2005. Santos/SP: Associação Brasileira de Energia Nuclear – Aben.

CPRM. 2000. Projeto Rio de Janeiro. CPRM, Rio de Janeiro, CD-ROM.

CPRM. Projeto Rio de Janeiro – Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro

CUNHA, C.L.N, ROSMAN, P.C.C., MONTEIRO, T.C.N (2006). Hydrodynamics and Water Quality Models Applied to Sepetiba Bay. Continental Shelf Research, v. 26, p. 1940-1953.

CUNHA, C.L.N, ROSMAN, P.C.C., MONTEIRO, T.C.N 2006. Hydrodynamics and Water Quality Models Applied to Sepetiba Bay. Continental Shelf Research, v. 26, p. 1940-1953.

DANIELS, David. Ground-penetrating radar. - 2nd ed. - (Radar, sonar, navigations & avionics).

DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P. 1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting, Vol. 37:531-551.

DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Atlas Climático para o Estado de São Paulo.

DERECZYNSKI, C., P. 1992). Climatologia da Bacia de Campos. Relatório técnico SEPRON/CENPES/PETROBRAS 024/92.

DERECZYNSKI, C.P. 2009. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v,24, n.1, 24-38.

DI LORENZO, E., (2003). Seasonal dynamics of the surface circulation in the southern California Current System, *Deep-Sea Res., Part II*, 50, 2371-2388.

DI LORENZO, E., 2003. Seasonal dynamics of the surface circulation in the southern California Current System, *Deep-Sea Res., Part II*, 50, 2371-2388.

DRM. 2003. Estudos Hidrogeológicos dos Aquíferos Intragranulares a Oeste do rio Guandu, Município de Seropédica/RJ Mineral/Asa/Agrar – Eletrobr/ FEEMA/DRM/RJ, Rio de Janeiro.

EGBERT, G., BENNETT A., FOREMAN, M (1994). TOPEX/Poseidon tides estimated using a global inverse model, *J. of Geophys. Res.*, vol99, No C12, pp. 24,821 - 24, 852.



EGBERT, G., BENNETT A., FOREMAN, M 1994. TOPEX/Poseidon tides estimated using a global inverse model, *J. of Geophys. Res.*, vol 99, No C12, pp. 24,821 - 24,852.

EIMUTS, E.C.; KONICEK, M.G. Derivations of Continuous Functions for the Lateral and Vertical Atmospheric Dispersion Coefficient. Technical Note. *Atmospheric Environment*, vol 6, 859-863. 1972.

EIRADO, L. G.; HEILBRON, M. & ALMEIDA, J. C. H. 2006 Os Terrenos Tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil. In: *Rev. Bras. de Geociências*, 36 (3), Setembro.

ELETRONUCLEAR – 2003. Estudos Hidrogeológicos dos Aquíferos Intergranulares a Oeste do Rio Guandu, Município de Seropédica/RJ – Relatório Final, – Medidas Compensatórias da Sociedade Fluminense de Energia Ltda. – Elaborado pela Asa Assessoria e Serviços Ambientais sob fiscalização do DRM-RJ, acompanhado pela FEEMA.

ELETRONUCLEAR. Estudo de Impacto Ambiental para Angra 3. Maio 2005.

ELETRONUCLEAR. Relatório Preliminar de Análise de Segurança de Angra 3. Rio de Janeiro. Rev. 3. 2009.

EMBRAPA. Mapa topográfico do Estado do Rio de Janeiro.

EMBRAPA/SEMAG, Mapa de Solos do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IBGE/SEMAG, 1:50.000, 2001.

EMÍLSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. *Bolm Inst. Oceanogr.*, S. Paulo, 11(2):101-112.

FEMAR. 2000. Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras / Francisco J. Penido

FENNEL, K., J. WILKIN, J. LEVIN, J. MOISAN, J. O'REILLY, and D. HAIDVOGEL, 2006. Nitrogen cycling in the Middle Atlantic Bight: Results from a three-dimensional model and implications for the North Atlantic nitrogen budget, *Global Biogeochem. Cycles*, 20, GB3007, doi:10.1029/2005GB002456.

FENNEL, K., J. WILKIN, J. LEVIN, J. MOISAN, J. O'REILLY, AND D. HAIDVOGEL, (2006). Nitrogen cycling in the Middle Atlantic Bight: Results from a three-dimensional model and implications for the North Atlantic nitrogen budget, *Global Biogeochem. Cycles*, 20, GB3007, doi:10.1029/2005GB002456.

FERRARI, A. L. & RICCOMINI, C. 2000. The Rio de Janeiro State segment of the Santos-Rio de Janeiro Dike Swarm as a paleostress indicator. In: 31o Congresso Internacional de Geologia, Rio de Janeiro, Agosto 2000, Abstracts, CDROM.

FERRARI, A. L. & SILVA, M. A. M. 1997. Bacia do Macacu (RJ): proposta de uma nova bacia do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: V Simpósio de geologia do sudeste, SBG, Rio de Janeiro, Anais: p. 32-34.

FERRARI, A. L. 1990. A geologia do Rift da Guanabara na sua porção centro-ocidental e sua relação com o embasamento Pré-Cambriano. In: 36<sup>o</sup> Congresso brasileiro de geologia, SBG, Natal, Anais, 6: p. 2858-2872.

FERRARI, A. L. 2001. Evolução tectônica do Gráben da Guanabara. São Paulo, 412 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 412p. il. + anexos lgc / USP

FERRARI, A. L.; SILVA, M.A.M. & PENHA, H.M. - 1997 - Persistência de SHmax com direção NE-SW no segmento nordeste do Rift Continental do Sudeste do Brasil, ao longo do Cretáceo Superior e Terciário. An. Acad. Bras. Ci., resumo das sessões, 69(3):440.

FERREIRA, R. F.; MOURA, J. R. S. & SAMPAIO, A. C. 2002. Efeitos de um canal artificial na dinâmica e morfologia da praia de Sepetiba. XIII Encontro Nacional de Geógrafos, ENG/UFPB. Anais..., João Pessoa, Paraíba.

FERREIRA, S. L., SANTOS, A. M., SOUZA, G. R., POLITO, W. L., MÔDOLU, D. L. Análise por cromatografia gasosa de BTEX nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (B10). Quím. Nova (31)3, 539-545. 2008.

FISHER, E.; MCMECHAN, G. A. e ANNAN, P. A. (1992a) Acquisition and processing of wide aperture ground penetrating radar data, Geophysics, 57:495–504.

FLORENZANO, Tereza Cristina. Cartografia In: FLORENZANO, Tereza Cristina (org.) Geomorfologia – conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRAGOSO, M. R (1999). Estudo numérico da Circulação Marinha da Região das Baías de Sepetiba e Ilha Grande (RJ).Dissertação de Mestrado. IO-USP. São Paulo.

FRAGOSO, M. R 1999. Estudo numérico da Circulação Marinha da Região das Baías de Sepetiba e Ilha Grande (RJ).Dissertação de Mestrado. IO-USP. São Paulo.

FRAGOSO, M. R. 1995. Estimativa do padrão de circulação da baía de Sepetiba – RJ através de modelagem numérica. Relatório final de estágio orientado II. Departamento de Oceanografia, IGEO/UERJ. Rio de Janeiro, 48 p.

FRAGOSO, M. R. 1999. Estudo numérico da circulação marinha da região das baías de Sepetiba e Ilha Grande (RJ). 1999. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO RIO DE JANEIRO. Indicadores Climatológicos do Estado do Rio de Janeiro. Sistemas de Informação para o Planejamento Estadual (SIPE). 1978. 156 p.

GOÉS, M.H.B. Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí, RJ Tese de Doutorado, UNESP Rio Claro, SP, (1994).

GOOGLE EARTH. Imagens da região do estaleiro e base naval em diversas escalas para a latitude 22.92 S e longitude 43.846 W.

GROSSI SAD, J. H.; PINTO, C. P.; SERRA, J. C.; BARROS DUTRA, J. E.; HET-TICH, M. & ANDRADE, M. T. 1980. Projeto carta geológica do estado do Rio de Janeiro - DRM/GEOSOL: folhas Pirai, Paracambi, Itaguaí e Marambaia. Rio de Janeiro, vol. I, relatório final, texto.

GUERRA, Antônio J. Teixeira. 1983. Delimitação de Unidades Ambientais na Bacia do Rio Mazomba – Itaguaí, RJ. Tese de mestrado, PPGG-IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro.

HABERLEHNER, H. Análise Sismotectônica do Brasil, Notas Explicativas so-bre o Mapa Sismotectônico do Brasil e Regiões Correlacionadas. Anais do II Cong. Bras. Geol. Eng., 1: 297-329. 1978.

HAIIDVOGEL, D. B., H. G. ARANGO, K. HEDSTROM, A. BECKMANN, P. MALANOTTE-Rizzoli, and A. F. SHCHEPETKIN, 2000. Model evaluation experiments in the North Atlantic Basin: Simulations in nonlinear terrain-following coordinates, *Dyn. Atmos. Oceans*, 32, 239-281.

HAIIDVOGEL, D. B., H. G. ARANGO, K. HEDSTROM, A. BECKMANN, P. MALANOTTE-RIZZOLI, AND A. F. SHCHEPETKIN, (2000). Model evaluation experiments in the North Atlantic Basin: Simulations in nonlinear terrain-following coordinates, *Dyn. Atmos. Oceans*, 32, 239-281.

HARARI, J. & CAMARGO, R., 1994. Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico. Boletim do Instituto Oceanográfico, Brasil, São Paulo (SP), v. 42, n. 1, p. 35-54, 1994.

HASSELMANN K. On the non-linear energy transfer in a gravity wave spectrum. 1: General theory. *J. Fluid Mech.*, 12:481§500, 1962.

HASSELMANN K. On the non-linear energy transfer in a gravity wave spectrum. 2. *J. Fluid Mech.*, 15:273§81, 1963a.

HASSELMANN, K. Measurement of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Deutsch Hydrogr. Inst.*, 1973.

HASSELMANN, K. On the espectral dissipation of finite-depth gravity waves due to turbulent bottom friction, *J. Mar. Res.*, 26, 1-12.

HASSELMANN, K. On the non-linear energy transfer in a gravity wave spectrum. 3. *J. Fluid Mech.*, 15:385§98, 1963b.

HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M.; MIOTO, J. A. & MELO, M. S. Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia Regionais de Interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo, Public. IPT n. 1225, Série Monografias - 7, 1982. 149p. e mapas.



HEILBRON, M. & MACHADO N. 2003 Timing of Terrane Accretion in Neopro-terozoic-Eopaleozoic Ribeira Orogen (SE Brazil). In: Precambrian Res. 125.

HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C. M.; MILANI, E.; ALMEIDA, J. C. H. & TUPINAMBÁ, M. 2000 From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil. In: M. Talwaniv & W. Monographics Series, 115, American Geophysical Union.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L. C.; TROUW, R. A. J. & JANASI, V. 2004. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, São Paulo, Beca.

HEILBRON, M.; SOARES, A.C.P.; NETO, M.C.C.; SILVA, L.S. da; TROUW, R.A.J., JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Márques de Almeida. São Paulo. Beca Produções Culturais Ltda., p. 203-234.

HEMBOLD, P.; VALENÇA, J. G. & LEONARDOS JR., D. H. 1965. Mapa geológico do estado da Guanabara. DNPM, Rio de Janeiro.

IBGE/EMBRAPA. 2001. Mapa de Solos do Brasil. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm), acesso em 22/06/2009, 03h.54min.00seg.

IKEDA, Y. 1976. Variações em escala média da temperatura e salinidade do mar na região entre a baía de Guanabara e Cabo Frio (17/08 a 26/08/71). Bolm Inst. Oceanogr., S. Paulo, 25:221-280.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safety Series 50-S0-S3. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting. Vienna. 1980.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safety Series 57. Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. Vienna. 1982.

JOL, Harry M. Ground Penetrating Radar - Theory and Applications. First Edition, 2009.

JOURDAN, P. Caracterização do regime de ventos próximo a superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Depto de Meteorologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

LACERDA, L. D. e MOLISANI. M. M., 2006. Three decades of Cd and Zn contamination in Sepetiba Bay, SE Brazil: Evidence from the mangrove oyster *Crassostreaa rhizophorae*. Baseline/Marine Pollution Bulletin, 52, p. 969–987.

LACERDA, L., D.; PARAQUETII, H., H., M.; MOLISANI, M., M. & BERNARDES, M. C., (2007). Transporte de Materiais na Interface Continente-Mar, na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, XII COLACMAR, Florianópolis, SC, 15 a 19 de abril de 2007.

LEE, T., YODER, J., & ATKINSON, L. 1991. Gulf stream frontal eddies influence on productivity of the southeast US Continental shelf. *Journal Geophysical Research*, 96(C12):22191-22205.

LIMA, J. 1997. Oceanic circulation on the Brazilian shelf break and continental slope at 22°S. Tese de doutorado. Universidade de New South Wales.

LOMNITZ, C. *Global Tectonics and Earthquake Risk. Developments in Geotectonics* 5, Elsevier, 1974. 320p.

MACHADO, N.; VALLADARES, C.; HEILBRON, M. & VALERIANO, C. 1996. U-Pb Geochronology of the Ribeira Belt (Brazil) and implications for the Evolution of the Brazilian Orogeny. In: *Precambrian Res.* 79.

MAIO, C. R. 1958. Sepetiba: contribuição ao estudo dos níveis de erosão do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro. Ano XX, no 2.

MARQUES Jr., A. N.; MONNA, F.; SILVA FILHO, E.; FERNEX, F. E.; SIMÕES FILHO, F. L., 2006. Apparent discrepancy in contamination history of a sub-tropical estuary evaluated through 210Pb profile and chronostratigraphical markers. *Marine Pollution Bulletin*, 52, p. 532–539.

MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Bolm Inst. Oceanogr.*, S. Paulo, 38(8):1439-1450.

MEISLING, K. E., COBBOLD, P. R., MOUNT, V. S. 2001. Segmentation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil. In: *AAPG Bulletin* 85(11): p. 1903-1924.

MELO, C. L. & FERRARI, A. L. 2003. Neotectônica. In: *Texto de Curso oferecido no IX Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, Búzios, RJ, 36p.

MELO, C. M. 1997. Sedimentação e tectônica Cenozóicas no Médio vale do rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos. *IG/USP, Tese de Doutorado*, 275p.

MENDIGUREN, J. A. & RICHTER, F. M. On the Origin of Compressional Intraplate Stresses in South America. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 16: 318-326. 1978.

MENEZES, L. F. T. ; ARAUJO, D. S. D. ; GOES, M. H. B. . 1998. Marambaia: a última restinga carioca preservada. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 136, p. 29-37.

MIOTO, J. A. Mapa de Risco Sísmico do Sudeste Brasileiro. *Public. IPT* n. 1563, 1984. 40p. e mapas.

MIOTO, J. A. Sismicidade do Sudeste Brasileiro. *Estudos em desenvolvimento, vinculados ao Processo FAPESP 95/4417-3*. 1997.



MIOTO, J. A. Sismicidade e Zonas Sismogênicas do Brasil. Tese de Doutorado, Inst. Geociên. e Ciên. Exatas - UNESP. Rio Claro. 1993. 2vol.

MIRANDA 1977 Model. In: Heaps, N. S. ed. Three-Dimensional Coastal Ocean Models. Coastal and Estuarine

MOHRIAK, W. U.; BARROS, A. Z. N. 1990. Novas evidências de tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil: o gráben de Barra de São João na plataforma de Cabo Frio, RJ. In: Revista Brasileira de Geociências 20(1): p. 187-196.

MOURA, J. A.; DIAS-BRITO, D. & BRONNIMANN, P. 1982. Modelo Ambiental de laguna costeira clástica – baía de Sepetiba, RJ. IV Simpósio do Quaternário no Brasil. Anais..., p. 135-152.

MOURA, J. R. S.; ANTUNES, F. S.; GAMA, S. V. G.; SAMPAIO, A. C. *et al.* 1999. Modificações Sócio-Ambientais e Zoneamento de Risco na Zona Oeste do Rio de Janeiro. Relatório final: Projeto Porto de Sepetiba (FINEP/CFCH/UFRJ), subprojeto no 9, vol. I e II.

O'LEARY, D. W., FRIEDMAN, J. D. and POHN, H. A. 1976. Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. In: GSA Bulletin; October, 87 (10): p. 1463-1469; DOI: 10.1130/0016-7606(1976)87 Geological Society of America.

PARAQUETTI, H., H. M.; MOUNIER, S.; MARINS, R., V. & LACERDA, L. D., 2005.. Caracterização da Matéria Orgânica Dissolvida nas Águas da Baía de Sepetiba, RJ, Durante Eventos de Maré nas Estações Seca e Chuvosa. X Congresso Brasileiro de Geoquímica dos Países do Mercosul, Porto de Galinhas, PE, BRASIL.

PARENTE, C. E. Uma nova técnica espectral para análise direcional de ondas. Março 1999. Tese (Doutorado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Março 1999.

PARENTE, C., E.,; LIMA, J., A., M.; VIOLANTE-CARVALHIO, N.; ASSUNÇÃO, C. B. 2001. Wave and wind extreme values in good weather situations in Campos Basin, off Rio de Janeiro. Proceedings of OMAE'01, 20th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE01-1014, ASME, June 2001.

PENHA, H. M. & BARAUD, R. 1989. Atividade Sísmica na Região de Monsua-ba, Angra dos Reis, RJ. Uma Avaliação Geológico/Geofísica. In: 1º Simpósio de Geologia do Sudeste. Boletim de Resumos.

PENHA, H. M.; FERRARI, A. L.; BRENNER, T.; JUNHO, M. C.; RIBEIRO, A.; PENTANGNA, F. & AMADOR, E. 1980. Geologia da Folha Petrópolis, RJ. In: XXXI Cong. Bras. Geol.; Anais, Camburiú, SC.

PHILLIPS, O. M. The dynamics of upper ocean. 2. ed. Cambridge University Press, 1980.

PIMENTA, F., MELO, E., FRANCO, D., & ZAVIALOV, P. (2004). Assesment of Santa Catarina shelf currents through the analysis of indirect measurements. *Journal of Coastal Research*, SI39:651-655.

PINHO, F. U. Caracterização dos estados de mar na baía de Campos. 2003. Tese de Mestrado- Eng. Oceânica- Coppe/UFRJ.

POLLARD, D.D. Elementary fracture mechanics applied to the structural interpretation of dykes. In: Halls, H.C. & Fahrig, W.F. (eds). *Mafic dyke swarms*. Geol. Ass. Can. Spec. Paper, 34: 5- 24. 1987.

PONÇANO, W. L.; FÚLFARO, V. J. & GIMENEZ, A. F. 1976. Sedimentação Atual na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro: Contribuição à Avaliação de Viabilidade Geotécnica da Implantação de um Porto. 1o Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Anais..., vol. 2, Rio de Janeiro, p. 111-139.

*REFLEXW Windows™9x/NT/XP/Vista*, versão 5.0 – Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. K.J. Sandmeier – Manual, 2009.

REGELOUS, M. 1990. Geochemistry of dolerites from the Paraná flood basalt province, Southern Brazil. England, 200p. PhD thesis, Open University.

REYNOLDS, John M. – 1997 – An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons Ltd. 796 pp.

RICCOMINI, C. 1989. O Rift continental do sudeste do Brasil. São Paulo, 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo.

RICCOMINI, C.; PELLOGIA, A. U. G.; SALONI, J. C. L.; KOHENKE, M.W. & FIGUEIRA, R.M. 1999. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (Southeastern Brazil). *J. South Am. Earth Sci.*, 2 (2): p. 191-197.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. 2004. Evolução geológica do rifte continental do sudeste do Brasil. *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Marques de Almeida*. B. P. C. Ltda. São Paulo: p. 383-405.

RICCOMINI, C.; VELÁZQUEZ, V. F.; GOMES, C. B. 2005. Tectonic controls of the mesozoic and cenozoic alkaline magmatism in central-southern Brazilian Platform. In: Comin - Chiaramonti, P.; Gomes, C. B. *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2005. p. 31-55.

RONCARATI, H. & BARROCAS, S. L. S. 1978. Projeto Sepetiba – Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da baía de Sepetiba – Municípios do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba – RJ. PETROBRÁS, CENPES (ReSEMADS. 1997) Relatório Preliminar).

SADOWSKI, G. R. & DIAS NETO, C. M. 1981. O lineamento sismo-tectônico de Cabo Frio. In: *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, 11 (4): p. 209-212.



SALVADOR, E. D. & RICCOMINI, C. 1995. Neotectônica do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). In: Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 25 (3): p. 151-164.

SAMPAIO, ANDREA C. 2002. Considerações sobre a evolução geológico-geomorfológica recente da baía de Sepetiba – litoral sudoeste do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/Programa de Pós-Graduação em Geografia, Dissertação (Mestrado).

SANDWELL, D. T., W. H. F. 1997. Smith, Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry. In: Journal of Geophysical Research, 102 (B5): p. 10039-10054.

SANTOS, R.P. 1994. Datation K/Ar e Rb/Sr d'argiles de mineralisation et de diagenése le long de la côte est de l'Amerique du Sud. Implications geodynami-ques. France, 267p. Tese de Doutorado, Grenoble I.

SARGES, R. R. 2002. Morfologia de lagos na região do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais, e a sua relação com a tectônica quaternária. IG/UFRJ, Dissertação de Mestrado, 81p.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R. & ASMUS, H. E. 1984. Geologia do Brasil - texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais - escala 1:2500000. DNPM, MME, Brasília.

SEA/ZEE-RJ. 2009. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro. Relatório da Etapa 4. Disponível em: <http://zeerj.bem-vindo.net/portal/>; acesso em junho de 2009.

SEA/ZEE-RJ. 2009. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro. Relatório da Etapa 5. Disponível em: <http://zeerj.bem-vindo.net/portal/>; acesso em junho de 2009.

SEIXAS, N. A. B. Clima de ondas na Bacia de Campos: Análise de dados e proposta de parametrização. Outubro 1997. Tese (Doutorado em Física) – Observatório Nacional, Outubro 1997.

SEMADS. 1997. Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba – Caracterização e Diagnóstico dos Componentes Físicos da Bacia da baía de Sepetiba. Rio de Janeiro, RJ.

SEMADS. 2001. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses: síntese informativa por macrorregião ambiental. Projeto Planágua. Rio de Janeiro. SEMADS.

SERRA, A. Climatologia do Brasil. CNPq. Rio de Janeiro. Brasil. 1968.

SHARMA, P. VALLABH – 1997 – Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press. 475 pp.

SHCHEPETKIN, A. F., AND J. C. MCWILLIAMS, (2005). The Regional Ocean Modeling System: A split-explicit, free-surface, topography following coordinates ocean model, *Ocean Modelling*, 9, 347-404.

SHCHPETKIN, A. F., and J. C. MCWILLIAMS, (2005). The Regional Ocean Modeling System: A split-explicit, free-surface, topography following coordinates ocean model, *Ocean Modelling*, 9, 347-404.

SHE, J. AND J. M. KLINCK (2000). Flow near submarine canyons driven by constant winds, *J. Geophys. Res.*, 105(C12), 28671-28694.

SHE, J. and J. M. KLINCK 2000. Flow near submarine canyons driven by constant winds, *J. Geophys. Res.*, 105(C12), 28671-28694.

SIGNORINI, S. R. (1980A). A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part I. A Survey of the circulation based on experimental field data. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 41-55.

SIGNORINI, S. R. (1980B). A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part II. An assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 57-68.

SIGNORINI, S. R. 1980. . A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part I. A Survey of the circulation based on experimental field data. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 41-55.

SIGNORINI, S. R. 1980a. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part I. A Survey of the circulation based on experimental field data. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 41-55.

SIGNORINI, S. R. 1980b. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part II. An assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 57-68.

SIGNORINI, S. R. 1980b. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba Part II. An assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 29(1) 57-68.

SILVA, T. M. DA. 2002. Estruturação geomorfológica do planalto atlântico no estado do Rio de Janeiro. Tese de doutorado em Geografia. PPGG/IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 269 p.

SMITH, W. H. F., and SANDWELL, D. T. 1997. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. In: *Science*, 277, 26 Sept.: p. 1957-1962.

SOUTO, R.,D. 2009. Avaliação do Impacto Antropogênico na Zona Costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro, 2005. 160p. il. [online] <http://www.ivides.org/atlas/texto.php>, acessado em 19/6/2009.

SOUZA, M. H. S. Clima de ondas ao norte do estado do Rio de Janeiro. Abril 1988. p. 181. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Abril 1988.

SOUZA, R. & ROBINSON, I. 2004. Lagrangian and satellite observations of the brazilian coastal current. *Continental Shelf Research*, 24(2):241-262.

SWAN Cycle III versão 40.51. Manual do Usuário. Delft University of Technology, 2004.

SYKES, L. R. Interplate Seismicity, Reactivation of Preexisting Zones of Weakness, Alkaline Magmatism and Other Tectonism Postdating Continental Fragmentation. *Rev. Geophys. and Space Phys.*, 16 (4): 621-688. 1978.

TELFORD, W. M., GELDART, L. P., SHERIFF, R. F., & KEYS, D. A., (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, 841 pp.

TUBBS FILHO, DECIO; YOSHINAGA SUELI PEREIRA,. 2005. A Recarga Artificial de Aquíferos como Estratégia para Incrementar a Disponibilidade Hídrica e Reduzir o Impacto Ambiental da Extração da Areia na Região da Piranema, Bacia do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro. SBG – Sociedade Brasileira de Geociências – 9 Simpósio Brasileiro de Geologia do Sudeste, Niterói.

TUBBS FILHO, DÉCIO; YOSHINAGA, PEREIRA SUELI ; VALENTE ,JÚLIO CEZAR 2005. O Impacto Ambiental nas Águas Subterrâneas Provocado pela Extração de Areia no Distrito Areeiro de Itaguaí – Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. SBG – Sociedade Brasileira de Geociências – 9 Simpósio Brasileiro de Geologia do Sudeste. Niterói, RJ.

TUPINAMBÁ, M. 1999. Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo.

U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. Regulatory Guide 1.4. Assumptions Used for Evaluating the Potential Radiological Consequences of a Loss of Coolant Accident for Pressurized Water Reactors - Rev.2. Washington. June 1974.

UNIVERSIDADE DA CALIFÓRNIA. 2009. ( [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi))

USGS. 2009. The National Map Seamless Server. Serviço geológico dos Estados Unidos. Disponível em <http://seamless.usgs.gov/website/seamless/viewer.htm?startbottom=-85.0&starttop=85.0&startleft=-79.5&startright=179.5&limitbottom=-85.0&limittop=85.0&limitleft=-179.5&limitright=179.5>

VICENS, Raúl Sánchez. 1998. Transporte de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Rio Mazomba, RJ . Rio de Janeiro: Dissertação de mestrado, PPGG-IGEO-UFRJ.

VIOLANTE-CARVALHO, N. Investigação sobre a evolução do clima de ondas na Bacia de Campos e a correlação com as situações meteorológicas associadas. Junho

1998. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Junho 1998.

VIOLANTE-CARVALHO, N. Investigação sobre a evolução do clima de ondas na Bacia de Campos e a correlação com as situações meteorológicas associadas. Junho 1998. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Junho 1998.

VIOLANTE-CARVALHO, N.; NUNES, L.; TAVARES, W. J. 1997. Clima de ventos na Bacia de Campos, Rio de Janeiro. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v. vol. 4, n. 1, p. 413-422,

WARNER, J. C., C. R. SHERWOOD, H. G. ARANGO, AND R. P. SIGNELL (2005A). Performance of four turbulence closure methods implemented using a generic length scale method, *Ocean Modelling*, 8, 81-113.

WARNER, J. C., C. R. SHERWOOD, H. G. ARANGO, and R. P. SIGNELL 2005a. Performance of four turbulence closure methods implemented using a generic length scale method, *Ocean Modelling*, 8, 81-113.

WARNER, J. C., C. R. SHERWOOD, R. P. SIGNELL, C. K. HARRIS, and H. G. ARANGO 2008. Development of a three-dimensional, regional, coupled wave, current, and sediment-transport model, *Computers & Geosciences*, 34, 1284-1306.

WARNER, J. C., C. R. SHERWOOD, R. P. SIGNELL, C. K. HARRIS, AND H. G. ARANGO (2008). Development of a three-dimensional, regional, coupled wave, current, and sediment-transport model, *Computers & Geosciences*, 34, 1284-1306.

WESTON GEOPHYSICAL CORPORATION. Regional and Site Geology and Ground Motion Design Considerations. Itaorna Beach Site. Review and updat. Massachusetts, December's Report, 1979. 81p.

WILKIN, J. L., H. G. ARANGO, D. B. HaidVogel, C. S. LICHTENWALNER, S. M. DURSKI, and K. S. HEDSTROM 2005. A regional Ocean Modeling System for the Long-term Ecosystem Observatory, *J. Geophys. Res.*, 110, C06S91, doi:10.1029/2003JC002218.

WILKIN, J. L., H. G. ARANGO, D. B. HAIDVOGEL, C. S. LICHTENWALNER, S. M. DURSKI, AND K. S. HEDSTROM (2005). A regional Ocean Modeling System for the Long-term Ecosystem Observatory, *J. Geophys. Res.*, 110, C06S91, doi:10.1029/2003JC002218.

YOUNG, I. R.; G. P. VAN VLEDDER. A review of the central role of nonlinear interactions in wind-waves evolution, *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. A*.342, 505-524, 1993.

ZALÁN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. In: B. Geoci. Petrobras. Rio de Janeiro. 13.