

ÍNDICE

6. <u>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO</u>	22
6.1. METEOROLOGIA.....	23
6.1.1. Caracterização Climática e Condições Meteorológicas.....	23
6.1.1.1. Caracterização Climática no Estado do Rio de Janeiro.....	32
6.1.1.2. Climatologia da Área de Influência Direta do Empreendimento.....	33
6.1.1.2.1. Programa de aquisição de dados de meteorologia da CNAAA.....	35
6.1.2. Estudo de fenômenos meteorológicos extremos.....	100
6.1.2.1. Perturbações transientes.....	100
6.1.2.2. Sistemas frontais na região de Angra dos Reis.....	105
6.1.3. Condições de transporte em grande escala e em mesoescala.....	109
6.1.3.1. Climatologia do transporte atmosférico em escala regional.....	110
6.1.3.2. Transportes atmosféricos e trajetórias cinemáticas.....	111
6.1.3.3. Simulações numéricas do clima regional em mesoescala.....	118
6.1.3.4. Estudo das trajetórias em cenários.....	127
6.2. GEOLOGIA.....	132
6.2.1. Aspectos de Litoestatigrafia e Mapeamento Geológico.....	132
6.2.1.1. Contexto Geológico Regional.....	132
6.2.1.2. Evolução geológica da região.....	133
6.2.1.3. Unidades Litoestratigráficas indicadas.....	136
6.2.1.4. Descrição das unidades litoestratigráficas.....	139
6.2.1.4.1. Unidades do Paleoproterozóico (2.2 a 2.1 Ga).....	140
6.2.1.4.2. Unidades do Meso/Neoproterozóico (1.600 Ma a 650Ma).....	141
6.2.1.4.3. Unidades do Neoproterozóico (655 Ma- 560 Ma).....	143
6.2.1.4.4. Unidades do Cambro-Ordoviciano (560-439 Ma).....	148
6.2.1.4.5. Unidades do Juro-Cretáceo (135-123 Ma.).....	153
6.2.1.4.6. Unidades do Quaternário (holoceno).....	154
6.2.2. Sismologia.....	154
6.2.2.1. Sismicidade e estruturação regional.....	154
6.2.2.2. Distribuição de sismos.....	156
6.2.2.3. Sismos Regionais e Locais.....	158
6.2.2.4. Seqüência de Microssismos de Monsuaba.....	162
6.2.2.5. Recorrência sísmica.....	164
6.2.2.6. Avaliação técnica da análise de risco sísmico para Angra 3.....	166
6.2.3. Aspectos Geotécnicos.....	167
6.2.3.1. As encostas na área da CNAAA.....	167
6.2.3.2. Aspectos litológicos e estruturais.....	167
6.2.3.2.1. Condicionantes Geológicas e Geomorfológicas.....	168
6.2.3.2.2. Considerações sobre a estabilidade de taludes.....	170
6.2.3.3. Caracterização Geotécnica da Área de Entorno da CNAAA.....	172
6.2.3.4. Características Geológicas e Geotécnicas no Sítio da Usina de Angra 3.....	205
6.2.4. Recursos Minerais.....	207
6.3. GEOMORFOLOGIA.....	212
6.3.1. Caracterização da Área de Influência Indireta (AID-50 km).....	214
6.3.1.1. Unidades Morfoestruturais do Planalto Atlântico.....	217
6.3.1.1.1. Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina.....	217
6.3.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID-15 km e AID-5 km).....	218
6.3.2.1. Feições Morfotectônicas Reconhecidas.....	219
6.3.3. Caracterização da Morfologia Costeira da Baía de Angra dos Reis.....	221

6.4. SOLOS.....	224
6.4.1. Caracterização do solo da Área de Influência.....	224
6.4.2. Descrição dos Perfis de Solo.....	228
6.5. RECURSOS HÍDRICOS	264
6.5.1. Hidrologia – Águas Continentais.....	264
6.5.1.1. Metodologia.....	265
6.5.1.1.1. Levantamento e análise de dados plúvio e fluviométricos.....	266
6.5.1.2. Caracterização das bacias hidrográficas	272
6.5.1.2.1. Aspectos geobiofísicos.....	272
6.5.1.2.2. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas litorâneas inseridas na AID	301
6.5.1.3. Resultados dos estudos da dinâmica hidrológica.....	302
6.5.1.3.1. Variação espacial e temporal da precipitação	304
6.5.1.3.2. Ocorrência de enchentes e o comportamento das vazões	311
6.5.1.3.3. Disponibilidade hídrica das bacias do Frade e Praia Brava	322
6.5.1.3.4. Qualidade das águas.....	331
6.5.1.3.5. Resultados dos estudos de qualidade das águas.....	335
6.5.1.3.6. Parâmetros físico-químicos.....	344
6.5.1.3.7. Parâmetros inorgânicos.....	346
6.5.1.3.8. Parâmetros biológicos.....	346
6.5.2. Hidrogeologia	347
6.5.2.1. Metodologia.....	347
6.5.2.1.1. Inventário de dados hidrogeológicos	347
6.5.2.1.2. Trabalhos de campo	348
6.5.2.1.3. Caracterização hidrogeológica.....	348
6.5.2.2. Dados hidrogeológicos pré-existentes	348
6.5.2.2.1. Relatório BP-3-6502-850100 – RI: Volume 1	348
6.5.2.2.2. Relatório ER 1579: Autorização de Serviços - Village do Frade, Angra dos Reis - Ensaio de Bombeamento em Poço de Pesquisa – 2.107/81 (20.2)	349
6.5.2.2.3. Relatório Promon FR01H, no R11103F0662: considerações sobre a hidrogeologia da região de Angra dos Reis	349
6.5.2.2.4. EIA de Angra 2	350
6.5.2.2.5. Final Safety Analysis Report – Angra II (Ver. 5, June 01).....	353
6.5.2.2.6. Programa de Monitoramento Ambiental Radiológico Operacional (PMARO).....	353
6.5.2.3. Caracterização Hidrogeológica.....	353
6.5.2.3.1. Balanço Hídrico	353
6.5.2.3.2. Caracterização hidrogeoquímica.....	357
6.5.2.3.3. Caracterização hidrodinâmica.....	373
6.5.2.3.4. Características Isotópicas.....	377
6.5.2.3.5. Favorabilidade hidrogeológica.....	384
6.5.2.4. Modelo Hidrogeológico regional e local	386
6.5.3. Oceanografia.....	388
6.5.3.1. Levantamento Batimétrico.....	388
6.5.3.1.1. Metodologia.....	389
6.5.3.1.2. Resultados.....	392
6.5.3.2. Levantamento de composição granulométrica.....	395
6.5.3.2.1. Metodologia.....	395
6.5.3.2.2. Resultados.....	396
6.5.3.3. Geofísica rasa e estratigrafia.....	404
6.5.3.3.1. Metodologia.....	404
6.5.3.3.2. Estratigrafia.....	406
6.5.3.3.3. Resultados e interpretações.....	412
6.5.3.4. Oceanografia química	414
6.5.3.4.1. Análise gráfica e estatística dos dados coletados.....	419

6.5.3.4.2.	Resultados Observados:	428
6.5.3.4.3.	Análise dos Resultados – Avaliação da Sazonalidade:	433
6.5.3.4.4.	Avaliação dos Resultados – Comparação com os Limites Legais:	442
6.5.3.4.5.	Análise dos Resultados - Comparação com os dados pretéritos:	446
6.5.3.4.6.	Análise dos Resultados – Comparação com o ponto de controle:	449
6.5.3.4.7.	Conclusão Final	452
6.5.3.5.	Oceanografia física	452
6.5.3.5.1.	Condições meteorológicas	452
6.5.3.5.2.	Condições oceanográficas	452
6.5.3.5.3.	Modelagem de difusão de calor	477
6.5.3.5.4.	Modelagem hidrodinâmica e de dispersão de poluentes	496
6.6.	QUALIDADE DO AR	513
6.6.1.	Dados de inventário das fontes de emissão – Angra 3	514
6.6.1.1.	Emissões atmosféricas convencionais (não radioativas)	514
6.6.2.	Topografia da região	515
6.6.3.	Padrões de Qualidade do Ar	516
6.6.3.1.	Poluentes convencionais	516
6.6.4.	Sistema de Modelagem	517
6.6.4.1.	Modelo estatístico atmosférico – ADELTA	517
6.6.4.2.	Modelos de qualidade do ar – poluentes convencionais	518
6.6.4.3.	Modelo de qualidade do ar - poluentes radioativos	520
6.6.5.	Síntese da análise	522
6.6.5.1.	Poluentes convencionais	523
6.6.5.2.	Poluentes Radioativos	536
6.6.6.	Métodos de monitoramento	548
6.6.6.1.	Caracterização da qualidade do ar na Área de Influência do empreendimento	550
6.6.6.1.1.	Meterial Particulado	552
6.6.6.1.2.	Gases	556
6.6.6.1.3.	Fluxos atmosféricos na Bacia Aérea I	558
BIBLIOGRAFIA – VOLUME 2		562
ANEXOS – VOLUME 2		592

Índice de Anexos (Volume 2B)

Anexo 1 – Mapa Geológico – AII 50	593
Anexo 2 – Mapa Geológico – AID 15	595
Anexo 3– Mapa de Densidade de Fraturas – AID-15 km	597
Anexo 4 – Mapa de Favorabilidade à Ocorrência de Água Subterrânea – AID-5 km	599
Anexo 5– Mapa de Lineamentos de Drenagem – AII 50	601
Anexo 6– Mapa de Lineamentos de drenagem – AID 15	603
Anexo 7 – Mapa de Localização dos Pontos de Investigação Geotécnica e Perfis no entorno da CNAAA	605
Anexo 8 – Perfis indicados nos estudos geotécnicos	607
Anexo 9 – Mapa de Localização das Áreas de Exploração Mineral – AII 50	609
Anexo 10 – Mapa Altimétrico – AII 50	611
Anexo 11 – Mapa Altimétrico – AID 15	613
Anexo 12 – Mapa Geomorfológico – AII-50 km	615
Anexo 13 – Mapa Geomorfológico – AID-15 km	617

Anexo 14 – Mapa de Declividade – AII 50.....	619
Anexo 15 – Mapa Pedológico – AII 50.....	621
Anexo 16 – Mapa Pedológico – AID 15.....	623
Anexo 17 – Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos – AII 50.....	625
Anexo 18 – Mapa de Recursos Hídricos – AII 50.....	627
Anexo 19 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AID 15.....	629
Anexo 20 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AII 50.....	631
Anexo 21 – Mapa 1 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1981) e localização de seis perfis extraídos dos grids de 1981 e 1985.....	633
Anexo 22 – Mapa 2 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1981).....	635
Anexo 23 – Mapa 3 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado (1981).....	637
Anexo 24 – Mapa 4 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1981).....	639
Anexo 25 – Mapa 5 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1985).....	641
Anexo 26 – Mapa 6 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1985).....	643
Anexo 27 – Mapa 7 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado (1985).....	645
Anexo 28 – Mapa 8 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1985).....	647
Anexo 29 – Mapa 9 (Batimetria) - Planta de Comparação Batimétrica (1981 – 1985).....	649
Anexo 30 – Mapa 10 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 1 (2002).....	651
Anexo 31 – Mapa 11 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 1 (2002).....	653
Anexo 32 – Mapa 12 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado – ÁREA 1 (2002).....	655
Anexo 33 – Mapa 13 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 1 (2002).....	657
Anexo 34 – Mapa 14 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 2 (2002).....	659
Anexo 35 – Mapa 15 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 2 (2002).....	661
Anexo 36 – Mapa 16 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado – ÁREA 2 (2002).....	663
Anexo 37 – Mapa 17 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 2 (2002).....	665
Anexo 38 – Mapa 18 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 3 (2002).....	667
Anexo 39 – Mapa 19 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 3 (2002).....	669
Anexo 40 – Mapa 20 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado – ÁREA 3 (2002).....	671
Anexo 41 – Mapa 21 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 3 (2002).....	673
Anexo 42 – Mapa 22 (Granulometria) - Planta de Localização dos Pontos Amostrados.....	675
Anexo 43 – Mapa 23 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 1 (Classificação segundo Shepard).....	677
Anexo 44 – Mapa 24 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 1.....	679
Anexo 45 – Mapa 25 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 1.....	681
Anexo 46 – Mapa 26 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 1.....	683
Anexo 47 – Mapa 27 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 2 (Classificação segundo Shepard).....	685
Anexo 48 – Mapa 28 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 2.....	687
Anexo 49 – Mapa 29 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 2.....	689
Anexo 50 – Mapa 30 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 2.....	691
Anexo 51 – Mapa 31 (Granulometria) – Distribuição textural ÁREA 3 (Classificação segundo Shepard).....	693
Anexo 52 – Mapa 32 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 3.....	695
Anexo 53 – Mapa 33 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 3.....	697
Anexo 54 – Mapa 34 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 3.....	699
Anexo 55 – Mapa 35 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Posicionamento das linhas sísmicas e sondagens.....	701
Anexo 56 – Mapa 36 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Contorno estrutural.....	703
Anexo 57 – Mapa 37 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 1.....	705
Anexo 58 – Mapa 38 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 2.....	707
Anexo 59 – Mapa 39 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 3.....	709

Anexo 60 – Mapa 40 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da lama.....	711
Anexo 61– Mapa 41 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas total	713

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Retrospectiva histórica dos eventos El Nino e La Niña	31
Tabela 2 – Sistema de Meteorologia da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto.....	37
Tabela 3 – Temperaturas máximas absolutas registradas em Angra dos Reis entre 1961 e 1990	40
Tabela 4 – Temperaturas mínimas absolutas registradas em Angra dos Reis entre 1961 e 1990	40
Tabela 5 – Temperaturas máximas absolutas registradas em Seropédica entre 1961 e 1990	41
Tabela 6 – Temperaturas mínimas absolutas registradas em Seropédica entre 1961 e 1990	41
Tabela 7 – Descrição das estações pluviométricas usadas para avaliação regional da precipitação pluviométrica na área de influência do empreendimento.	53
Tabela 8 – Precipitações médias mensais (em mm) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro e anual nas estações pluviométricas localizadas na área de influência do empreendimento.	54
Tabela 9 – Quantidade de frentes frias que atingiram o litoral do estado do Rio de Janeiro entre janeiro de 1999 e julho de 2002.....	105
Tabela 10 – Coluna Litoestratigráfica.	139
Tabela 11 – Áreas de concessão para exploração mineral	208
Tabela 12 – Hierarquização das Unidades Morfoestruturais, Morfoesculturais e Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (Modificado de Dantas, 2001). Em vermelho destacam-se as Unidades de Relevo em que está inserido o município de Angra dos Reis e áreas circunvizinhas.....	213
Tabela 13 – Domínios e Unidades Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro.....	215
Tabela 14 - Características macromorfológicas dos perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).....	246
Tabela 15 - Características micromorfológicas dos perfis LVPI e LVPII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	248
Tabela 16 - Características micromorfológicas do perfil LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	250
Tabela 17 - Propriedades físicas dos solos – perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal, SP.	253
Tabela 18 - Propriedades químicas dos solos nos perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	256
Tabela 19 - Ataque sulfúrico e relações moleculares - perfis LVPI, LVPII e LVPIII do ponto 8, junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	258
Tabela 20 – Estações pluviométricas, fluviométricas e de qualidade de águas identificadas nas AID e AII do empreendimento.....	267
Tabela 21 – Estações plúvio e fluviométricas selecionadas para análises detalhadas.....	270
Tabela 22 – Processos de degradação, principais atividades relacionadas e reflexos sobre os recursos hídricos das bacias hidrográficas litorâneas inseridas na AII.	276
Tabela 23 – Situação dos manguezais na bacia da baía da Ilha Grande.....	277
Tabela 24 - Formas de abastecimento de água, de domicílios particulares permanentes, segundo os Microrregiões, Municípios, Distritos, Subdistritos e Bairros da AID (2000).....	281
Tabela 25 - Forma de abastecimento de água, de domicílios particulares permanentes, segundo os Microrregiões, Municípios, Distritos, Subdistritos e Bairros da AII (2000).	282
Tabela 26 - Existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário, em domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AID (2000).	287

Tabela 27 - Existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário, em domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AII (2000).....	288
Tabela 28 - Destino do lixo, de domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AID (2000).	293
Tabela 29 - Destino do lixo, de domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AII (2000).....	294
Tabela 30 - Sistemas de captação de água no Município de Angra dos Reis (RJ).....	299
Tabela 31 – Normais de precipitação mensal e anual dos períodos 1931-1960 e 1961-1990 - Estação Meteorológica de Angra dos Reis (RJ) (Normais de precipitação total, em mm).....	305
Tabela 32 – Valores de média aritmética, desvio padrão, mediana e moda calculados a partir dos totais pluviométricos anuais das séries históricas das estações pluviométricas situadas nas áreas de influência do empreendimento	307
Tabela 33 – Frequência relativa de classes de precipitação diária para as séries históricas das estações analisadas.....	308
Tabela 34 – Frequência absoluta (em dias), de classes de precipitação para as séries históricas das estações analisadas.	309
Tabela 35 – Frequência absoluta de classes de dias consecutivos de chuva para os anos de 1985, 1990 e 1996.	310
Tabela 36 – Valores de correlação entre dados diários de precipitação e vazão de estações fluviométricas e pluviométricas mais próximas à CNAAA para os anos de 1990 (ano de menores vazões e precipitações), 1985 e 1996 (anos de maiores vazões e precipitações).	312
Tabela 37 – Ocorrências levantadas na Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis (RJ).	317
Tabela 38 – Vazões calculadas por métodos direto e indireto nas captações ETN 1 (rio do Frade), ETN 2 (córrego Sacher) e Praia Brava (córrego Praia Brava A e Porã).	326
Tabela 39 - Precipitação diária medida na Estação Pluviométrica da CNAAA nos períodos anteriores aos dias de medição direta de vazão.	327
Tabela 40 – Classes de uso das águas segundo Resolução Conama.	333
Tabela 41 – Limites de tolerância segundo Resolução Conama 20/86 e Cetesb	334
Tabela 42 – Resultados das análises físico-química, química inorgânica, química orgânica e bacteriológica para a qualidade das águas, realizadas nas campanhas de outubro de 2002 e fevereiro de 2003.	341
Tabela 43 - Resultados das análises de qualidade da água do poço no Bairro Bonfim – Angra dos Reis	352
Tabela 44 - Resultados gerais do balanço hídrico utilizando-se o Balan 10	354
Tabela 45 - Resultados do balanço hídrico de Itaorna: resumo das médias mensais*	354
Tabela 46 - Variáveis estatísticas calculadas para os parâmetros físico-químicos dos pontos d’água cadastrados (fontes naturais, poços tubulares domésticos, cacimbas e poços tubulares profundos)	358
Tabela 47 - Relação dos pontos d’água amostrados, por tipo de captação	360
Tabela 48 - Relação dos parâmetros e elementos determinados nas análises de laboratório realizadas pela Innolab e respectivos limites de detecção e métodos de análise	360
Tabela 49 - Vazão, rebaixamento e parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir dos poços cadastrados	375
Tabela 50 - Variáveis estatísticas calculadas para os valores médios de vazão, rebaixamento e outros parâmetros hidrodinâmicos para o conjunto de poços cadastrados	375
Tabela 51 - Resumo dos ensaios de bombeamento realizados, e respectivos valores de transmissividade, calculados por Theis, Theis recuperação e Cooper & Jacob	376
Tabela 52 - Resultados das análises de isótopos ambientais realizadas em amostras na área de estudo pela Hydroisotop gmbh.	378
Tabela 53 - Densidade de fraturas.....	384
Tabela 54 - Tipos litológicos identificados na AID-15 km.....	385
Tabela 55 - Tabela de pipetagem segundo Suguio (1973)	396

Tabela 56 - Resultado das análises granulométricas	398
Tabela 57 – Parâmetros determinados para coleta	417
Tabela 58 – Parâmetros determinados em laboratório	418
Tabela 59 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto Z3.	420
Tabela 60 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto Z4.	421
Tabela 61 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto 047B.	421
Tabela 62 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de agosto de 2002.	428
Tabela 63 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de agosto de 2002.	428
Tabela 64 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de novembro de 2002.....	429
Tabela 65 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de novembro de 2002.	430
Tabela 66 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de fevereiro de 2003	430
Tabela 67 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de fevereiro de 2003.	431
Tabela 68 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de maio de 2003.....	432
Tabela 69 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de maio de 2003...432	
Tabela 70 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 01).....	442
Tabela 71 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 02).....	443
Tabela 72 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 03).....	444
Tabela 73 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 04).....	445
Tabela 74 – Comparação dos dados do monitoramento para amostras da superfície e dados pretéritos nas estações Z3, Z4 e 047B.	448
Tabela 75 – Quadro comparativo dos parâmetros no ponto de controle (Z3) e no ponto R0 (descarga do efluente).....	450
Tabela 76 – Relação entre as vazões projetadas e a capacidade de operação de Angra 1 e 2.....	454
Tabela 77 - Fonte dos dados e período de amostragem usados no estudo para a calibração dos módulos hidrodinâmico, térmico e fluxo de calor na superfície	481
Tabela 78 - Cenários de vazões testados	498
Tabela 79 – Emissões atmosféricas convencionais (não radioativas) de Angra 2.	514
Tabela 80 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução Conama 3 de 28/6/90).....	516
Tabela 81 – Comparação das vantagens e desvantagens dos quatro métodos de monitoramento da qualidade do ar.	549
Tabela 82 – Partículas Totais em Suspensão na Estação Pesagro-Itáguai (Feema), no período 1989-2000.....	552
Tabela 83 – Concentração Média Anual de Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	554
Tabela 84 – Síntese estatística das concentrações (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI) na Estação Itáguai-Pesagro (Feema) no período 1998-2000...554	
Tabela 85 - Concentrações ($\mu\text{mol}/\text{L}$) e fluxos atmosféricos ($\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{ano}$)*, via deposição total, dos íons majoritários na bacia do rio Itingussú, Serra da Coroa Grande, Sepetiba, RJ.....	560

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização das torres meteorológicas da CNAAA	34
Figura 2 – Variações mensais de temperatura do ar (máxima absoluta, máximas médias, médias, mínimas médias e mínimas absolutas) da estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m – RJ no período 1982-2003.	42
Figura 3 – Variações mensais da temperatura do ar (período 2002-2003).....	42
Figura 4 – Variações da temperaturas médias diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001.....	44
Figura 5 – Variações da temperaturas mínimas diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001.....	44
Figura 6 – Variações da temperaturas máximas diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001.....	45
Figura 7 – Variações das temperaturas médias anuais registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001.....	46
Figura 8 – Variações anuais das temperaturas médias sazonais registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001	47
Figura 9 – Variações mensais das temperaturas médias dos três níveis (100, 60 e 10 metros) registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA no período de 1982-2001	48
Figura 10 – Variações horárias das temperaturas dos três níveis (100, 60 e 10 metros) registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA no mês de março de 2001	48
Figura 11 - Valores médios mensais de precipitação da estação pluviométrica localizada na Torre A da Central Nuclear Álvaro Alberto – Angra dos Reis – RJ. (Período 2002-2003).	51
Figura 12 - Precipitações médias mensais nos meses de janeiro, abril, julho e outubro nas estações pluviométricas localizadas na área de influência da CNAAA.....	55
Figura 13 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de janeiro na macro-região no entorno da CNAAA.....	56
Figura 14 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de abril na macro-região no entorno da CNAAA.....	57
Figura 15 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de julho na macro-região no entorno da CNAAA.....	58
Figura 16 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de outubro na macro-região no entorno da CNAAA.....	59
Figura 17 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais anuais médios na macro-região no entorno da CNAAA.....	60
Figura 18 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de verão (dez-jan-fev) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001	61
Figura 19 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de outono (março-abril-maio) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001	62
Figura 20 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de inverno (junho-julho-agosto) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001	62
Figura 21 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de primavera (setembro-outubro-novembro) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001	63
Figura 22 – Totais anuais e média anual de precipitação (em mm) registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001	63
Figura 23 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de janeiro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	64

Figura 24 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de fevereiro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	64
Figura 25 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de março dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	65
Figura 26 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de abril dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	65
Figura 27 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de maio dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	66
Figura 28 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de junho dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	66
Figura 29 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de julho dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	67
Figura 30 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de agosto dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	67
Figura 31 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de setembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	68
Figura 32 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de outubro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	68
Figura 33 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de novembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	69
Figura 34 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de dezembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.	69
Figura 35 – Precipitações médias mensais (em mm) no período de 1982-2001, registradas na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA.	70
Figura 36 – Rosas-dos-ventos mensais (janeiro e fevereiro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	74
Figura 37 – Rosas-dos-ventos mensais (março e abril) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	75
Figura 38 – Rosas-dos-ventos mensais (maio e junho) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	76
Figura 39 – Rosas-dos-ventos mensais (julho e agosto) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	77
Figura 40 – Rosas-dos-ventos mensais (setembro e outubro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	78
Figura 41 – Rosas-dos-ventos mensais (novembro e dezembro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	79
Figura 42 – Distribuição mensal dos percentuais de calmarias, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado pela Torre A da CNAAA no período 1982-2001.	80
Figura 43 – Rosas-dos-ventos dos meses de janeiro (mês representante do verão), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	81

Figura 44 – Rosas-dos-ventos dos meses de abril (mês representante do outono), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	82
Figura 45 – Rosas-dos-ventos dos meses de julho (mês representante do inverno), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	83
Figura 46 – Rosas-dos-ventos dos meses de outubro (mês representante do primavera), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	84
Figura 47 – Percentuais de calmarias nos níveis de 10 m, 60 m e 100 m da Torre A da CNAAA, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado durante o período 1982-2001.	85
Figura 48 – Rosas-dos-ventos dos períodos de verão, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	86
Figura 49 – Rosas-dos-ventos dos períodos de outono, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	87
Figura 50 – Rosas-dos-ventos dos períodos de inverno, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.....	88
Figura 51 – Rosas-dos-ventos dos períodos de primavera, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	89
Figura 52 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de janeiro como representativos das estações de verão) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	90
Figura 53 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de abril como representativos das estações de outono) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	91
Figura 54 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de julho como representativos das estações de inverno) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	92
Figura 55 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de outubro como representativos das estações de primavera) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	93
Figura 56 – Rosas-dos-ventos sazonais (verão) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	94
Figura 57 – Rosas-dos-ventos sazonais (outono) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	95
Figura 58 – Rosas-dos-ventos sazonais (inverno) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	96
Figura 59 – Rosas-dos-ventos sazonais (primavera) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.	97
Figura 60 – Percentuais de calmarias nas torres A (10m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado durante o período 1982-2001.....	99
Figura 61 – Imagens de satélite mostrando a evolução do sistema frontal que atingiu a costa do Rio de Janeiro em 07 de setembro de 2002.....	101
Figura 62 – Distribuição média mensal da frequência de passagens de sistemas frontais na banda de 20 a 25°S de latitude. As linhas cheias correspondem ao valor médio e as linhas pontilhadas ao desvio padrão.	102
Figura 63 – Distribuição média mensal da frequência de atividade convectiva associada à passagem de sistemas frontais na banda de 20 a 25°S de latitude. As linhas cheias correspondem ao valor médio e as linhas pontilhadas ao desvio padrão.	102
Figura 64 – Imagens de radar mostrando a evolução da linha de instabilidade que precedeu a frente fria no dia 7 de setembro de 2002.	103
Figura 65 – Foto da ocorrência de uma tromba d’água na Baía de Campos-RJ.....	104

Figura 66 – Foto da ocorrência de uma tromba d’água na praia de Ipanema, na cidade do Rio de Janeiro.	105
Figura 67 – Trajetórias às 3 UTC, correspondendo a 00:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.	113
Figura 68 – Trajetórias às 9 UTC, correspondendo a 06:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.	113
Figura 69 – Trajetórias às 12 UTC, correspondendo a 09:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.	114
Figura 70 – Trajetórias às 15 UTC, correspondendo a 12:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.	114
Figura 71 – Trajetórias às 18 UTC, correspondendo a 15:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.	115
Figura 72 – Trajetórias às 3 UTC, correspondendo a 00:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.	115
Figura 73 – Trajetórias às 9 UTC, correspondendo a 06:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.	116
Figura 74 – Trajetórias às 12 UTC, correspondendo a 09:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.	116
Figura 75 – Trajetórias às 15 UTC, correspondendo a 12:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.	117
Figura 76 – Trajetórias às 18 UTC, correspondendo a 15:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.	117
Figura 77 – Evolução temporal dos ventos troposféricos sobre Angra dos Reis (jan/2001).	119
Figura 78 – Evolução temporal dos ventos troposféricos sobre Angra dos Reis (jul/2000).	120
Figura 79 – Evolução temporal da temperatura a 2 m, da pressão ao nível médio do mar e da precipitação (jan/2001).	122
Figura 80 – Evolução temporal da temperatura a 2 m, da pressão ao nível médio do mar e da precipitação (jul/2000).	122
Figura 81 – Evolução temporal da altura da camada limite planetária em Itaorna (jan/2001).	123
Figura 82 – Evolução temporal da altura da camada limite planetária em Itaorna (jul/2000).	124
Figura 83 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 6 UTC (jan/2001).	125
Figura 84 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 6 UTC (jul/2000).	125
Figura 85 - Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 18 UTC (jan/2001).	126
Figura 86 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 18 UTC (jul/2000).	126
Figura 87 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pré-frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	128
Figura 88 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pré-frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	128
Figura 89 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pós-frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	129
Figura 90 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pós-frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	130
Figura 91 – Trajetórias correspondentes ao cenário do sistema frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	131
Figura 92 – Trajetórias correspondentes ao cenário de sistema frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.	131
Figura 93 – Mapa tectônico da Região Sudeste. A AII do empreendimento está representada pelo círculo.	132
Figura 94 - Unidade PGn- paragnaisse do Complexo Paraíba do Sul. Oeste de Tarituba.	142
Figura 95 - Unidade bGnp- biotita-gnaisses porfírico. Região de Retiro, Angra dos Reis.	144
Figura 96 - Unidade bGnm- biotita-gnaisses migmatíticos. BR-101, próximo a Praia Brava.	145
Figura 97 - Unidade GRD- Aspecto da mistura mecânica entre granito e diorito em costão. Ilha da Jipóia.	152

Figura 98 – Distribuição temporal dos sismos na Região Sudeste.....	156
Figura 99 – Zonas sismogênicas na área de entorno da CNAAA (Mioto, 1993).....	157
Figura 100 – Isossistas do evento de 27/01/1922.....	158
Figura 101 – Isossistas do evento de 24/10/1972.....	159
Figura 102 – Isossistas do evento de 31/07/1861.....	160
Figura 103 – Isossistas do evento de 09/05/1886.....	161
Figura 104 – Isossistas do evento de 23/03/1967.....	162
Figura 105 – 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).	163
Figura 106 – 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).	164
Figura 107 – 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).	166
Figura 108 – Foto da escarpa de fundo, fornecedora de blocos de rocha para o tálus do flanco oeste da Folha 2. Apesar do mascaramento da vegetação são observados e assinalados diversos afloramentos no alto da encosta (1991).	169
Figura 109 – Foto do afloramento maior assinalado na foto da Figura 108, resultado de um escorregamento ocorrido em janeiro de 91, em que se observa o migmatito fraturado e a presença de delgada camada de solo orgânico, apesar da densa vegetação existente (1991).....	170
Figura 110 – Foto da Caixa de Drenagem do ponto 9B da folha 1 do ano de 2002.....	176
Figura 111 – Foto do processo erosivo na base da cortina do ponto 11A da folha 1.....	177
Figura 112 – Fotografia do ponto 15 da folha 1 do ano de 2002.	179
Figura 113 – Cortinas à jusante da estrada do Centro de Informações.	180
Figura 114 – Cortina à jusante da BR-101.	182
Figura 115 - Cortina do km 522,6 executada pelo DNIT (antigo DNER) à jusante da BR-101.....	183
Figura 116 – Foto da erosão nos blocos de rocha do ponto 22 da folha 1.	183
Figura 117 – Área de construção da Usina Nuclear de Angra 3, apresentando corte em gnaisses migmatíticos escavado em quatro bancadas de 15,0 m.	184
Figura 118 – Foliação gnaissica do maciço rochoso na área de construção de Angra 3.....	185
Figura 119 – Área de construção da Usina Nuclear de Angra 3.	185
Figura 120 – Foto do escorregamento no ponto 4 da folha 2 do ano de 1991.	187
Figura 121 – Escorregamento às margens da BR-101.	190
Figura 122 – Escorregamento de solo coluvial expondo maciço rochoso.	191
Figura 123 – Cortina em área de escorregamento antigo.....	192
Figura 124 – Canaletas de drenagem da BR-101.	193
Figura 125 – Foto das cortinas próximas às Usinas Nucleares no ponto 20 da folha 2.	193
Figura 126 – A base de apoio da torre próxima à encosta.	194
Figura 127 – Foto da encosta a montante da BR-101 no ponto 2A da folha 3.	196
Figura 128 – Fotografia do ponto 2A da folha 3 do ano de 2002.	197
Figura 129 – Foto das trincas na rodovia no ponto 3 da folha 3 do ano de 1991.....	198
Figura 130 – Foto calha em degraus de concreto do ponto 3 da folha 3.....	199
Figura 131 – Foto da cortina do ponto 3 da folha 3.	199
Figura 132 – Obra de contenção com duas cortinas atirantadas, e talude com concreto projetado.	200
Figura 133 – Foto da cortina do ponto 3 da folha 3.	201
Figura 134 – Fotografia do ponto 5A da folha 3 do ano de 2002.	202
Figura 135 – Fotografia do ponto 9 da folha 3 do ano de 2002.	203
Figura 136 – Fotografia do ponto 10 da folha 3 do ano de 2002.	204
Figura 137 – Fotografia do ponto 11 da folha 3 do ano de 1991.	204
Figura 138 – Visão geral do relevo da área de estudo nas proximidades da cidade de Angra dos Reis.	225

Figura 139 – Visão geral do relevo no reverso da escarpa da Serra do Mar (ao fundo), onde a drenagem flui em direção ao vale do rio Paraíba do Sul.	226
Figura 140 – Visão geral das baixadas que ocorrem já próximo ao médio vale do rio Paraíba do Sul. Estas foram formadas por sedimentos de origem fluvial e encontram-se hoje separada por colinas com topos convexos.	227
Figura 141 – Visão de detalhe de perfil de solo desenvolvido a partir de sedimentos de origem fluvial no médio vale do rio Paraíba do Sul. Os sedimentos fluviais finos da base do perfil (cor amarela) foram recobertos por sedimentos fluviais grosseiros, principalmente seixos de quartzo bem arredondados.	227
Figura 142 – Visão geral da encosta onde foi levantado o perfil de solo definido como Ponto 1, cortada pela BR-101, logo após o trevo de entrada para as instalações de Angra 1 e Angra 2. Observar que o material de origem desse solo é a rocha gnáissica onde foi feita a escavação para a instalação das fundações da usina Angra 3.	229
Figura 143 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas do horizonte B do perfil de solo do Ponto 2.	230
Figura 144 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas dos horizontes A e B do perfil de solo do Ponto 4.	233
Figura 145 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas dos horizontes A e B do perfil de solo do Ponto 5.	235
Figura 146 – Visão geral da várzea do rio Mambucaba.	237
Figura 147 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas do horizonte B do perfil de solo do Ponto 6.	238
Figura 148 – Visão geral das encostas voltadas para o litoral da escarpa da Serra do Mar na estrada Angra dos Reis – Barra Mansa. Foto tirada do ponto mais alto da estrada, próximo ao divisor, sendo que o Ponto 7 localiza-se já no reverso da serra, próximo à cidade de Rio Claro.	239
Figura 149 – Visão geral da paisagem na região de Bananal (SP), inserida no médio vale do rio Paraíba do Sul. O relevo engloba tanto colinas com topos convexos onde os solos são originados da rocha alterada e de colúvios, quando baixadas formadas por sedimentos de origem fluvial.	240
Figura 150 – Perfil de solo típico da região de Bananal (SP). Em geral, os solos são profundos, bastante homogêneos, e formados principalmente por minerais secundários típicos de condições intensas de intemperismo, características de solos da classe dos Latossolos.	241
Figura 151 – Perfil LVPI do Ponto 8, localizado na extremidade mais elevada da Seção Córrego do Lava-pés I, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	243
Figura 152 – Perfil LVPII do Ponto 8, localizado 25m abaixo da Seção Córrego do Lava-pés II, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).	244
Figura 153 – Perfil LVPIII do Ponto 8, situado em corte transversal à Seção Córrego do Lava-pés III, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP). Na montagem, estão sotopostas partes adjacentes do perfil levantado, abrangendo as porções inferior e superior dos depósitos.	245
Figura 154 – Micrografia em luz plana mostrando o aspecto do solo sob influência da mesofauna nos horizontes Ap: (a) canais arqueados (P), alinhados no pedon 01LVPI; (b) material de solo, circundado em vermelho, em forma de cilindro (passagem de fauna) do pedon 02LVPII. Q =grãos de quartzo.	251
Figura 155 – Micrografia em nicóis cruzados do horizonte Bw2 do perfil LVPI, mostrando microagregados (m) granulares parcialmente interligados dentro de um passagem de fauna.	251
Figura 156 – Micrografia em nicóis cruzados do horizonte Bw2 do perfil LVPIII, ilustrando estrutura com tendência à individualização de microagregados em blocos e granulares (a) e finos revestimentos de argila amarelados (setas em vermelho), descontínuos e debilmente orientados (b). q=quartzo; af=anfíbólio.	252
Figura 157 – Variação em profundidade das relações texturais Areia grossa/Areia fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPI do Ponto 8.	254
Figura 158 – Variação em profundidade das relações texturais Areia Grossa/Areia Fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPII do Ponto 8.	255

Figura 159 – Variação em profundidade das relações texturais Areia Grossa/Areia Fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPIII do Ponto 8.	255
Figura 160 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizontes Ap, Bw2 e 3C do perfil LVPI e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C), magnésio e magnésio+etileno glicol.....	259
Figura 161 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos Horizonte Ap e sub-horizonte Bt2 do perfil LVPII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.....	260
Figura 162 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizonte Ap e sub-horizonte Bt2 do perfil LVPII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.....	261
Figura 163 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizonte Ap e sub-horizonte Bw2 do perfil LVPIII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.....	262
Figura 164 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural do horizonte 2Bw3 do perfil LVPIII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.....	263
Figura 165 – Variação em profundidade da relação Titânio/argila – perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, junto à localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).....	264
Figura 166 – Série histórica de dados consistidos de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba), localizada no município de São José do Barreiro (SP), serra da Bocaina, destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1985, 1986, 1996) e mais baixa (1990).	270
Figura 167 – Série histórica de dados consistidos de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Fazenda Fortaleza (baixo curso do Rio Mambucaba), localizada no município de Angra dos Reis (RJ), destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1947, 1957, 1966 e 1996) e mais baixa (1990).	271
Figura 168 – Série histórica de dados consistido de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Parati (Rio Perequê-Açu), localizada no município de Parati (RJ), destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1975, 1985, 1988 e 1996) e mais baixa (1990).	271
Figura 169 – Compartimentação morfoestrutural das bacias hidrográficas da AII e AID.....	274
Figura 170 – Esquema ilustrativo dos diferentes atores sociais envolvidos no uso e apropriação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas litorâneas da AII.....	275
Figura 171 – Consumo faturado de água, segundo categorias, para os municípios de Parati e Angra dos Reis (1998 e 2000).....	279
Figura 172 – Normais climatológicas de precipitação mensal para os períodos de 1931-1960 e 1961-1990 - dados da Estação Meteorológica de Angra dos Reis (RJ).....	305
Figura 173 – Maiores precipitações diárias registradas entre os anos de 1931 e 1990 - Estação Meteorológica de Angra dos Reis.	306
Figura 174 – Frequência relativa (%) da precipitação diária (classes definidas pelo INMET) para as estações Fazenda das Garrafas, Vila Mambucaba e São Roque.....	308
Figura 175 – Frequência absoluta (em dias), da precipitação para as estações Fazenda das Garrafas, Vila Mambucaba e São Roque.	309
Figura 176 – Frequência relativa (%) das classes de dias consecutivos de chuva nas estações pluviométricas São Roque (Rio Perequê-Açu), Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba) e Vila Mambucaba (baixo curso do Rio Mambucaba).	310
Figura 177 – Fluviograma (1990 (a) e 1996 (c)) e pluviograma (1990 (b) e 1996 (d)) para a estação Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba) localizada no município de São José do Barreiro (SP), serra da Bocaina.	314
Figura 178 – Fluviograma (1990 (a) e 1996 (c)) e pluviograma (1990 (b) e 1996 (d)) para a estação Fazenda Fortaleza (baixo curso do Rio Mambucaba), localizada no município de Angra dos Reis (RJ).	315

Figura 179 – Fluviograma (1990 (a)) para a estação Parati e pluviograma (1990 (b) e 1985(c)) para a estação São Roque.....	316
Figura 180 – Relação entre precipitação e vazão no baixo curso do Rio Mambucaba nos meses de registro de enchente no município de Angra dos Reis.	320
Figura 181 – Valores médios mensais de vazão das estações: (a) Fazenda das Garrafas - alto curso do Mambucaba (Série histórica 1978 a 1999), (b) Fazenda Fortaleza - baixo curso do Mambucaba (Série histórica 1935 a 1999) e (c) Parati - Rio Perequê-Açu (Série histórica 1963 a 1999).	321
Figura 182 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio São Gonçalo, Angra dos Reis.	337
Figura 183 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Mambucaba, Angra dos Reis.....	338
Figura 184 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Bracuí, Angra dos Reis.....	339
Figura 185 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Ambrósio e Frade, Angra dos Reis.....	340
Figura 186 – Comparação da variação piezométrica obtida com o Programa BALAN10 e dos piezômetros instalados no contato entre o colúvio e o solo residual (PD-SL4S) e entre o solo residual e a rocha alterada (PD-SL19I e PS-I3) na encosta a jusante da BR-101.	356
Figura 187 – Localização dos pontos selecionados para amostragem de caracterização hidrogeoquímica.	358
Figura 188 - Diagrama de Piper para as amostras de referência Ca ²⁺ -Cl ⁻ : BR (branco, coletada em Paty de Alferes); e Na ⁺ -Cl ⁻ : MAR (água do mar, coletada em Angra dos Reis), L-1 (lago de Angra 3), CH (chuva, coletada no Horto do complexo de Angra).	364
Figura 189 - Diagrama de Piper para as amostras dos poços tubulares profundos, com água Na ⁺ -Cl ⁻ (F-2 e ANG-33), passando a Ca ²⁺ -Na ⁺ -Cl ⁻ (F-1, ANG-11, ANG-40) e para a amostra ANG-51, Ca ²⁺ -HCO ₃ ⁻	364
Figura 190 - Diagrama de Piper para as amostras dos poços tubulares profundos, com água Ca ²⁺ -Na ⁺ -HCO ₃ ⁻ -Cl ⁻	365
Figura 191 - Diagrama de Schoeller para comparação da assinatura das amostras de referência para as amostras de referência: BR (branco, coletada em Paty de Alferes); MAR (água do mar, coletada em Angra dos Reis), L-1 (lago de Angra 3), CH (chuva, coletada no Horto do complexo de Angra).....	366
Figura 192 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com as água das fontes (F-1 e F-2) e do lago (L-1).....	366
Figura 193 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com as água dos poços profundos (ANG-11, 24, 32, 33, 42, 43).	367
Figura 194 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com as água do poço ANG-51.	368
Figura 195 - Diagrama de Piper e Schoeller para o conjunto de oito amostras de água.	369
Figura 196 - Relação entre o pH, CE e Eh para os dois grupos de amostras (Na-Cl e Na-Ca-HCO ₃). O * asterisco é uma amostra de referência de água de chuva (De Mello, 2001).	370
Figura 197 - Relação entre a concentração de SiO ₂ , pH e o Eh para o conjunto de pontos amostrados. A seta indica a direção provável da evolução geoquímica das águas Na-Cl para Na-Ca-HCO ₃	371
Figura 198 - Diagrama de estabilidade da SiO ₂ (quartzo) e da SiO ₂ (amorfa).	372
Figura 199 - Variação na concentração de Fe dissolvido em função do pH e Eh.	372
Figura 200 - Diagrama de estabilidade Eh-pH a 25oC admitindo as espécies Fe-O ₂ -H ₂ O a baixas concentrações.	373
Figura 201 - Variação do oxigênio-18 da chuva em Buenos Aires.....	379
Figura 202 - Diagrama de 18O e 2H das amostras de chuva na área de estudo (quadrados verdes), e na série sintética obtida a partir de correlação com a precipitação pluviométrica em Buenos Aires.	380
Figura 203 - Resultado das análises de trício realizadas nas amostras da área de estudo.	382

Figura 204 - Resultados da simulação com o programa FLOWPC, indicando o melhor ajuste (menor Sigma) para tempos de residência (Tn) entre 3 e 4 anos.	383
Figura 205 - Modelo hidrogeológico esquemático, onde (A) representa a localização da seção geológica mostrada em (B).	386
Figura 206 - Mapa mostrando a divisão do Litoral do Estado de São Paulo e Sul do Estado do Rio de Janeiro (modificado de Martin & Suguio, 1978).	388
Figura 207 - Colunas estratigráficas (Prancha 1).	407
Figura 208 - Colunas estratigráficas (Prancha 2).	408
Figura 209 - Colunas estratigráficas (Prancha 3).	409
Figura 210 - Colunas estratigráficas (Prancha 4).	410
Figura 211 - Colunas estratigráficas (Prancha 5).	411
Figura 212 - Sismo-estratigrafia das principais megassequências sedimentares, observadas acima do embasamento acústico.	413
Figura 213 - Localização da área de estudo. Detalhe do Saco Piraquara de Fora (modificado da Carta Náutica 1.637 - DHN - 1980).	415
Figura 214 - Localização dos pontos de coleta de amostras de água.	416
Figura 215 - Localização os Pontos de Monitoramento para dados pretéritos.	419
Figura 216 - Médias mensais de temperatura por ponto de monitoramento.	422
Figura 217 - Médias mensais de salinidade por ponto de monitoramento.	423
Figura 218 - Médias mensais de grau de saturação de oxigênio por ponto de monitoramento.	423
Figura 219 - Médias mensais da concentração de nitrito por ponto de monitoramento.	424
Figura 220 - Médias mensais da concentração de nitrato por ponto de monitoramento.	424
Figura 221 - Médias mensais da concentração de fosfato por ponto de monitoramento.	425
Figura 222 - Médias mensais da concentração de sílica por ponto de monitoramento.	425
Figura 223 - Médias mensais da concentração de clorofila A por ponto de monitoramento.	426
Figura 224 - Diferença de temperatura entre as estações Z4 e Z3 ao longo do período coleta de dados.	427
Figura 225 - Variação média da diferença de temperatura nas estações Z4 e Z3 ao longo do ano.	427
Figura 226 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Temperatura no Saco de Piraquara de Fora.	434
Figura 227 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Salinidade no Saco de Piraquara de Fora.	434
Figura 228 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, do pH no Saco de Piraquara de Fora.	435
Figura 229 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, do Grau de Saturação de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.	435
Figura 230 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.	436
Figura 231 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.	436
Figura 232 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Amônia no Saco de Piraquara de Fora.	437
Figura 233 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Nitrito no Saco de Piraquara de Fora.	437
Figura 234 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Nitrato no Saco de Piraquara de Fora.	438
Figura 235 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Fosfato no Saco de Piraquara de Fora.	438
Figura 236 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Silicato no Saco de Piraquara de Fora.	439
Figura 237 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Silicato no Saco de Piraquara de Fora.	439

Figura 238 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Clorofila A no Saco de Piraquara de Fora.	440
Figura 239 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Material em Suspensão no Saco de Piraquara de Fora.	440
Figura 240 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Boro no Saco de Piraquara de Fora.	441
Figura 241 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Surfactantes no Saco de Piraquara de Fora.	441
Figura 242 - Perfis de coleta de dados com equipamento ADCP (Acoustic Doppler Current Profiles).	453
Figura 243 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	455
Figura 244 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	456
Figura 245 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	456
Figura 246 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	457
Figura 247 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	458
Figura 248 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	458
Figura 249 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.	459
Figura 250 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.	459
Figura 251 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.	460
Figura 252 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	461
Figura 253 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	461
Figura 254 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	462
Figura 255 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.	463
Figura 256 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.	463
Figura 257 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.	464
Figura 258 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.	465
Figura 259 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.	465
Figura 260 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.	466
Figura 261 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	467
Figura 262 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	467
Figura 263 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	468

Figura 264 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	469
Figura 265 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	469
Figura 266 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	470
Figura 267 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.	471
Figura 268 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.	471
Figura 269 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.	472
Figura 270 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.	473
Figura 271 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.	473
Figura 272 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.	474
Figura 273 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.	475
Figura 274 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.	475
Figura 275 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.	476
Figura 276 - Malha de integração numérica de diferenças finitas utilizada no modelo para simulação da hidrodinâmica e termodinâmica no saco Piraquara de Fora.	479
Figura 277 - Representação gráfica da posição do corte vertical (em vermelho) e do efluente (quadrado azul).	480
Figura 278 - Seção horizontal (0,5 m) de temperatura. Dados obtidos com o ADCP na maré enchente.	483
Figura 279 - Seção horizontal (0,5 m) de temperatura. Dados obtidos com o ADCP na maré vazante.	484
Figura 280 - Seção vertical de temperatura observada correspondente ao dia 20/11/2000.	485
Figura 281 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	486
Figura 282 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	486
Figura 283 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	487
Figura 284 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	487
Figura 285 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	488
Figura 286 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	488
Figura 287 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	489
Figura 288 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	489
Figura 289 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	490
Figura 290 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	490

Figura 291 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	491
Figura 292 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	491
Figura 293 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	492
Figura 294 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	492
Figura 295 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	493
Figura 296 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.	493
Figura 297 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	494
Figura 298 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	494
Figura 299 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	495
Figura 300 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.	495
Figura 301 - Batimetria do modelo para a modelagem hidrodinâmica – espaçamento da malha 50 m x 50 m.	498
Figura 302 - Localização do ponto de descarga da água de refrigeração e da estação de campo do INPH.	499
Figura 303 - Níveis d'água medidos e simulados.	500
Figura 304 - Componentes este-oeste (direção x) das velocidades das correntes medidas e simuladas.	500
Figura 305 - Componentes sul-norte (direção y) das velocidades das correntes medidas e simuladas.	500
Figura 306 - Padrão do escoamento residual durante o período simulado (aproximadamente dois meses). Vazões do escoamento (m ³ /s).	502
Figura 307 - Padrão do escoamento residual durante o período simulado (aproximadamente dois meses). Velocidades do escoamento (m/s).	502
Figura 308 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 40 m ³ /s.	505
Figura 309 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 80 m ³ /s.	506
Figura 310 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 120 m ³ /s.	507
Figura 311 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 160 m ³ /s.	508
Figura 312 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 200 m ³ /s.	509
Figura 313 - Áreas de deposição das partículas de sedimentos com diferentes velocidades de queda (w), a esquerda w = 0.1 mm/s, e a direita w = 1.0 mm/s.	510
Figura 314 - Campos de concentrações para poluentes com T50 = 1 dia. - Cenário hidrodinâmico: Q = 200 m ³ /s.	511
Figura 315 - Campos de concentrações para poluentes com T50 = 1 semana - Cenário hidrodinâmico: Q = 200 m ³ /s.	512
Figura 316 – Topografia da região da CNAAA.	515
Figura 317 – Concentração média do CO (µg/m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.	524

Figura 318 – Concentração média do CO ₂ (µg/m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.	524
Figura 319 – Concentração média do SO ₂ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.	525
Figura 320 – Concentração média do CO (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.	525
Figura 321 – Concentração média do CO ₂ (µg/m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.	526
Figura 322 – Concentração média do SO ₂ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.	526
Figura 323 – Concentração média do CO (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	528
Figura 324 – Concentração média do CO ₂ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	529
Figura 325 – Concentração média do SO ₂ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	530
Figura 326 – Concentração média do NO (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	531
Figura 327 – Concentração média do NO ₂ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	532
Figura 328 – Concentração média do SO ₃ (µg/ m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.	533
Figura 329 – Concentração média de CO (a), SO ₂ (b) e CO ₂ (c) (µg/m ³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, no mês de setembro de 2000.	535
Figura 330 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1983 (caso El Niño).	537
Figura 331 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1990 (caso La Niña).	537
Figura 332 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) janeiro de 1991 e (b) inverno (ago-set-out) de 1996.	538
Figura 333 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) dezembro de 1997 e (b) abril a julho de 2000.	539
Figura 334 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) dezembro de 2000.	539
Figura 335 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão de 2001, (b) inverno de 2001 e (c) anual de 2001.	540
Figura 336 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m ³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, no período médio de agosto (a partir de 1987).	541
Figura 337 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m ⁻²), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1983 (caso El Niño).	542
Figura 338 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m ⁻²), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1990 (caso La Niña).	542

Figura 339 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) janeiro de 1991 e (b) inverno (ago-set-out) de 1996.	543
Figura 340 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) dezembro de 1997 e (b) abril a julho de 2000.	543
Figura 341 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) dezembro de 2000.	544
Figura 342 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão de 2001, (b) inverno de 2001 e (c) anual de 2001.	545
Figura 343 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, no período médio de agosto (a partir de 1987).	546
Figura 344 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/m3), sob os efeitos de decaimento, para a sinergia das usinas de Angra 2 e 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) anual de 2001.	547
Figura 345 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a sinergia das usinas de Angra 2 e 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) anual de 2001.	547
Figura 346 – Bacias aéreas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.	550
Figura 347 – Concentrações de material particulado nos dias da semana na Estação Pesagro-Itáguai (ano de 2000).	555
Figura 348 – Concentrações médias mensais de material particulado na Estação Pesagro-Itáguai (ano de 2000).	556
Figura 349 – Resultados das concentrações de ozônio a partir do monitoramento por tubos passivos (1999).	558

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

De forma a atender o Termo de Referência N° 017/99, o diagnóstico ambiental do meio físico foi dividido nos seguintes estudos específicos:

- Meteorologia (item 6.1);
- Geologia (item 6.2);
- Geomorfologia (item 6.3);
- Solos (item 6.4).
- Recursos hídricos (item 6.5);
- Qualidade do ar (item 6.6).

Todos os estudos, com base de dados primários e/ou secundários, caracterizaram as Áreas de Influência Direta (AID-5 km e AID-15 km) e a Área de Influência Indireta (AII-50km) definidas para este estudo (ver Volume 1, item 4. Áreas de Influência do Empreendimento, deste EIA).

Os estudos específicos de Geologia, Geomorfologia, Solos, Meteorologia, Qualidade do Ar e Recursos Hídricos foram desenvolvidos pelo Instituto de Geociências (IGEO) do Centro de Ciências Matemáticas da Natureza – CCMN - da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. São eles:

- “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – Volume I – Eixo 1 – Meteorologia”
- “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – Volume II – Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos”
- “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) – Volume III – Eixo 3 – Geomorfologia e Solos”

Os estudos referentes à Oceanografia Física, sub-item do item 6.5 Recursos Hídricos, conforme Termo de Referência acima citado, foram desenvolvidos pelo Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Uerj. O documento-base para a elaboração deste diagnóstico foi o “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”.

6.1. METEOROLOGIA

6.1.1. Caracterização Climática e Condições Meteorológicas

O continente sul-americano, em face de sua forma, posição e dimensão, é afetado por sistemas atmosféricos de origens tropical e polar. O comportamento médio desses sistemas determina a sua *climatologia sinótica*. A partir dessa visão, o entendimento dos fenômenos locais torna-se possível, justificando, por conseguinte, os comportamentos de diversos parâmetros meteorológicos e, por conseguinte, climatológicos.

Sistemas Atmosféricos de Larga-Escala

A configuração do escoamento médio nos níveis mais baixos da troposfera, nas proximidades da superfície terrestre sobre a América do Sul e os oceanos circunvizinhos, reflete os mecanismos da *circulação geral da atmosfera* pela presença de dois anticiclones quase-estacionários: do Atlântico Sul e do Pacífico Sul. Esses dois anticiclones são responsáveis, em grande parte, pelas condições de tempo sobre o continente sul-americano, pois deles dependem os demais mecanismos de penetração de massas de ar provenientes do sul, entre outros fenômenos.

O *Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)*, é um sistema quase-estacionário, que existe durante todo o ano, e apresenta variações em sua posição central e abrangência espacial. Em janeiro, seu centro posiciona-se próximo a 25°S/20°W, exercendo influência sobre a parte leste da América do Sul, mais precisamente sobre Caravelas – BA, penetrando até próximo a 42°W, passando sobre o Rio de Janeiro – RJ. Seu limite latitudinal é de 14°S a 33°S. O referido sistema é tratado também como “*Alta de Santa Helena*” ou “*Alta de Ascension*”.

A circulação desse anticiclone atua durante todo o ano na parte leste do continente sul-americano, ocasionando, a exceção do oeste da Amazônia, ventos regionais predominantes de leste a nordeste. A temperatura em seu interior é relativamente elevada, principalmente no verão, pela intensa radiação solar incidente sobre o sistema.

Outra característica do *ASAS* é o elevado grau de umidade absoluta, devido a intensa evaporação que ocorre sobre a camada superficial oceânica. Sendo quente e úmido, poderia ser esperada a formação de extensas e bem desenvolvidas nuvens; no entanto, tal processo não ocorre devido aos movimentos verticais descendentes (“*subsistência*”), o que cria, adicionalmente, um elevado grau de estabilidade, principalmente nas sua porção mais central. O vapor d’água evaporado da superfície oceânica fica limitado à camada superficial, originando, por vezes, nuvens *estratiformes baixas*. Tais características, no entanto, modificam-se no continente, principalmente no setor ocidental do Brasil. A inversão térmica superior, que limita a concentração da umidade nos níveis próximos à superfície, encontra-se mais elevada nessa região, haja vista a influência da corrente oceânica quente do Brasil.

Ao estudarem a importância dos processos advectivos na convecção amazônica, pesquisadores constataram a existência de um intenso fluxo de vapor d'água proveniente do Oceano Atlântico, de leste para oeste, na baixa e média troposfera, em Belém e em Manaus. Entretanto, esse fluxo não origina precipitações na região, pois o vapor d'água é transportado predominantemente na direção do interior do Brasil pela circulação do ASAS. Na sua borda oriental, o ASAS atinge a costa oriental da África, sobre a corrente oceânica de Benguela, proveniente das latitudes mais elevadas, o que concorre para uma maior estabilização do ar.

Pelo que foi exposto, conclui-se que a borda leste do ASAS apresenta características estáveis, enquanto a borda oeste apresenta condições instáveis. Devido às correntes descendentes, o seu centro apresenta domínio de estabilidade, inibindo qualquer formação de nebulosidade e, por conseguinte, qualquer fenômeno meteorológico que contenha precipitação. Por vezes, somente uma névoa seca é percebida sobre locais afastados dos grandes centros urbanos e na proximidade desses. Para uma atmosfera estável nota-se uma mistura de poluentes e de névoa seca, tornando o ar bastante contaminado.

Outro sistema de grande-escala de destaque na América do Sul é o *Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul* (ASPS). Esse sistema não atua diretamente sobre o continente nos baixos e médios níveis devido ao bloqueio causado pela Cordilheira dos Andes, que o mantém exclusivamente sobre o Oceano Pacífico. A circulação atmosférica na sua borda leste é induzida pela orientação da Cordilheira, predominantemente na direção sul-norte, o que promove um escoamento induzido de ar frio no sentido sul-norte. Essa circulação troposférica fria e seca, associada com a circulação marítima – *corrente fria de Humbolt* – estabelece um elevado grau de estabilidade, resultando numa ausência de precipitações na costa oeste do continente. Um papel relevante do ASPS em sua porção mais austral é o desvio, para leste, dos *sistemas polares migratórios* com trajetórias pelo Oceano Pacífico.

A exemplo do ASAS, o ASPS também sofre modificações sazonais em suas características, intensificando-se e deslocando-se para norte, no inverno, devido à variação havida no gradiente térmico do Hemisfério Sul. Nessa época, ainda, o “ASAS” exerce maior penetrabilidade continental, atuando nas partes leste e central do Brasil equatorial.

As oscilações sazonais do “ASAS” exercem um papel relevante sobre o clima do Brasil. O Rio de Janeiro fica sob seu domínio, principalmente no inverno, levando a condições predominantes de pouca ou nenhuma nebulosidade, além de ausência de precipitações - “*período seco*”. O “ASPS”, apesar de mais intensificado no inverno, não exerce tanta influência direta sobre as condições de tempo no continente sul-americano na baixa e média troposfera.

Um outro sistema, em menor escala que o “ASAS”, mas que se mantém presente no verão sobre o continente sul-americano, é o *Anticiclone Continental* (AC) – um sistema também permanente nessa época do ano. Estende-se de 10°S a 25°S e de 52°W a 72°W, com centro localizado em 17°S e 62°W, aproximadamente.

Um sistema de destaque sobre a América do Sul é a denominada “*Baixa do Chaco*”, localizada sobre o Chaco Paraguai (17°S/65°W, aproximadamente). É formada em função do grande aquecimento continental no verão. Esse sistema de *baixa pressão*, puramente térmico, apresenta convergência do ar circunvizinho nos baixos níveis, liberando calor latente na alta troposfera pela convecção profunda no interior do continente. Essa situação apresenta uma grande modificação sazonal, não ocorrendo no inverno na região devido ao continente estar relativamente mais frio que os oceanos circunvizinhos. O sistema de *baixa continental* nessa época posiciona-se no extremo noroeste do continente sul-americano.

Avaliando a circulação de superfície, verifica-se também a ocorrência de uma maior penetração do “*ASAS*” sobre a parte leste do Brasil no mês de julho (inverno), o que leva a formação de “*bom tempo*” àquela região. Em janeiro, no interior do continente, a presença da *Baixa do Chaco* gera uma extensa faixa de convergência com a circulação proveniente do “*ASAS*”, o que induz a uma maior penetração de umidade nos baixos níveis, transportada pelos *Alíseos* do Hemisfério Norte ao Oeste da Amazônia e pelos *Alíseos* do Hemisfério Sul na costa nordeste.

A chamada *Zona de Convergência do Atlântico Sul* ou *Zona de Convergência da América do Sul* (ZCAS) tem sido ultimamente apontada como um dos principais sistemas formadores de precipitação no verão nas Regiões Sul e Sudeste. A ZCAS é uma faixa de nebulosidade e precipitação, com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do oceano Atlântico Sul. É percebida com nitidez a partir de imagens de satélites meteorológicos, entre outros produtos.

Sistemas Transientes

Influenciadas pelos sistemas de grande-escala, as condições de tempo locais são determinadas por perturbações transientes, que migram e modificam-se enquanto transportadas pela circulação dominante. Esses sistemas apresentam durações variadas, desde horas até dias, e atuam em praticamente todas as latitudes.

As frentes frias, originadas do deslocamento das *massas polares* em direção às baixas latitudes, são os sistemas transientes dominantes nas latitudes médias. As *frentes quentes* e as *linhas de instabilidade* ocorrem também nas latitudes tropicais, embora essas regiões, por serem condicionalmente instáveis e essencialmente barotrópicas, estejam principalmente sujeitas aos mecanismos convectivos, tendo nas nuvens cumuliformes, seus agentes mais importantes na geração de precipitações.

Anticiclones Polares e Frentes Frias

O *anticiclone polar* constitui-se numa massa de ar que tem origem na superfície gelada no continente Antártico. Como anticiclone, esse sistema polar apresenta circulação anti-horária, com ventos divergentes à superfície dirigidos para a zona depressionária subantártica, originando nessa região as chamadas *massas de ar polar*. Essas massas, chamadas de *Anticiclones Polares Migratórios* (APM), invadem periodicamente o continente sul-americano numa trajetória predominante de sudoeste (SW) para nordeste (NE). Desde sua

origem o “*APM*” passa por várias regiões com características distintas, o que causa alterações nas suas propriedades. Na sua origem o “*APM*” apresenta forte inversão de temperatura, com ar frio e seco, sendo, portanto, muito estável. À medida que o sistema se desloca na direção do equador vai absorvendo calor e umidade da superfície do mar, relativamente mais quente, o que o torna gradualmente mais instável. Com essa estrutura, o “*APM*” invade o continente sul-americano entre os dois anticiclones quase-estacionários, o “*ASAS*” e o “*ASPS*”, segundo trajetórias distintas: uma a oeste e a outra a leste dos Andes.

O “*ASPS*” e o “*ASAS*”, no entanto, exercem um efeito bloqueador ao “*APM*”, impedindo o seu deslocamento para as latitudes mais baixas e fazendo com que esses derivem para leste.

A sazonalidade é um fator importante, tanto para as características, como para as trajetórias adquiridas pelos “*APM*’s”. Durante o inverno, um “*APM*” que se desloca em direção às latitudes mais baixas torna-se mais intenso e apresenta maiores dimensões espaciais do que nas demais épocas do ano. Sua frequência, normalmente, também é pouco maior. Ao atingirem o continente, essas massas de origem polar sofrem, nos níveis mais baixos, um maior efeito do atrito face à topografia acidentada da superfície, sujeitando-se a freqüentes bloqueios em seu deslocamento. Se a frente fria (faixa de separação entre o ar polar e o ar tropical) é empurrada por uma intensa massa de ar, essa não será tão deformada quando atingir áreas de topografia mais acidentada, como a Serra do Mar, penetrando mais para o norte sem perdas significativas na sua forma original.

No verão, além das incursões de ar de origem polar serem menos freqüentes, os “*APM*’s” que avançam em direção ao norte apresentam relativamente menor intensidade e penetrabilidade continental. Apesar disso, resultam em condições de tempo mais severos do que no inverno, à medida que ultrapassam as latitudes de aproximadamente 30°S. Em sua movimentação periódica para o equador, um “*APM*” é forçado a penetrar entre as duas células de alta pressão (“*ASPS*” e “*ASAS*”), percorrendo três trajetórias diferentes sobre a América do Sul.

As variações sazonais, em intensidade e tamanho, nas massas polares, no “*ASPS*” e no “*ASAS*”, além de topografia do continente (notadamente a Cordilheira dos Andes e o Maciço Brasileiro), são fatores condicionantes ao deslocamento e trajetórias preferenciais dos “*APM*’s”.

Uma trajetória preferencial dos “*APM*’s” e de suas frentes associadas é a que segue o Oceano Pacífico, denominada “*trajetória do Pacífico*”. Devido a grande altura da Cordilheira dos Andes, sobretudo a partir de 30°S, as massas de ar que percorrem tal trajetória se apóiam na vertente oeste das montanhas, sem ultrapassá-la. No Peru, no entanto, com a mudança de direção da costa, já é possível distinguir frentes nas invasões excepcionalmente fortes do inverno, sem que a massa consiga ultrapasse a zona central do Chile. Sobre a *Baixa Continental* no interior do continente, a presença da “*Alta da Bolívia*” induz uma circulação de sudoeste (SW) que tende a conduzir um “*APM*” para o litoral do Atlântico, impedindo as trajetórias pelo continente, onde os ventos em altitude são de noroeste (NW). Os “*APM*’s” que

percorrem a trajetória atlântica e atingem a zona tropical, chegam bastante transformados, de modo que se torna pouco sensível o seu efeito sobre a temperatura. Essas massas frias, ao se dirigirem às latitudes mais baixas, tendem a se opor à circulação de nor-nordeste da borda noroeste do “ASAS”, formando frentes bem definidas. Essas frentes se deslocam para nordeste (NE) com o avanço de “APM’s” e apresentam ondulações ciclônicas, sobretudo sobre o oceano. A partir de 15°S, na região dos Alíseos de sudeste, um “APM” passa a perder suas características, uma vez que a trajetória é marítima, sendo incorporado ao sistema dinâmico “ASAS”.

Na terceira trajetória, a massa polar segue pelo interior do continente entre a Cordilheira dos Andes e o Maciço Brasileiro, conduzindo ar frio através do Estado do Mato Grosso em direção ao Alto Amazonas. Num caso de uma forte invasão de inverno, a *massa polar* pode ocupar as três trajetórias simultaneamente e atingir o Alto Amazonas no fenômeno térmico conhecido localmente como “*friagem*”. No verão, entretanto, devido à presença da baixa continental, com circulação de norte a noroeste pelo setor mais interior, a penetração dos “APM’s” pela trajetória continental passa a ser mais dificultada. Portanto, a terceira trajetória é, na verdade, a mais freqüentemente percorrida no inverno, sendo que nem sempre provoca o fenômeno da “*friagem*” em virtude das transformações ocorridas durante seus deslocamentos. Em alguns casos, durante o verão, as frentes frias tornam-se quase-estacionárias sobre a costa do Sudeste do Brasil, próximo a 20°S, devido ao chamado processo de “*bloqueio*”. Uma convecção organizada surge então associada a essa frente, intensificando a atividade frontal sobre a região entre 15°S/20°S e 40°W/50°W, podendo ocasionar precipitações intensas e de maior duração.

Dependendo do tempo de atuação desses sistemas sobre a região, poderão surgir índices elevados de precipitações pluviométricas em determinados locais, o suficiente para originar grandes desvios positivos em relação à precipitação normal da época.

Ainda com relação a quase-estacionaridade de frente polar, destaca-se a condição peculiar pós-frontal, ou seja, na retaguarda da frente fria, a ocorrência de precipitações fracas e de caráter contínuo, e associada a uma nebulosidade estratiforme. Essa situação é denominada tecnicamente por “*efeito de circulação marítima*”, em razão do bloqueio da massa polar pelo “ASAS”, o que leva a manutenção da circulação leste ou mesmo sudeste em direção ao litoral. No Rio de Janeiro, esta situação pode criar uma situação de transporte de umidade e nuvens baixas pela Baía de Sepetiba, propiciando condições favoráveis à precipitação até mesmo na região de Itaguaí.

A Região Sudeste também está submetida a sistemas convectivos de mesoescala, devido ao aquecimento do ar na superfície, o que contribui sobretudo para a ocorrência de chuvas intensas nessa região.

Sistemas Convectivos de Mesoescala

Os *Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)* são definidos como qualquer agrupamento de nuvens convectivas com forma linear ou circular e que em algum estágio do

ciclo de vida contém núcleos convectivos e chuvas nas regiões adjacentes originárias ou não desses núcleos. No espectro dos “SCM” destacam-se as *Linhas de Instabilidade (LI)* e os *Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM)*.

Linhas de Instabilidade Tropicais

As *linhas de instabilidade tropicais (LIT)* são depressões barométricas, na forma de linhas alongadas, acopladas em pequenas dorsais pelos sistemas de altas pressões originários do interior do continente. São formadas sobre os Estados do Pará e Amazonas, como resultado do ciclo de aquecimento diurno e, enquanto tendem a um estágio de maturidade, deslocam-se para sudeste. Sua formação se dá normalmente entre 12:00 e 18:00 horas. Essas “LIT’s”, que constituem, na verdade, um sistema dinâmico de convergência, causam uma ascensão do ar que, dependendo do grau de umidade e da força ascensional, levam a formação de chuvas e trovoadas de curta duração, acompanhadas de ventos com rajadas que podem atingir de 60 a 90 km/h. Tais fenômenos ocorrem especialmente no verão e são resultantes do decréscimo geral da pressão, motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar, ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações, forma-se uma ou mais *linhas de instabilidade tropicais* ao norte da *frente polar* sobre o continente, que se desloca(m) para sudeste.

Observacionalmente tem-se verificado que quando uma frente fria está atuando na área do Rio de Janeiro ocorre um atraso no deslocamento da(s) “LIT’s”. Esses sistemas são detectados em certas sinóticas diárias e imagens de satélite, podendo permanecer por um período de quatro a seis dias sem apresentar atividade, mas apenas nuvens do tipo *Alto cumululus*, que migram inseridas na circulação dominante. Na situação em que essa descontinuidade tropical esteja a noroeste de Brasília-DF, por exemplo, observa-se a formação de um pequeno sistema de “*alta pressão*” localizado entre Brasília e Belo Horizonte, o que desfaz os grandes cúmulos e dá origem a nuvens *Stratocumululus* de mesma base e que se deslocam ao sabor do regime predominante de circulação. Essas linhas, em sua trajetória típica de noroeste-sudeste, atingem o estado de Minas Gerais e, por vezes, avançam e passam pelos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, provocando trovoadas/relâmpagos acompanhados, na maioria dos casos, por fortes precipitações.

Complexos Convectivos de Mesoescala

Os *Complexos Convectivos de Mesoescala* são conjuntos de *Cumulonimbos* cobertos por densa camada de nuvens do tipo *Cirrus*, que podem ser facilmente identificados em imagens de satélite como sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas. Na Região Sudeste, durante o inverno, esses sistemas convectivos surgem com reduzida frequência e se deslocam para leste, num comportamento mais zonal. Durante o verão, este deslocamento torna-se de sudoeste para nordeste, percorrendo uma distância relativamente maior que no inverno.

Os efeitos da topografia na precipitação podem variar desde a intensificação, dissipação ou formação de bandas de chuva associadas aos *ciclones extratropicais*, dependendo da forma e declividade do relevo, do escoamento do ar e do tipo de banda de chuva. Entretanto, é preciso mencionar que o efeito orográfico é diferente nos trópicos e nos extratropicais. Enquanto nas latitudes médias, quanto mais alto, maior é a quantidade de precipitações, nos trópicos esse efeito é verificado apenas até elevações da ordem de 1.000 a 1.500 metros. Esse diferencial reside no fato de nos trópicos a umidade se concentrar nos baixos níveis e a *advecção horizontal* de vapor d'água ser relativamente reduzida, sendo os movimentos verticais predominantes como mecanismos de instabilização da atmosfera.

O relevo do Estado do Rio de Janeiro apresenta uma grande diversidade morfológica, variando entre regiões de baixadas (Baixada Litorânea), vales (Vale do Paraíba do Sul) e serras (Serra do Mar e Mantiqueira). Essas unidades topográficas exercem uma influência muito acentuada na distribuição da precipitação no Estado do Rio de Janeiro. A disposição da Serra do Mar e da Mantiqueira quase perpendicularmente ao escoamento médio na baixa troposfera associada às discontinuidades das *perturbações extratropicais e tropicais* provocam um aumento considerável das precipitações em função da altitude, quando comparada com as mesmas situações atmosféricas nas regiões do Vale do Paraíba e Baixada Litorânea.

Os *gradientes térmicos* associados com o tipo de superfície podem induzir às circulações locais tais como brisas marítimas e terrestres e circulações de vale e montanha. A topografia local e a distância da fonte de umidade (oceano, lago, etc.) influenciam na distribuição da precipitação, formando regiões de convergência de massa e umidade em superfície, que podem se propagar continente adentro. Pesquisas atuais têm mostrado alguma correlação entre o aumento de precipitações em áreas urbanas poluídas por partículas em suspensão, uma vez que essas partículas passam a atuar como núcleos de condensação que podem levar a formação de gotas de chuva potencialmente precipitáveis.

Além dos mecanismos apontados acima, o regime de precipitação inter-anual na Região Sudeste como um todo é influenciado pelo mecanismo conjunto “*El Niño/Oscilação Sul*”, denominado de fenômeno “*ENOS*” (ou “*ENSO*”, do termo em inglês: “*El Niño/Southern Oscillation*”). O fenômeno “*EL Niño*” refere-se a um aumento anômalo das temperaturas da superfície do mar no Pacífico Leste Equatorial durante o verão do Hemisfério Sul. O fenômeno da *Oscilação Sul* é caracterizado por uma oscilação da pressão ao nível do mar, observada entre as regiões da Indonésia e o Oceano Pacífico Leste. O “*El Niño*” ocorre durante a fase negativa da *Oscilação Sul*. Um exemplo da atuação desse fenômeno foram as chuvas intensas e enchentes ocorridas entre 1983, ano forte de “*EL Niño*”.

Pelo panorama simplificado apresentado acima, vê-se que os mecanismos desencadeadores dos diversos fenômenos meteorológicos envolvem interações complexas entre as configurações de larga-escala e meso-escala, algumas das quais ocorrendo em muito curto intervalo de tempo.

O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui diferenciados climas, refletidos principalmente nos distintos regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul constata-se a existência de uma grande variedade de climas com distintas características regionais. Na Região Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. Na Região Nordeste, a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias e apresentam uma estação seca bem definida no inverno e uma estação chuvosa de chuvas convectivas no verão. Na Região Sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano.

A Região Sudeste, devido à sua posição latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas tropicais quentes e os climas do tipo temperado das latitudes médias. O sul da Região Sudeste é afetado pela maioria dos sistemas frontais que atinge o sul do país. Muitas vezes os sistemas frontais frios não chegam a atingir o norte da referida Região, vindo a percorrer uma trajetória marítima afastada do continente.

Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso-escala, são responsáveis por intensas precipitações.

Especialmente sobre a Região Centro-Oeste, a Alta da Bolívia, gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera durante os meses de verão do Hemisfério Sul, é considerada como um sistema tipicamente “semi-estacionário” da Região. Uma situação estacionária da circulação de grande escala em latitudes médias pode influir diretamente na precipitação e temperatura sobre a Região Sudeste, caso a referida Região esteja ou não sendo afetada por sistemas associados ao escoamento ondulatório da atmosfera. Esse tipo de situação é denominado de bloqueio e afeta, além do Sudeste, também a Região Sul do Brasil.

Fenômenos originados a longas distâncias do Brasil podem levar a alterações temporárias de grande magnitude, como é o caso do *El Niño*.

O fenômeno *El Niño* é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Oriental. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de *El Niño* duram de 12 a 18 meses. A evolução típica do fenômeno mostra uma tendência de iniciar-se no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro daquele mesmo ano e janeiro do ano seguinte, vindo a se enfraquecer na metade deste segundo ano.

Estudos recentes indicam que principalmente três regiões no Brasil – o semi-árido do Nordeste, as partes norte e leste da Amazônia, o sul do Brasil e suas vizinhanças são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante episódios de *El*

Niño. A Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no ano de surgimento do evento e, posteriormente, no fim do outono e início do inverno do ano seguinte. O norte e o leste da Amazônia e o Nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente, no último, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do semi-árido. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno menos rigoroso. Já para as demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro.

No episódio mais recente de *El Niño* (1997-98), considerado pela Organização Meteorológica Mundial, órgão vinculado à ONU – Organização das Nações Unidas, como o mais intenso da história, os mecanismos atmosféricos estabelecidos se mantiveram até abril/maio de 1998, com intenso vigor, impedindo que as massas polares ultrapassassem o Sul do Brasil, o que levou a inundações no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, bem como a alteração dos mecanismos de precipitação regular sobre o Nordeste Brasileiro, entre fevereiro e maio, levando a uma seca extrema à grande parte daquela região.

Numa retrospectiva histórica desde o início do século, os eventos *El Niño* e *La Niña* ocorreram conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Retrospectiva histórica dos eventos El Niño e La Niña

<i>EL NIÑO</i>	<i>LA NIÑA</i>	<i>EL NIÑO</i>	<i>LA NIÑA</i>	<i>EL NIÑO</i>	<i>LA NIÑA</i>
1900-01	1903-04	1939-40	1949-50	1972-73	-
1902-03	1906-07	1940-41	1954-55	1976-77	-
1905-06	1908-09	1941-42	1964-65	1977-78	-
1911-12	1916-17	1946-47	1970-71	1982-83	-
1914-15	1920-21	1951-52	1973-74	1986-87	-
1918-19	1924-25	1953-54	1975-76	1991-92	-
1923-24	1928-29	1957-58	1988-89	1993-94	-
1925-26	1931-32	1963-64	1998-99	1997-78	-
1930-31	1938-39	1965-66	-	-	-
1932-33	1942-43	1969-70	-	-	-

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Os eventos de *El Niño* de 1997-98 e o de 1982-83 foram, respectivamente, os dois mais intensos registrados até então. Para o *La Niña*, os registros dão conta de que o mais intenso ocorrido tenha sido o ocorrido em 1998-99, que sucedeu ao maior episódio histórico de *El Niño* (1997-98).

Neste último grande episódio do *El Niño*, em 1997 os seus efeitos já eram percebidos a partir de agosto, quando as chuvas situaram-se acima da média sobre o sul do País, com outubro e novembro sendo os meses mais chuvosos naquela região. Em outubro observaram-se as maiores anomalias positivas de precipitação sobre o Sul, recebendo o noroeste do Rio Grande do Sul chuvas até 300% acima da média climatológica. Houve inundações localizadas nas bacias dos rios Uruguai e Iguaçu. Grandes extensões da Amazônia, notadamente o centro-norte e leste receberam chuvas abaixo da média desde setembro. Esta estiagem provocou impactos adversos na geração hidrelétrica e no aumento do número de queimadas naquela região durante a estação seca.

A Região Sudeste é também caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias. Durante os meses de maior atividade convectiva, a “Zona de Convergência do Atlântico Sul - (ZCAS)” é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas dessas Regiões. O fato da banda de nebulosidade e chuvas permanecerem semi-estacionárias por dias seguidos favorece a ocorrência de inundações em diversas áreas do Estado, como se tem visto em inúmeras ocasiões.

Nas regiões serranas, localizadas na parte leste do Sudeste, são registrados os extremos mínimos de temperatura durante o inverno do Hemisfério Sul, enquanto as temperaturas mais elevadas são observadas no Estado de Mato Grosso. Essa região é caracterizada pela presença de intensa atividade convectiva nos meses de maior aquecimento radiativo. Um forte gradiente térmico no limite das Regiões Sudeste e Centro-Oeste também ocorre. Este gradiente é resultado do deslocamento das massas frias de altas latitudes, que afetam principalmente os estados do Sudeste e o Mato Grosso do Sul.

Em geral a precipitação distribui-se uniformemente nessas Regiões, com a precipitação média anual acumulada variando em torno de 1500 e 2000 mm. Dois núcleos máximos são registrados na região do Brasil Central e no litoral da Região Sudeste, enquanto que no norte de Minas Gerais verifica-se uma relativa escassez de chuvas ao longo do ano.

6.1.1.1. Caracterização Climática no Estado do Rio de Janeiro

É marcante a diversidade climática do Estado do Rio de Janeiro, sobretudo quando se consideram as dimensões de seu território.

As temperaturas médias são significativamente influenciadas pela combinação relevo-altitude, assim como o regime e a distribuição dos totais pluviométricos, que também depende da posição do local em relação a advecção de umidade.

As porções continentais fluminenses encontram-se imediatamente ao norte do Trópico de Capricórnio, o que garante um superávit energético de origem solar em praticamente todo o ano.

Outro elemento importante para a caracterização climática do Estado do Rio de Janeiro é a presença do Oceano Atlântico ao longo dos seus limites meridionais e orientais. O

Oceano funciona como um poderoso regulador térmico e promove uma ampla suavização das temperaturas nas porções mais litorâneas. O aporte de vapor d'água continente à dentro é mantido na maior parte do ano pelas brisas marítimas e pela circulação de larga-escala associada a borda oeste do “Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul – ASAS”. No entanto, este aporte é variável espacialmente, uma vez que as características de superfície (rugosidade) podem favorecer ou não a maior penetrabilidade dessas circulações para dentro do continente. Até o momento, são poucos os trabalhos que modelam com maior fidedignidade as características locais das brisas marítimas ao longo do litoral do Estado do Rio de Janeiro. De certo, elas ocorrem, mas podem apresentar peculiaridades em função das interações oceano-atmosfera-superfície continental, notadamente em relação às variações de contorno e orientação da linha-de-costa. A elevada umidade do ar e os elevados índices pluviométricos reinantes no Estado confirmam a influência da maritimidade no clima regional, mesmo em localidade mais afastadas do litoral.

O entendimento da diversidade climática do Rio de Janeiro passa pela combinação de uma série de fatores geográficos e atmosféricos. A interferência da topografia acidentada e compartimentada do Estado é marcante, as escarpas falhadas separam superfícies montanhosas, que mergulham para o interior, de outras planas a suavemente onduladas, que se estendem desde o Município do Rio de Janeiro até o Norte Fluminense, constituindo as baixadas litorâneas. A associação topografia-maritimidade é responsável pelo aumento da turbulência do ar, podendo induzir a formações de nuvens convectivas de grandes dimensões verticais, que podem gerar chuvas orográficas nas cotas mais elevadas da Serra do Mar e da Mantiqueira.

Pode-se afirmar que a baixa atmosfera do Estado do Rio de Janeiro encontra-se submetido, ao longo do ano, aos ventos regionais de Leste e Nordeste, que sopram associados à borda ocidental do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. No entanto, há que se considerar o fato da interação e mudança desses regimes na camada mais baixa da troposfera pela interferência dos efeitos de meso-escala e mesmo local.

6.1.1.2. Climatologia da Área de Influência Direta do Empreendimento

Localizada ao Sul do Estado do Rio de Janeiro, a área onde se localiza a CNAAA possui um microclima típico de região litorânea tropical, influenciada por fatores, como latitude e longitude, proximidade do mar, topografia, natureza da cobertura vegetal e, sobretudo, as ações das circulações atmosféricas de larga e meso-escalas, como frentes frias brisas marítimas/terrestres, respectivamente.

São analisados, a seguir, os parâmetros mais relevantes para a caracterização climatológica em Angra dos Reis - RJ, por meio dos parâmetros: direção e velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, radiação solar e nebulosidade.

Numa primeira avaliação foram combinadas as diversas informações climatológicas oriundas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Mapas das médias de 1931-90 e

Atlas Climatológico do Brasil – Versão 1969), além das Normais Climatológicas de 1961-90 de Seropédica (22° 46’S/43° 41’W), dos dados pluviométricos da Aneel e dos dados do período 1968-98 originados no National Center of Environmental Prediction – NPCEP dos Estados Unidos da América do Norte, o que permitiu caracterizar regionalmente os parâmetros meteorológicos mais relevantes da região onde se localiza o empreendimento e entorno.

Complementarmente, foram usadas as informações locais das quatro torres meteorológicas instaladas na área CNAAA, sendo que uma delas (a denominada Torre A) apresenta três níveis distintos (100 m, 60 m e 10 m), onde em cada um deles existe um sensor de vento (direção e velocidade) e de temperatura do ar. Nas demais torres (denominadas Torres B, C e D) apenas são medidas, as direções e velocidades dos ventos. A distribuição das torres meteorológicas existentes na área da CNAAA pode ser vista na Figura 1. Como se percebe, as torres meteorológicas encontram-se estrategicamente distribuídas no entorno das Unidades 1, 2 e 3, permitindo uma gestão ambiental mais eficaz por parte da Eletronuclear.

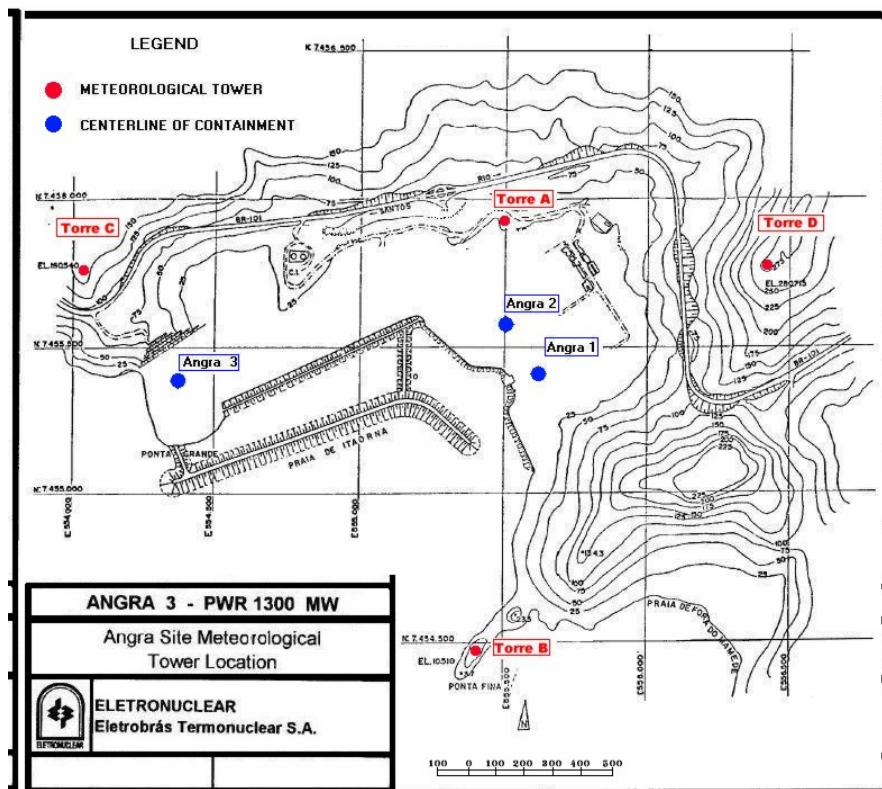


Figura 1 – Localização das torres meteorológicas da CNAAA

Fonte: Angra 3 Preliminary Safety Analysis Report (PSAR) – Rev 0 – Abril, 2002

6.1.1.2.1. Programa de aquisição de dados de meteorologia da CNAAA.

O programa de aquisição de dados de meteorologia consiste de instrumentação instalada no local da usina e uma estação central de aquisição automática que recebe, estoca e processa os dados coletados.

A instrumentação instalada mede vento, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. A torre principal esta localizada a norte-noroeste do sitio e possui três níveis de medição.

Três torres satélites adicionais de 15 metro de altura denominadas B, C e D estão instaladas na vizinhança do sítio medindo direção e velocidade do vento.

Cada torre possui um datalogger em sua base para coletar os sinais enviados dos sensores. Eles convertem os sinais em sinais digitais a intervalos de 5 segundos e estoca em sua memória.

Uma estação central, localizada na Sala de Controle da Unidade 1, recebe os dados dos dataloggers usando sinais de rádio enviado por modems em intervalos regulares.

Esta estação, um microcomputador industrial, coleta os dados das torres e estoca em disco. Nesta estação uma interface homem -máquina permite ao operador realizar várias funções, como verificar, em tempo real, os dados de todas as torres bem como dados passados.

Os dataloggers são microcomputadores que contem programas internos que permitem estocar dados em sua memória e realizar as seguintes funções:

1. Coleta dados dos sensores;
2. Converter dados em unidades de engenharia;
3. Estocar dados em sua memória interna;
4. Calcular a cada 15 minutos a média e o desvio padrão(direção do vento) de cada variável;
5. Transmitir por radio os dados para a estação central usando os modems;

A estação central realiza as seguintes funções:

1. Envia os dados de cada torre a cada 90 segundos para uma amostragem em tempo real;
2. Envia os dados de cada torre a cada 15 minutos para gravar as médias;
3. Estoca todos os dados de 15 minutos e grava em arquivos em seu disco rígido.
4. Envia os dados ao SICA para permitir ao operador verificar os dados em tempo real para ser processado pelo SCA;

5. Gera o histórico e a rosa dos ventos;

6. Imprimir relatórios;

Todos os dados estocados no microcomputador devem ser transferidos para um disco de back-up.

Os técnicos da usina realizam manutenção preventiva de acordo com os manuais dos equipamentos.

Calibrações devem ser realizadas em intervalos regulares de acordo com os procedimentos da usina.

Um estoque das partes do sistema deve estar disponível de forma a atender a operação normal minimizando as interrupções.

Tabela 2 – Sistema de Meteorologia da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto

INSTRUMENTO	PARÂMETRO	TORRE	ALTURA DA BASE DA TORRE AO SENSOR (m)	ALTITUDE DA BASE DA TORRE (m) AO NMM	CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS
vento	velocidade e direção	A	100/60/10	40	Modelo Met One 010C (Velocidade) anemômetro tipo três conchas de Robson com 0.27 m/s de vel. de partida, 165m de constante de distância e $\pm 1\%$ de precisão. Modelo Met One 020C (Direção) com 0.25 m/s de vel. de partida, constante de amortecimento de 0.4 a 0.6, a constante de distância menor que 1m e precisão de $\pm 3\%$.
vento	velocidade e direção	B	15	12	(Como descrito acima)
vento	velocidade e direção	C	15	166	(Como descrito acima)
vento	velocidade e direção	D	15	290	(Como descrito acima)
Temperatura	Temperatura	A	100/60/10	40	Modelo Met One 062 com termistor aspirado e proteção a radiação solar. Precisão de ± 0.1 graus.
Temperatura	T _{100-T10} T _{100-T60} T _{60-T10}	A	100/10 100/60 60/10	40	Diferença calculada pelo datalogger

INSTRUMENTO	PARÂMETRO	TORRE	ALTURA DA BASE DA TORRE AO SENSOR (m)	ALTITUDE DA BASE DA TORRE (m) AO NMM	CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS
Umidade	Umidade	A	10	40	Modelo Met One 083C. Precisão de $\pm 3\%$
Precipitação	Precipitação	A	2	42	Modelo Met One 370 Resolução de 0.25 mm.

a) Pressão Atmosférica

Sob o ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas migratórios e locais.

As variações temporais da pressão atmosférica se dão associadas a ciclos bem definidos e às incursões do ar com distintas características termodinâmicas. Numa base diária, pequenas variações ocorrem por conta da chamada “maré barométrica”, resultando em dois momentos de máximos valores relativos entre dois outros momentos de mínimos relativos.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica são maiores no inverno que no verão, graças à interação de diversos fatores, como os astronômicos, as maiores intensidades das massas polares migratórias, entre outros. No verão, o mais intenso aquecimento solar à superfície cria forças de flutuação que induzem a movimentos verticais ascendentes, com ou sem a formação de nuvens, reduzindo, portanto, os valores da pressão atmosférica à superfície. Em Itáguai-Sepetiba, por exemplo, as pressões atmosféricas variam de cerca de 1007 hectoPascals no verão a 1015 hectoPascals no inverno, tendo uma média anual de 1010,9 hectoPascals.

Normalmente reduzida ao nível do mar para eliminar os efeitos de altitude e tornar o parâmetro comparável espacialmente, bem como para permitir a avaliação de condicionamento local/regional por parte dos sistemas atmosféricos, a pressão atmosférica em Angra dos Reis - RJ apresentam-se na faixa de 1011-1012 hectoPascals nos meses de verão, 1012,5-1016,5 hectoPascals no outono, 1017,5-1019,5 hectoPascals no inverno e 1012,5-1017 hectoPascals na primavera. Os maiores valores de pressão no inverno são devidos às incursões de massas polares mais intensa nesta época do que nas demais do ano.

Ao nível local, os comportamentos da pressão atmosférica evidenciam alternâncias a partir da aproximação de depressões, as quais correspondem às entradas de frentes frias. Ocorrem ainda pequenas oscilações de máximos e mínimos diários, devido à maré barométrica.

b) Temperatura do Ar

A temperatura do ar constitui-se num parâmetro de interesse para os estudos que dizem respeito ao meio ambiente.

Basicamente, reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga-escalas.

Regionalmente, verifica-se que as temperaturas do ar em Itáguai-Sepetiba podem ser caracterizadas 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 nítido efeito de sazonalidade.

Por situar-se próximo ao Oceano, o clima de Angra dos Reis e imediações sofre um grande efeito da maritimidade. Pode ser caracterizado como estando na faixa média de 23-

26°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, de acordo com as análises do NCEP.

Verifica-se ainda que em Angra dos Reis os valores das temperaturas médias compensadas 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.

Contudo, valores mais elevados podem ocorrer ao longo do ano, conforme pode ser percebido pelas apresentações dos valores máximos (Tabela 3) e mínimos (Tabela 4) absolutos registrados de 1961-90 nos meses tomados como representativos para o verão (janeiro), outono (abril), inverno (julho) e primavera (outubro), assim como no ano, em Angra dos Reis.

Tabela 3 – Temperaturas máximas absolutas registradas em Angra dos Reis entre 1961 e 1990

Mês	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Data
JAN	38,5	01/01/69
ABR	35,3	01/04/87
JUL	33,8	15/07/77
OUT	35,8	26/10/77
ANO	39,3	11/02/66

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Tabela 4 – Temperaturas mínimas absolutas registradas em Angra dos Reis entre 1961 e 1990

Mês	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Data
JAN	15,3	17/01/63
ABR	12,8	25/04/71
JUL	10,1	28/07/64
OUT	13,4	21/10/68
ANO	9,4	12/08/88

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Comparativamente, são apresentados os valores extremos (Tabela 5 e Tabela 6) registrados de 1961-90 em Seropédica nos meses tomados como representativos para o verão (janeiro), outono (abril), inverno (julho) e primavera (outubro), assim como no ano.

Tabela 5 – Temperaturas máximas absolutas registradas em Seropédica entre 1961 e 1990

Mês	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Data
JAN	40,6	22/01/88
ABR	37,4	01/04/88
JUL	35,2	21/07/63
OUT	39,4	27/10/78
ANO	41	11/02/73

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Tabela 6 – Temperaturas mínimas absolutas registradas em Seropédica entre 1961 e 1990

Mês	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Data
JAN	15,6	15/01/79
ABR	11,7	26/04/68
JUL	8,3	14/07/68
OUT	11,8	20/10/68
ANO	6,5	01/06/79

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Numa análise mais local, as informações oriundas da Torre A da CCNAA são detalhadas em bases mensais, sazonais e anuais para os três níveis de monitoramento: 10 m, 60 m e 100 m.

As temperaturas no nível de 10 m são aquelas referenciadas como climatológicas para o caso da CNAAA, representando as condições médias de toda a área que abrange as três usinas: Angra 1, 2 e, futuramente, 3.

Como se pode ver na Figura 2, um nítido comportamento sazonal ocorre para todos os parâmetros associados à temperatura. Para as temperaturas médias, vê-se que no verão o valor mais característico é de 25°C, baixando a 20°C no inverno – significa uma amplitude térmica anual média de 5°C.

Comparando-se os valores extremos, pode-se concluir que no mês mais quente (janeiro) a amplitude térmica média é de aproximadamente 5°C, contra cerca de 6°C no mês mais frio (julho). E comparando os valores extremos das temperaturas registradas no período de 1986 a 2001, constata-se que o mês de janeiro pode contemplar perfeitamente valores que podem variar de próximo a 40°C para a máxima e cerca de 17°C para a mínima. De certo, tais circunstâncias não ocorrem num mesmo episódio ou mesmo em episódios atmosféricos próximos. Normalmente se dão em anos distintos.

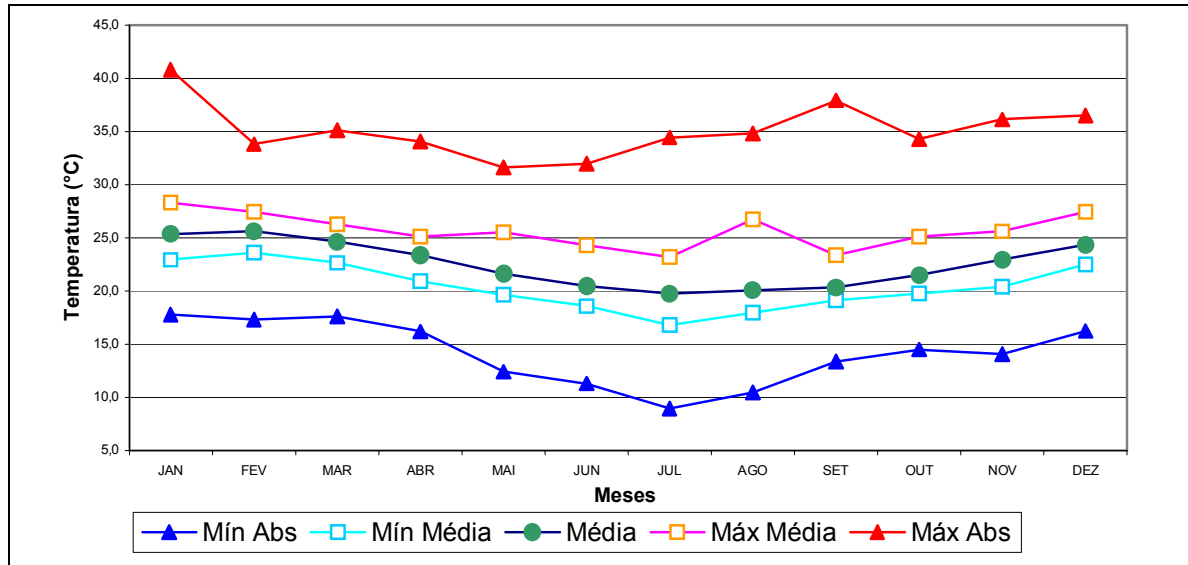


Figura 2 – Variações mensais de temperatura do ar (máxima absoluta, máximas médias, médias, mínimas médias e mínimas absolutas) da estação meteorológica localizada na Torre A da CNAEA – nível de 10 m – RJ no período 1982-2003.

Fonte: Eletronuclear

A Figura 3 , por sua vez, mostra as temperaturas mensais verificadas durante os anos de 2002 e 2003.

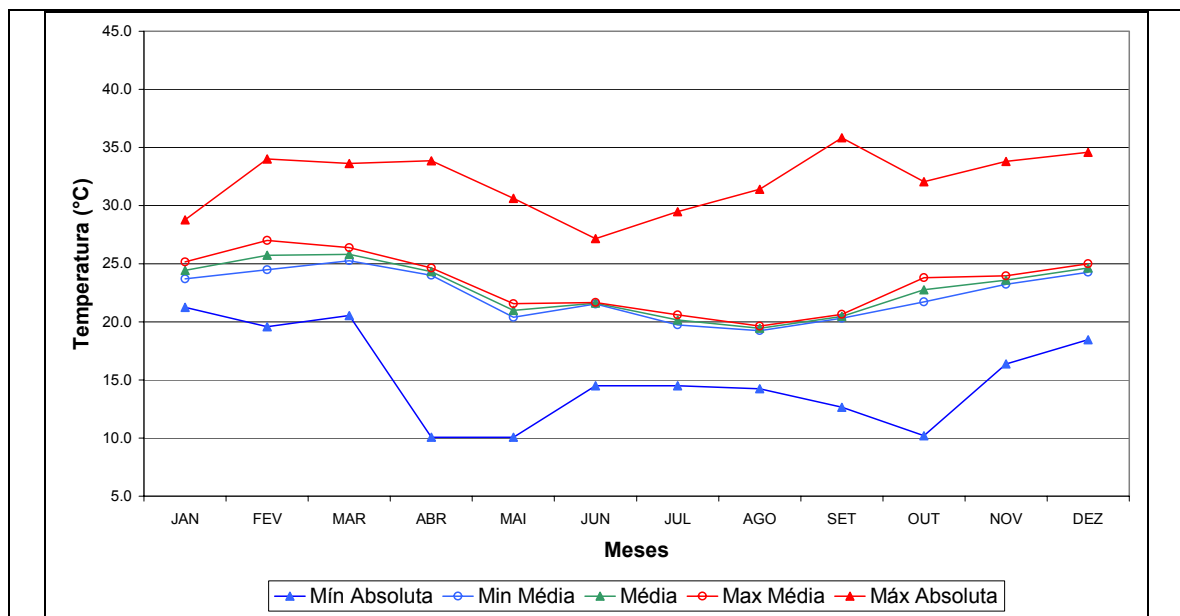


Figura 3 – Variações mensais da temperatura do ar (período 2002-2003).

Fonte: Eletronuclear

A temperatura média ao longo do ano varia entre 19°C e 26°C, e para o período 2002-2003 os valores permaneceram dentro desta faixa. Há de se destacar que as médias dos valores extremos ficaram mais próximas das temperaturas médias em relação aos valores históricos de 20 anos, o que indica que as amplitudes térmicas, de um modo geral foram menores nos últimos dois anos, entretanto, para os meses de fevereiro e outubro, as variações foram um pouco maiores. Este quadro ainda é mantido ao se observar as temperaturas extremas absolutas, pois as máximas nem sempre estiveram acima de 30°C. É comum em todos os meses do ano as temperaturas máximas mensais superarem este valor. Historicamente, janeiro e setembro foram os meses que registraram os valores máximos de temperatura, cerca de 41°C e 38°C, respectivamente. Para os dois anos mais recentes, a máxima absoluta, ocorrida no mês de setembro, não passou de 36°C. Os meses onde ocorreram períodos de frio mais intenso, foram abril, maio e outubro, na transição do outono para o inverno e inverno para primavera. Estas mínimas absolutas, fora da média de 20 anos, mais comuns no inverno.

Vale destacar que a posição da estação meteorológica (Torre A) encontra-se à sotavento de Angra 1 e Angra 2, o que, em pequena escala, pode significar que as fontes de calor regulares da operação e da própria dinâmica ocupacional da área possa corroborar para um pequeno acréscimo no valor da temperatura final registrada cotidianamente, em relação à mesma estação em uma posição a barlavento. De certo modo, a rugosidade do complexo gerador instalado e as fontes de calor criam uma relativa turbulência ao escoamento da porção mais baixa da atmosfera local, o que para efeitos de dispersão de poluentes seria favorável.

Destaca-se ainda a grande interação entre as águas oceânicas superficiais e os valores de temperatura local, as vezes imperceptível, haja vista a possibilidade de variações da temperatura da água do mar devido às correntes marítimas.

A avaliação seqüencial de dados locais das temperaturas médias (Figura 4), mínimas (Figura 5) e máximas (Figura 6) diárias, ao nível de 10 m da Torre A da CNAAA, no período de 1982 a 2001, permite identificar as oscilações ocorridas por conta basicamente da sazonalidade, muito embora possam ser percebidos num mesmo ano os efeitos de variações de temperatura devido às incursões frontais frias na região.

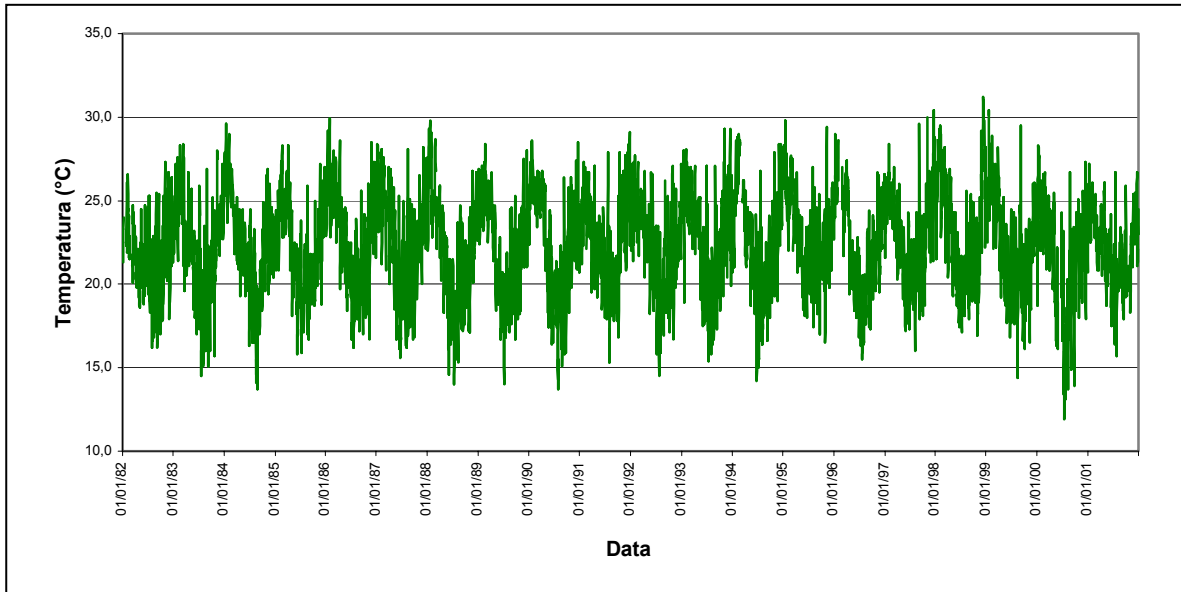


Figura 4 – Variações da temperaturas médias diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

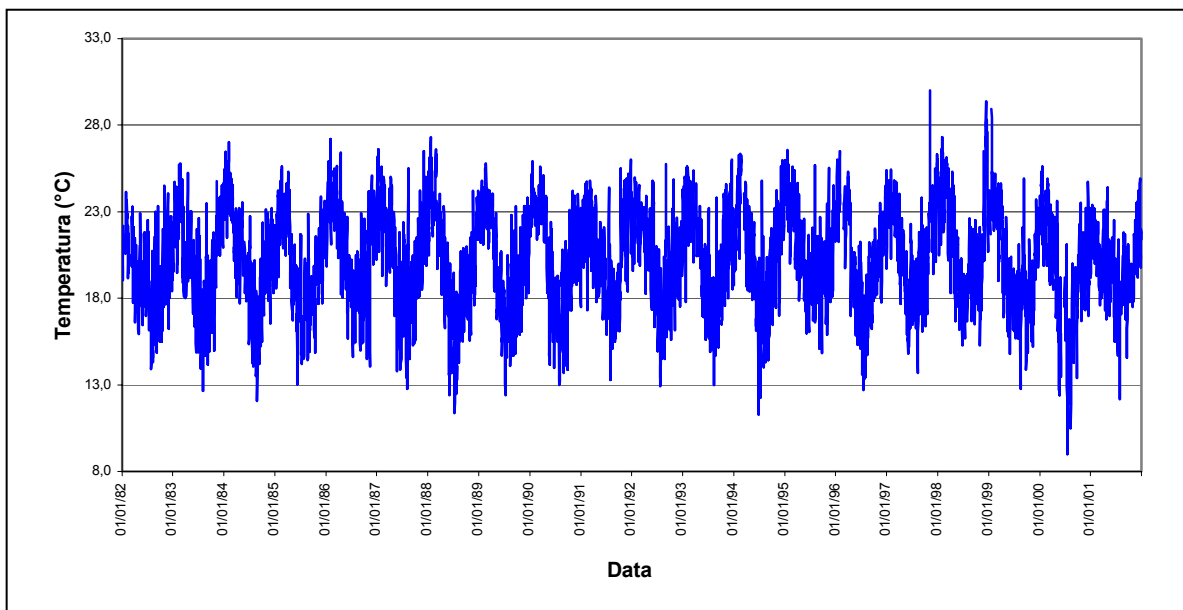


Figura 5 – Variações da temperaturas mínimas diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

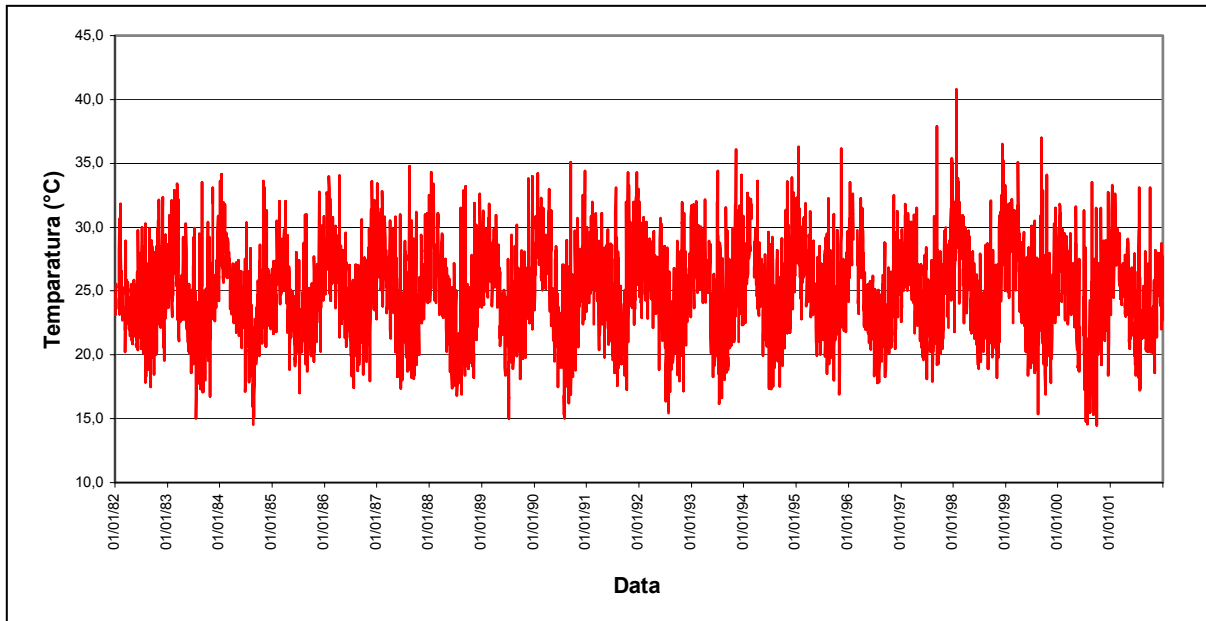


Figura 6 – Variações das temperaturas máximas diárias observadas na estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA – nível de 10 m no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

A análise de tendências de temperatura requer particular atenção em função das possíveis mudanças na localização das estações, dos métodos de medições, da calibração dos termômetros e das influências locais, tais como o aquecimento urbano, pois podem exercer influência nos dados das estações. Partindo da premissa de que os sensores instalados nas torres meteorológicas A, B, C e D da CNAAA (Figura 1) tenham o rigor técnico-operacional desejado, pode-se então considerar os seus dados consistentes e confiáveis para o presente estudo.

Assim sendo, a avaliação da tendência pode considerar a equação da reta na forma:

$$y = m x + b$$

em que,

y é a imagem,

x é o domínio,

m o coeficiente angular da reta e

b a constante.

Uma vez a série representada por esta equação, seu ajuste, bem como seus erros, podem ser calculados a partir do método dos mínimos quadrados, resultando na curva de

tendência baseada no valor de R^2 . O valor de R^2 , por se tratar de uma tendência linear, também passa a ser ajustado pelo método dos mínimos quadrados. Tendências logarítmicas, polinomiais, exponenciais e outras, necessitariam de um novo ajuste.

Tomando como base a série histórica de temperatura do nível de 10 m da Torre Meteorológica A e aplicando análise de tendência à curva formada, verifica-se pela Figura 7 que ao longo do período 1982-2001 surge uma nítida tendência de aumento das temperaturas médias em até 1°C, aproximadamente, o que pode ser interpretado em função do processo de urbanização da área onde se situam as Unidades 1 e 2 da CNAEA.

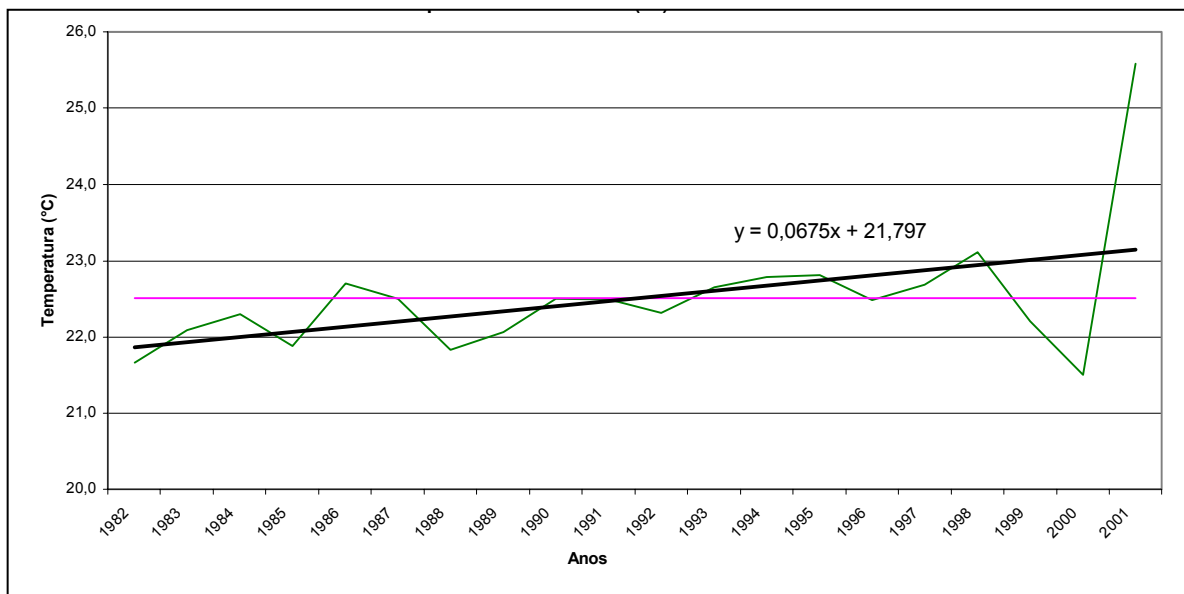


Figura 7 – Variações das temperaturas médias anuais registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAEA – nível de 10 m no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

Tomando como referência o nível de 10 metros da Torre A e desenvolvendo uma análise da variação interanual dos seus valores médios registrados em cada estação do ano, chega-se à situação mostrada na Figura 8, onde se percebe as variações ocorridas entre um ano e outro. Cabe destacar também a hierarquia entre as diversas estações do ano, indicando que, normalmente, as temperaturas de verão são superiores às do outono e esta à primavera e, por fim, todas superiores às temperaturas dos meses de inverno. Entretanto, cabe ressaltar duas situações:

- no ano de 2001 os valores médios das temperaturas em todas as estações do ano foram mais elevados do que nos anos anteriores e, além disso, foram muito próximas entre si;
- nos anos de 1982-83 e 1997-98, anos dos mais intensos episódios de *El Niño*, com correspondentes impactos no Brasil, as temperaturas entre o

outono e a primavera foram praticamente coincidentes, ou seja, o outono foi mais frio e a primavera foi mais quente do que o normal.

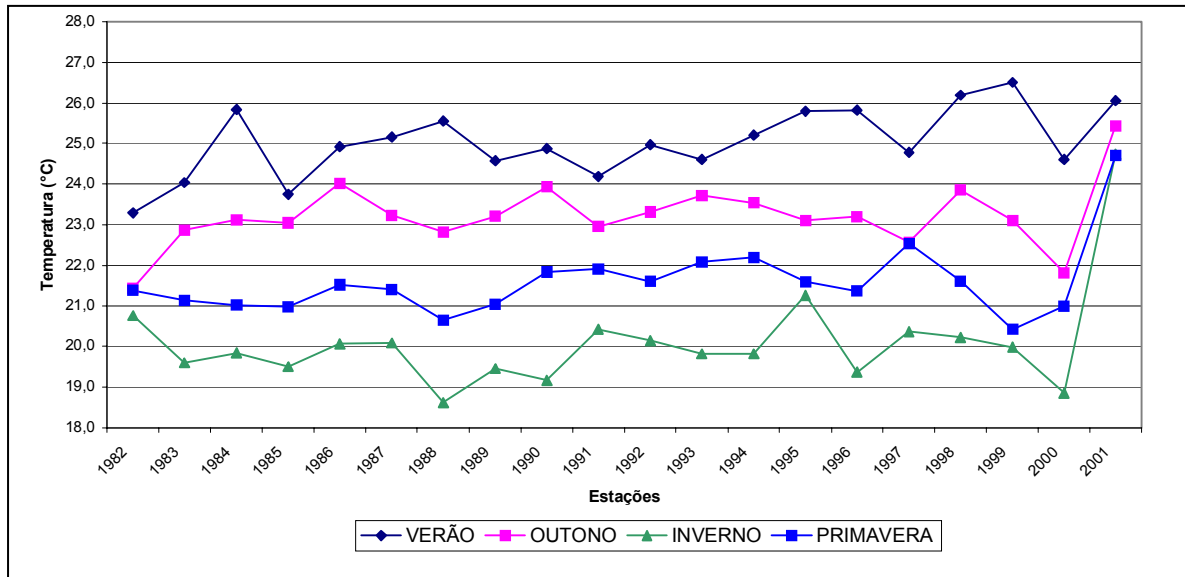


Figura 8 – Variações anuais das temperaturas médias sazonais registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAEA – nível de 10 m no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

Considerando-se a existência de três (3) níveis na Torre A da CNAEA, buscou-se avaliar o comportamento médio da temperatura do ar em cada mês, que resultou a Figura 9.

Pode-se verificar que:

- Os máximos e mínimos anuais ocorrem em fevereiro e julho, respectivamente, três (3) estações da Torre A;
- As máximas temperaturas se situam entre 25 e 26°C, enquanto as mínimas entre 19,5 e 20°C.

O comportamento hierárquico, sob o ponto de vista do perfil térmico vertical, é variável, e apresenta a seguinte configuração: Janeiro e fevereiro: $T_{100} < T_{10} < T_{60}$; Março a agosto: $T_{10} < T_{100} < T_{60}$; Setembro: $(T_{10}=T_{100}) < T_{60}$; Outubro a dezembro: $T_{100} < T_{60} < T_{10}$. O que significa dizer que na camada 10 m – 60 m ocorre inversão térmica (estabilidade) de janeiro a setembro e que nos meses de outubro a dezembro toda a camada 10 m – 100 m é instável.

Refinando a análise do perfil térmico de temperatura na Torre A, pode-se verificar, por exemplo, a situação do mês de março de 2001 (Figura 10), que revela inúmeros períodos em que as temperaturas no nível 10 m são inferiores às do nível 100 m e estas às do nível de 60 m, mesmo em horários diurnos, o que descaracterizaria o efeito de resfriamento radiativo. Em outras palavras, fica claro o surgimento de inversões térmicas na camada entre 10 m e 60 m.

Tais inversões podem então ter como causa principal a advecção de ar frio na camada mais baixa da torre em virtude de um mecanismo de recirculação local do escoamento do ar de procedência marinha, reforçado durante a noite por um suave vento de encosta das montanhas no entorno da área da CNAAA.

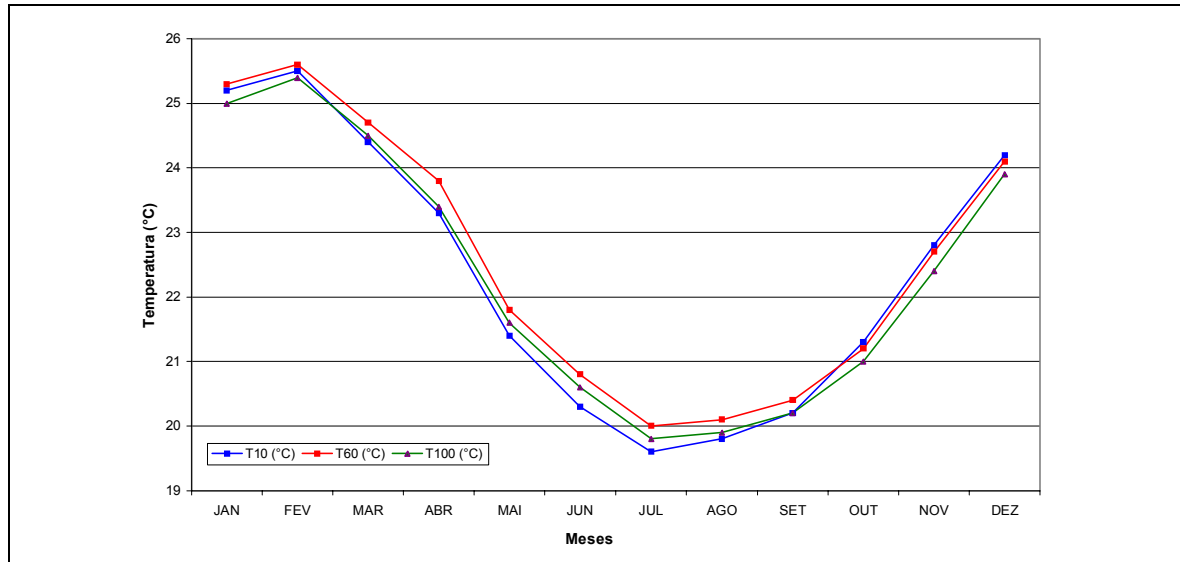


Figura 9 – Variações mensais das temperaturas médias dos três níveis (100, 60 e 10 metros) registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA no período de 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

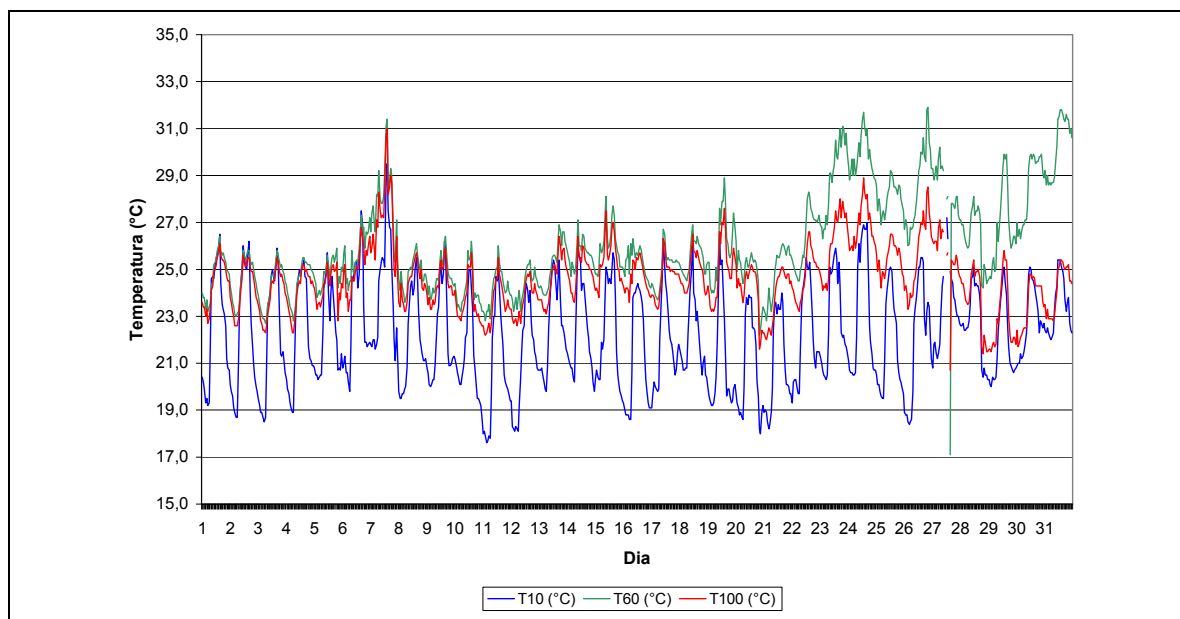


Figura 10 – Variações horárias das temperaturas dos três níveis (100, 60 e 10 metros) registradas pela estação meteorológica localizada na Torre A da CNAAA no mês de março de 2001

Fonte: Eletronuclear

c) 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 a linha-de-costa, recebe normalmente maior contribuição de umidade do ar de origem marinha face às circulações atmosféricas predominantes daquele setor. Quando de situações de céu claro e intensa radiação solar, sobretudo nos meses de primavera, verão e outono, a evaporação das águas do solo em combinação com a maior transpiração das plantas suprem de água a atmosfera local, embora o aquecimento solar induza um aumento de temperatura à superfície, este a diminuição da umidade relativa do ar.

A umidade relativa do ar pode ser avaliada numa base sazonal. Para o caso específico da região de Itaguaí-Sepetiba - RJ, extensivamente aos Municípios vizinhos, as variações intermensais podem atingir até 3%. As diferenças sazonais são relativamente marcantes, embora pouco acentuadas. Em Angra dos Reis e entorno, as variações intermensais são relativamente pequenas, da ordem de 1%, o que confere à região uma característica de umidade relativa média praticamente constante ao longo do ano, sem as marcantes diferenças sazonais como acontecem em muitas outras localidades. A razão para tal comportamento, ao que tudo indica, deve-se a proximidade do Oceano, que durante todo o ano, especialmente no período seco, supre a atmosfera local de umidade a partir das circulações atmosféricas estabelecidas.

Considerando os dados observados na estação meteorológica do Porto de Sepetiba durante o ano 2000, verificou-se que para o mês de janeiro uma grande oscilação dos valores diários consecutivos, com máximos de 85% (possivelmente em situações associadas com precipitações e/ou circulações frontais) e mínimos de 45% (sob condições de circulações pré-frontais ou de domínio anticiclônico subtropical, com céu claro e baixa ventilação). A situação apresentada para o mês de abril foi praticamente similar a do mês de janeiro, com máximos de umidade em torno de 85% e mínimos registrados de 55%. De certo é um mês de transição de regimes, onde a umidade deveria tender a reduções em relação ao verão. O mês de julho caracteristicamente se situa no período seco e de menores temperaturas do ar devido às entradas de intensas massas de ar frio e o maior afastamento relativo do sol para o hemisfério norte. Como resultado, o maior suprimento de umidade para a atmosfera passa a ser conduzido pelas circulações com ou sem precipitações associadas aos sistemas frontais frios atuantes frequentemente na região. A umidade relativa do ar manteve-se abaixo de 40% em todo o inverno, chegando a extremos mínimos de 15% em situações de céu claro, ausência de circulações marítimas dominantes e de precipitações de qualquer natureza. No mês de outubro, inserido no período de transição inverno-verão, os regimes pluviométricos passam climatologicamente a ser mais significativos, o que levou ao máximo de umidade relativa

atingir valores próximos a 90%. Os mínimos nesse mês específico situaram-se próximos a 35%.

d) Precipitação Pluviométrica

As precipitações pluviométricas atuam, causando entre outros benefícios, uma eficiente 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 Angra dos Reis e entorno.

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.

Também são típicas, na área de interesse, as formações convectivas, geradas nas regiões serranas e que se transformam em vigorosos cumulonimbos, cujas atividades (chuvas, trovoadas e rajadas) se manifestam em diversos locais do Estado do Rio de Janeiro, sobretudo, nos fins de tarde e início de noites desde a segunda metade da primavera, passando por todo o verão até a primeira metade do outono.

Algumas características das trovoadas são: a) praticamente, inexitem no inverno, mesmo em situações de frontais; b) ocorrem em dias muito quentes e, preferencialmente, quando um sistema frontal frio se aproxima da região e/ou ocorrem advecções de ar quente continental oriundo de nor-noroeste; c) são de curta-duração; d) podem ocorrer associadas às penetrações frontais frias na primavera, verão e outono e e) afetam diretamente a área da Angra 3 e entorno. Através de dados da estação pluviométrica localizada na Central Nuclear Álvaro Alberto – Angra dos Reis obteve-se os valores médios mensais acumulados para o período de 2002-2003, como pode ser visto na Figura 11.

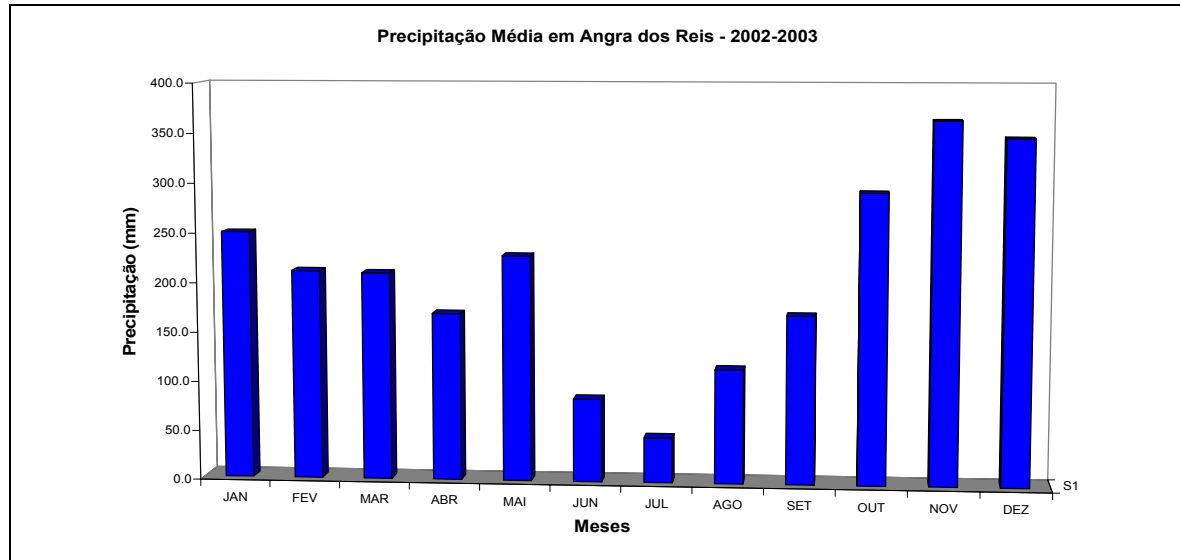


Figura 11 - Valores médios mensais de precipitação da estação pluviométrica localizada na Torre A da Central Nuclear Álvaro Alberto – Angra dos Reis – RJ. (Período 2002-2003).

Fonte: Eletronuclear

Na estação de Seropédica, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os registros das médias do período 1961-90 evidenciam a existência de um período mais chuvoso no verão, com cerca de 15 dias de chuvas, que tem nas perturbações frontais, pré-frontais e orográficas regionais as suas origens. No inverno, particularmente no mês de julho, os totais mensais decaem abaixo de 50 mm, tendo aproximadamente seis dias de chuvas – os menores dados de precipitação do ano – tendo nas frentes frias os únicos mecanismos geradores dessas precipitações.

As precipitações pluviométricas que atingem a região de Itaguaí-Sepetiba e entorno também estão associadas aos diversos mecanismos atmosféricos, tais como: frentes frias (todo o ano), linhas de instabilidade (primavera-verão) e formações convectivas regionais próximas (primavera, verão e outono) originadas de sistemas provenientes do setor norte-noroeste.

Tomando alguns meses representativos para cada estação do ano verifica-se que a variação climatológica anual de precipitação em Itaguaí pode ser assim caracterizada pelos valores médios: janeiro (verão): 195,1 mm; abril (outono): 109,2 mm; julho (inverno): 30,7 mm (período seco); outubro (primavera): 93,6 mm; total anual: 1.224,9 mm. O trimestre mais chuvoso, segundo os valores climatológicos, compreende os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto o trimestre menos chuvoso incorpora os meses de junho, julho e agosto.

O número de dias de chuva na região de Seropédica é variável e depende, sobretudo da dinâmica atmosférica. Climatologicamente pode-se estabelecer o seguinte cenário sazonal: verão: 43 dias totais; outono: 31 dias totais; inverno: 19 dias totais; primavera : 36 dias totais. Os meses com maior número de dias com ocorrência de precipitações são os de dezembro e janeiro, ou seja, com 16 e 15 dias, respectivamente. No ano, o número de dias fica em 129.

Uma análise complementar pode ser realizada a partir das informações mensais relativas aos totais pluviométricos no período 1931 a 1975 em Itaguaí, fornecidas pelo INMET (SECPLAN, 1978). Através da análise estatística, foram mensurados os valores médios da pluviosidade, bem como os respectivos desvio-padrão e coeficientes de variação. Nessa avaliação, fica também evidente que o período de precipitação pluviométrica máxima ocorre de dezembro a março (verão), enquanto o de mínimas precipitações se estende de junho a agosto (inverno). O mês mais seco é o de julho, apresentando precipitação total média mensal de aproximadamente 50 mm; o mês mais chuvoso é o de janeiro, com média mensal de 300 mm.

Verificou-se que os coeficientes de variação anual para a região de Itaguaí-Sepetiba apresentaram pequenas amplitudes entre os valores máximos e mínimos, ao passo que os valores totais mensais mostraram enormes variações, denotando, dessa maneira, uma irregularidade da distribuição mensal das chuvas. Observou-se, ainda, que os menores coeficientes ocorreram nos meses de dezembro e novembro (estação chuvosa), enquanto os maiores valores estariam associados aos meses de junho, julho e agosto (estação seca).

Foram observadas significativas variações espaciais na distribuição da precipitação pluviométrica no Estado do Rio de Janeiro, tendo os maiores valores dos coeficientes de variação localizados, de modo geral, nas áreas mais interiorizadas, situadas entre os contrafortes da Serra do Mar. Enquanto os menores foram registrados nas áreas litorâneas, mais abertas e expostas à circulação atmosférica que procede predominantemente do Oceano Atlântico.

O exame do comportamento mensal e anual da pluviosidade para a região de Sepetiba permitiu corroborar as conclusões anteriores, obtidas através da análise estatística. Verificou-se que, normalmente, os maiores totais pluviométricos anuais ocorreram nas áreas litorâneas e mais expostas ao fator maritimidade, e, também, naquelas que, apesar de interiorizadas, localizavam-se em áreas de relevo movimentado e expostas à circulação atmosférica geral. Entretanto, as áreas interiorizadas e confinadas, menos expostas à circulação atmosférica regional, tendiam a apresentar menores índices pluviométricos anuais.

As variações da pluviosidade da região de Angra dos Reis podem ser explicadas:

- pela sua posição geográfica, com grandes porções da região expostas ao oceano e sujeitas aos efeitos da circulação atmosférica oriunda do Oceano Atlântico;
- pela orientação e exposição do relevo, fatores fundamentais na distribuição espacial da pluviosidade, atuando como barreira aos sistemas de circulação atmosférica;
- e, finalmente, pelo afastamento do equador térmico no solstício de verão do Hemisfério Norte, facilitando a penetração de frentes frias, bem como a sua aproximação no solstício de verão do Hemisfério Sul, possibilitando a ocorrência de chuvas de convecção.

As precipitações pluviométricas que atingem a região de Angra dos Reis e entorno estão associadas a diversos mecanismos atmosféricos, tais como: frentes frias (todo o ano), linhas de instabilidade (primavera-verão) e formação convectivas regionais (primavera, verão e outono) originadas de sistemas provenientes do setor norte-noroeste. As entradas de frentes frias, normalmente, são de caráter mais intenso para chuvas e, principalmente, ventos, após o sistema frontal passar por Parati e adentrar na Baía de Ilha Grande.

Sazonalmente, tomando alguns meses representativos para cada estação do ano, a variação climatológica anual de precipitação na região de Angra dos Reis pode ser assim caracterizada pelos valores médios: janeiro (verão): 276,4 mm; abril (outono): 189,5 mm; julho (inverno): 76,2 mm (período seco); outubro (primavera): 144,1 mm; total anual: 1.976,6 mm. O trimestre mais chuvoso, segundo os valores climatológicos, compreende os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto o trimestre menos chuvoso incorpora os meses de junho, julho e agosto.

O número de dias de chuva na região de Angra dos Reis é variável e depende, sobretudo da dinâmica atmosférica. Climatologicamente pode-se estabelecer o seguinte cenário sazonal: verão: 49 dias totais; outono: 38 dias totais; inverno: 26 dias totais; primavera: 45 dias totais. Os meses com maior número de dias com ocorrência de precipitações são os de dezembro e janeiro, ou seja, com 18 e 17 dias, respectivamente. No ano, o número de dias fica em 158.

Ao nível regional foram avaliados os comportamentos sazonais de precipitação a partir das informações históricas das estações pluviométricas situadas na área de influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, que inclui a estação da Eletronuclear localizada próxima a Torre A, bem como as estações pertencentes ao antigo DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica). A Tabela 7 apresenta a relação das estações pluviométricas utilizadas no estudo. Os períodos de dados avaliados foram diversificados, uma vez que cada estação apresentava um perfil histórico distinto.

Tabela 7 – Descrição das estações pluviométricas usadas para avaliação regional da precipitação pluviométrica na área de influência do empreendimento.

Estação	Nome	Local	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)
Usina	Eletronuclear	Angra dos Reis-RJ			
02344009	Alto Serra do Mar	Cunha-SP	23°09'13"	44°51'32"	1050
02244149	Bracuí	Angra dos Reis-RJ	22°56'08"	44°23'45"	70
02244048	Campos de Cunha	Cunha-SP	22°55'16"	44°49'20"	750
02244148	Ibicuí	Mangaratiba-RJ	22°57'41"	44°01'50"	50
02344006	Patrimônio	Parati/RJ	23°13'19"	44°45'48"	90
02344008	São Roque	Parati/RJ	23°04'20"	44°41'53"	0

Estação	Nome	Local	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)
02244034	Ribeirão de São Joaquim	Barra Mansa/RJ	22°55'16"	44°13'44"	620
02244135	Fazenda das Garrafas	São José do Barreiro/SP	22°36'42"	45°35'53"	1485
02345067	Ponte Alta 1	São Luiz do Paraitinga/SP	23°19'44"	45°08'38"	888
02345065	São Luiz do Paraitinga	São Luiz do Paraitinga/SP	23°14'22"	45°18'19"	760
02244044	Glicério	Barra Mansa/RJ	22°28'27"	44°13'44"	390
02245055	Estrada do Cunha	Cunha-SP	22°59'45"	45°02'30"	790
02344016	Vila Mambucaba	Angra dos Reis-RJ	23°01'33"	44°31'05"	0
	Torre Principal – Torre A	Angra dos Reis-RJ	23°00'19"	44°27'30"	0

Fonte: Eletronuclear e Aneel

Para se ter um perfil quantitativo e distributivo das precipitações na região, foram calculados os totais pluviométricos médios dos meses de janeiro, abril, julho e dezembro, considerados nesta avaliação como representativos do verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Além disso, foram calculados os valores totais médios anuais de cada estação. Os valores típicos sazonais e anuais então calculados são apresentados na Tabela 8 e na Figura 12.

Tabela 8 – Precipitações médias mensais (em mm) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro e anual nas estações pluviométricas localizadas na área de influência do empreendimento.

Localização	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Anual
Alto Serra do Mar	308,9	186,4	67,0	160,5	2112,3
Bracuí	262,7	195,7	103,1	199,3	2306,1
Campos de Cunha	231,4	94,3	35,8	109,9	1479,8
Ibicuí	202,5	129,7	86,1	179,7	1645,3
Patrimônio	274,3	182,2	88,3	184,4	2090,7
São Roque	285,9	196,5	66,1	216,4	2203,7
Ribeirão de São Joaquim	314,4	121,3	34,8	131,6	1814,2
Fazenda das Garrafas	319,8	112,1	31,6	133,7	1870,0
Ponte Alta 1	282,7	181,7	65,2	148,5	2020,0
São Luiz do Paraitinga	200,3	91,6	31,8	97,2	1300,7
Glicério	273,2	112,8	26,2	105,0	1497,9

Localização	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Anual
Estrada do Cunha	220,5	93,6	38,1	130,5	1398,2
Vila Mambucaba	281,4	123,7	70,3	188,8	2165,6

Fonte: Eletronuclear e Aneel

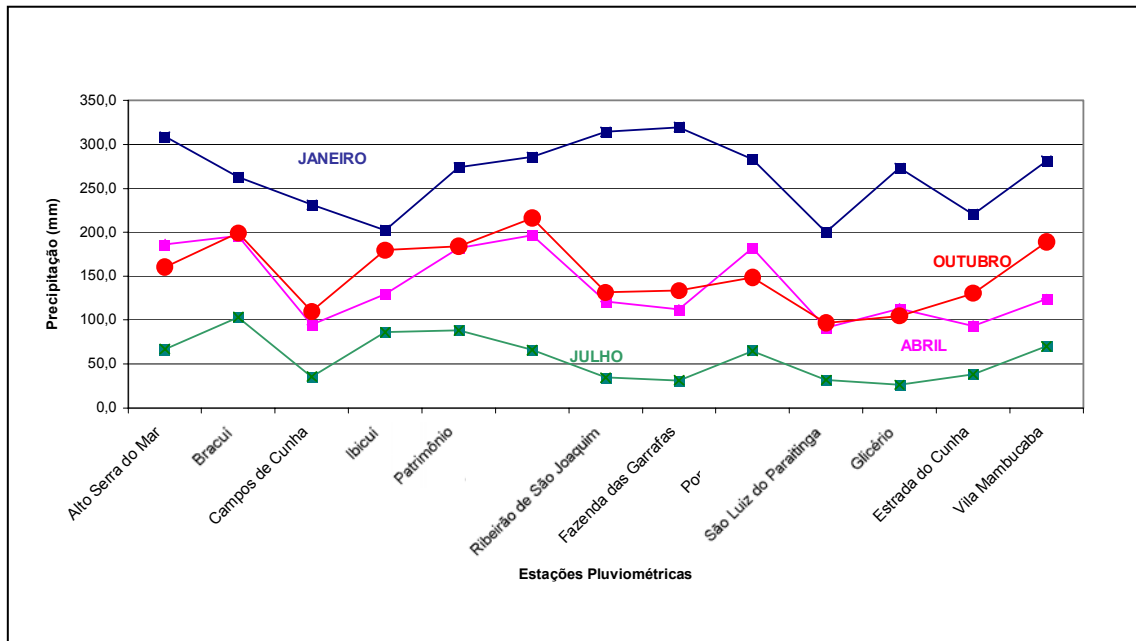


Figura 12 - Precipitações médias mensais nos meses de janeiro, abril, julho e outubro nas estações pluviométricas localizadas na área de influência da CNAAA

Fonte: Eletronuclear e Aneel

Percebe-se, para a região, que o período mais chuvoso é o verão, enquanto o inverno representa o período menos chuvoso, o que se ajusta perfeitamente à climatologia das precipitações do Estado do Rio de Janeiro e da Região Sudeste do Brasil. No entanto, nos meses intermediários de abril e outubro, os índices pluviométricos são aparentemente mais próximos entre as estações, embora possa se verificar diferenças de mais de 40% entre uma localidade e outra, o que reflete uma relativa heterogeneidade devido às condições topográficas e da própria caracterização dos sistemas geradores dessas precipitações. Pode-se verificar, ainda, que as precipitações na faixa litorânea desde Angra dos Reis até Parati são muito próximas quantitativamente, sobretudo nos meses de verão e inverno, além da situação anual.

A distribuição espacial dos valores de precipitação na macro-região de entorno ao empreendimento podem ser vistas na Figura 13 (janeiro), Figura 14 (abril), Figura 15 (julho) Figura 16 (outubro) e Figura 17 (anual), onde foi indicado o correspondente valor de precipitação em cada estação pluviométrica para cada caso.



Figura 13 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de janeiro na macro-região no entorno da CNAEA

Fonte: Eletronuclear e Aneel



Figura 14 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de abril na macro-região no entorno da CNAEA

Fonte: Eletronuclear e Aneel



Figura 15 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de julho na macro-região no entorno da CNAEA

Fonte: Eletronuclear e Aneel



Figura 16 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais mensais médios para o mês de outubro na macro-região no entorno da CNAEA

Fonte: Eletronuclear e Aneel



Figura 17 – Indicação das estações pluviométricas e correspondentes valores totais anuais médios na macro-região no entorno da CNAEA

Fonte: Eletronuclear e Aneel

Particularizando as análises de precipitação para a área da CNAAA, tomou-se como referência os dados pluviométricos da Torre A, cuja série histórica data da década de 80, de onde foram avaliadas as variações interanuais dos totais pluviométricos de cada estação do ano (Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21), as variações interanuais dos totais anuais de precipitação (Figura 22) e as variações interanuais dos totais mensais de precipitação (Figura 23 a Figura 34).

As análises sazonais mostram, de modo geral, uma grande variabilidade interanual, o que é uma característica do regime pluviométrico. Para o verão (dezembro-janeiro-fevereiro) - Figura 18, observa-se que no episódio histórico de *El Niño* mais intenso, ocorrido no período 1997-98, as precipitações em Angra dos Reis (Torre A da CNAAA) sofreram uma significativa redução em relação à média de longo-período (~ 650 mm), chegando a aproximadamente 300 mm. Por outro lado, o ano de 1985 configurou-se como o mais chuvoso da região, registrando o total de 1.400 mm.

Para os meses de outono (março-abril-maio) – Figura 19, a precipitação média foi de cerca de 550 mm, com destaque ao máximo de cerca de 900 mm em 1996. A variação entre um ano e outro pode chegar a valores elevados, como, por exemplo, entre os anos de 1996 (~ 900 mm) e 1999 (~ 150 mm).

No período de inverno (junho-julho-agosto) - Figura 20, a média de precipitação gira em torno de 200 mm, muito embora a variações dos totais entre um ano e outro possa ser elevadas, como entre os anos de 1985 (~ 100 mm) e 1986 (~ 300 mm). Nos meses de primavera (setembro-outubro-novembro) – Figura 21, por seu turno, a média histórica se aproxima de 320 mm, com grande variabilidade ao longo dos anos.

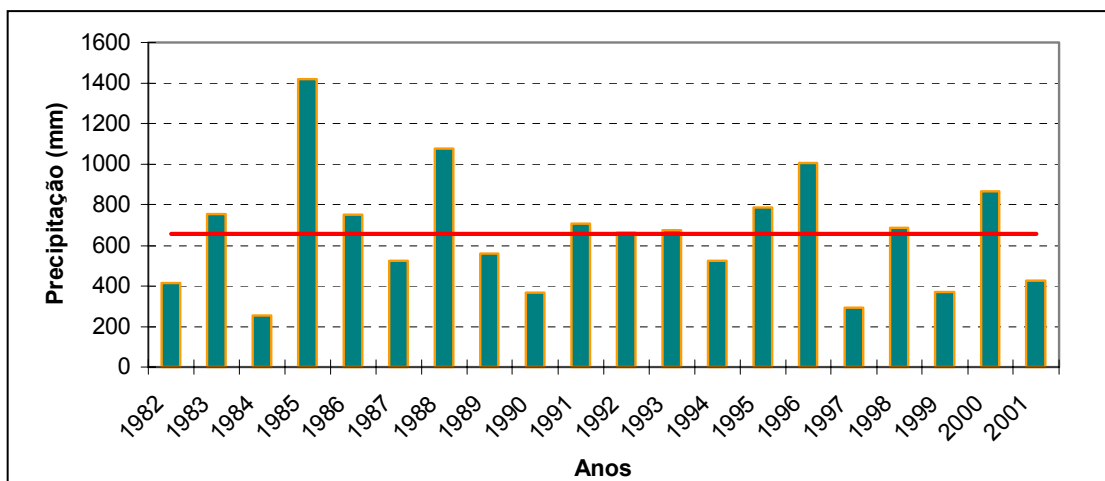


Figura 18 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de verão (dez-jan-fev) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

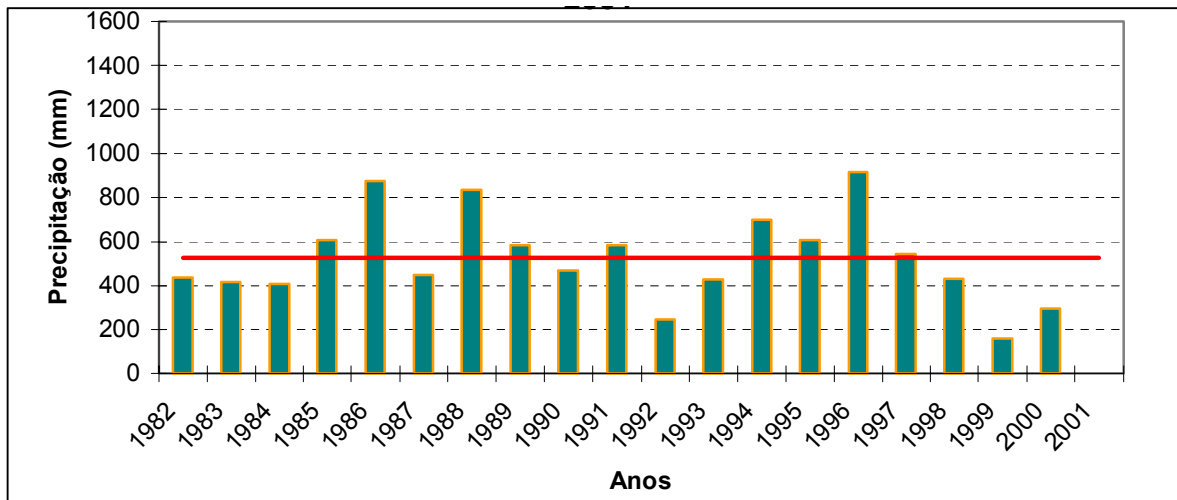


Figura 19 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de outono (março-abril-maio) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

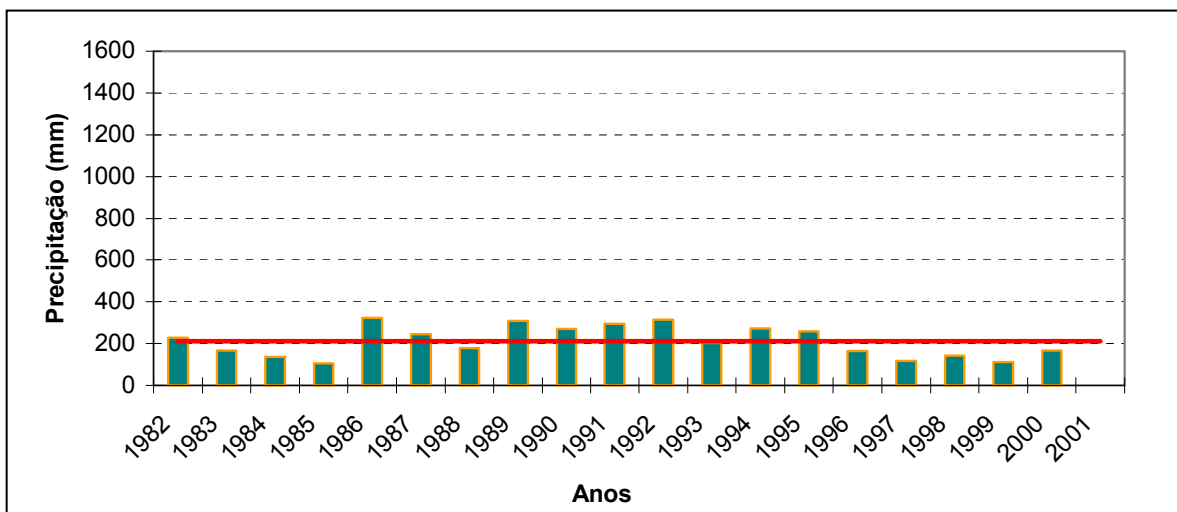


Figura 20 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de inverno (junho-julho-agosto) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA no período 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

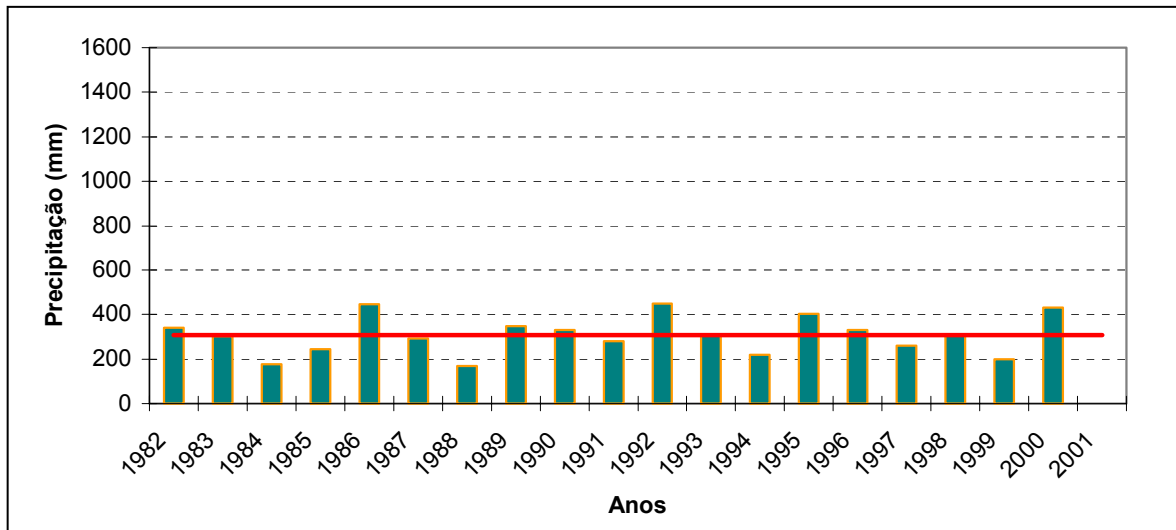


Figura 21 – Variação interanual dos totais pluviométricos dos meses de primavera (setembro-outubro-novembro) na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAEA no período 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

No caso anual (Figura 22), cuja média é de aproximadamente 2.000 mm, a grande variabilidade nos totais pluviométricos também é marcante ao longo dos anos.

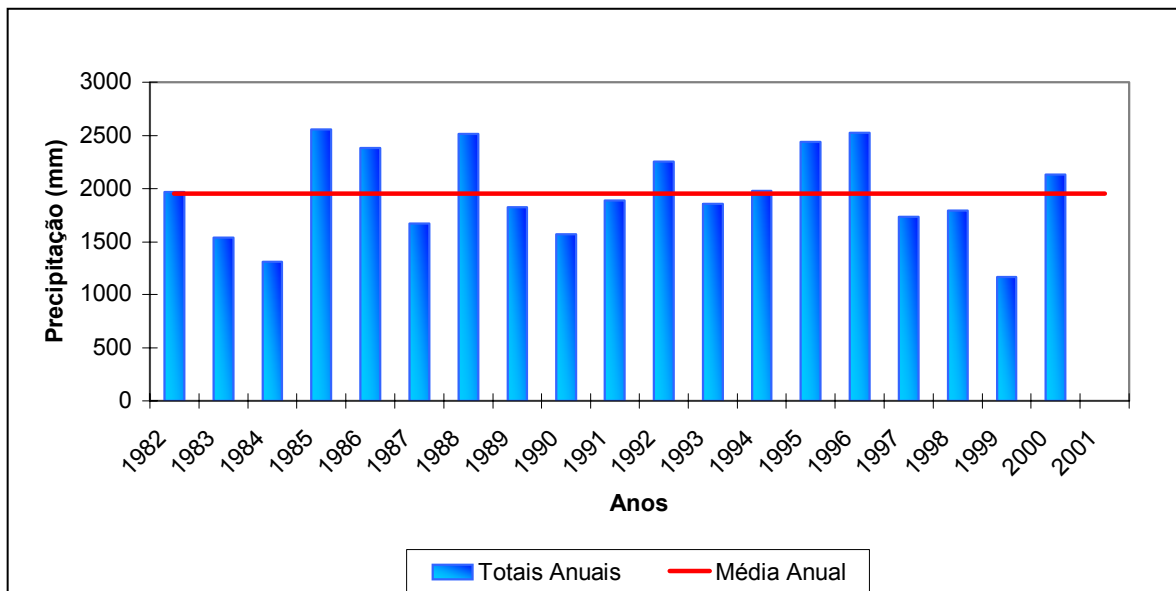


Figura 22 – Totais anuais e média anual de precipitação (em mm) registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAEA no período 1982-2001

Fonte: Eletronuclear

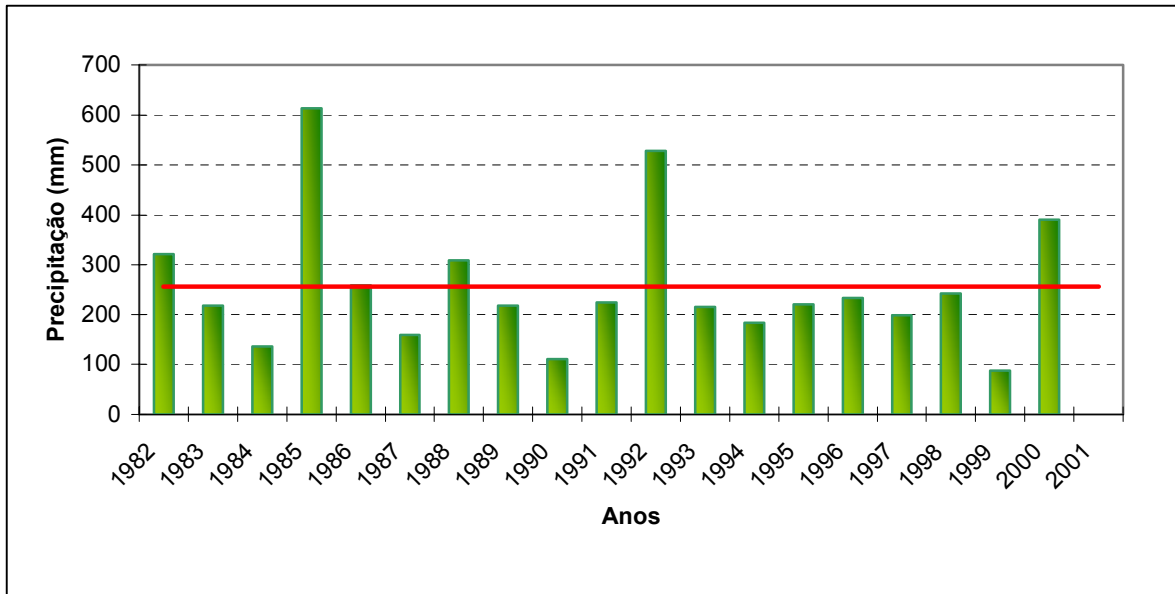


Figura 23 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de janeiro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

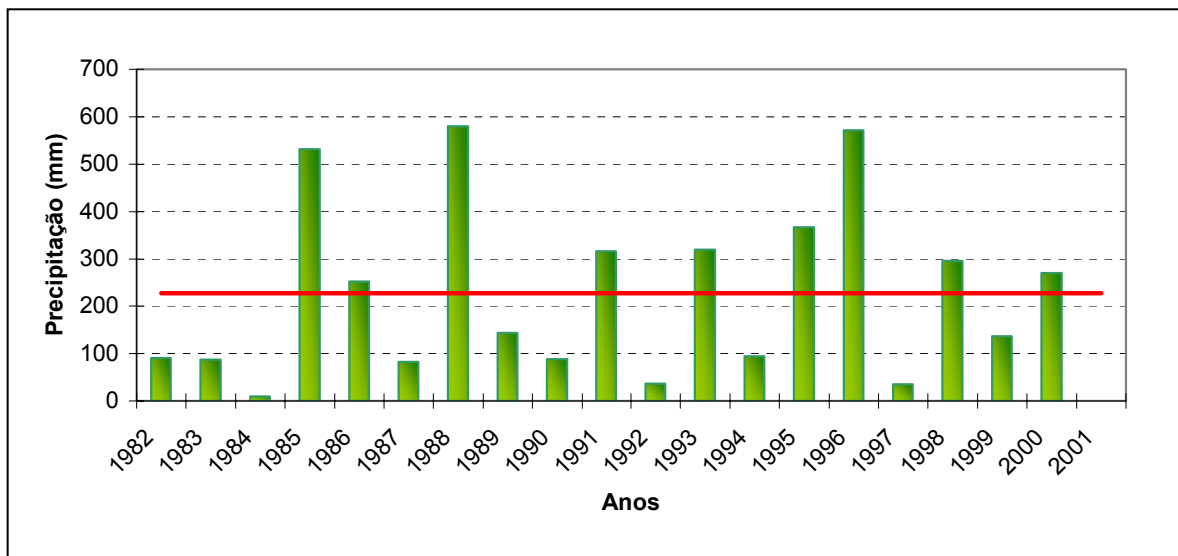


Figura 24 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de fevereiro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

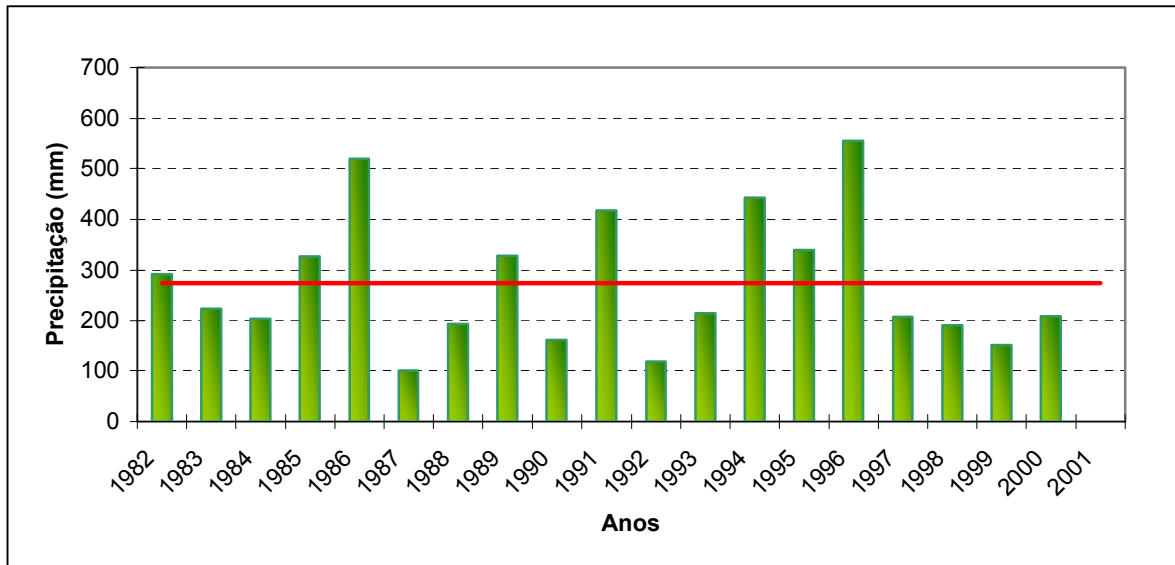


Figura 25 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de março dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

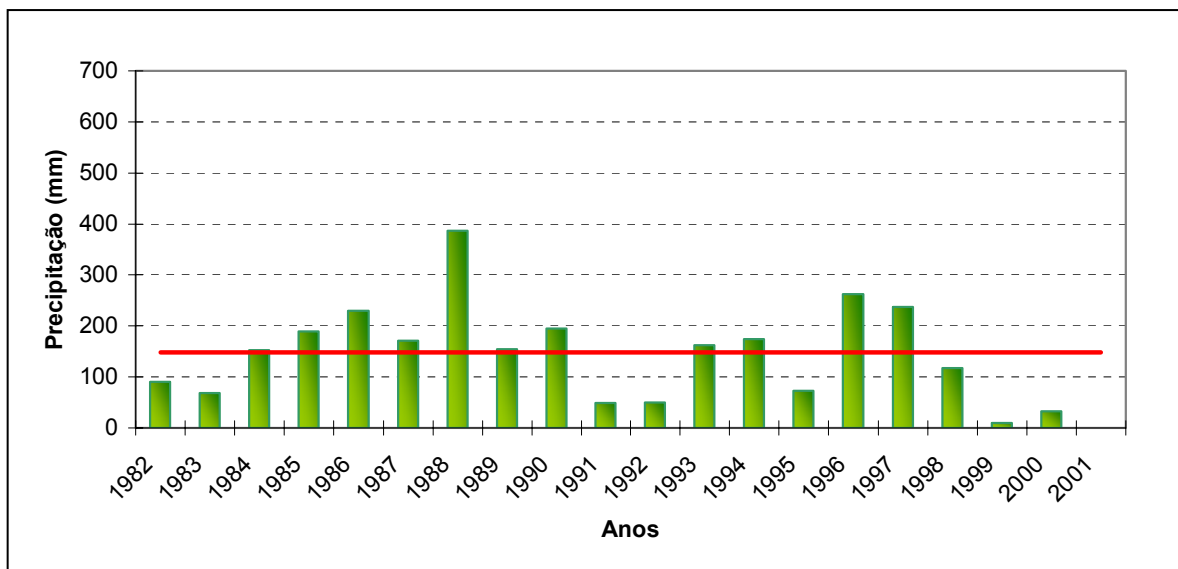


Figura 26 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de abril dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

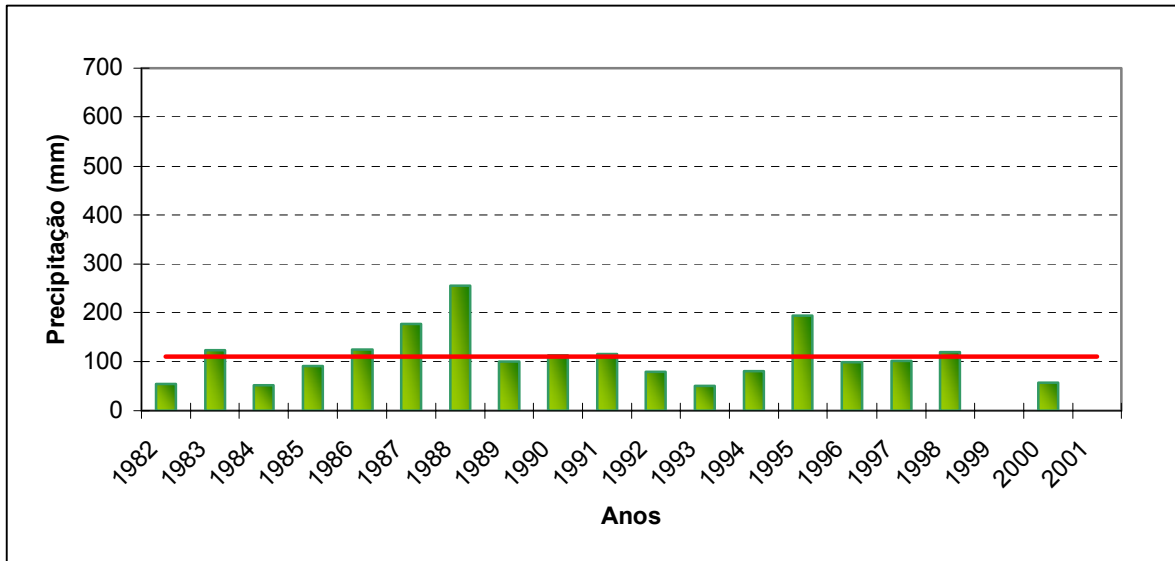


Figura 27 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de maio dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

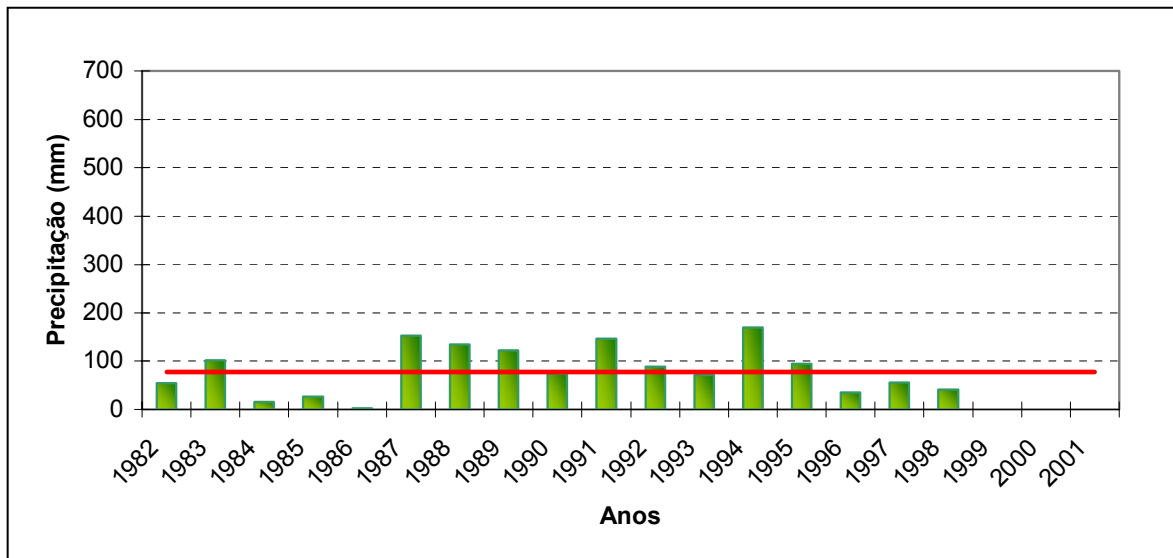


Figura 28 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de junho dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

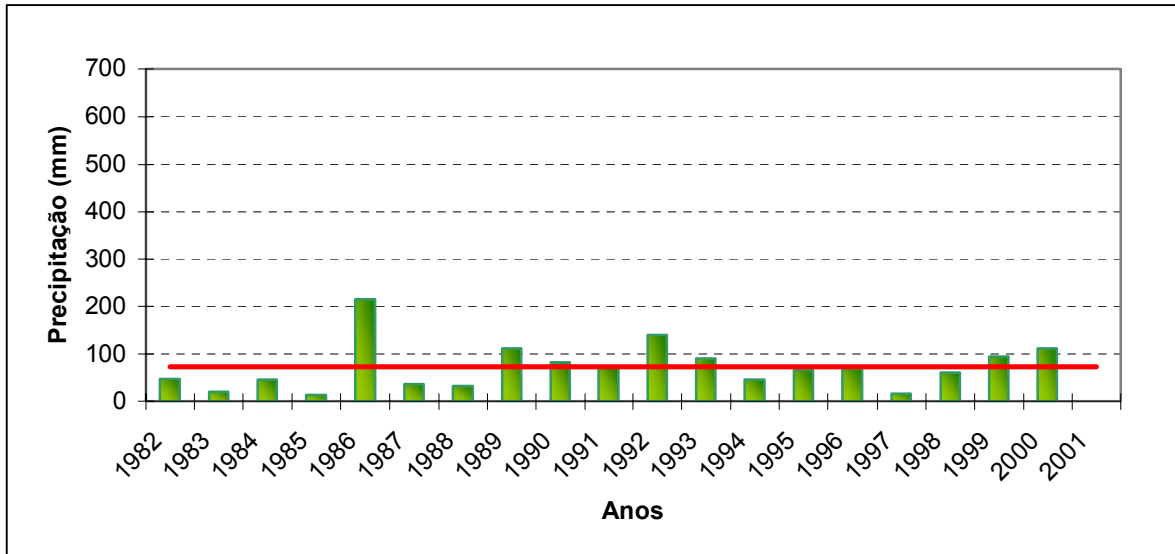


Figura 29 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de julho dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

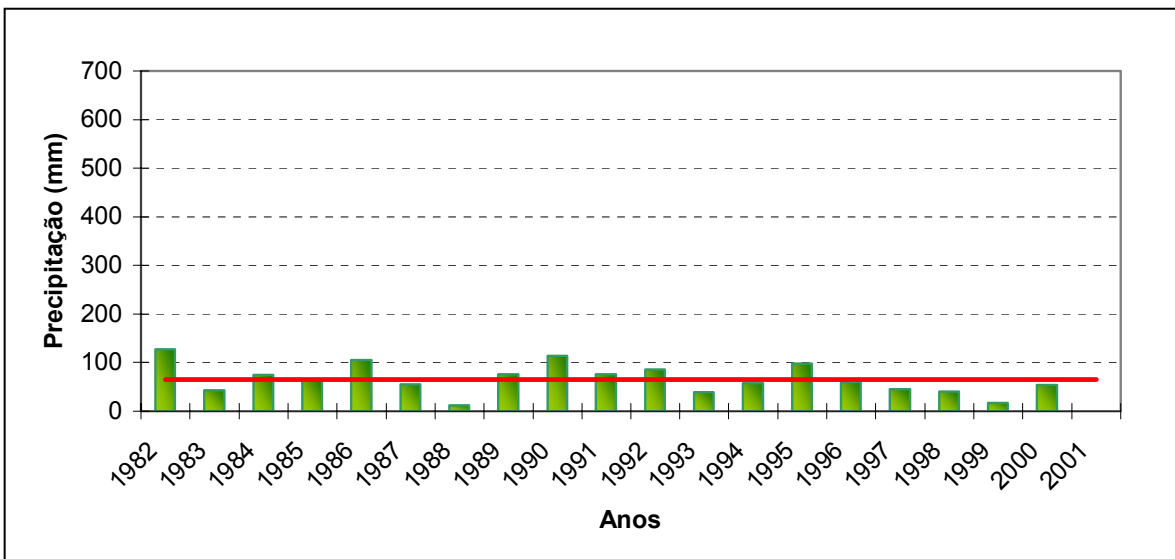


Figura 30 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de agosto dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

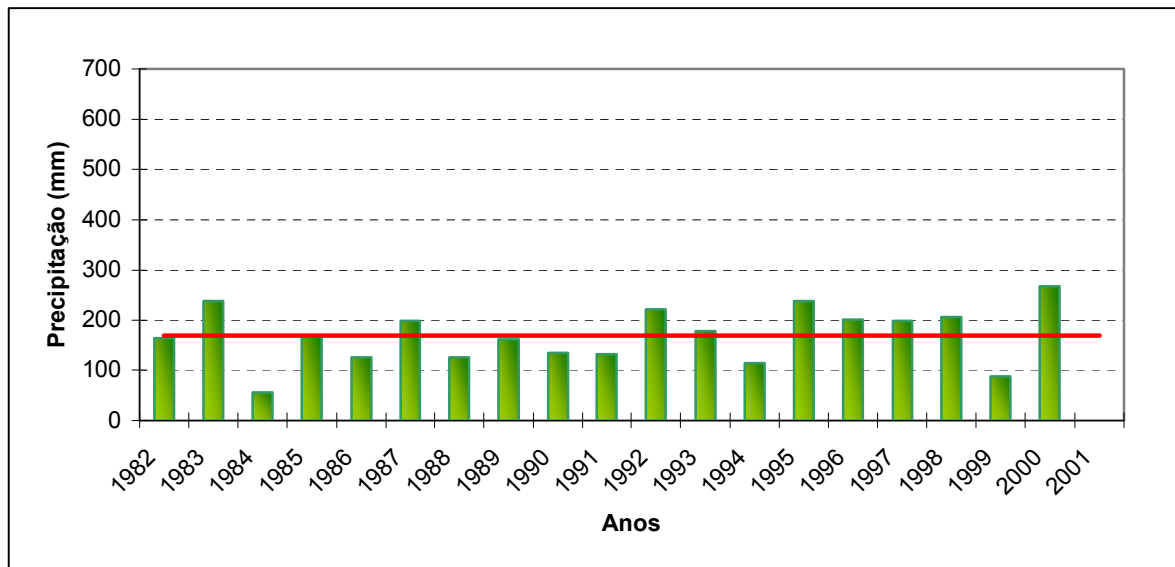


Figura 31 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de setembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

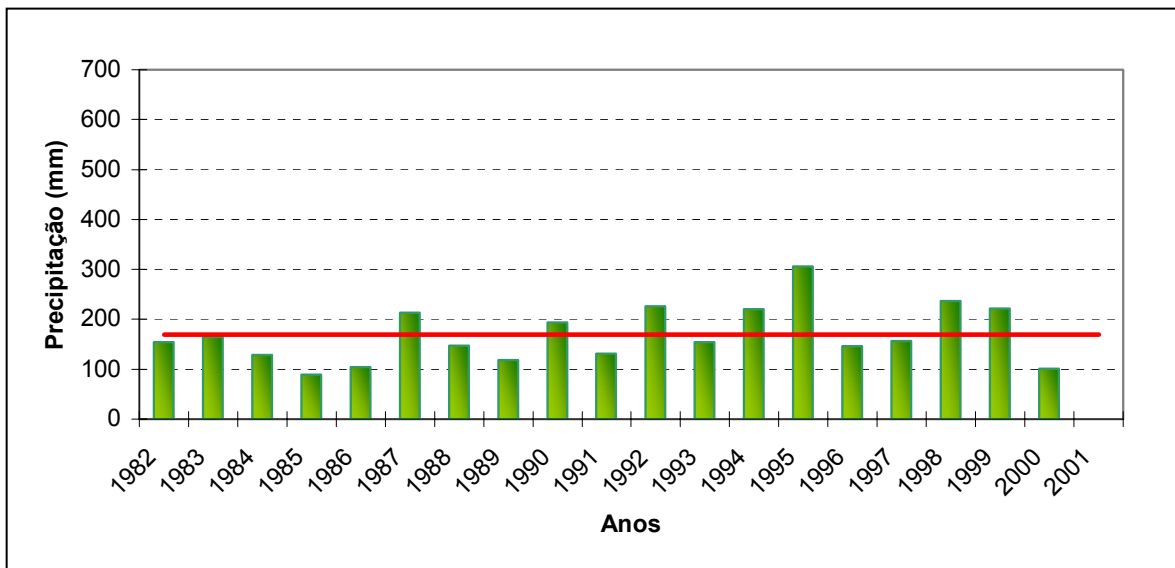


Figura 32 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de outubro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

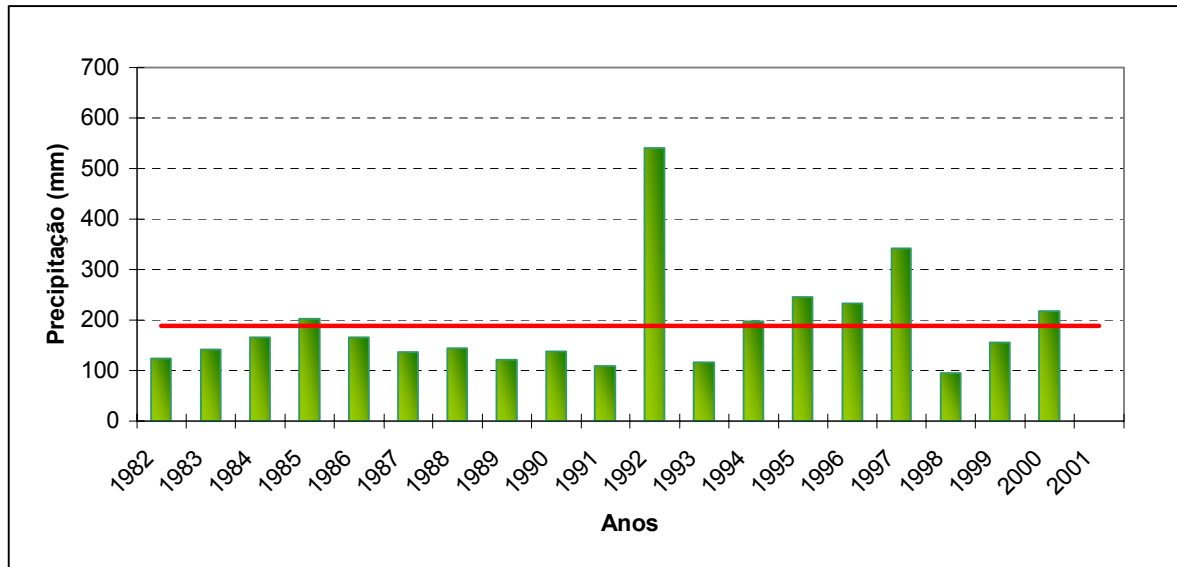


Figura 33 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de novembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

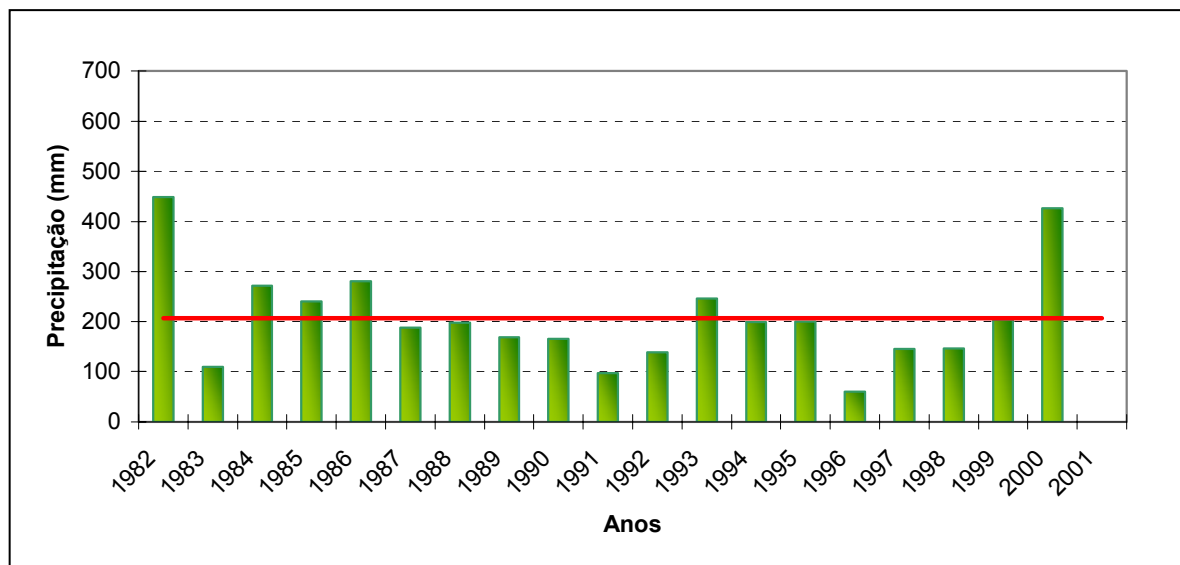


Figura 34 – Variação interanual dos totais pluviométricos (em mm) dos meses de dezembro dos anos de 1982-2001, registrados na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA – a linha vermelha indica a média desses valores.

Fonte: Eletronuclear

A avaliação das médias mensais de precipitação revelam uma variação sazonal bastante marcante, com os seguintes valores aproximados: janeiro: 255 mm; fevereiro: 225 mm; março: 270 mm; abril: 150 mm; maio: 110 mm; junho: 75 mm; julho: 70 mm; agosto: 65 mm; setembro: 170 mm; outubro: 170 mm; novembro: 190 mm e dezembro: 210 mm. Na verdade, os valores mais elevados de março, quebrando a tendência de redução das precipitações do verão para o inverno, deveu-se ao fato de terem ocorrido 4 meses de março (1986, 1991, 1994 e 1996) com totais pluviométricos anormalmente mais elevados, o que fez elevar a média no período. A Figura 35 revela tal comportamento.

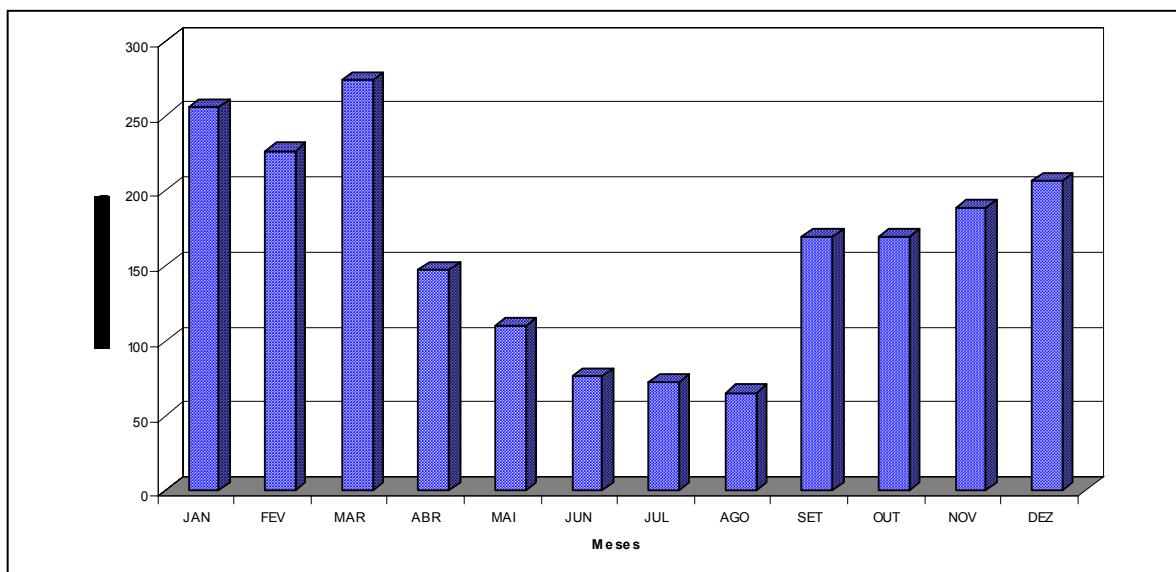


Figura 35 – Precipitações médias mensais (em mm) no período de 1982-2001, registradas na estação pluviométrica localizada na Torre A da CNAAA.

Fonte: Eletronuclear

e) Nebulosidade

O interesse de se conhecer o regime de nebulosidade numa região diz respeito basicamente às possíveis interferências que estas possam causar ao recebimento/retenção de energia radiativa solar, bem como às características das precipitações.

A variação de nebulosidade média ao longo do ano em Seropédica, por exemplo, revela a existência de uma nítida variação sazonal, consoante às variações de precipitação. O mês de menor nebulosidade é julho, que apresenta também maior estabilidade e menor precipitação. De outubro a janeiro, porém, os valores de nebulosidade são máximos, chegando a 7/10, o que reflete a maior evaporação continental e também o forçamento dos sistemas transientes na formação e manutenção de nuvens na região. A média anual se situa em 5,9.

Para Angra dos Reis, a variação de nebulosidade média ao longo do ano também apresenta uma sazonalidade, associadas com as variações de precipitação. Verifica-se também

que o período de menor nebulosidade compreende os meses junho e julho, de maior estabilidade e menor precipitação. De outubro e dezembro, porém, os valores de nebulosidade são máximos, chegando a 8/10, o que reflete a maior evaporação continental e também o forçamento dos sistemas transientes na formação e manutenção de nuvens na região. A média anual se situa em 6,8.

f) Insolação

O número de horas de brilho solar (insolação) em cada mês do ano é função não somente da nebulosidade existente, mas também da duração dos dias (mais longos no verão e mais curtos no inverno).

A insolação é concebida como o número de horas e décimos de horas de brilho solar incidente sobre um anteparo disposto horizontalmente à superfície. Depende, porém, além dos fatores astronômicos, da nebulosidade e do livre horizonte na trajetória solar do poente ao ocaso. Climatologicamente, a insolação total média para cada estação do ano em Itaguaí-Sepetiba-Seropédica, segundo as Normais Climatológicas do período 1961-90, é a seguinte: verão: 551,1 horas; outono: 590,8 horas; inverno: 594,5 horas; primavera: 459,5 horas. No ano, o número total médio de brilho solar é de 2.195,9 horas.

No caso de Angra dos Reis, município onde se localiza a CNAAA, as características médias de insolação, segundo as Normais Climatológicas do período 1961-90, são:

- verão: 478,4 horas;
- outono: 477,6 horas;
- inverno: 456,2 horas e
- primavera: 369,5 horas.

No ano, o número total médio de brilho solar é de 1.781,7 horas.

g) Radiação Solar

O monitoramento da radiação solar diz respeito à energia solar direta e difusa incidentes sobre uma superfície unitária ao nível do solo. A nebulosidade e a posição relativa do sol no horário do dia e no dia do ano, além do fator altitude, condicionam significativamente a energia que chega à superfície e que, em última instância, é em grande parte transformada em calor sensível.

A radiação solar é muito pouco medida no Estado do Rio de Janeiro, o que cria dificuldades em sua caracterização sob o ponto de vista climatológico. Entretanto, para o caso de Angra dos Reis, pode-se considerar as informações referentes ao Porto de Sepetiba do ano 2000 como sendo relativamente representativas. No mês de janeiro, a intensidade máxima de energia radiante (radiação solar global) atingiu valores de 1.000 W/m²; em abril, esses máximos se reduziram a cerca de 800 W/m²; em julho a 700 W/m²; retomando uma elevação a 900 W/m², em outubro.

Nas situações apresentadas pode-se perceber também as configurações diárias do nascer ao pôr-do-sol. Em algumas ocasiões em que a nebulosidade é total, associada a uma banda de nuvens frontais de grande espessura, a radiação solar sofre uma significativa redução, embora se mantenha com valores superiores a zero em virtude da passagem de radiação difusa.

h) Evaporação Total

O parâmetro “evaporação total” dá indicações da transferência de água do meio físico para a atmosfera.

Para Itáguai-Sepetiba e Seropédica, segundo estimativas a partir dos dados climatológicos normais do INMET, os valores de evaporação ao longo do ano são superiores a 40 mm e apresentam uma marcante sazonalidade. A máxima evaporação assinalada para os meses de verão está associada ao maior aquecimento. Os meses de inverno, ao contrário, apresentam os menores valores de evaporação em virtude, é claro, da menor força evaporativa – o aquecimento por radiação solar.

A evaporação, medida em tanque classe A do *US Weather Bureau* (USWH), instalado em Santa Cruz e operado pelo INMET, apresenta valores mais elevados de dezembro a março e menos elevados entre maio e julho, sendo de 700 mm a evaporação média anual.

Para Angra dos Reis, as estimativas, de acordo com as informações do NCEP, são de que os valores de evaporação ao longo do ano são superiores a 40 mm e apresentam uma marcante sazonalidade. A máxima evaporação assinalada para os meses de verão encontra-se associado ao maior aquecimento. Os meses de inverno, ao contrário, apresentam os menores valores de evaporação em virtude, é claro, da menor demanda evaporativa.

i) Vento: Direção e Velocidade

A direção e velocidade dos ventos estão associadas às diversas escalas de circulação atmosférica e que apresentam significativa interatividade espacial, bem como uma nítida variabilidade temporal. De modo geral predominam os regimes marítimos de circulação próxima ao nível da superfície na área litorânea, desde Sepetiba até o litoral de Parati, passando por Angra dos Reis, haja vista o surgimento de circulações termicamente induzidas pelo aquecimento diferencial continente-oceano, as quais são desfiguradas, principalmente, a partir da freqüente movimentação dos sistemas transientes de larga-escala, como as massas de ar polares e suas correspondentes áreas de convergência (frentes frias).

Trata-se de parâmetros de extrema relevância nas avaliações da poluição do ar nas diversas escalas (local, regional ou global), pois deles resultam, respectivamente, o sentido do deslocamento da pluma de poluição e a forma de dispersão da mesma.

Na atmosfera, os sistemas de escala climatológica interagem com os sistemas de meso-escala e estes, com os de micro-escala. Dada a referência local do estudo, que ainda tem uma complexa topografia em seu entorno, buscou-se avaliar as informações das Torres A, B, C e D, distribuídas pela área e proximidades da CNAAA (Figura 1), cujas séries históricas

datam da década de 80; portanto, séries bem representativas e estatisticamente adequadas para avaliações de tal natureza.

Para a área de interesse, incluindo a localização das fontes emissoras (fixas e difusas) da Unidade 3 da CNAAA e os possíveis receptores potenciais, há que se considerar o fato de haver localmente regimes predominantes do setor sul, proveniente da área oceânica, e que pode ser melhor percebido nos pontos mais afastados da topografia acidentada e da área edificada das Unidades 1 e 2 da Central Nuclear.

Para se ter uma melhor visualização dos regimes nas diferentes torres de monitoramento meteorológico, foram elaboradas as rosas-dos-ventos, em diferentes modos de combinação, onde são indicadas as direções predominantes e seus respectivos percentuais de ocorrência, as velocidades correspondentes a cada direção e, ainda, o percentual de calmarias.

Numa primeira avaliação, é destacada a Torre A, por seu maior porte e capacidade de geração de informações em diversos níveis. As próximas páginas (Figura 36 a Figura 41) apresentam as rosas-dos-ventos de todos os meses do ano para o nível de 10 m, considerado como de melhor representatividade meteorológica pela Organização Meteorológica Mundial. Daí conclui-se que os ventos predominantes são oriundos do setor compreendido entre as direções N e NE (para S e SW, respectivamente), ao invés da presumida direção predominante do setor sul, que se estabelece como segunda predominância dos ventos para aquele local. Verifica-se, ainda, que nos meses de julho e agosto as direções N e NE passam a ser predominantes, com maior frequência do que nos demais meses.

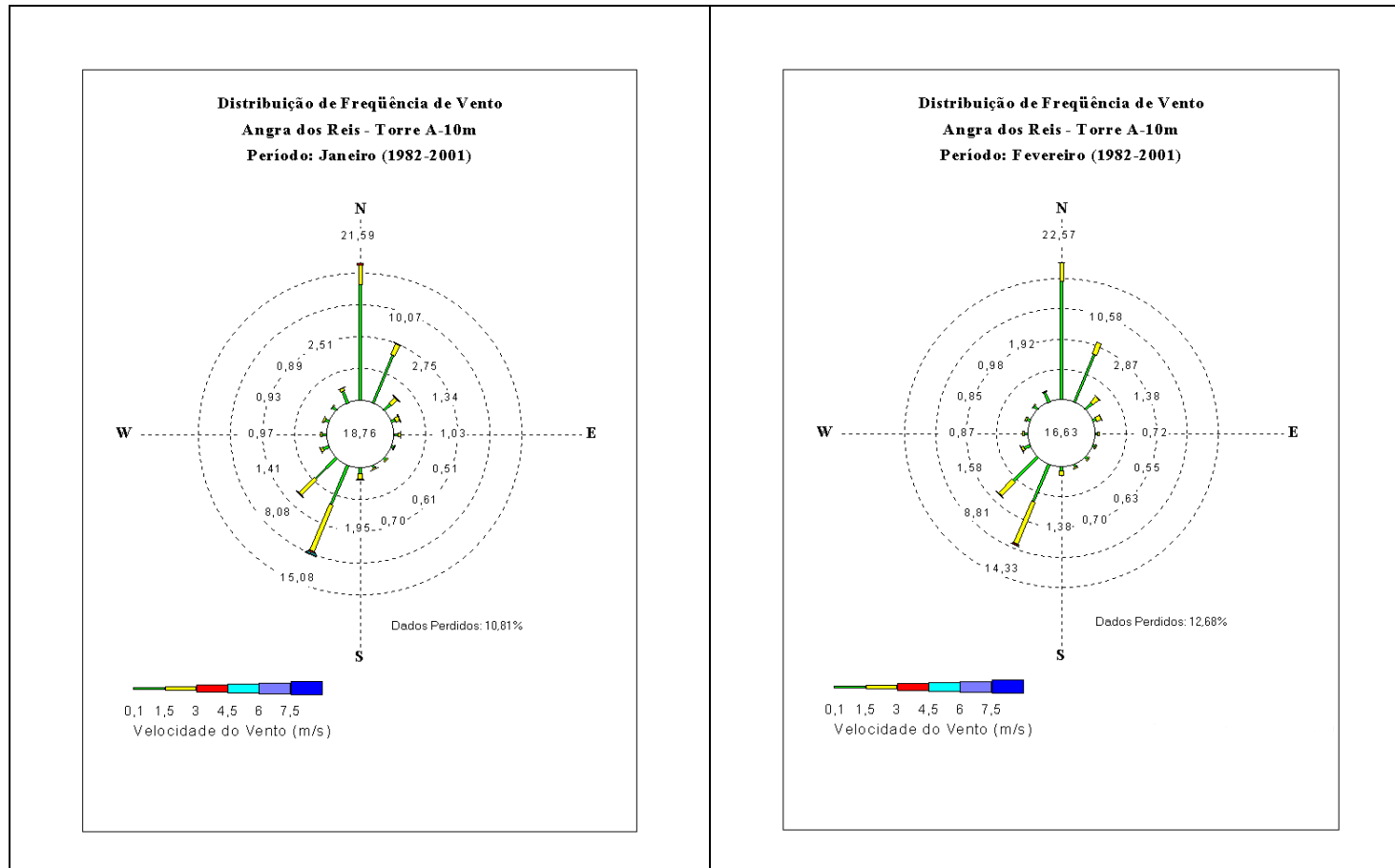


Figura 36 – Rosas-dos-ventos mensais (janeiro e fevereiro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

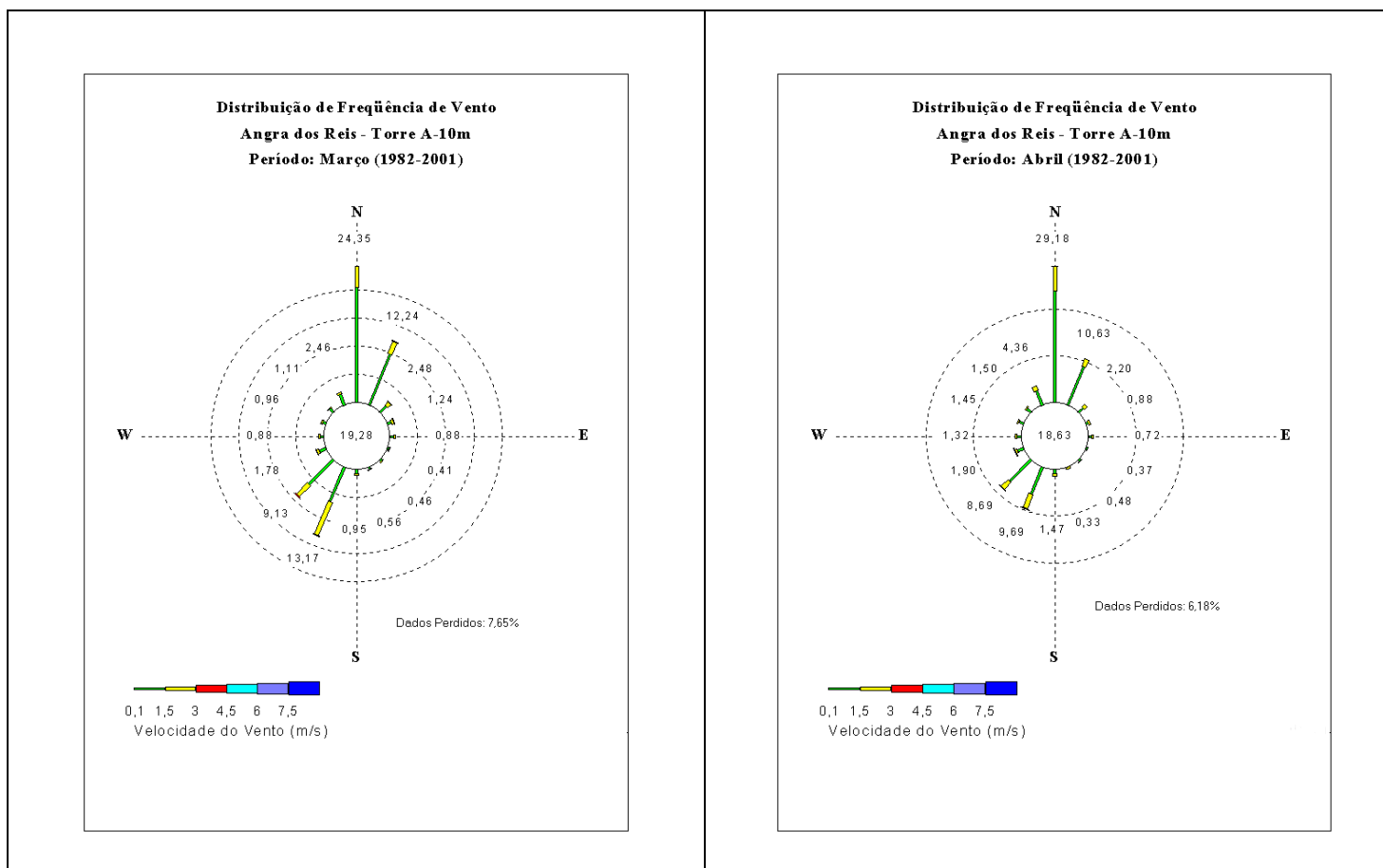


Figura 37 – Rosas-dos-ventos mensais (março e abril) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

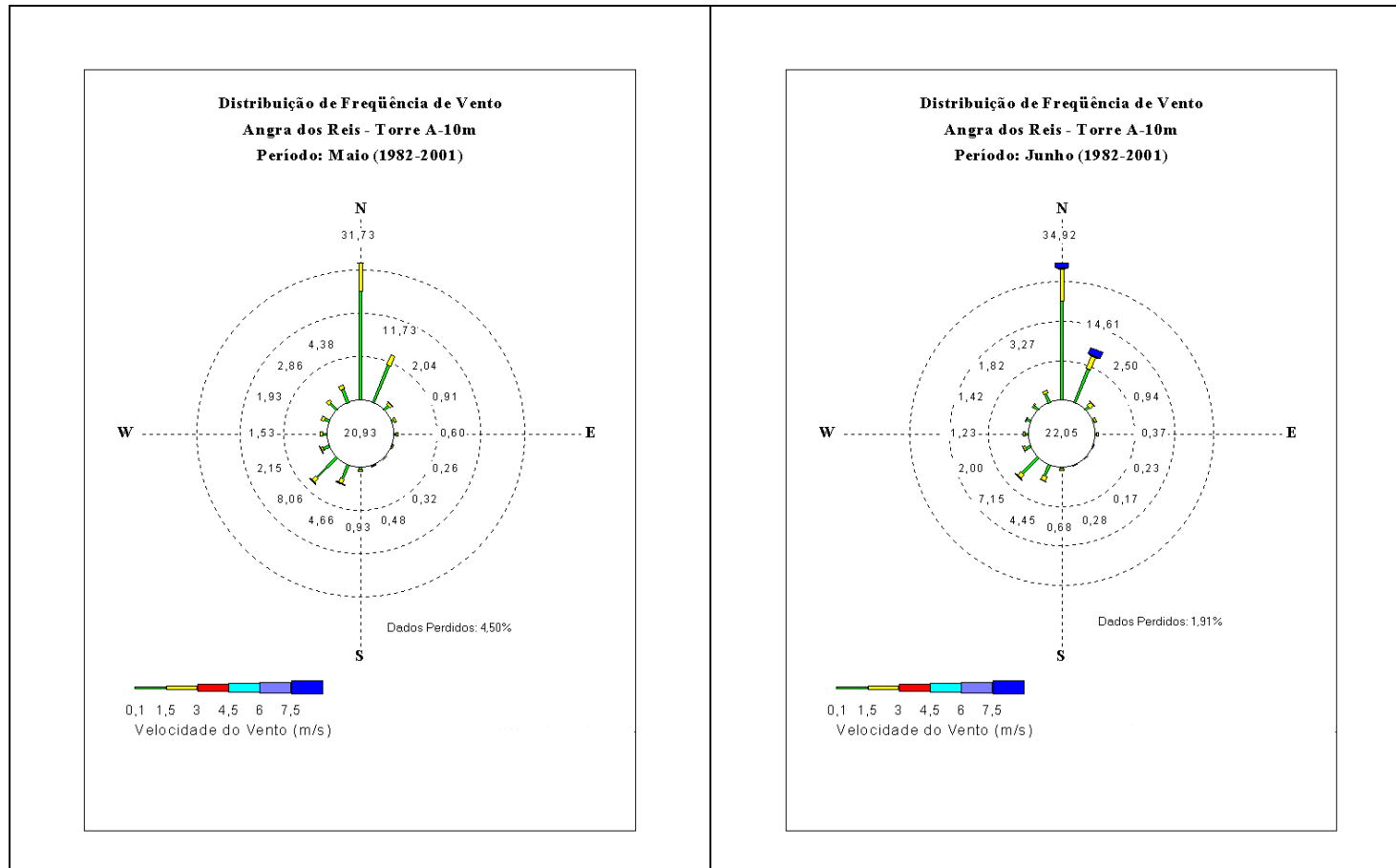


Figura 38 – Rosas-dos-ventos mensais (maio e junho) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

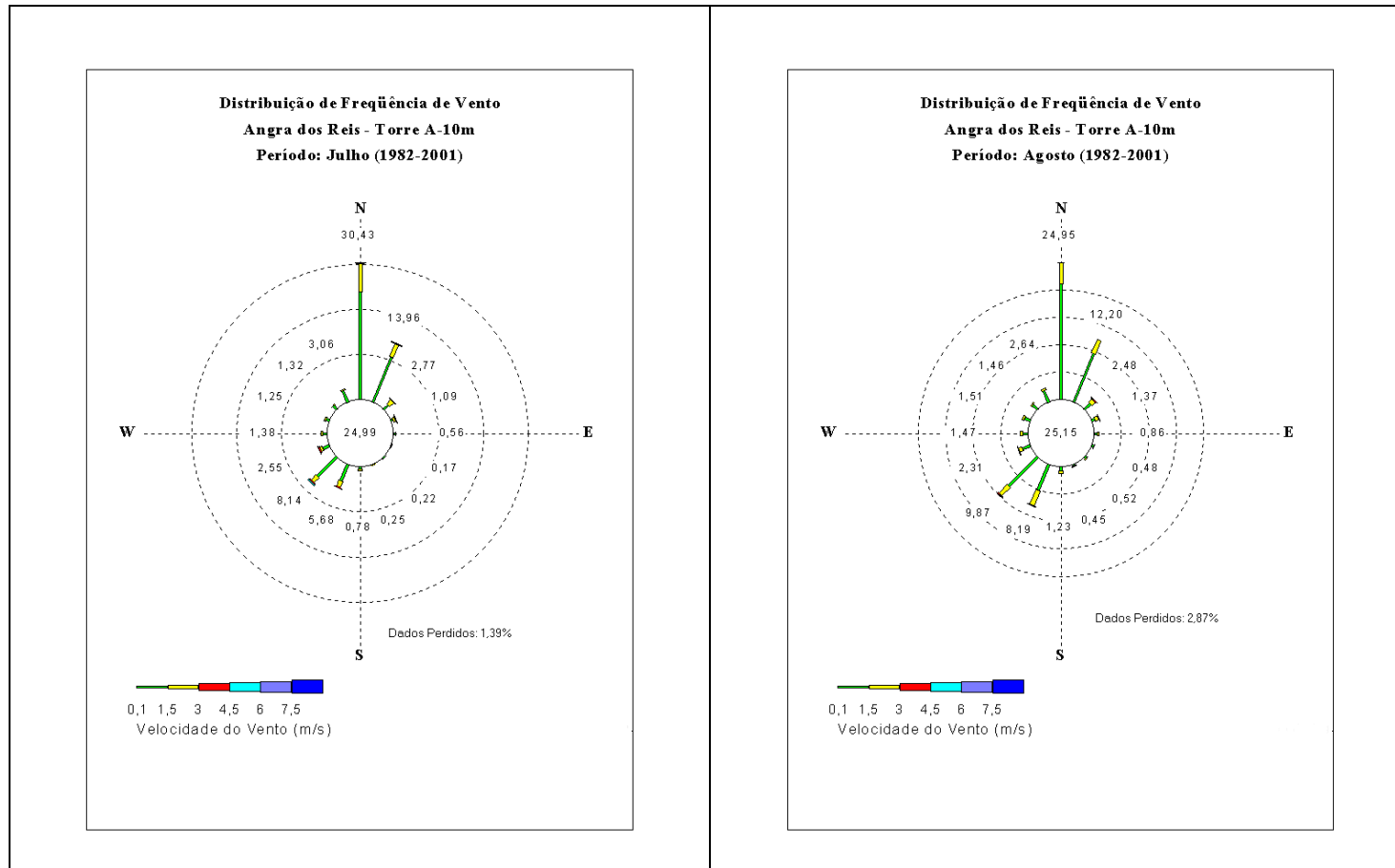


Figura 39 – Rosas-dos-ventos mensais (julho e agosto) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

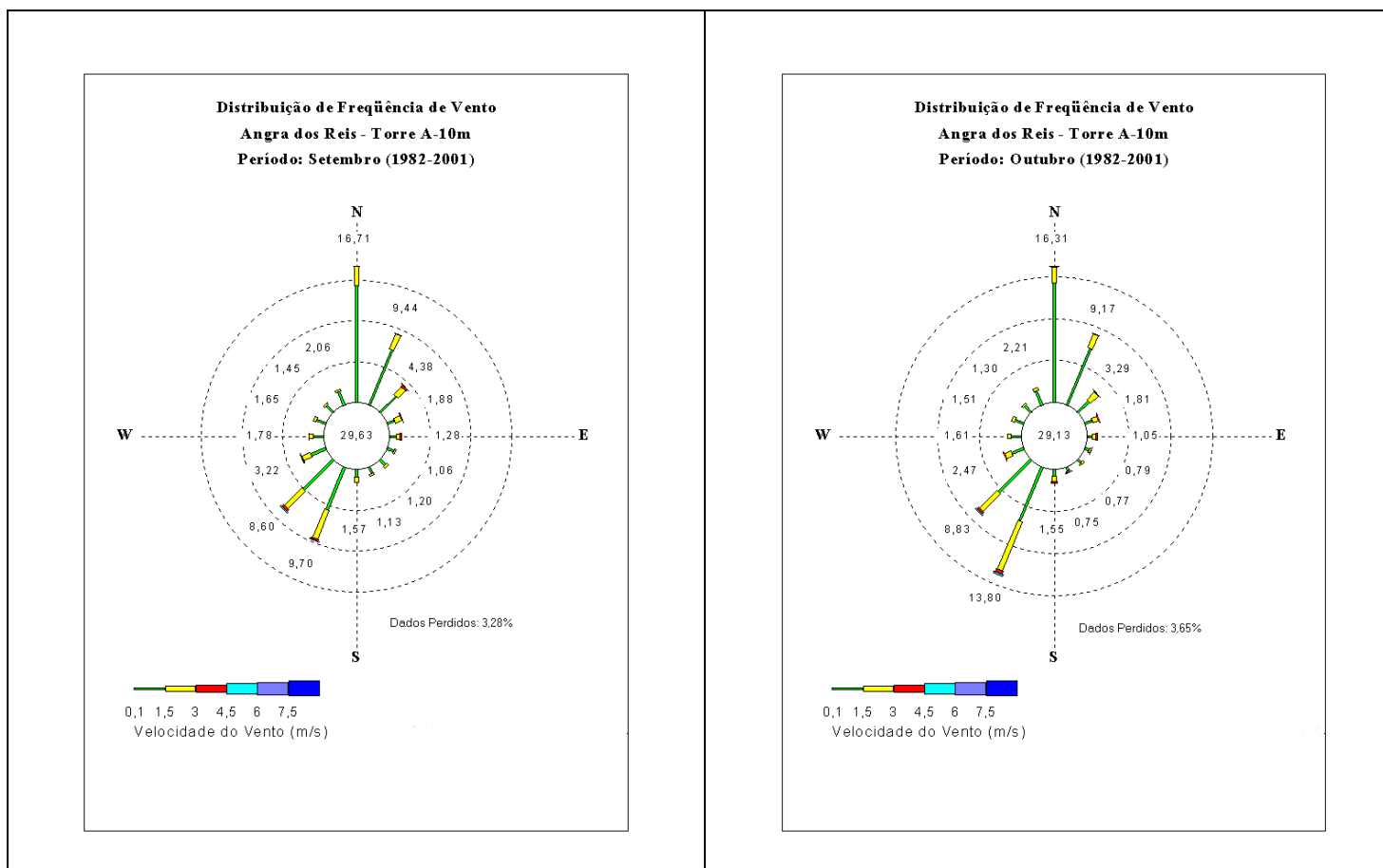


Figura 40 – Rosas-dos-ventos mensais (setembro e outubro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

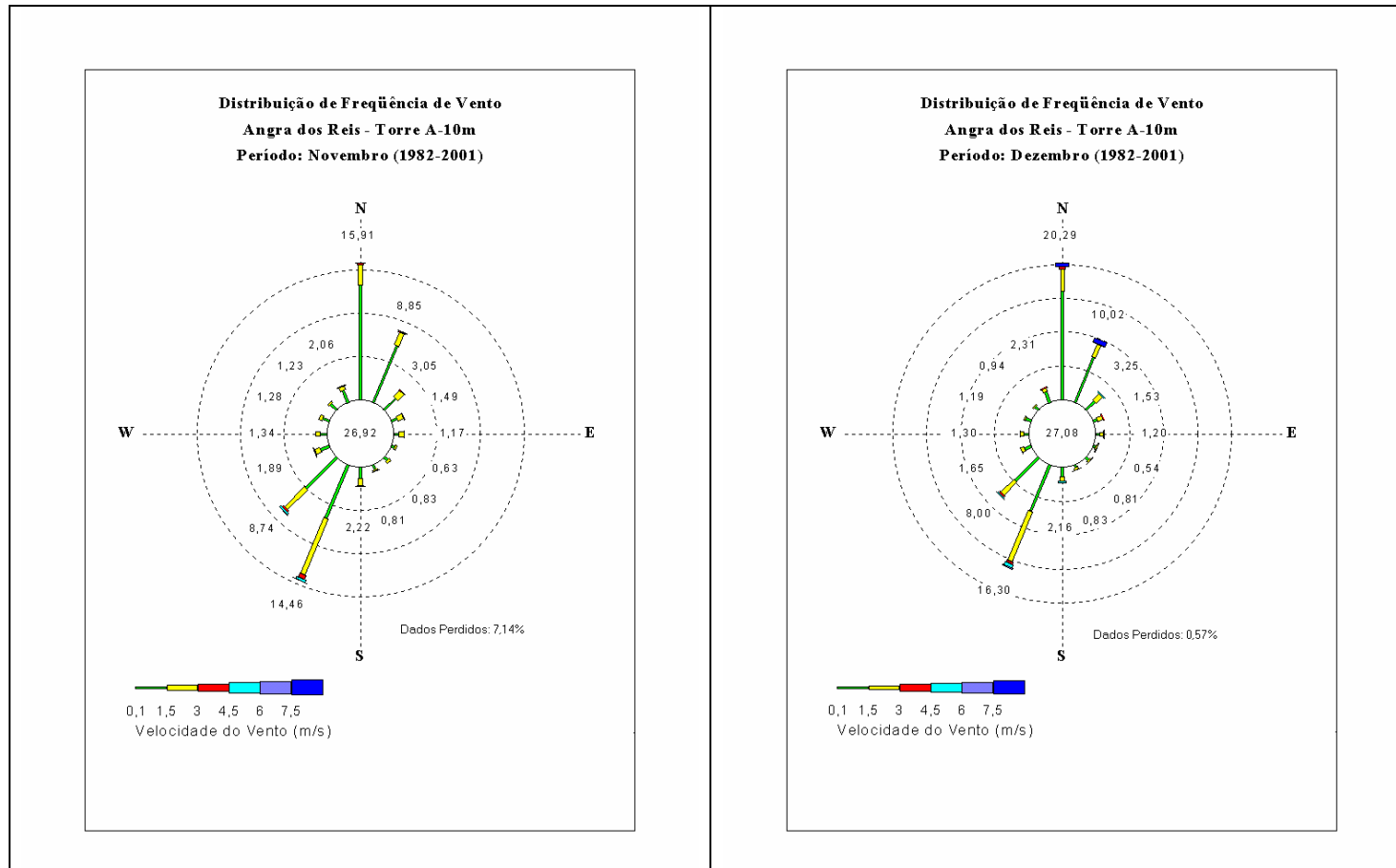


Figura 41 – Rosas-dos-ventos mensais (novembro e dezembro) relativas ao nível de 10 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

No que se refere às calmarias, as distribuições de frequência ao longo dos meses podem ser visualizadas pela Figura 42. Percebe-se uma variação sazonal do percentual de frequência de cerca de cerca de 15% em fevereiro (verão) a quase 30% em setembro e outubro (primavera).

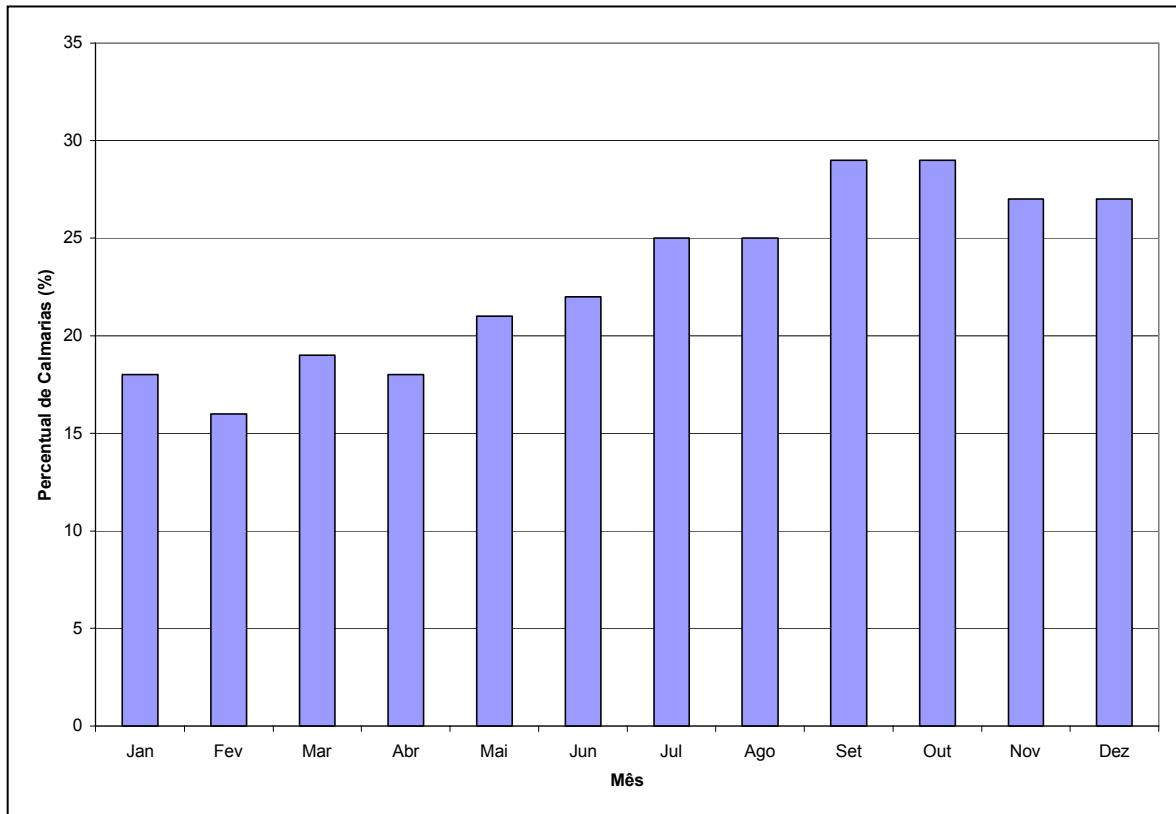


Figura 42 – Distribuição mensal dos percentuais de calmarias, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado pela Torre A da CNAAA no período 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Considerando os diversos níveis da Torre A, foi possível elaborar um cenário conjunto das rosas-dos-ventos dos mesmos, para os meses de janeiro, abril, julho e outubro, considerados como representativos do verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, conforme pode ser visto nas próximas páginas (Figura 43 a Figura 46).

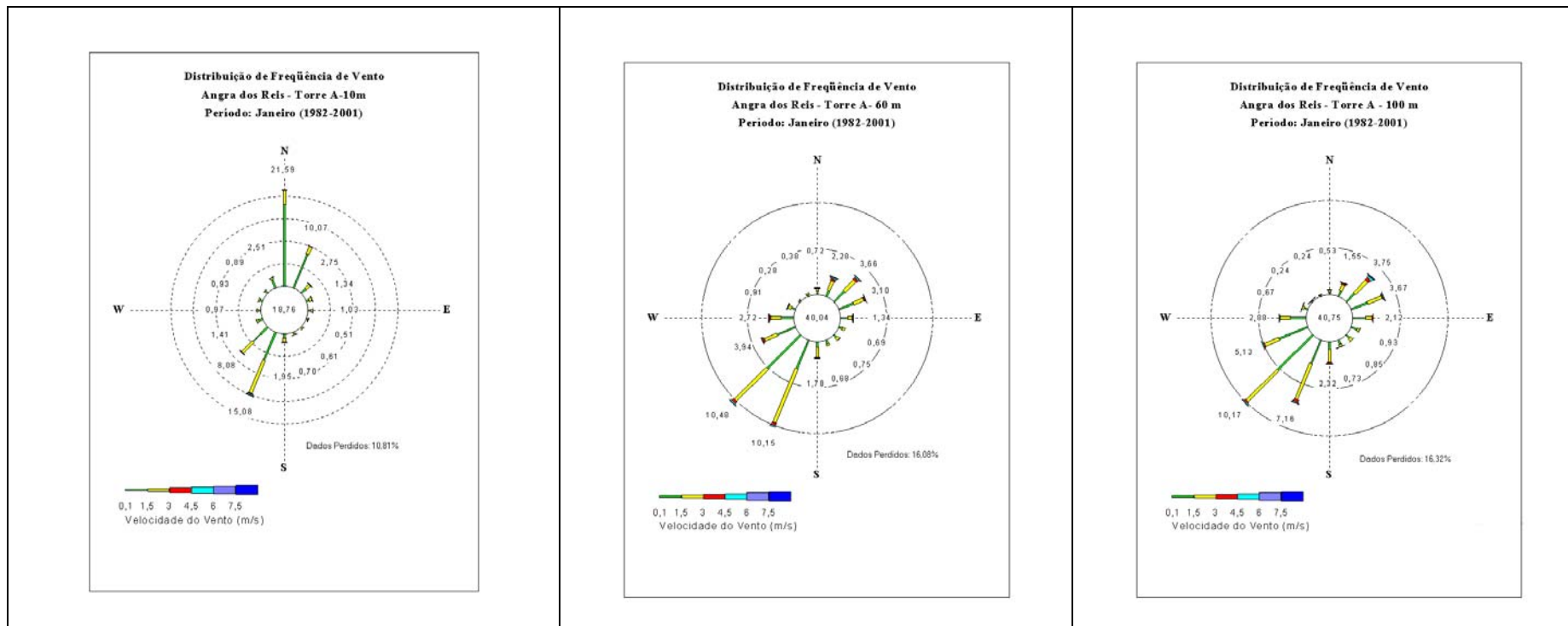


Figura 43 – Rosas-dos-ventos dos meses de janeiro (mês representante do verão), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

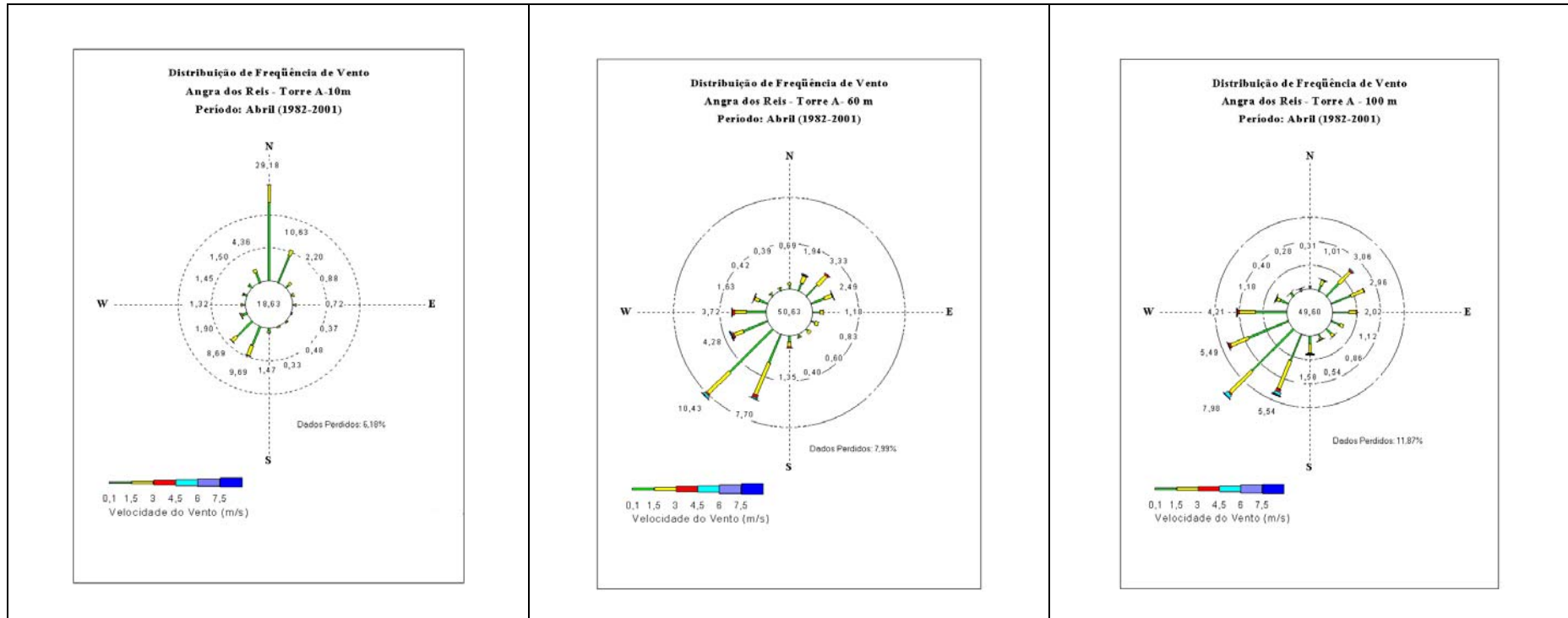


Figura 44 – Rosas-dos-ventos dos meses de abril (mês representante do outono), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

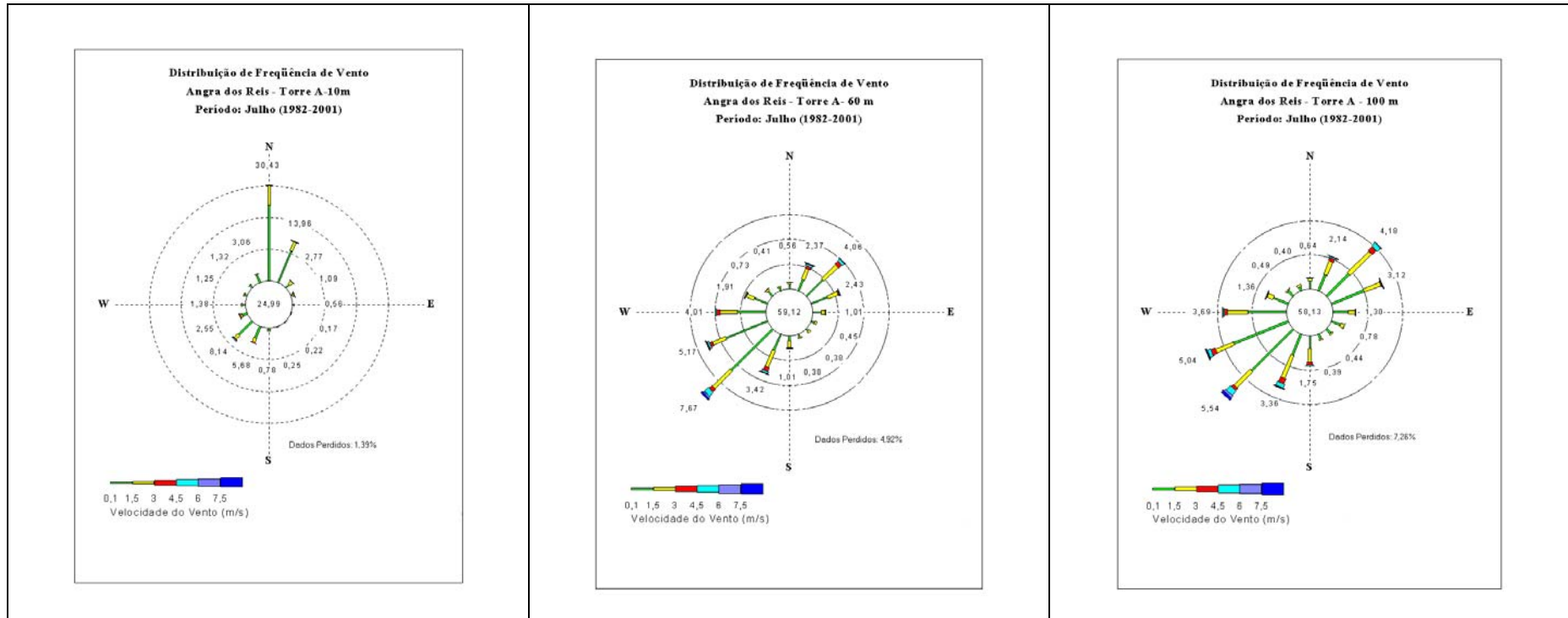


Figura 45 – Rosas-dos-ventos dos meses de julho (mês representante do inverno), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

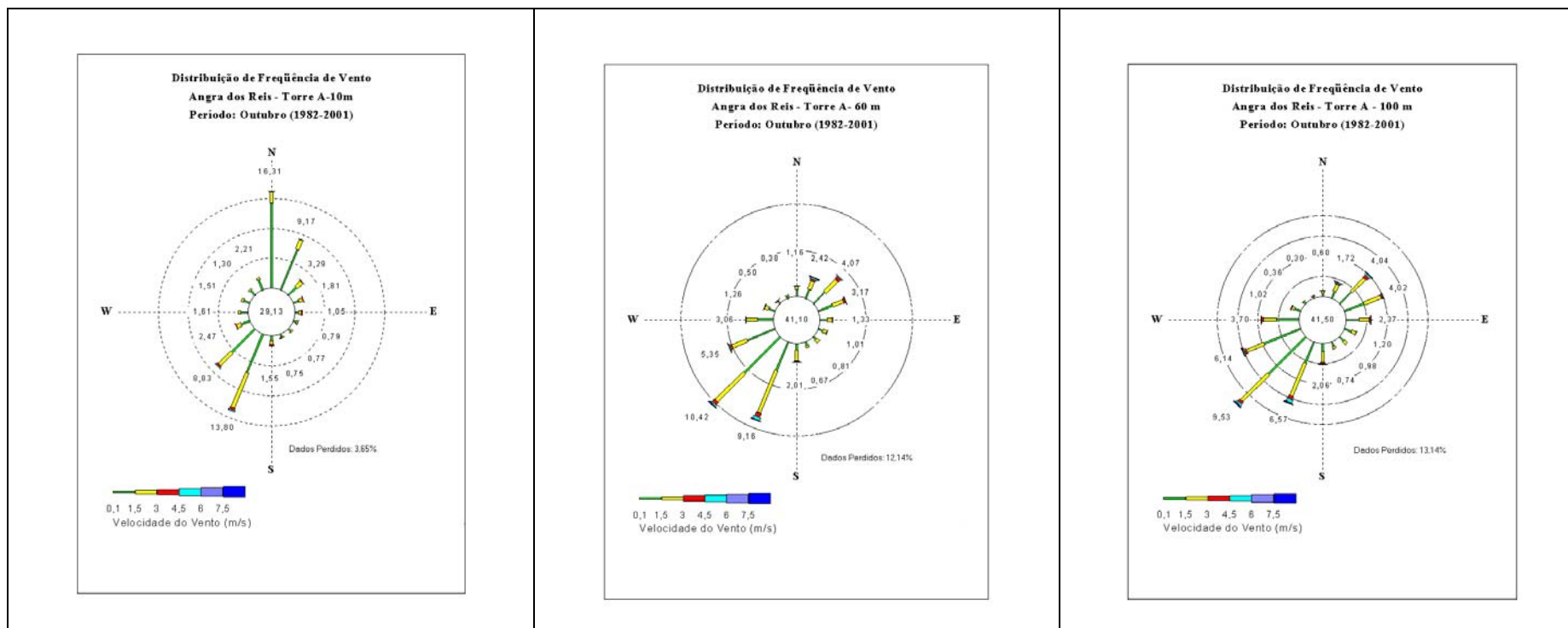


Figura 46 – Rosas-dos-ventos dos meses de outubro(mês representante do primavera), referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Se compararmos as rosas-dos-ventos sazonais referentes aos diferentes níveis (Figura 43 a Figura 46), é possível verificar que os níveis de 60 m e 100 m apresentam uma diferença marcante em relação ao nível de 10 m, com relação às direções dos ventos, ou seja, a não ocorrência de ventos denotados como do setor norte, além de indicarem a ocorrência dos ventos predominantes do setor sul-sudeste, seguidos, em segunda predominância, por ventos do setor norte-nordeste, para todos os meses evidenciados. Fica, então, evidente a ocorrência de um efeito muito localizado nas indicações dos ventos do nível de 10 m.

Comparativamente, podem ser verificados na Figura 47, os percentuais de calmarias nos três (3) níveis da Torre A da CNAAA. Pode-se ver que, de modo geral, os percentuais de calmarias são maiores nos níveis de 60 m e 100 m do que no nível de 10 m para todos os meses analisados. Nota-se, ainda, que os percentuais de calmarias aumentam nos meses de inverno (julho). Para os níveis de 60 e 100 m, enquanto isto somente ocorre em outubro para o nível de 10 m.

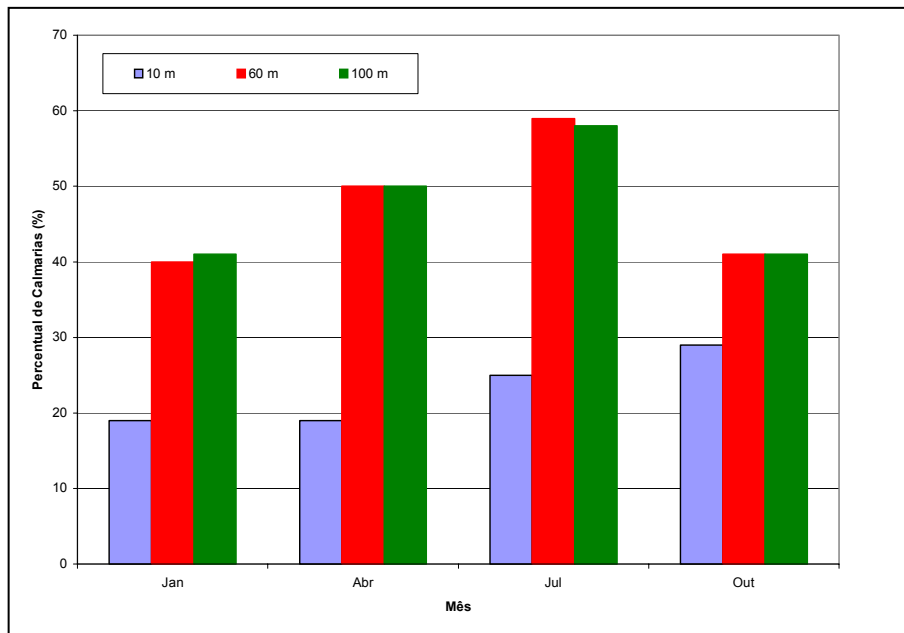


Figura 47 – Percentuais de calmarias nos níveis de 10 m, 60 m e 100 m da Torre A da CNAAA, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado durante o período 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Considerando a base de período de análise como sazonal, conforme mostrado nas páginas a seguir (Figura 48 a Figura 51), vê-se que praticamente a mesma interpretação dada à análise anterior (Figura 43 a Figura 46) pode ser aplicada a esta.

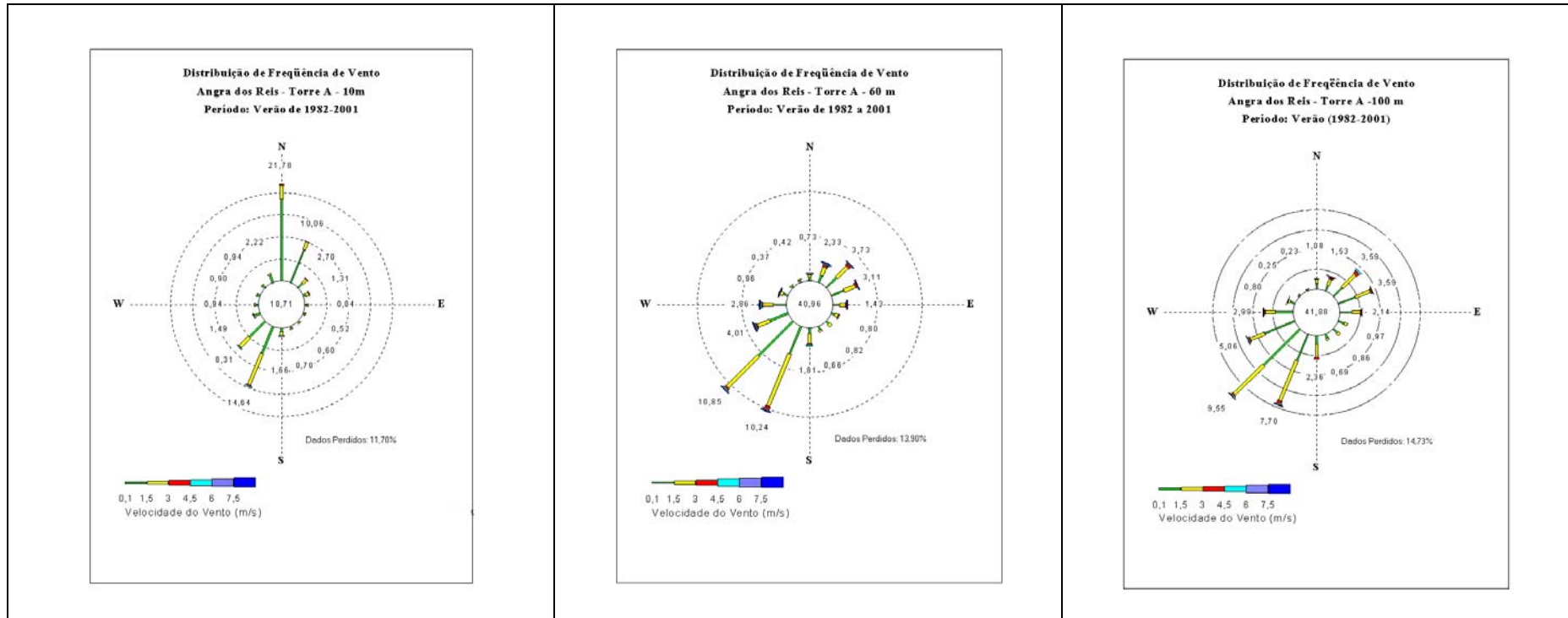


Figura 48 – Rosas-dos-ventos dos períodos de verão, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

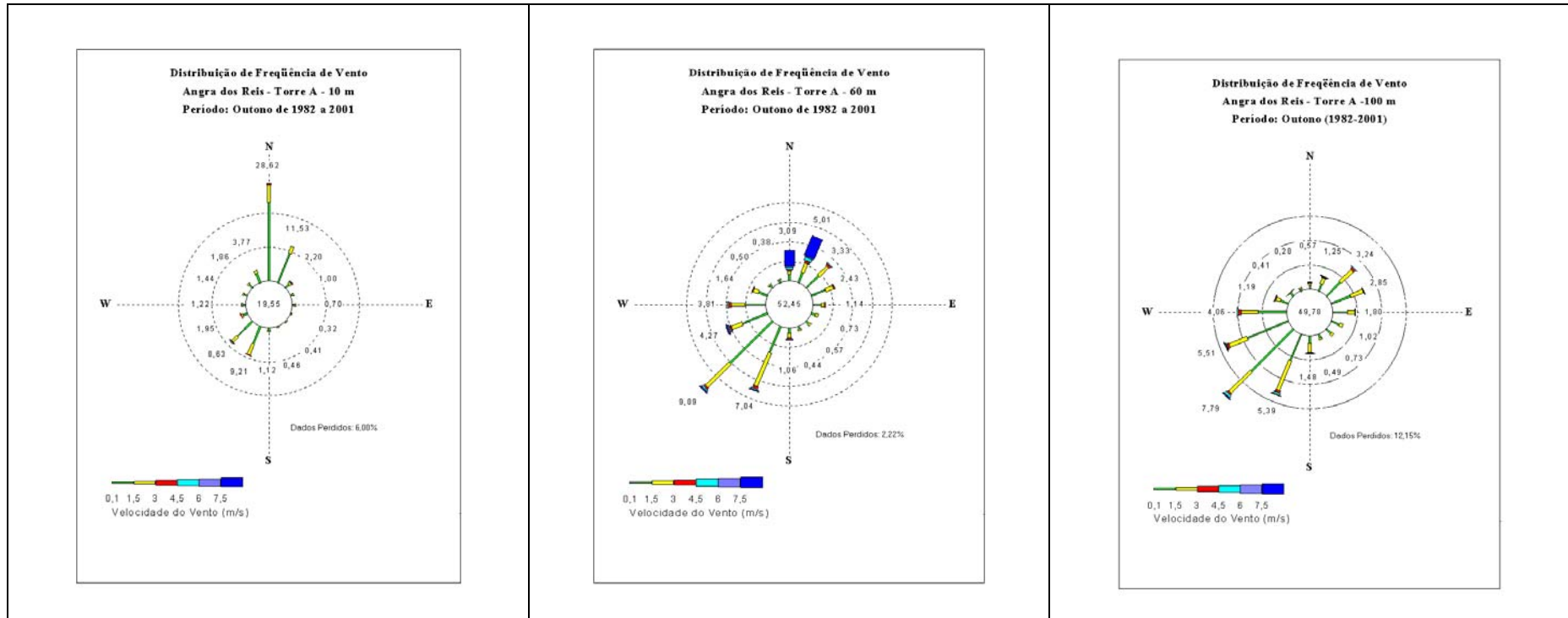


Figura 49 – Rosas-dos-ventos dos períodos de outono, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

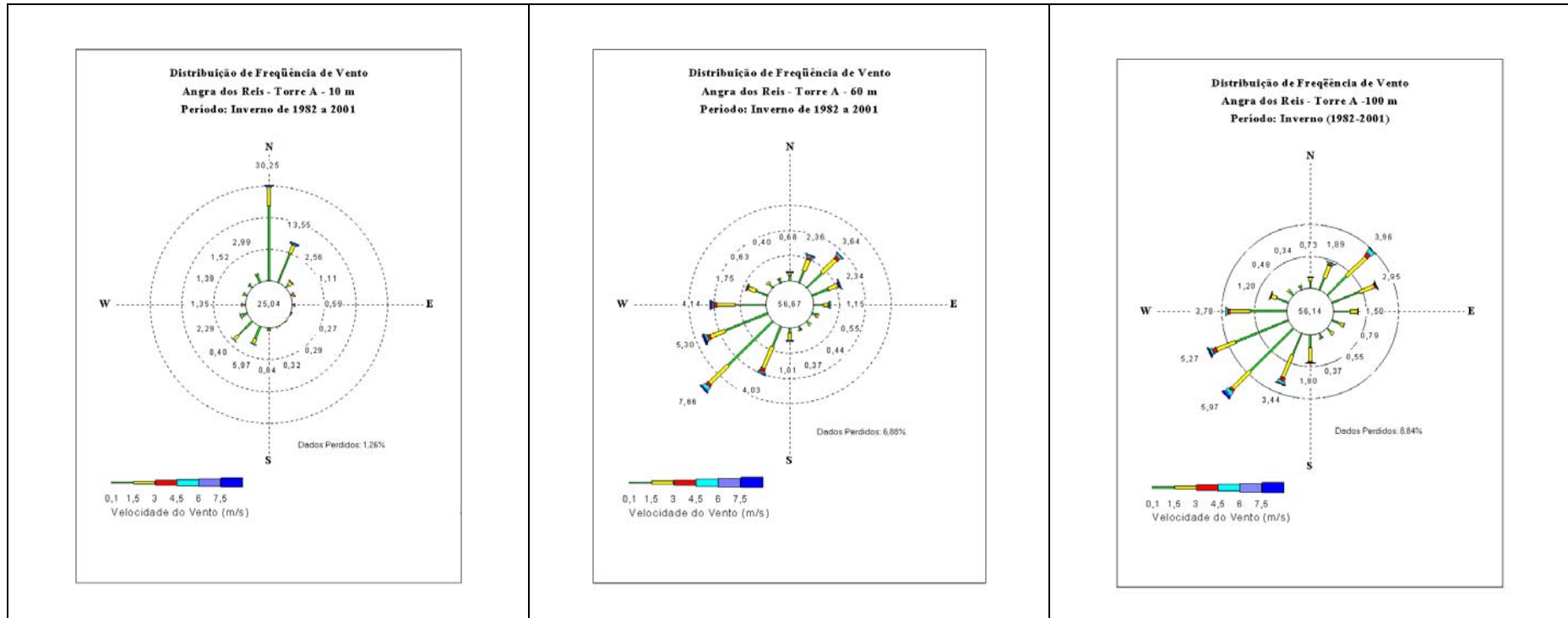


Figura 50 – Rosas-dos-ventos dos períodos de inverno, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

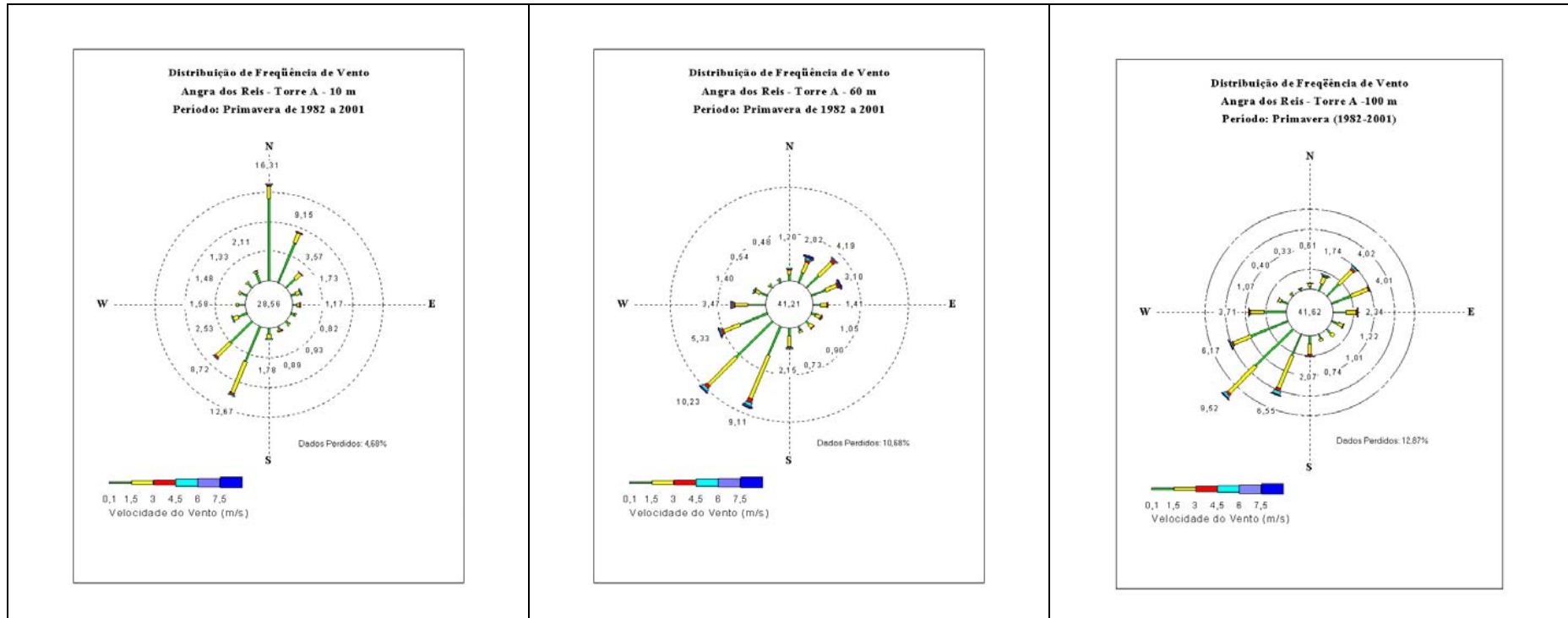


Figura 51 – Rosas-dos-ventos dos períodos de primavera, referentes aos níveis de 10, 60 e 100 metros da Torre A da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

As análises apresentadas a seguir (Figura 52 a Figura 55) referem-se, respectivamente às situações dos meses de janeiro, abril, julho e outubro e das suas correspondentes estações do ano, comparando quatro (4) torres meteorológicas existentes na CNAAA.

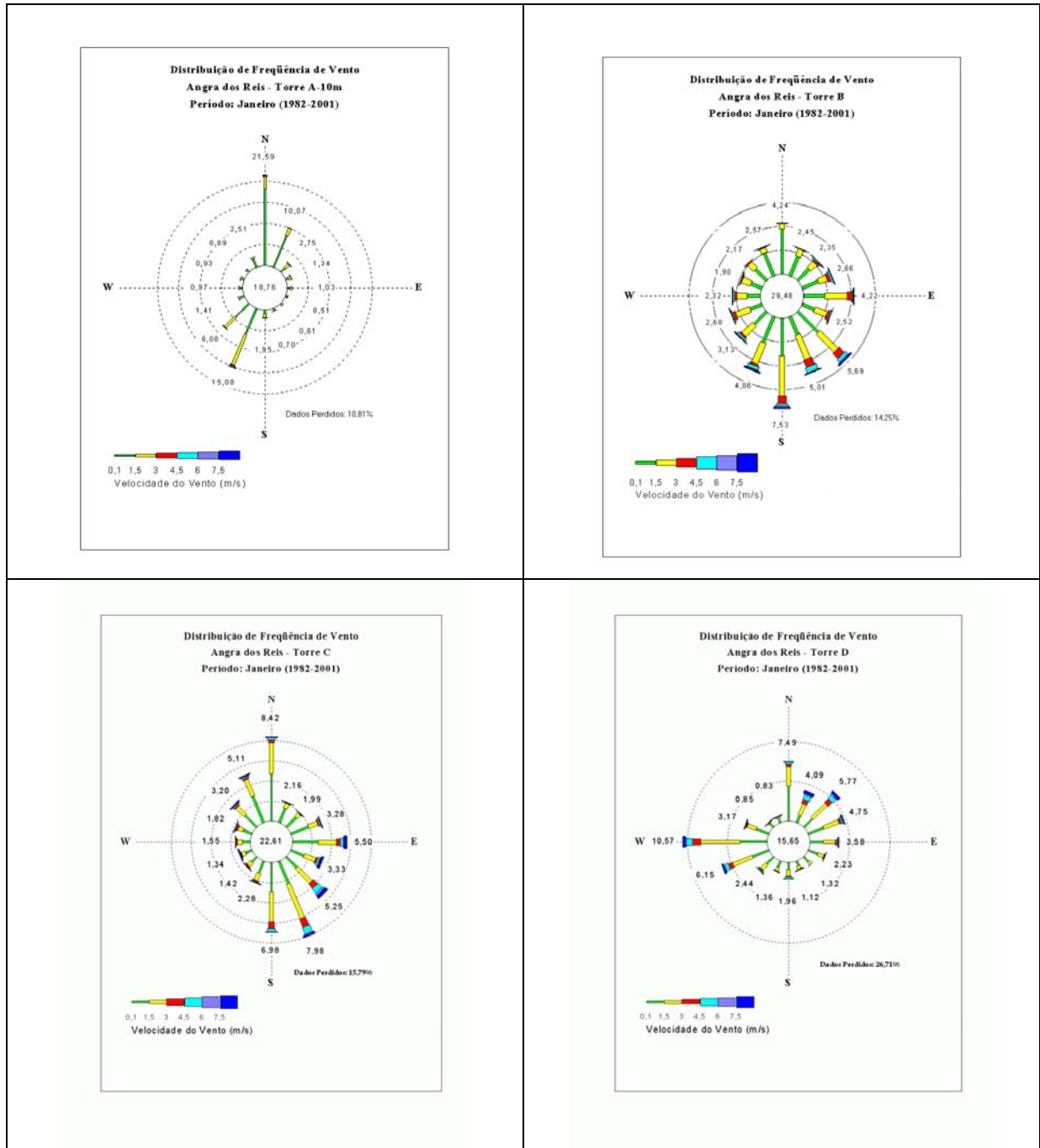


Figura 52 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de janeiro como representativos das estações de verão) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

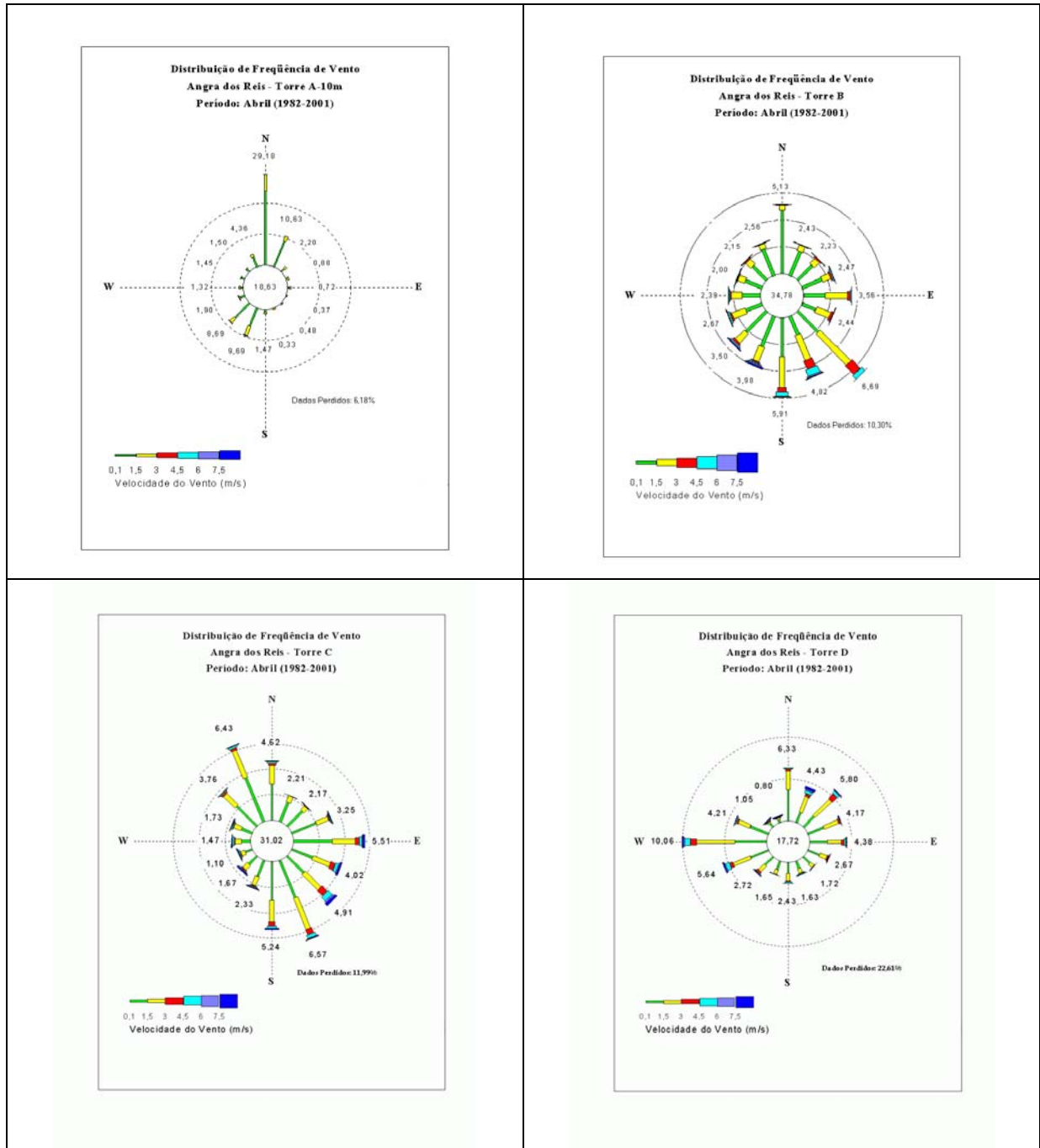


Figura 53 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de abril como representativos das estações de outono) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

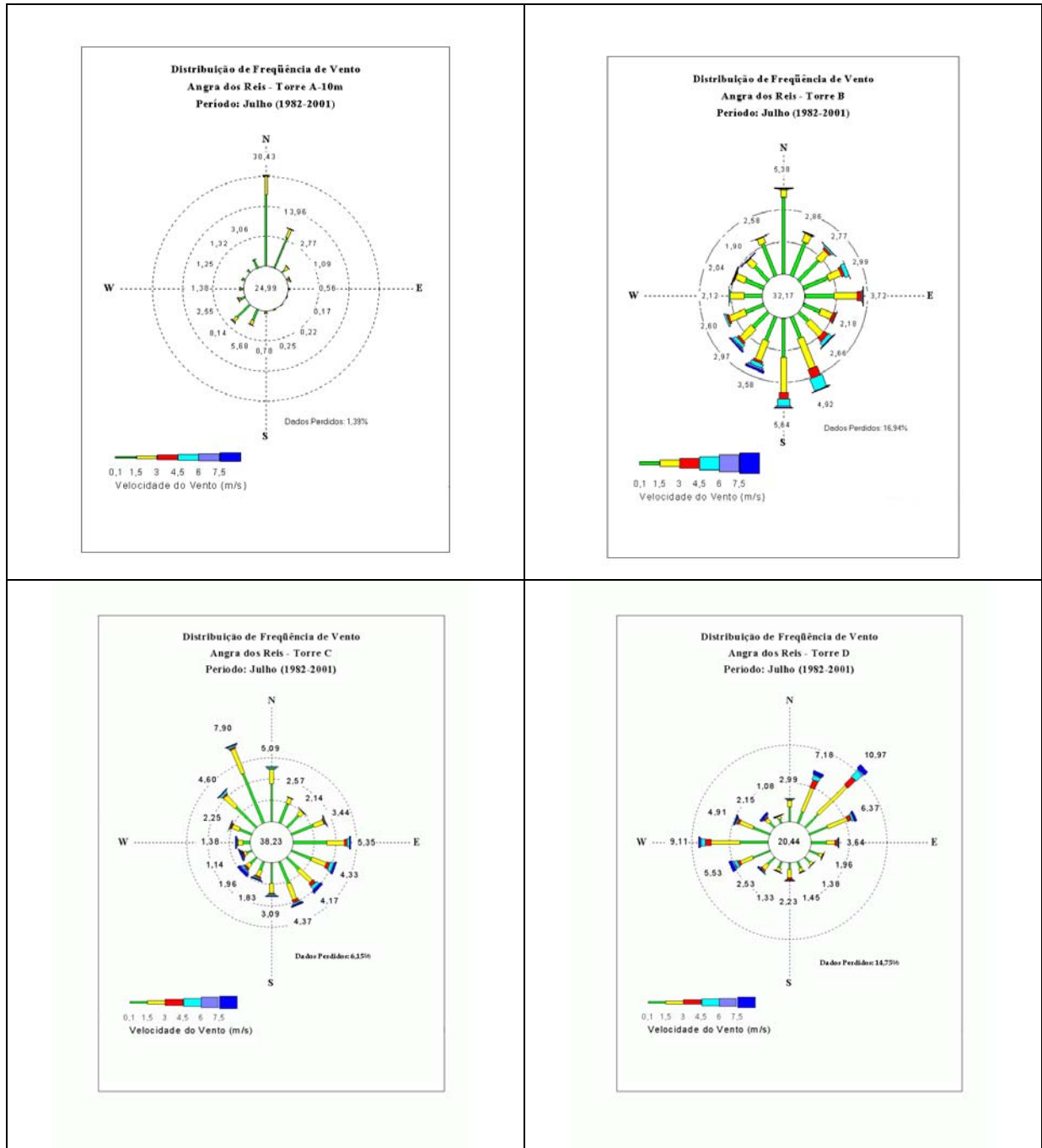


Figura 54 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de julho como representativos das estações de inverno) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

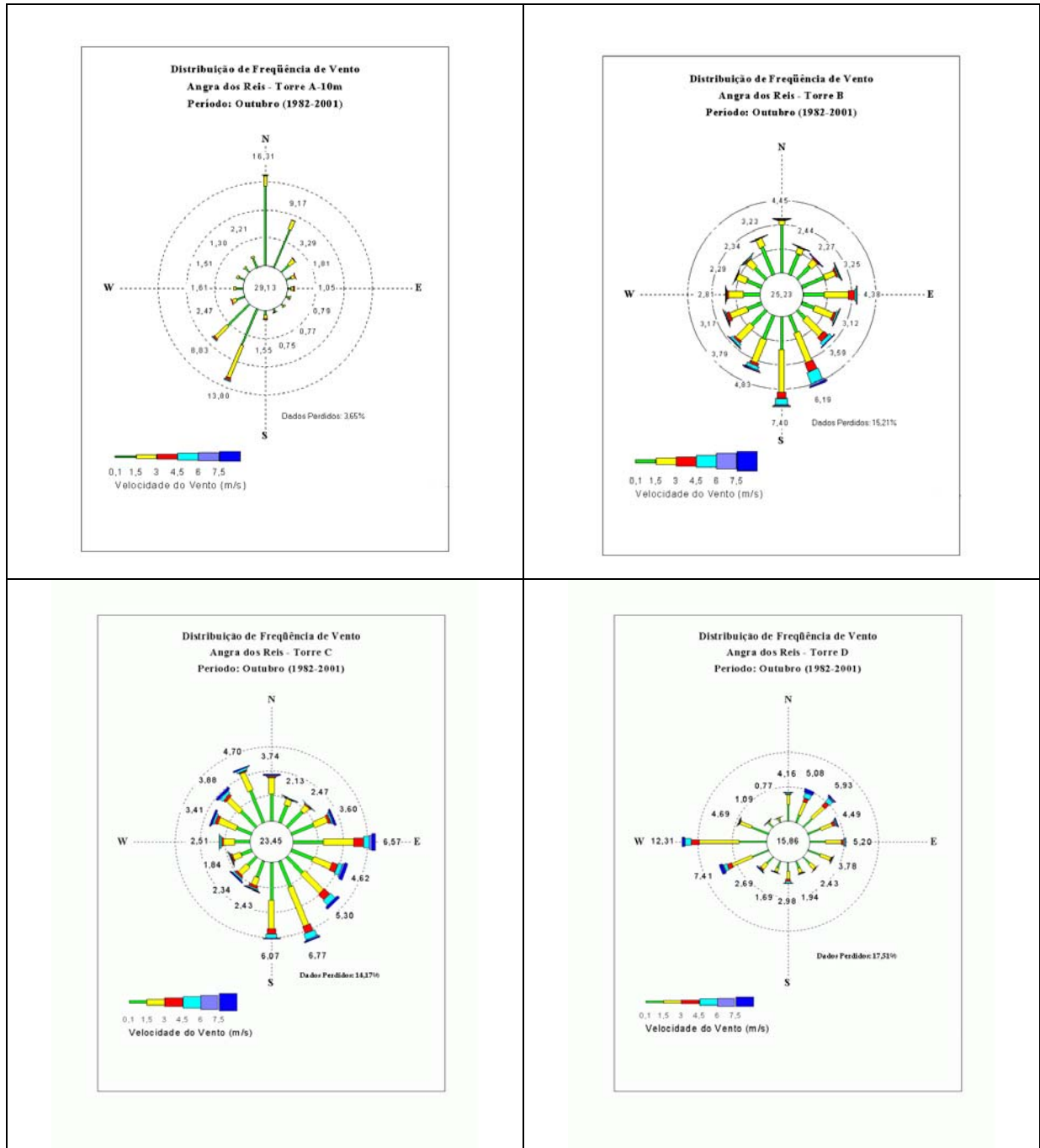


Figura 55 – Rosas-dos-ventos sazonais (considerando os meses de outubro como representativos das estações de primavera) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Diferentemente das análises apresentadas nas páginas anteriores (Figura 52 a Figura 55), as que se seguem (Figura 56 a Figura 59) referem-se não apenas a dados coletados nos meses representativos (janeiro, abril, julho e outubro), mas aos períodos integrais das quatro estações (verão, outono, inverno e primavera), comparando as quatro (4) torres meteorológicas existentes na CNAEA.

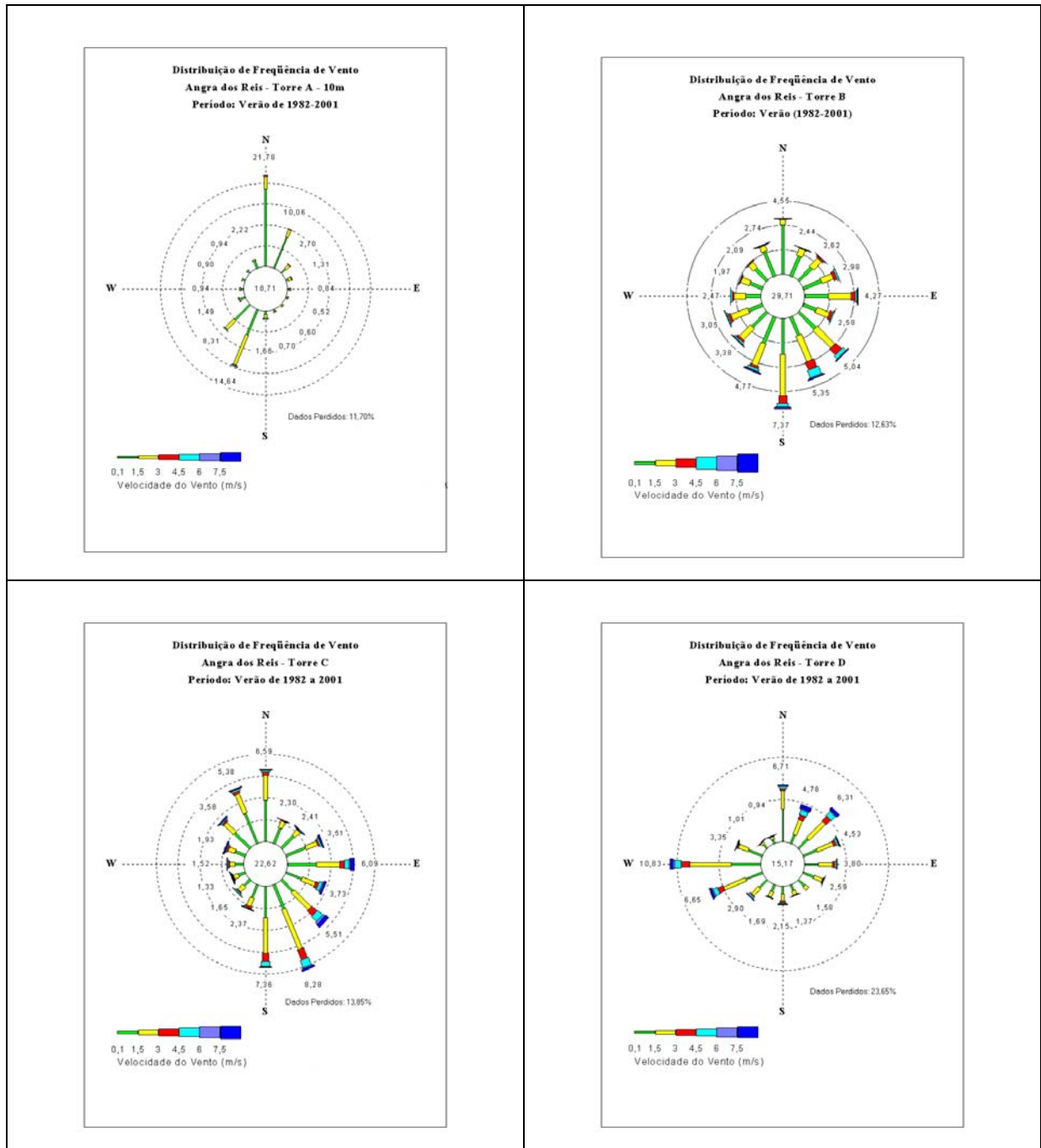


Figura 56 – Rosas-dos-ventos sazonais (verão) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

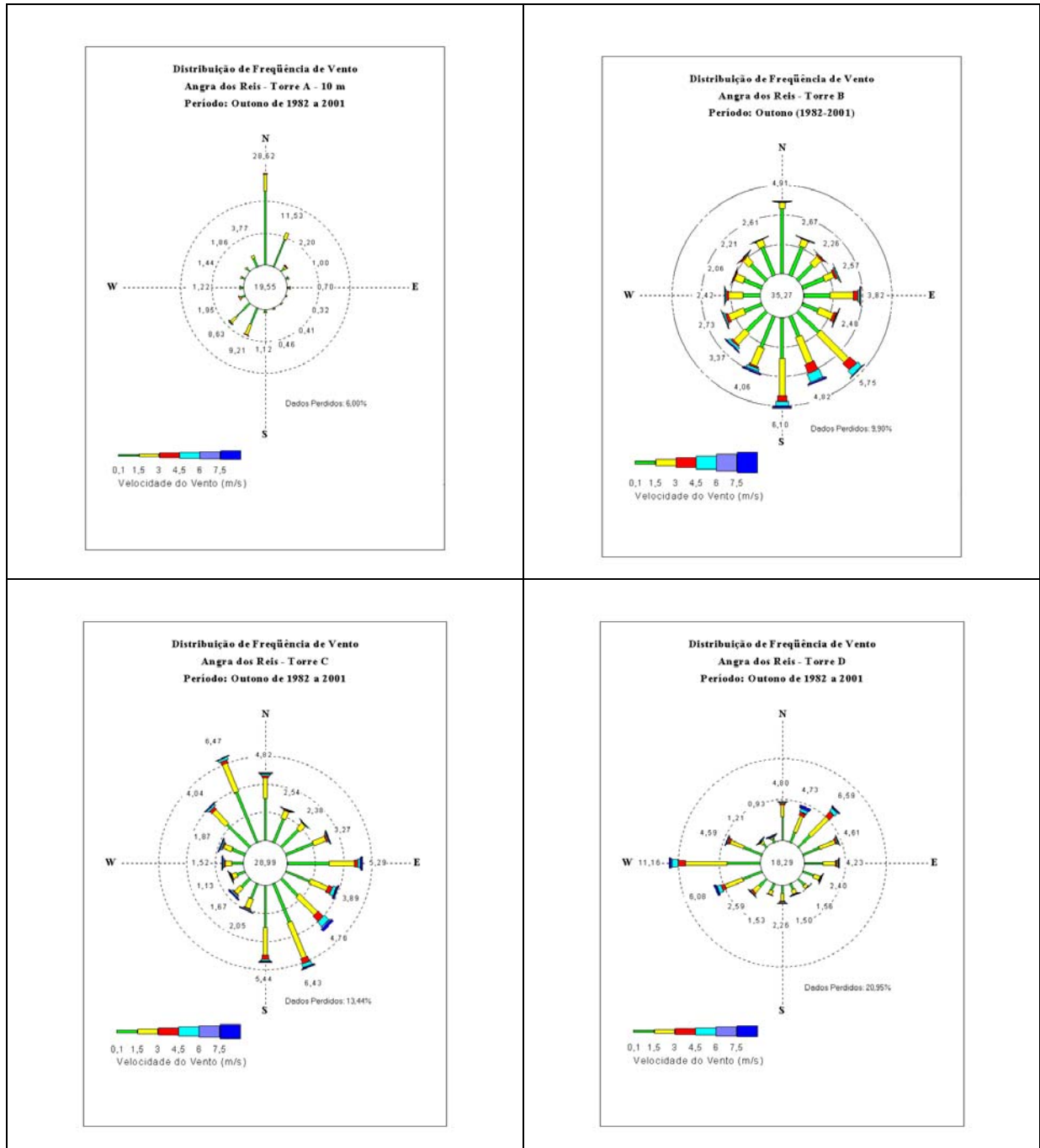


Figura 57 – Rosas-dos-ventos sazonais (outono) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

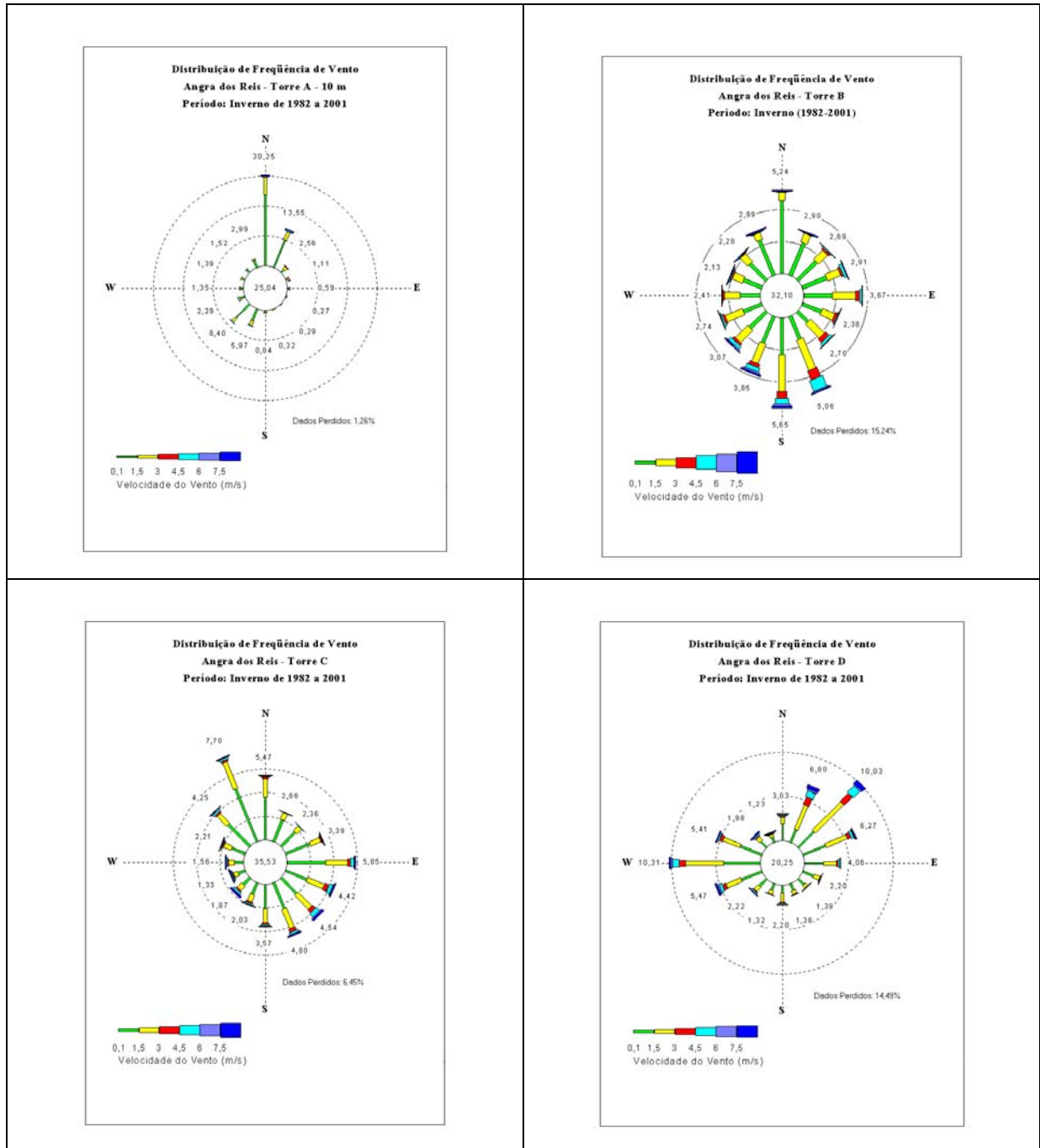


Figura 58 – Rosas-dos-ventos sazonais (inverno) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAAA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

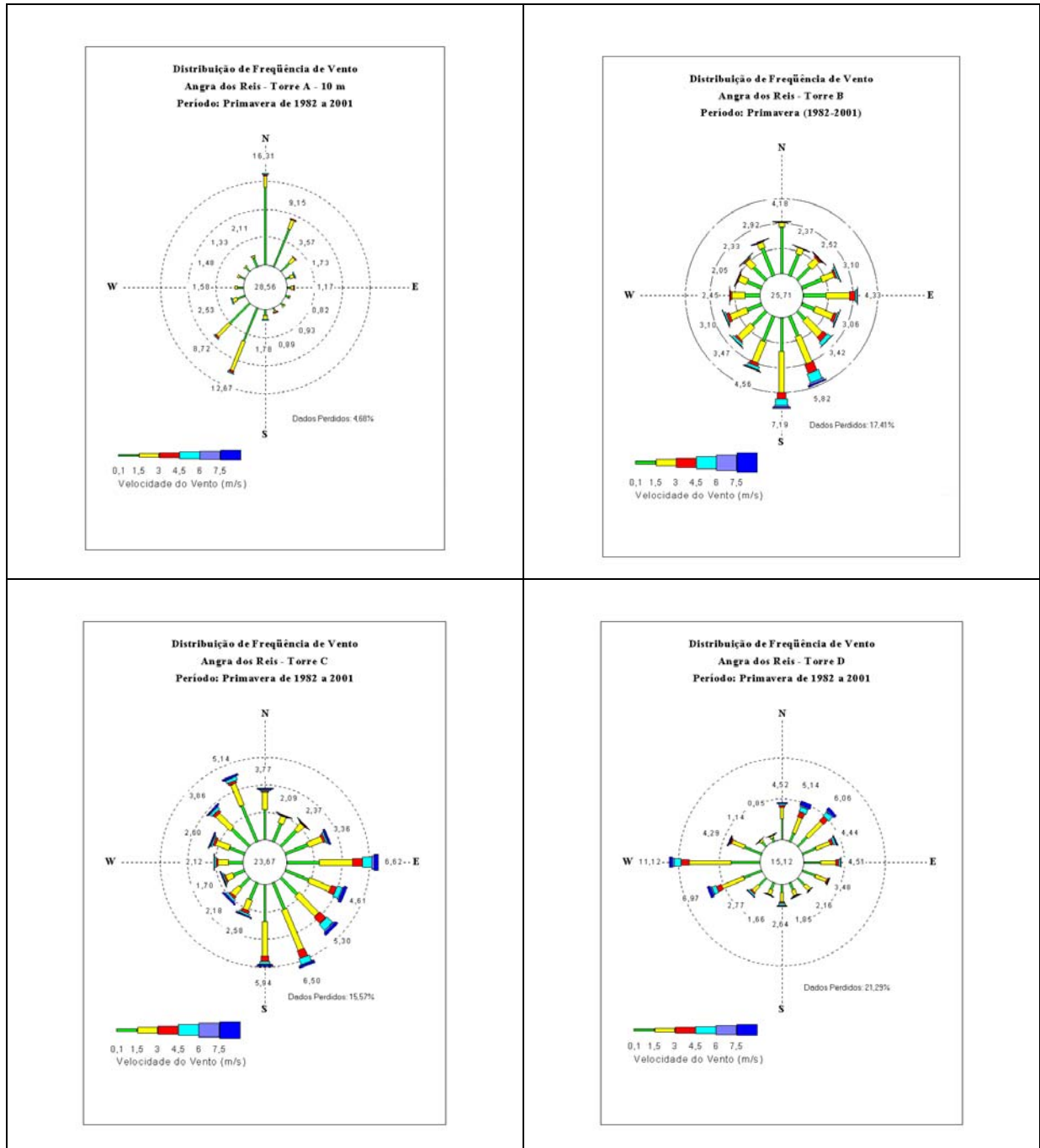


Figura 59 – Rosas-dos-ventos sazonais (primavera) referentes às torres A (10 m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculadas com base no período amostral de 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Tal análise se reveste de alta significância, uma vez que possibilitará verificar a “performance” de cada torre em relação aos regimes de circulação regional e local, assim como os efeitos peculiares da micro-localização das mesmas em relação à área topografia e condições de uso e ocupação do solo.

Uma primeira revelação diz respeito às diferentes predominâncias dos ventos observadas em cada uma das torres. Na Torre A, a mais aprofundada territorialmente, a primeira predominância é da direção norte; seguida em segunda predominância, das direções entre Sul e sudoeste.

A Torre B, por sua vez, situada na Ponta Fina, com pouca interferência da topografia local, sobretudo em todo o setor sul, apresenta exatamente os ventos entre sudoeste e sudeste como os de primeira predominância.

A Torre C, situada a uma cota de aproximadamente 150 m, à oeste das Unidades 1 e 2 da CNAAA, e de livre captação de ventos de praticamente todos os setores, registra o setor sul (entre sudoeste e sudeste) como o de sua primeira predominância, tendo a direção norte-noroeste como sua segunda predominância.

Por fim, a Torre D, situada a cerca de 270 m de altitude, à leste das Unidades 1 e 2 da CNAAA, apresenta a primeira predominância do setor leste-nordeste, o que se ajusta aos regimes regionais de ventos para a região em níveis mais elevados. Sua segunda predominância é de oeste-sudoeste.

Portanto, percebe-se a existência de uma complexa circulação local, com alta interferência dos fatores fisiográficos.

Em termos comparativos, os percentuais de calmarias nas quatro (4) torres podem ser avaliados a partir da Figura 60. De modo geral, percebe-se que na micro-região, tais percentuais variam de 15% a quase 40%. Constata-se também que na Torre D, a mais elevada, os percentuais de calmarias são os menores em todos os meses analisados do que para as demais torres.

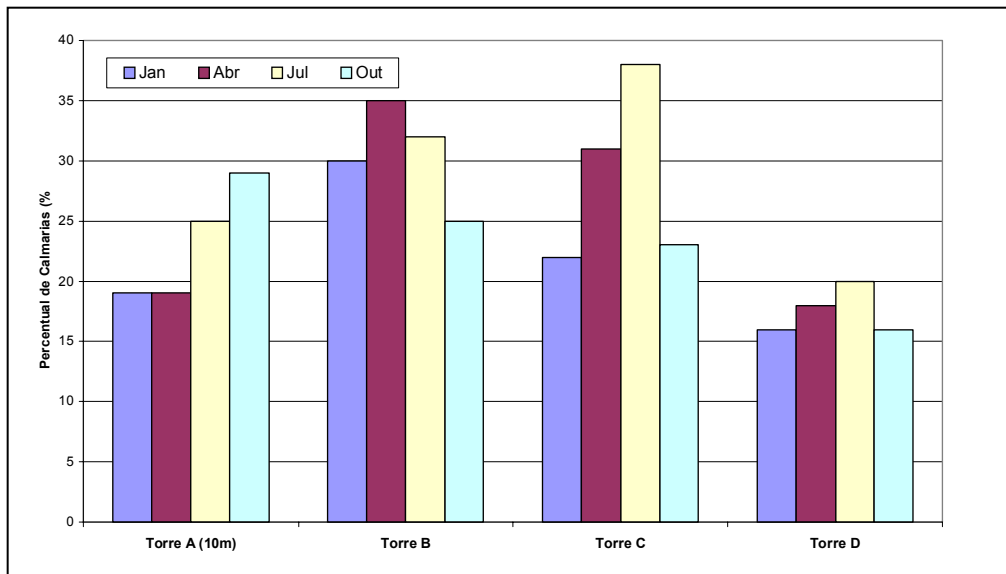


Figura 60 – Percentuais de calmarias nas torres A (10m), B, C e D (15 m) da CNAEA, calculados a partir do monitoramento meteorológico efetuado durante o período 1982-2001.

Fonte: Eletronuclear

Das rosas dos ventos geradas para o período 2002-2003 constatou-se de mais importante:

- O regimes de vento predominantes na região da Torre A 10m foram das direções N/NE, associadas a atuação do ASAS e brisas terrestres; e SW/S ligadas as passagens de frentes frias e brisas marítimas;
- Os ventos dominantes nas proximidades desta torres foram mais caracterizados no período de julho a março;
- Em abril e de maio a junho, as direções predominantes foram S/SE, S e N/NE, respectivamente;
- Para a Torre A10m, a configuração mais freqüente, N/NE e S/SW, manteve-se no inverno, primavera e outono, enquanto a componente S ficou mais evidente no outono;
- Nos níveis de 60m e 100m da Torre A, a configuração dominante manteve-se, entretanto, em 60m a componente SW foi a mais freqüente no verão;
- Como era de se esperar, em média, os ventos foram mais intensos à medida que se distancia da superfície. Os valores médios para todos os períodos ficam em torno de 3m/s em 10m, de 3 a 8m/s a 60m e 5 a 8m/s em 100m;
- Na Torre B, as direções dos ventos foram mais distribuídas, sendo pouco mais comuns ventos de SE e N;
- Para a Torre C os ventos continuaram bem distribuídos, porém, mais persistentes foram de N e SE, enquanto W e N foram absolutos na Torre D;

- A frequência de calmarias na Torre A10m variou de 9,48 a 18,28% ao longo ano;
- Janeiro e junho foram os meses de maior frequência calmaria e março o de menor ocorrência;
- As frequências das calmarias aumentaram em relação a altura. A 60m a porcentagem de ocorrência varia de 32 a 52%, enquanto a 100m de 35 a 47%;
- Para as torres B, C e D as frequências de calmaria variaram de 22 a 35%, 8 a 27% e 10 a 20%, respectivamente.

De um modo geral esta configuração dos ventos apresentada para o período 2002-2003 seguiu o padrão dos ventos estabelecido com a base de 20 anos de dados.

6.1.2. Estudo de fenômenos meteorológicos extremos

O presente item aborda alguns fenômenos meteorológicos severos, tais fenômenos podem ter significativo impacto na região de Itaorna, afetando as atividades de Angra 3 e da CNAAA, inclusive eventualmente dificultando a mobilidade de pessoas e veículos na região e em seu entorno.

6.1.2.1. Perturbações transientes

A região Sudeste do Brasil experimenta vários tipos de perturbações transientes, tanto de origem extratropical quanto tropical, e em todas as escalas, desde a escala sinótica até a mesoescala, incluindo sistemas convectivos organizados ou não. A seguir serão descritas algumas destas perturbações transientes que têm efeito sobre a região estudada.

A passagem de frentes frias é o evento de tempo transiente mais comum e impactante sobre a região Sudeste do Brasil. Os ciclones extratropicais vindos do Pacífico, atravessando os Andes e a Argentina a sul de 35°S, tomam um curso leste-sudeste no Atlântico, enquanto que as frentes frias, a eles associados, se movem na direção nordeste. As frentes frias ativam a convecção (sobre a Argentina, Bolívia, Brasil e leste do Peru) enquanto caminham sobre a parte leste do continente sulamericano. A Figura 61 mostra imagens infravermelhas de satélite nas quais uma frente se localiza no Atlântico penetrando no continente com muitos aglomerados convectivos sobre a parte central da América do Sul. Neste evento ocorrido no dia 7 de setembro de 2002 o impacto mais significativo foi a linha de instabilidade que precedeu este sistema.

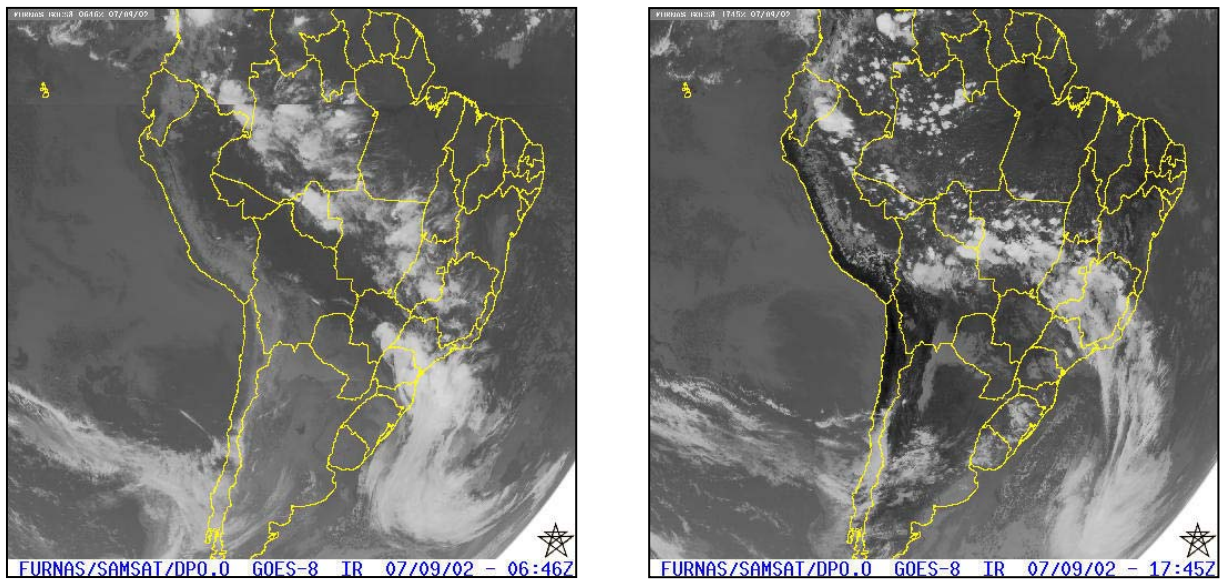


Figura 61 – Imagens de satélite mostrando a evolução do sistema frontal que atingiu a costa do Rio de Janeiro em 07 de setembro de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.”

Um estudo observacional da frequência de sistemas frontais sobre a América do Sul feito por OLIVEIRA (1986), dá uma estatística mensal útil das penetrações frontais e seus efeitos sobre a atividade convectiva na América do Sul subtropical e tropical. A Figura 62 e a Figura 63 mostram os principais resultados de Oliveira (1986) para a faixa latitudinal de 25 a 20°S incluindo a região costeira do estado do Rio de Janeiro. Em geral as penetrações frontais são bem distribuídas sobre todas as estações do ano, embora sua atividade convectiva seja bem menor durante os meses de inverno. Estas frentes são responsáveis pela maior parte das chuvas no Sudeste do Brasil. Em associação aos sistemas frontais observam-se massas de ar frio com altas pressões à superfície que avançam para norte-nordeste sobre o continente na retaguarda das frentes frias causando, no inverno, quedas de temperatura.

A região que inclui o Paraguai, o norte da Argentina, o Uruguai e o sul do Brasil experimenta os efeitos do desenvolvimento repentino de **Complexos Convectivos de Mesoescala** (CCM), especialmente no período de novembro a abril. Esses CCM normalmente se iniciam nas primeiras horas do dia, antes do nascer do sol, e têm um ciclo de vida curto, menor que um dia. O possível mecanismo de origem é a combinação de três fatores:

- a brisa de montanha agindo sobre uma atmosfera instável;
- o jato de baixos níveis proveniente de norte;
- o jato subtropical dos altos níveis.

O jato de baixos níveis fornece a umidade necessária para a formação das nuvens e para a precipitação desses complexos. SILVA DIAS (1987) fez um estudo de revisão dos CCM e discutiu a sua relevância para a ocorrência de tempo severo no sul e sudeste do Brasil,

já que tais sistemas eventualmente avançam sobre o continente, atingindo o sul do Estado do Rio de Janeiro.

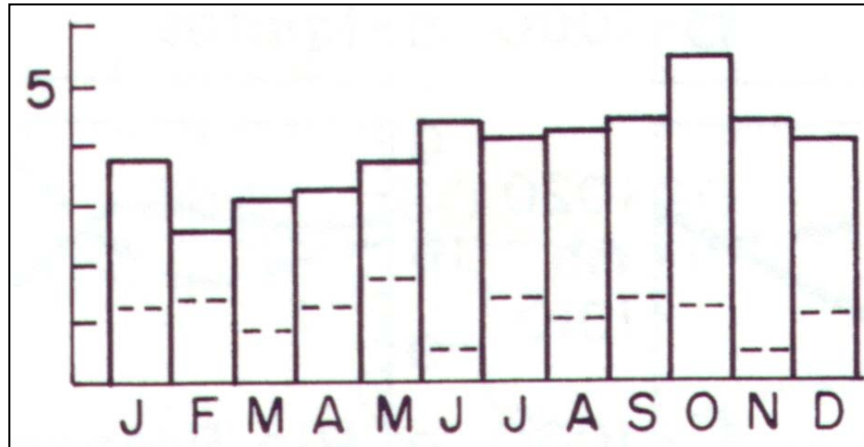


Figura 62 – Distribuição média mensal da freqüência de passagens de sistemas frontais na banda de 20 a 25°S de latitude. As linhas cheias correspondem ao valor médio e as linhas pontilhadas ao desvio padrão.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.”

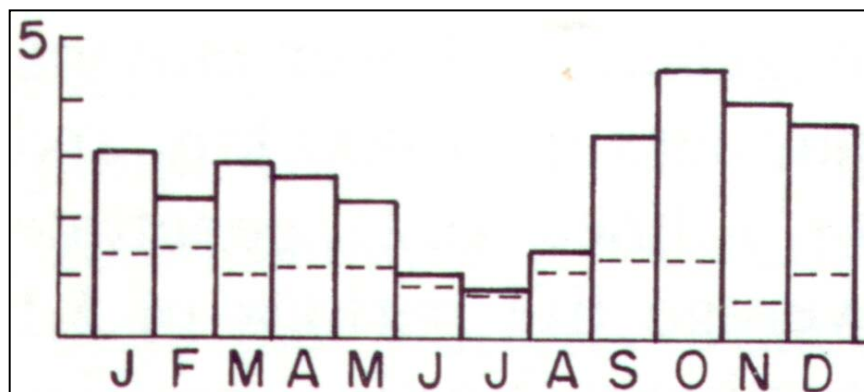


Figura 63 – Distribuição média mensal da freqüência de atividade convectiva associada à passagem de sistemas frontais na banda de 20 a 25°S de latitude. As linhas cheias correspondem ao valor médio e as linhas pontilhadas ao desvio padrão.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.”

As **linhas de instabilidade** associadas aos sistemas frontais são uma forma bastante comum de geração de precipitação intensa na região Sudeste do Brasil. O mecanismo gerador destas linhas parece estar associado à geração de ondas de gravidade originadas na própria frente fria. Assim sendo, formam-se linhas de cumulonimbus aproximadamente paralelas à linha frontal, sendo que as linhas de instabilidade assim formadas avançam com velocidade maior que a das frentes. O evento ocorrido na madrugada do dia 7 de setembro de 2002 foi diagnosticado como sendo um evento pré-frontal com estrutura de uma linha de instabilidade. Neste evento os fortes ventos da linha de instabilidade precederam à frente fria que só iria atingir a costa fluminense no início da tarde (Figura 64).

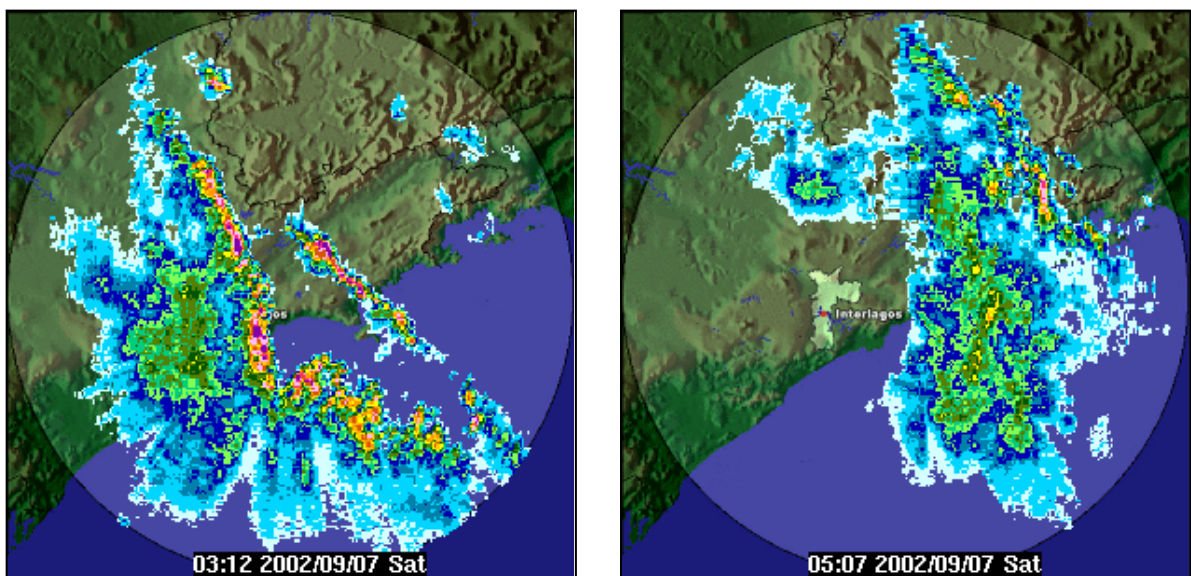


Figura 64 – Imagens de radar mostrando a evolução da linha de instabilidade que precedeu a frente fria no dia 7 de setembro de 2002.

Fonte: CTH/SP

Os **tornados** são ventos com rápida rotação que fluem em torno de uma pequena área de baixa pressão intensa e estão associados a nuvens cumulonimbus de grande intensidade, denominadas supercélulas. O diâmetro da maioria dos tornados está entre 100 e 600 metros, embora alguns sejam menores do que 100 m e outros alcancem até 1600 m de diâmetro, estando, portanto, inseridos nas menores faixas da mesoescala ou até mesmo na microescala dos fenômenos meteorológicos. Os tornados têm a forma de uma nuvem do tipo funil e somente recebem o nome de tornado quando chegam a atingir o solo. Embora nos Estados Unidos os tornados sejam responsáveis por muitas mortes e elevadas perdas materiais a cada ano, este tipo de fenômeno é bastante raro em nossa região, provavelmente por estar associado a grandes planícies.

As **trombas d'água** são fenômenos que têm uma certa semelhança com os tornados e podem ocorrer com alguma frequência próximo ao litoral do estado do Rio de Janeiro. As

Figura 65 e Figura 66 exemplificam a ocorrência deste fenômeno no litoral fluminense, sendo a Figura 65 referente à Baía de Campos, onde estão as plataformas da Petrobras, e a Figura 66 referente à praia de Ipanema no Rio de Janeiro. As trombas d'água são geralmente muito menores que os tornados com diâmetro entre 3 e 100 metros, sendo também os ventos de menor intensidade, alcançando no máximo 45 nós. Além disso, movem-se mais lentamente e seu tempo de duração está em média entre 10 e 15 minutos, embora possam eventualmente durar até uma hora. As trombas d'água formam-se no ar instável no início do desenvolvimento de nuvens *cumulus congestus* cujos topos estejam abaixo de 3.600 metros. O funil da tromba d'água é similar ao funil do tornado, uma vez que ambos são nuvens de água líquida com ventos convergentes que tendem a ascender na parte central. Ao contrário da crença popular, contudo, as trombas d'água não levantam água em seu núcleo.



Figura 65 – Foto da ocorrência de uma tromba d'água na Baía de Campos-RJ.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.”

Não se observam ciclones tropicais em torno da América do Sul. A escala dos ciclones tropicais ou furacões está na faixa sub-sinótica e tem origem sobre as águas quentes dos oceanos tropicais. A possível não ocorrência desse fenômeno na costa leste sul americana se deve ao fato que as águas do Atlântico Sul são relativamente frias em comparação com as regiões de fontes desse fenômeno em outras partes do mundo.



Figura 66 – Foto da ocorrência de uma tromba d’água na praia de Ipanema, na cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

6.1.2.2. Sistemas frontais na região de Angra dos Reis

A seguir será apresentada uma resenha das frentes frias que atingiram a região de Angra dos Reis no período de janeiro de 1999 a dezembro de 2001 (<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>). Esta resenha foi compilada tendo como base o levantamento feito mensalmente na publicação Climanálise do CPTEC/INPE, no qual são indicadas as cidades litorâneas atingidas por frentes frias. A Tabela 9 quantifica as frentes que passaram pelo litoral do estado do Rio de Janeiro, entre Parati e Cabo Frio no período citado.

Tabela 9 – Quantidade de frentes frias que atingiram o litoral do estado do Rio de Janeiro entre janeiro de 1999 e julho de 2002.

ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1999	2	2	3	3	6	5	4	3	5	3	5	6
2000	5	5	5	3	4	4	6	5	3	3	5	4
2001	1	1	2	3	3	3	4	0	4	2	4	3
2002	2	1	1	1	3	4	5	-	-	-	-	-

Fonte: Climanálise (CPTEC/INPE).

A seguir, são descritas algumas dessas frentes frias.

Ano 2001

Janeiro - O último sistema frontal do mês anterior (dezembro de 2000), encontrava-se no dia 31, em Ubatuba-SP e, no início do mês de janeiro de 2001, deslocou para o Rio de Janeiro, onde permaneceu semi-estacionário. No dia 4, o sistema enfraqueceu e deslocou-se para o oceano.

Fevereiro - O segundo sistema frontal de 2001 atingiu o sul do País, no dia 6 de fevereiro, atuando no interior da Região Sul e deslocando-se até Campos-RJ. Esta frente fria se associou a sistemas de baixa pressão no oceano, localizados entre os estados do Paraná e São Paulo.

Abril - O segundo sistema frontal atingiu o interior e o litoral do Rio Grande do Sul no dia 6. Este sistema se deslocou pelo litoral, atingindo a cidade de Cabo Frio-RJ no dia 9, quando se desviou para o oceano.

*Mai*o - O terceiro sistema frontal atuou no litoral da Região Sul no dia 22. Este sistema, ao deslocar-se para a Região Sudeste, associou-se a um cavado no dia 24, causando nebulosidade no interior do Estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul, mantendo-se estacionário em Cabo Frio-RJ nos dias 24 e 25, quando deslocou para o oceano.

Julho - Nos primeiros vinte dias do mês, a maior parte dos sistemas frontais atuou no interior do Rio Grande do Sul, deslocando-se, posteriormente, até o litoral do Rio de Janeiro. Na Região Sudeste, as frentes frias foram de fraca intensidade causando apenas o aumento da nebulosidade e chuviscos. No terceiro decêndio do mês, os sistemas frontais, embora fracos, tiveram um deslocamento tanto pelo interior como pelo litoral, atingindo o sul da Bahia. Nos dias 4 e 10, o segundo e terceiro sistemas frontais atuaram no interior do Rio Grande do Sul, atingindo o Rio de Janeiro pelo litoral. No dia 15, o quarto sistema frontal atuou somente um dia no litoral de Florianópolis-SC e desviou-se para o oceano.

Dezembro - No dia 22, o quarto sistema frontal ingressou no sul do País, encontrando-se no dia 24 na altura do litoral de CaboFrio-RJ. No dia seguinte, a frente fria permaneceu semi-estacionária até o dia 28, entre Cabo Frio-RJ e Caravelas-BA, onde enfraqueceu. No dia 22, o quarto sistema frontal ingressou no sul do País, encontrando-se no dia 24 na altura do litoral de CaboFrio-RJ. No dia seguinte, a frente fria permaneceu semi-estacionária até o dia 28, entre Cabo Frio-RJ e Caravelas-BA, onde enfraqueceu.

Ano 2000

Janeiro - O último sistema frontal do mês anterior encontrava-se no litoral norte do Estado de São Paulo, permanecendo semi-estacionário desde o dia 1 até o dia 9, e enfraquecendo na altura do litoral da Região Sudeste. Durante a sua permanência sobre esta região, organizou instabilidades desde a Região Norte, Centro-Oeste e Sudeste (ZCAS), causando chuvas intensas nos Estados do Rio de Janeiro, sul de Minas Gerais e no Vale do Paraíba (região localizada próximo ao setor leste do Estado de São Paulo). Nos primeiros dias

do mês, a precipitação em algumas localidades desses Estados, superou a média climatológica. No dia 13, uma nova frente fria fraca, a segunda do mês, encontrava-se no litoral de Florianópolis-SC. Este sistema deslocou-se até o Rio de Janeiro, e no dia 15 desviou-se para o oceano. A quinta frente fria do mês atingiu no dia 22 o Rio Grande do Sul. Este sistema deslocou-se pelo litoral até Vitória-ES. Um novo VCAN sobre a Região Nordeste fez com que a frente fria oscilasse, encontrando-se no dia 31, no litoral de Cabo Frio-RJ. O sistema de baixa pressão no oceano, que permaneceu entre os dias 26 e 28, associado ao sistema frontal, causou ventos fortes no litoral dos Estados de Florianópolis-SC até o Rio de Janeiro-RJ.

Fevereiro - O último sistema frontal do mês de janeiro que se encontrava em Cabo Frio-RJ, permaneceu até o dia 1 fevereiro sobre esta região. A frente fria deslocou-se pelo litoral até Aracaju-SE, onde enfraqueceu. Durante a sua trajetória causou instabilidades isoladas na Região Sudeste e leste da Região Centro-Oeste, e chuvas fortes em quase toda a Região Nordeste, principalmente no Estado da Bahia. No decorrer do dia 10, uma nova frente fria, a segunda do mês, atingiu o Rio Grande do Sul, encontrando-se às 12 UTC no litoral de Florianópolis-SC. No dia seguinte interagiu com o segundo sistema que se encontrava no litoral da Região Sudeste, permanecendo até o dia 14 e enfraquecendo no litoral do Rio de Janeiro. Durante a sua trajetória causou chuva de moderada a fraca.

Março - Nos dias 18 e 22, o quarto e quinto sistemas frontais tiveram um rápido deslocamento e ao atingir a Região Sudeste causaram nebulosidade e chuviscos, e enfraqueceram no litoral do Rio de Janeiro.

Abril - Quatro sistemas frontais atuaram no País, um número abaixo da média climatológica, que é de cinco sistemas. Dois sistemas frontais atingiram latitudes ao norte de 20°S.

Julho - O quarto sistema frontal atingiu o litoral de Torres-RS, interior de Passo Fundo-RS e Foz do Iguaçu-PR no dia 19. Esse sistema teve um rápido deslocamento para a Região Sudeste, enfraquecendo na altura do litoral de Campos-RJ. Pelo interior, deslocou-se até Pato de Minas-MG e Cuiabá-MT. O sexto sistema frontal do mês encontrava-se no extremo sul do Rio Grande do Sul no dia 25 e deslocou-se somente pelo litoral causando aumento da nebulosidade. No dia 27, encontrava-se no oceano, com fraca intensidade, na altura do litoral do Rio de Janeiro.

Agosto - No dia 14, um novo sistema frontal atuou no sul do Brasil. Esta frente fria deslocou-se até a cidade de Campos-RJ, no dia 18, onde enfraqueceu. No dia 25, o quinto sistema frontal que atingiu o sul do País deslocou-se até Campos-RJ, onde permaneceu até o dia 31.

Novembro - No decorrer do dia 13, a terceira frente fria atingiu o litoral do Paraná, deslocando-se até a cidade de Cabo Frio-RJ e enfraquecendo no dia 20. Ressalta-se que a presença de um Vórtice Ciclônico centrado sobre a Região Nordeste, manteve este sistema frontal semi-estacionário entre o Rio de Janeiro e o Espírito Santo. Choveu de forma

generalizada na Região Sudeste e no Estado de Goiás. O quarto sistema frontal foi observado sobre o Rio Grande-RS no dia 19. Este sistema apresentou um deslocamento pelo litoral, enfraquecendo no dia 23 em Cabo Frio-RJ. Esta frente fria causou chuvas no Paraná, São Paulo e instabilidades isoladas na Região Centro-Oeste.

Dezembro - O sistema frontal que atuava em Campos-RJ, no final do mês anterior, permaneceu semi-estacionário entre Rio de Janeiro e Espírito Santo até o dia 4. No dia seguinte, uma nova frente fria interagiu com a anterior na altura de Vitória-ES. Este sistema organizou uma faixa de nebulosidade (ZCAS) que causou chuvas sobre o leste da Região Sudeste, enfraquecendo, no dia 8, em Caravelas-BA. Dois sistemas frontais atingiram a Região Sul nos dias 22 e 23, e, ao interagirem com Cavados e o Jato em baixos níveis, organizaram áreas de instabilidade (CCM) e fortes chuvas no oeste do Rio Grande do Sul. Destes, o sexto sistema frontal enfraqueceu no litoral do Rio de Janeiro, enquanto que o sétimo deslocou-se apenas até Torres-RS.

Ano 1999:

Janeiro - O último sistema frontal do mês anterior encontrava-se em Ubatuba-SP. Este sistema oscilou nos dias 1 e 2 no litoral, entre São Paulo e Rio de Janeiro, e deslocou-se logo em seguida para o oceano.

Fevereiro - No dia 2, o primeiro sistema frontal do mês atuou no Rio Grande do Sul. Este sistema interagiu com um VCN favorecendo áreas de instabilidades com chuvas entre 30 a 40 mm nos setores sul/sudoeste do Rio Grande do Sul. A frente fria no dia 6, deslocou-se até o Cabo Frio-RJ onde enfraqueceu. O segundo sistema frontal atingiu no dia 4 o Rio Grande do Sul. Esta frente fria deslocou-se pelo interior do Rio Grande do Sul e pelo litoral até Cabo Frio-RJ, enfraquecendo no dia 12 no oceano. Este sistema organizou convecção tropical na região central do Brasil. No Rio Grande do Sul, na cidade de Uruguaiana foram registradas chuvas de 109 mm. No dia 7, o terceiro sistema frontal do mês teve um deslocamento pelo interior do Rio Grande do Sul, até as cidades de Santa Maria e Uruguaiana ambas neste Estado. No litoral deslocou-se até Campos no Rio de Janeiro. Este sistema causou chuvas no Rio Grande do Sul e nebulosidade no restante das regiões. O quarto sistema frontal do mês atingiu o sul do país no dia 14 e teve um deslocamento somente pelo litoral desde Santa Catarina até o Rio de Janeiro, onde enfraqueceu. Este sistema originou-se da passagem de um VCN no Rio Grande do Sul e ao deslocar-se para o oceano, interagiu com o SF, favorecendo frontogênese e ciclogênese. Durante a sua trajetória houve a formação de áreas de instabilidade causando chuvas e ventos intensos principalmente no norte do Rio Grande do Sul. Nas demais regiões houve nebulosidade e chuvas fracas.

Março - O último sistema frontal do mês anterior deslocou-se no dia 1 para o litoral do Rio de Janeiro, enfraquecendo no dia 6 em Caravelas - BA. O primeiro sistema frontal do mês de março atuou nos dias 3 e 4 no Rio Grande do Sul, causando pouca nebulosidade. Este sistema deslocou-se no dia seguinte para o oceano. No dia 11, o segundo sistema frontal do mês deslocou-se pelo litoral da Região Sul, Sudeste até Ilhéus-BA. Durante a sua trajetória provocou chuvas fortes e isoladas nestas regiões.

Abril - O terceiro sistema frontal originou-se de uma frontogênese e ciclogênese ocorrida no dia 12. Um vórtice ciclônico em altos níveis na Região Sul interagiu com um sistema frontal no oceano. Este sistema atingiu o interior do país causando nebulosidade e chuvas fracas nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste. No dia 16 a frente fria enfraqueceu no litoral de Campos-RJ.

Mai - O quinto sistema frontal teve deslocamento somente pelo litoral das Regiões Sul e Sudeste. No dia 23 encontrava-se em Torres-RS e enfraqueceu no dia 26, no litoral do Rio de Janeiro-RJ. A frente fria causou apenas nebulosidade. No dia 26, áreas de instabilidade no oeste do Rio Grande do Sul associaram-se a um sistema frontal que se encontrava no Uruguai. Este sistema deslocou-se para leste, intensificando-se no litoral do Rio Grande do Sul (ciclogênese). No dia 28, este sistema (o sexto do mês) encontrava-se fraco no litoral de Cabo Frio-RJ. Esta frente fria causou ressaca no litoral deste Estado e chuvas no Rio Grande do Sul.

Julho - No dia 20, uma nova frontogênese e ciclogênese ocorreram no Rio Grande do Sul. Os sistemas deslocaram-se pelo litoral, até Campos-RJ e, pelo interior do Paraná, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, até Cuiabá-MT. Ocorreram chuvas de moderadas a fracas no Rio Grande do Sul. No dia 21, em Santa Vitória do Palmar-RS foi registrada chuva de 78 mm. Nas demais regiões esses sistemas causaram apenas nebulosidade. No dia 30, o último sistema frontal atuou no sul do país e teve um rápido deslocamento pelo litoral, encontrando-se no dia 31 em Cabo Frio-RJ. Pelo interior atingiu as localidades de Palmas e Guaira-PR. Esse sistema causou chuvas fracas e nebulosidade durante sua trajetória.

Agosto - No dia 2, a primeira frente fria teve um deslocamento pelo litoral das Regiões Sul e Sudeste. Esse sistema se enfraqueceu no dia 4 em Campos-RJ. No litoral dessas regiões ocorreram nebulosidade e chuvas fracas.

Outubro - No decorrer do dia 21 observou-se o deslocamento de um vórtice ciclônico pelo oceano. Este sistema reorganizou-se no dia 22 próximo ao litoral do Rio de Janeiro. A partir do dia 23 até o dia 31, o quinto sistema frontal permaneceu semi-estacionário, oscilando entre o litoral dos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. Este sistema deu origem à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Com a permanência deste sistema sobre a Região Nordeste ocorreram chuvas em quase toda a região e, em alguns locais isolados os valores ultrapassaram a 100 mm. No dia 25 houve registro de 85 mm em Paulistano (PI) e 113 mm em Irecê-BA.

6.1.3. Condições de transporte em grande escala e em mesoescala

Por recomendação da Organização Meteorológica Mundial, todas as usinas nucleares devem produzir e difundir conhecimento sobre as formas de transporte de radionuclídeos na atmosfera em condições ótimas de funcionamento.

A atmosfera está em constante movimento, sendo os ventos gerados por processos em diversas escalas, desde a escala das brisas locais até circulações em escala sinótica,

hemisférica e global. Pela maior dependência das características da fisiografia local, os transportes dentro da camada limite são controlados fortemente pelas menores escalas. Isto não impede, contudo, que gases e aerossóis sejam advectados pelos ventos nos baixos níveis até distâncias significativas.

A presença de sistemas de pressão que produzam movimentos subsidentes mantém os poluentes em níveis próximos da superfície e as barreiras topográficas passam a ser muito importantes na condução desses poluentes na atmosfera, principalmente na região de Itaorna onde está localizada a CNAAA. Contudo as correntes ascendentes, características das térmicas produzidas pelo aquecimento diurno nos continentes, bem como as nuvens cúmulos, tanto isoladas quanto associadas a sistemas organizados, como as frentes frias e os sistemas convectivos, são capazes de levar os poluentes desde a sua origem, rompendo a barreira da camada limite e colocando-os rapidamente em níveis elevados dentro da chamada atmosfera livre. Alcançando tais níveis mais altos dentro da troposfera, os poluentes são mais facilmente levados pelos ventos que aí são mais fortes, afastando este material particulado e os gases radioativos para longe da sua origem.

Há ainda a possibilidade de elevação dos radionuclídeos para os níveis troposféricos com ventos mais fortes no caso de uma explosão.

6.1.3.1. Climatologia do transporte atmosférico em escala regional

Como ponto de partida para qualquer estudo atmosférico está a climatologia, que vem a ser a descrição pormenorizada do comportamento atmosférico mais persistente ao longo dos anos, embora faça parte da moderna climatologia, não só a construção de padrões de comportamento das variáveis atmosféricas, mas também a determinação das flutuações ou anomalias e até mesmo das características dos eventos considerados extremos, à luz dos padrões básicos.

No presente diagnóstico foi dada atenção aos padrões climatológicos da atmosfera, tendo como centro a região de Angra dos Reis, onde está a CNAAA e, em especial, onde será construída a Unidade 3 (Angra 3).

É mais comum a apresentação dos padrões climatológicos com base nas análises de grande escala e isto é válido na medida que o controle das escalas maiores se impõe às escalas regionais e locais. Contudo é muito útil que este estudo inclua a forma como as circulações locais, inclusive dentro de camada limite atmosférica são afetadas pela grande escala, uma vez que este comportamento local e regional será sentido primeiro pelas populações vizinhas à Central Nuclear.

Há duas maneiras de se produzir este tipo de análise climatológica que contemple um detalhamento regional:

- combinar com a climatologia de grande escala as observações obtidas na região de interesse, dentro de raios de ação que vão desde alguns quilômetros até dezenas e centenas de quilômetros.

- combinar as diversas escalas envolvidas através da modelagem numérica da atmosfera.

Para este último caso foram usados os modelos RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System, produzido pela Colorado State University*) e MM5 (*Mesoscale Model versão 5, produzido pela Pennsylvania State University em colaboração com o NCAR – National Center for Atmospheric Research*), modelos plenamente conceituados junto a órgãos ambientais como a EPA (*Environmental Protection Agency*) americana, entre outros. Estes modelos são capazes de capturar as características da fisiografia local, que são fatores de forçamento na escala regional, combinando tais características locais com o outro forçamento relevante que é a circulação climatológica de grande escala.

Esta técnica que combina a informação climatológica de grande escala com os fatores controladores locais e regionais, é relativamente recente. Através desta técnica, um modelo regional devidamente calibrado às condicionantes locais como a topografia, a cobertura vegetal e a temperatura da água do mar, todas em alta resolução espacial, é forçado através de relaxação Newtoniana em direção aos dados climatológicos da pressão, temperatura, umidade e ventos, isto é, em parte o modelo responde aos forçamentos da grande escala e em parte reage aos forçamentos locais. Estes modelos regionais têm como grande trunfo as suas excelentes parametrizações, capazes de representar realisticamente os processos de radiação de onda curta e de onda longa, as trocas térmicas que ocorrem na superfície e as interações da circulação atmosférica com a rugosidade do terreno.

6.1.3.2. Transportes atmosféricos e trajetórias cinemáticas

Muitos dos poluentes antropogênicos emitidos para a atmosfera podem ser transportados para grandes distâncias e assim afetar tanto os ecossistemas quanto a saúde humana sobre um vasto território – até milhares de quilômetros afastados da fonte da poluição. Os radionuclídeos podem ser liberados para o ar na forma de gases ou aerossóis, sendo também transportados pelas circulações atmosféricas.

O pesquisador Saulo Freitas e colaboradores do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo desenvolveram um modelo de trajetórias cinemáticas (FREITAS *et al.*, 2000) para ser acoplado ao modelo atmosférico RAMS. Este modelo de trajetórias foi testado com sucesso para as condições brasileiras (LONGO *et al.*, 1999) demonstrando enorme habilidade na descrição dos deslocamentos Lagrangeanos dos poluentes na atmosfera.

Considerando que os dados do movimento atmosférico gerado pelo modelo RAMS são reportados em três dimensões, sendo a coordenada vertical uma coordenada sigma, que segue as variações topográficas do terreno, as trajetórias cinemáticas da técnica de FREITAS *et al.* (2000) são capazes de identificar realisticamente os trajetos seguidos por gases ou partículas transportados pelo ar, dada uma condição diagnóstica ou prognóstica do comportamento atmosférico. Na presente climatologia do transporte atmosférico, são

simuladas situações em que radionuclídeos emanem acidentalmente da Unidade 3 da CNAAA em cinco diferentes horários do dia e para as quatro estações do ano.

As simulações das trajetórias à zero, às 6, às 9, às 12 e às 15 horas locais tiveram por objetivo avaliar as diferentes direções tomadas pelo vento acompanhando o ciclo diurno do aquecimento continental que certamente influi sobre a circulação local e regional centrada em Angra dos Reis.

O modelo RAMS aqui utilizado foi integrado em uma grade com resolução horizontal de 40 km e resolução vertical variando pouco a pouco desde 50 metros nas camadas mais baixas até 1200 metros na média e alta troposfera.

No modelo de trajetórias são feitas simulações a 10, 50 e 100 metros, referentes à camada limite, e ainda a 1500, 3000, 5500 e 9000 metros, referentes à atmosfera livre. Inicialmente é feita uma comparação entre o comportamento do verão e do inverno (Figura 67 a Figura 71), sendo em seguida avaliado também o comportamento dos transportes atmosféricos no outono e na primavera (Figura 72 a Figura 76). À zero hora (00:00) local (Figura 67, referente às 3 UTC), observa-se que as 3 trajetórias da camada limite seguem para sul ao longo da costa (os pontos ao longo das trajetórias delimitam períodos de 24 horas de integração).

As trajetórias da atmosfera livre tendem a se afastar do continente dirigindo-se para o Oceano Atlântico, sendo que no verão a trajetória de 9000 m se dirige para o litoral norte e ascende acima dos 10000 m. Observando o padrão de cores que representa a altura simulada das parcelas, vê-se que as trajetórias emanadas dos níveis mais baixos ascendem algumas centenas de metros (cores de tons esverdeados), mas voltam a descer ou subsidir no segundo ou no terceiro dia (cores azuladas).

Às 6 horas locais no verão (Figura 68 (a)) é quando as trajetórias mais se afastam do continente. No inverno, às 6 e às 9 horas locais (Figura 68 (b) e Figura 69 (b)), todas as trajetórias são totalmente voltadas para o mar.

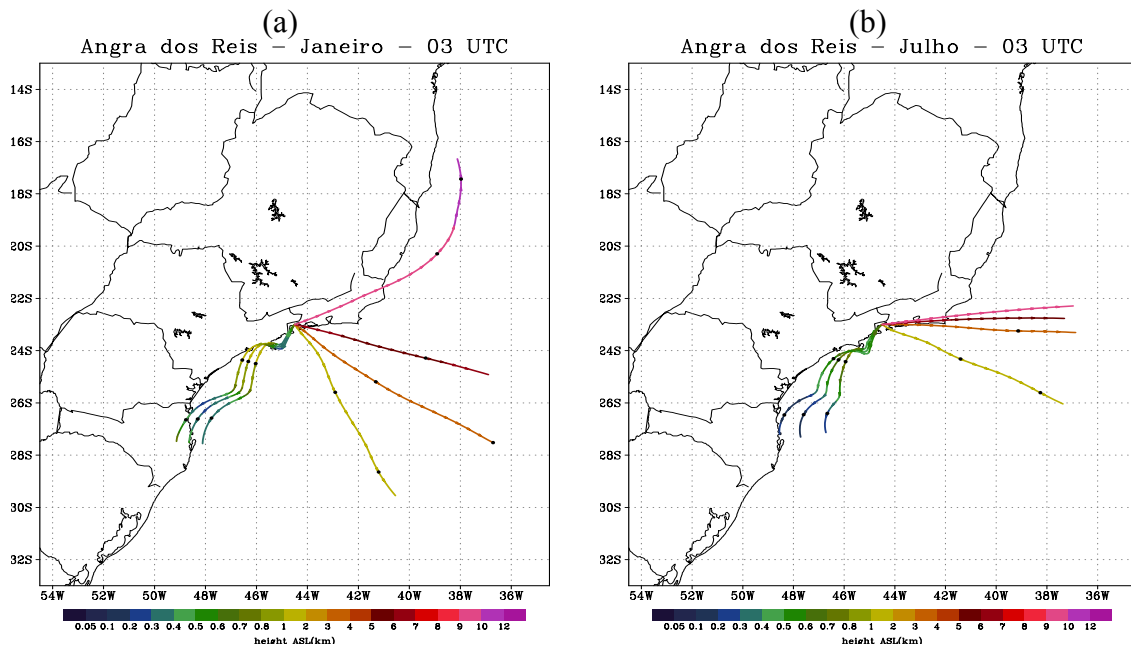


Figura 67 – Trajetórias às 3 UTC, correspondendo a 00:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

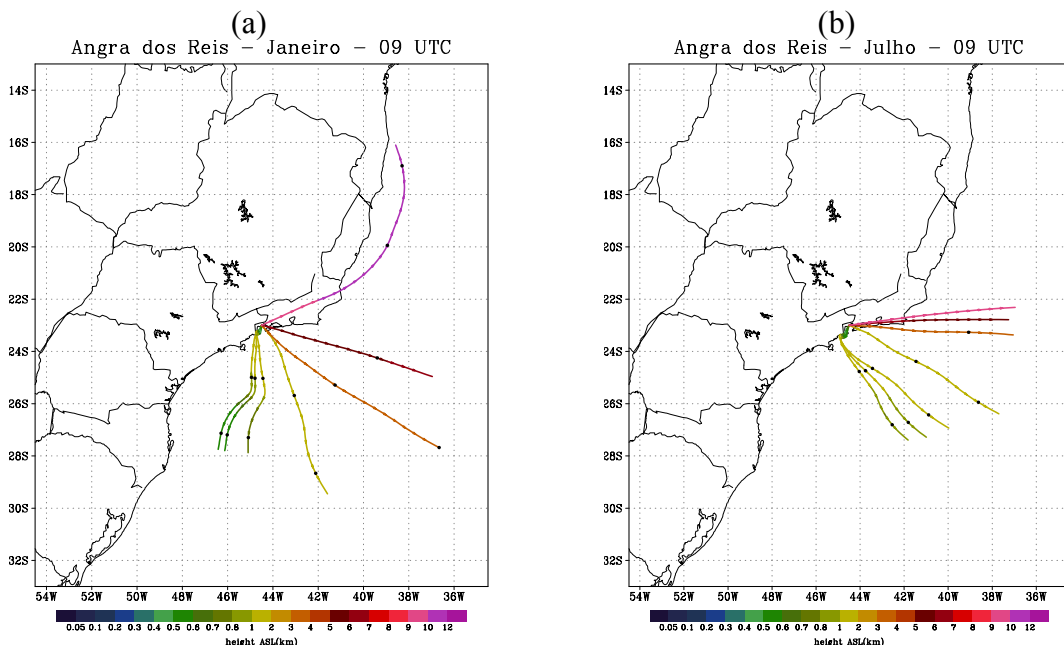


Figura 68 – Trajetórias às 9 UTC, correspondendo a 06:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

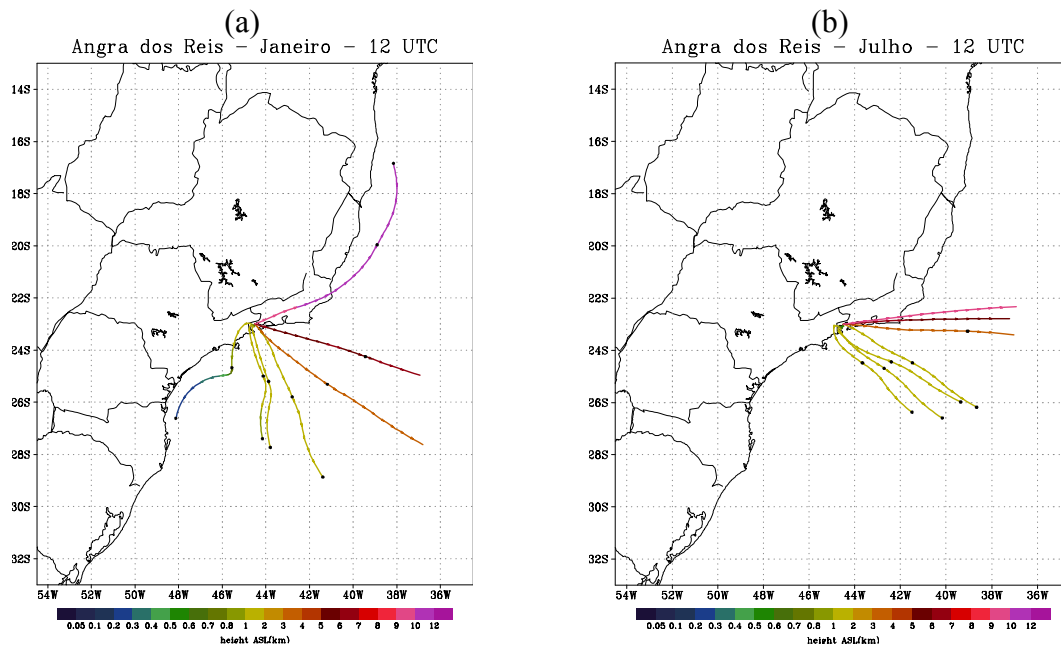


Figura 69 – Trajetórias às 12 UTC, correspondendo a 09:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

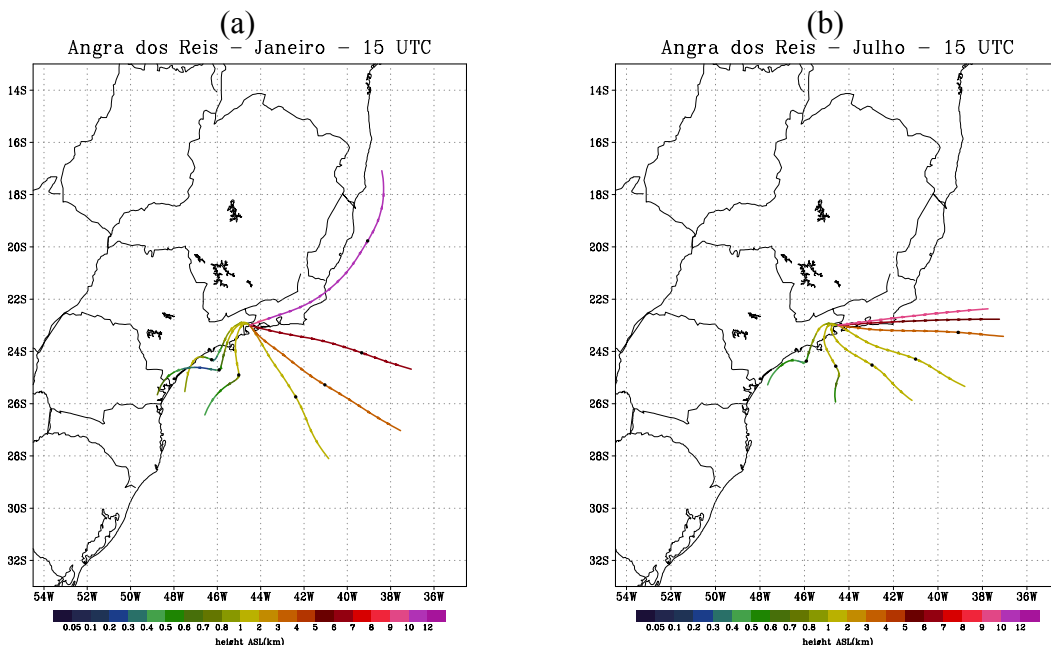


Figura 70 – Trajetórias às 15 UTC, correspondendo a 12:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

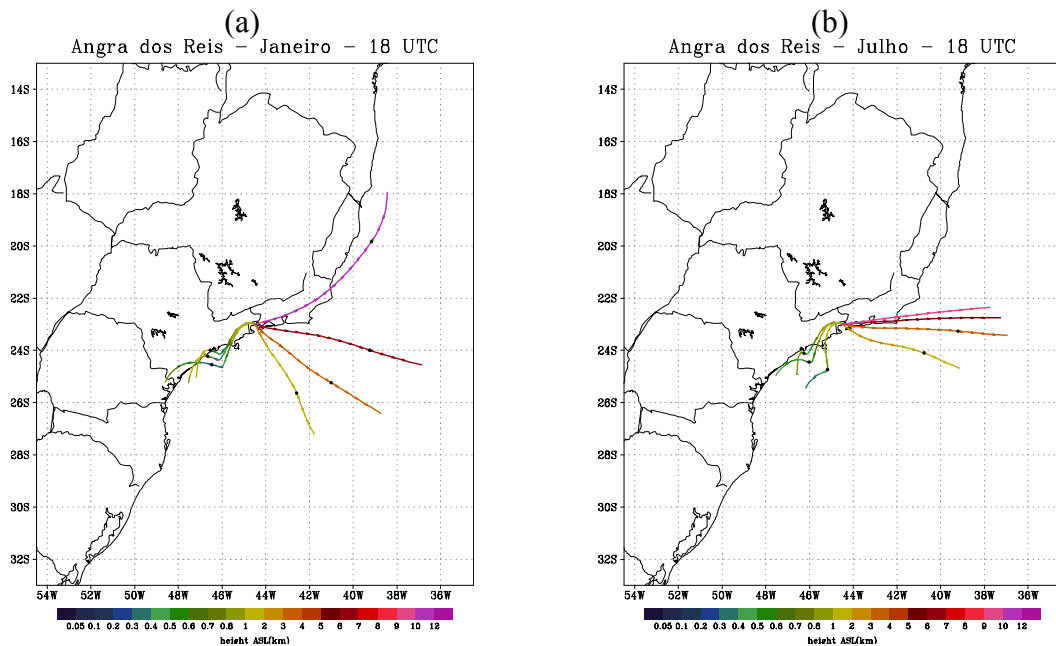


Figura 71 – Trajetórias às 18 UTC, correspondendo a 15:00 (hora local), para os meses de (a) janeiro e (b) julho.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

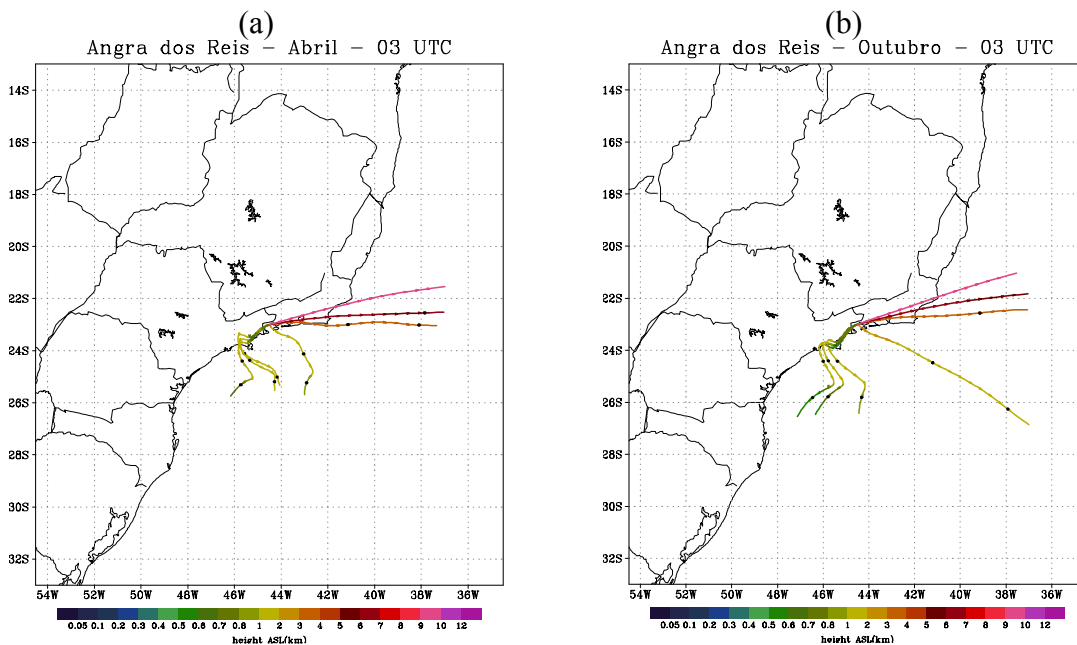


Figura 72 – Trajetórias às 3 UTC, correspondendo a 00:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

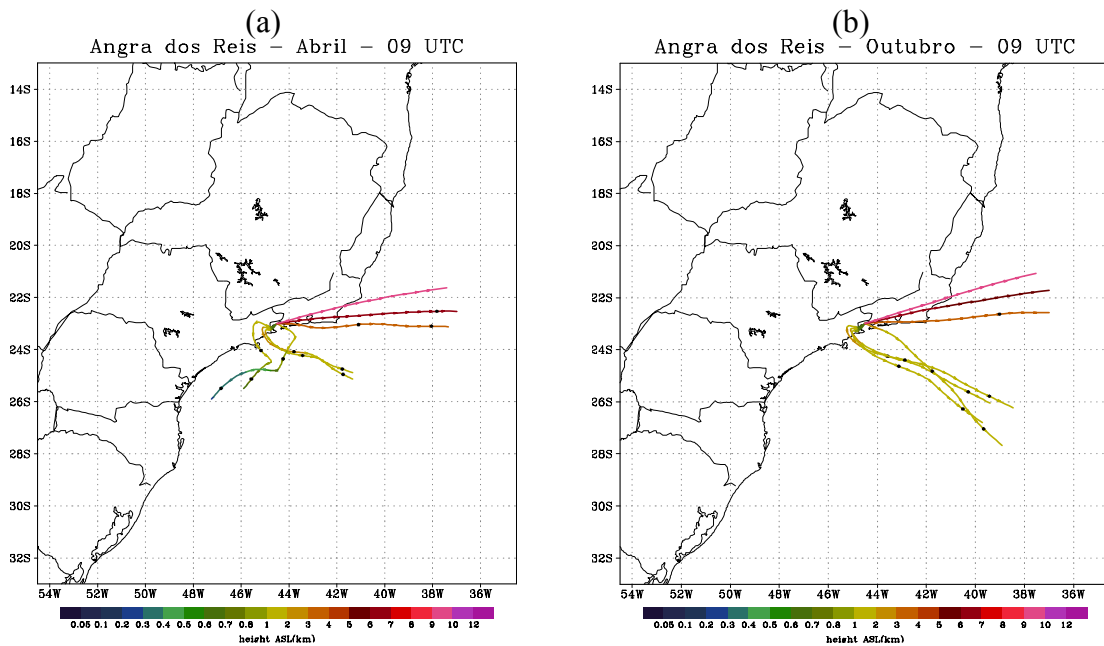


Figura 73 – Trajetórias às 9 UTC, correspondendo a 06:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

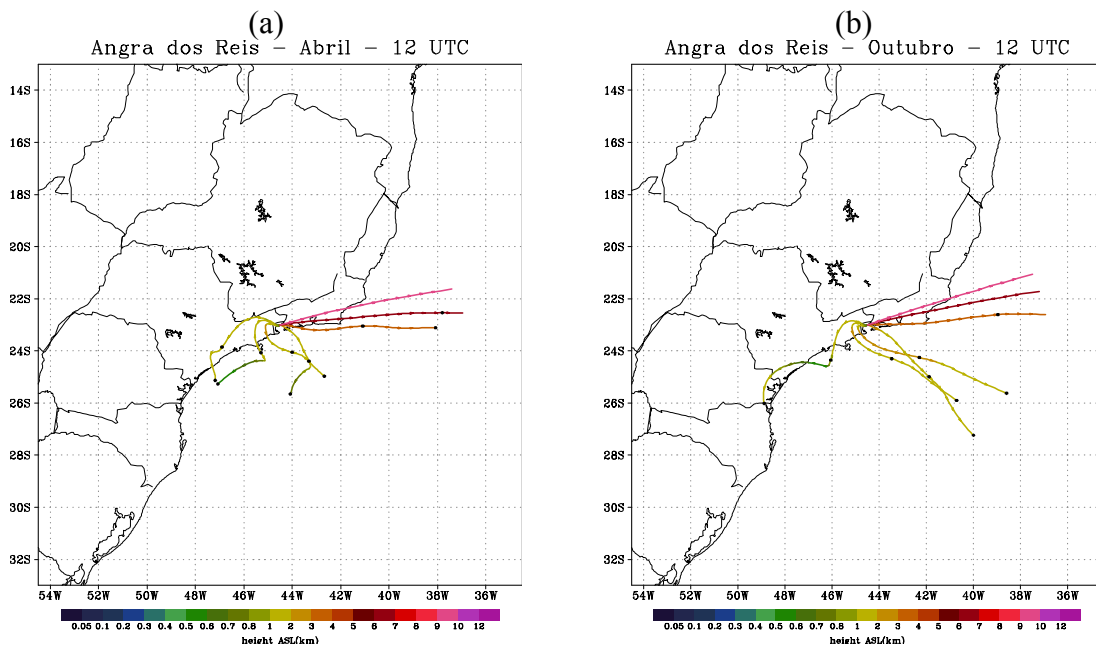


Figura 74 – Trajetórias às 12 UTC, correspondendo a 09:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

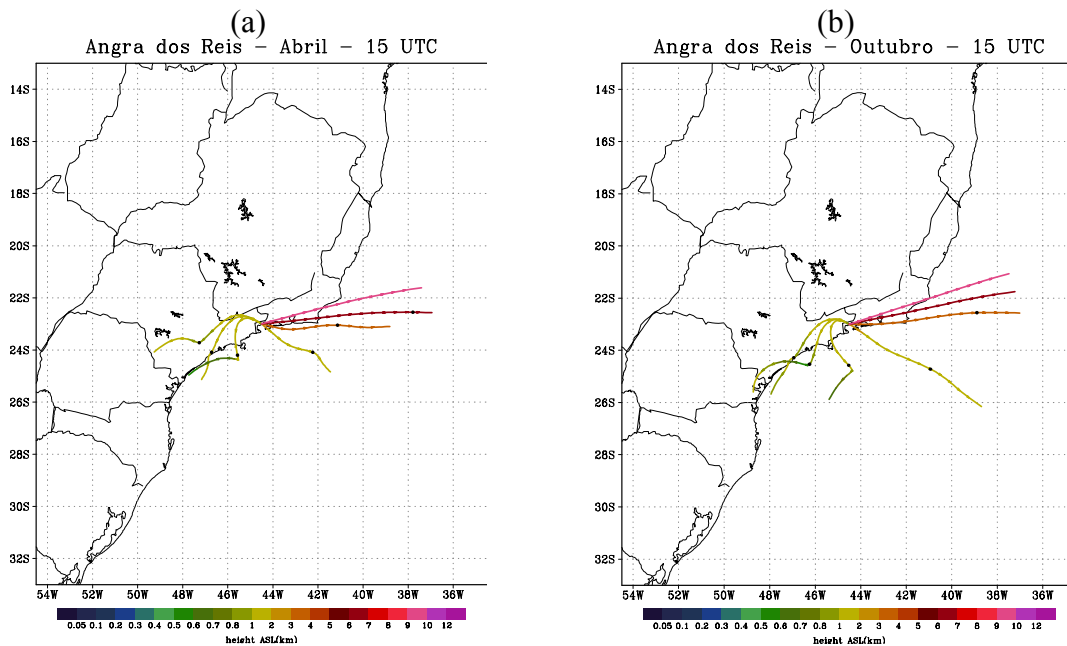


Figura 75 – Trajetórias às 15 UTC, correspondendo a 12:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

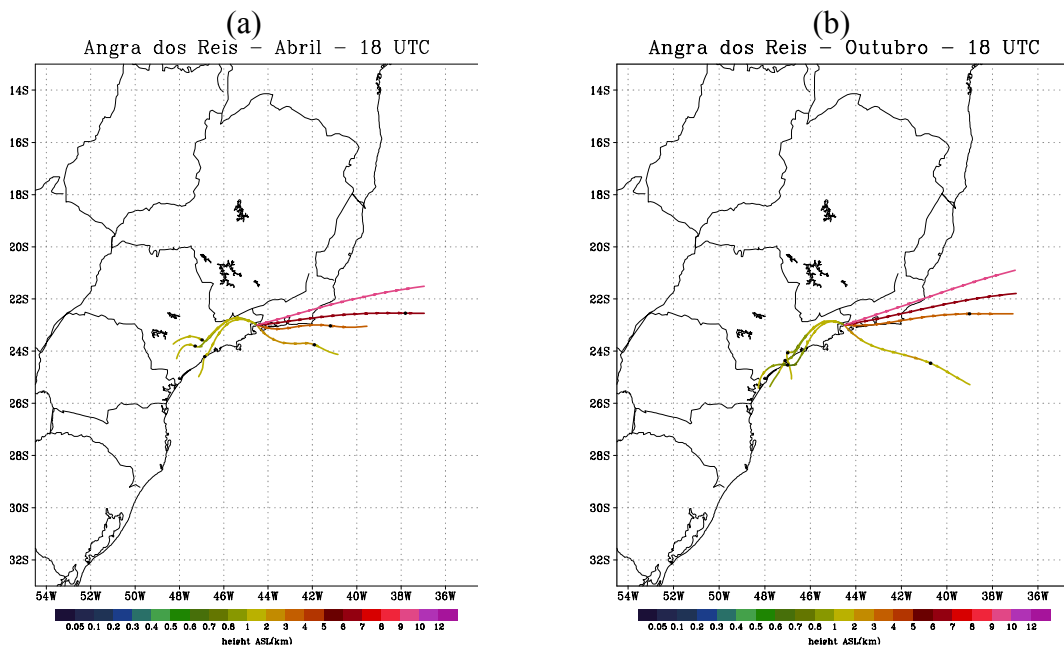


Figura 76 – Trajetórias às 18 UTC, correspondendo a 15:00 (hora local), para os meses de (a) abril e (b) outubro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Deve-se chamar atenção para os processos atmosféricos que impedem a dispersão para o mar, o que ocorre tipicamente nas horas mais quentes do dia, até porque estas trajetórias baixas avançam pelo litoral ao sul de Angra dos Reis, podendo, portanto, afetar as populações que aí vivem, num eventual episódio de emissão de radionuclídeos da CNAEA. Estas trajetórias baixas devem ser afetadas pela circulação do anticiclone subtropical do Atlântico sul, pelas brisas vespertinas, que a cada 24 horas trariam radionuclídeos para próximo do continente e ainda pelas barreiras topográficas que caracterizam grandes porções do litoral das regiões sudeste e sul do Brasil.

As figuras que se referem-se ao outono e à primavera (Figura 72 a Figura 76) e apresentam algumas situações em que as trajetórias referentes às emissões vespertinas avançam bastante para o continente nos estados de São Paulo e Paraná.

6.1.3.3. Simulações numéricas do clima regional em mesoescala

A seguir o modelo atmosférico de mesoescala MM5 é usado para a construção de uma climatologia local e regional de interesse na região da CNAEA e circunvizinhas. Esta técnica de *downscaling* climático consistiu de integrações seqüenciais do modelo numérico simultaneamente em 3 grades com resoluções de 27 km, 9 km e 3 km.

A grade de 27 km tem por objetivo assimilar as informações da meteorologia provenientes da grande escala. Esta grade, compatível com a escala meso- α da classificação de escalas de Orlandi (ORLANDI, 1975), então transfere as informações atmosféricas para a grade de 9 km, cuja escala é compatível com a escala meso- β . Neste caso são atendidos os raios de segurança da ordem de até 150 km centrados em Angra 3 e que incluem grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro, as cidades ao longo do Vale do rio Paraíba do Sul e as populações do litoral norte do estado de São Paulo e do litoral sul do estado do Rio de Janeiro.

Esta técnica de aninhamento de grades do modelo atmosférico transfere em seguida as informações para a grade de alta resolução de 3 km, compatível com a escala meso- γ de Orlandi. Os raios de influência da Angra 3 atendidos por esta grade são os de 3, 5, 10 e 15 quilômetros. Cabe notar que um dos grandes trunfos destas grades de alta resolução é que as suas condições de contorno são também de alta resolução, da ordem de 1 km. Portanto a topografia, a cobertura vegetal do terreno e a temperatura da água do mar são bastante detalhados no modelo, permitindo que o mesmo se ajuste a estes fatores fisiográficos tão importantes na caracterização do clima local e regional.

Foram procedidas integrações seqüenciais do modelo por 30 dias, usando-se os dados de re-análises do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) americano, e que foram cedidos pelo Departamento de Meteorologia da UFRJ, fazendo parte do seu Banco de Dados Meteorológicos. As análises aqui apresentadas referem-se a janeiro de 2001 e a julho de 2000 e procuram trazer o maior detalhamento possível quanto ao vento e à altura da camada limite planetária no verão e no inverno.

As análises a seguir (Figura 77 e Figura 78) mostram o comportamento dos ventos em todos os níveis da troposfera. As ordenadas representam os níveis sigma do modelo MM5 e devem ser interpretadas do seguinte modo: o nível sigma de 0,85 corresponde aproximadamente a 850 mb ou cerca de 1500 metros de altura da superfície, 0,7 corresponde a 700 mb ou cerca de 3000 metros, 0,5 a 500 mb ou 5500 m e assim por diante. O topo do modelo foi, portanto, posicionado um pouco acima dos 100 mb, que corresponde a aproximadamente 12 km, estando portanto já na baixa estratosfera. As abscissas das figuras são as seqüências temporais para janeiro e para julho.

No corpo das figuras, cada seta representa o vento quanto a sua direção e sua intensidade. A direção do vento é indicada imaginando-se um plano horizontal, isto é, setas apontando para a direita são ventos fluindo de oeste para leste, setas apontando para cima são ventos fluindo de sul para norte, e assim por diante. A intensidade dos ventos pode ser inferida tanto pelo tamanho das setas quanto pela sua cor, conforme o padrão de cores no sopé das figuras, com a unidade sendo metros por segundo.

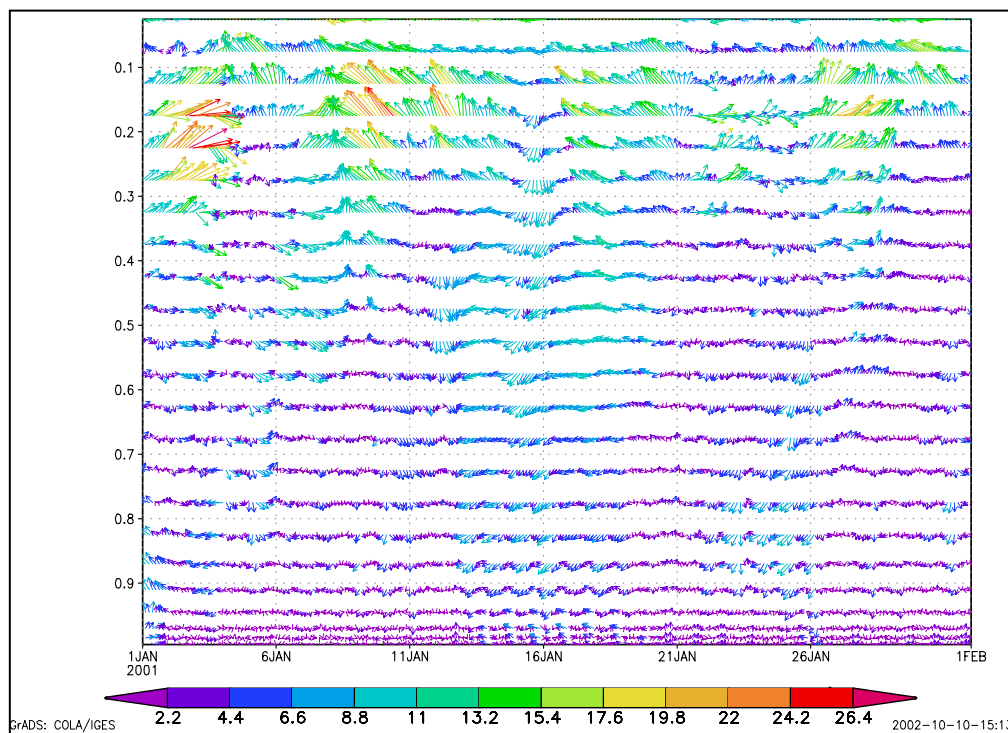


Figura 77 – Evolução temporal dos ventos troposféricos sobre Angra dos Reis (jan/2001).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

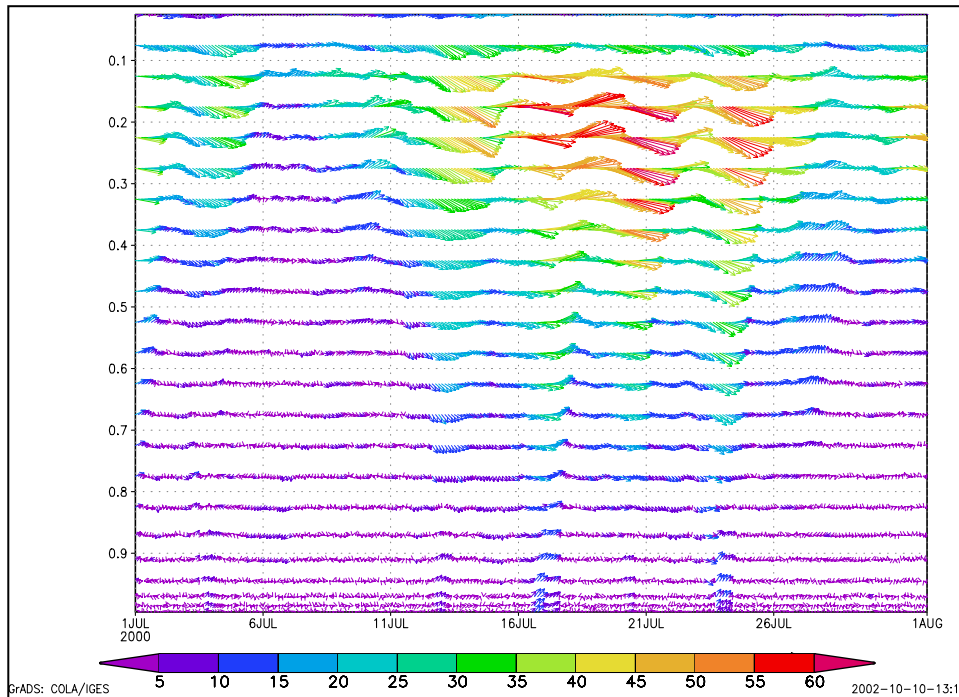


Figura 78 – Evolução temporal dos ventos troposféricos sobre Angra dos Reis (jul/2000).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Algumas características dos ventos da alta troposfera ressaltam nas análises anteriores (Figura 77 e Figura 78). Entre elas pode-se destacar a marcante maior intensidade no inverno e sua forte tendência em seguir de oeste para leste (ou vento zonal), caracterizando as correntes de jato.

No verão a região de Angra dos Reis fica embebida no padrão de circulação tropical e os ventos da alta troposfera apresentam inúmeros episódios que fogem ao padrão zonal, isto é, ventos com componente significativa de sul e de norte podem ocorrer. No inverno, contudo, os fortes ventos com componente essencialmente de oeste para leste indicam a regência do padrão de circulação das latitudes médias.

Um outro fator que realça na análise dessas análises é a conexão entre as diversas camadas atmosféricas em eventos de passagem de frentes frias no inverno (Figura 78). A chegada de frentes frias à região de Angra dos Reis, indicada pela marcante perturbação dos ventos da baixa troposfera, é acompanhada por perturbações ao longo de todos os níveis, intensificando muito os ventos na alta troposfera. Esta conexão é determinada pelo conceito dinâmico de vento térmico, isto é, as bruscas variações no campo da temperatura próximo da superfície, que caracterizam a chegada de uma frente fria, induzem acelerações nos ventos de oeste em todos os níveis da atmosfera.

Este conceito dinâmico é essencialmente baroclínico, isto é, o aumento da energia cinética dos ventos decorre da intensificação do gradiente térmico na passagem de uma frente

fria. Este é um padrão típico das latitudes médias, mas que avança sobre a região litorânea do estado do Rio de Janeiro no inverno.

No verão (Figura 77) esta região segue o padrão barotrópico, característico da faixa tropical, o qual não possui processos eficientes de acoplamento entre as camadas da troposfera, pelo menos entre a baixa e a alta troposfera e a conexão vertical entre os padrões de vento não é tão evidente.

A situação geográfica de Itaorna, onde está localizada a CNAAA, confere algumas interessantes características climáticas. O padrão climático é subtropical, mas as flutuações da temperatura no inverno e os eventos mais significativos de precipitação no verão se devem à aproximação de frentes frias provenientes das latitudes temperadas do hemisfério sul. Sendo uma região costeira, está freqüentemente sob a égide do grande anticiclone subtropical do Atlântico Sul, cuja borda sudoeste afeta a região com pressões normalmente acima dos 1013 mb, mas apresenta também eventos de aumento substancial desses valores médios quando, após a passagem de uma frente fria, predominam as massas frias com altas pressões provenientes da região Antártica.

Nestes eventos a pressão alcança ou supera os 1018 mb no verão e mesmo os 1024 mb no inverno. A questão é que estes eventos de pressões atmosféricas elevadas comprimem a camada limite planetária, reduzindo o volume de diluição dos poluentes e impondo aos ventos seguirem trajetórias muito baixas.

O mês de janeiro de 2001 foi atípico quanto às precipitações em Itaorna, com as chuvas acumulando mais de 100 mm apenas nos primeiros cinco dias do mês, conforme a Figura 79. Esta figura sugere que a pressão relativamente alta e a temperatura relativamente baixa neste início do mês estão associadas à entrada de uma frente fria. Contudo outro evento frontal em torno do dia 14 não trouxe chuvas à região.

A Figura 80 refere-se ao mês de julho de 2000, com o qual se procurou exemplificar o clima de inverno. A correlação oposta ou negativa entre a pressão e a temperatura é mais uma vez evidente: os eventos de precipitação acumularam baixos índices de chuva, como é típico do inverno, mas ocorreram na entrada das frentes frias. Isto é evidenciado na Figura 80, pelo concomitante aumento da pressão barométrica e queda da temperatura, característica das massas de ar pós-frontais.

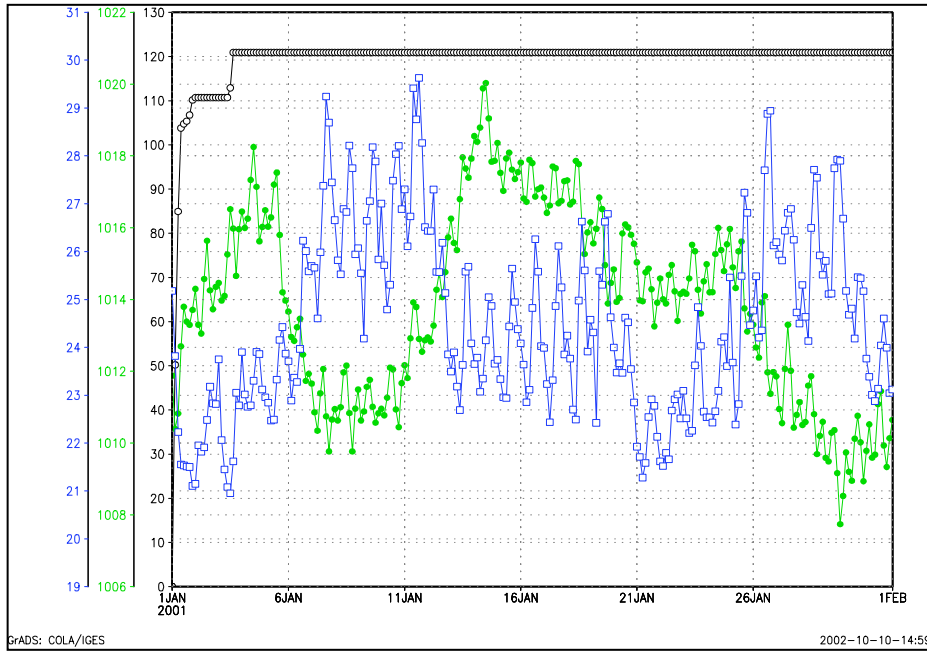


Figura 79 – Evolução temporal da temperatura a 2 m, da pressão ao nível médio do mar e da precipitação (jan/2001).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

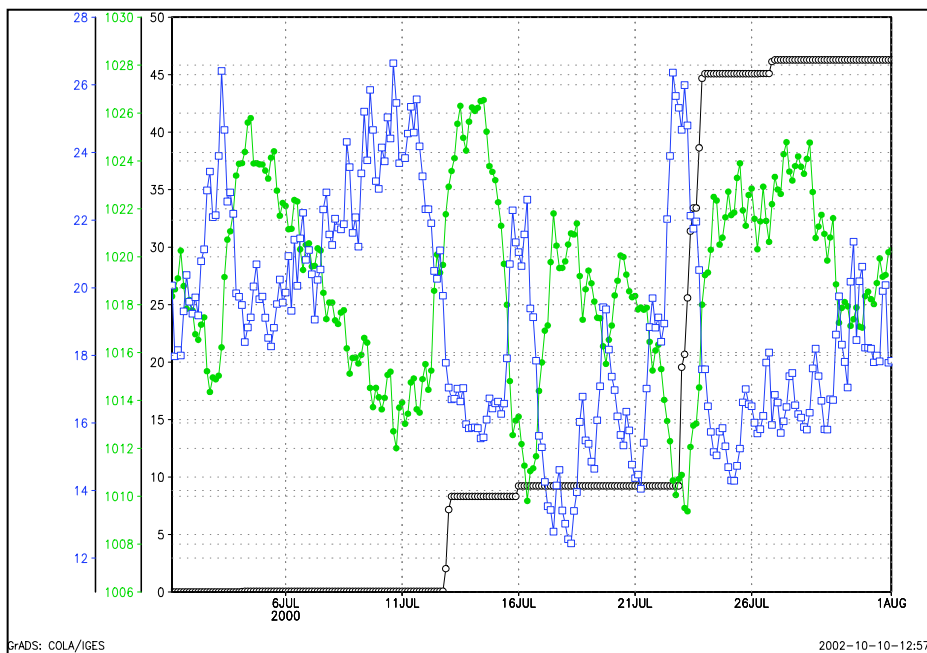


Figura 80 – Evolução temporal da temperatura a 2 m, da pressão ao nível médio do mar e da precipitação (jul/2000).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

É muito importante, na análise de riscos de eventuais acidentes com lançamento de radionuclídeos para a atmosfera, um acompanhamento da altura da camada limite planetária, uma vez que é dentro dessa camada que ocorrerão grande parte dos transportes desses radionuclídeos pelo ar, e é em seu volume que haverá também a eventual diluição dos mesmos.

A teoria sugere que o aquecimento da superfície produz o levantamento do topo da camada limite uma vez que os movimentos turbulentos são ativados pela liberação de calor sensível. Mas janeiro de 2001 foi atípico, não só pela baixa precipitação, mas também pela altura da camada limite ter se mantido constantemente baixa. A Figura 81 mostra a camada limite planetária alcançando alturas próximas de 500 m apenas em alguns dias em meados do mês de janeiro de 2001. Como não ocorreram eventos de precipitação exceto no início do mês, a camada limite esteve comprimida pela pressão atmosférica alta do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, e a frente fria que atingiu a região em torno do dia 12 provocou a turbulência que misturou a camada e levantou o seu topo.

No mês de julho de 2000 (Figura 82) alguns eventos também ligados à passagem de sistemas frontais produziram elevações significativas na altura da camada limite.

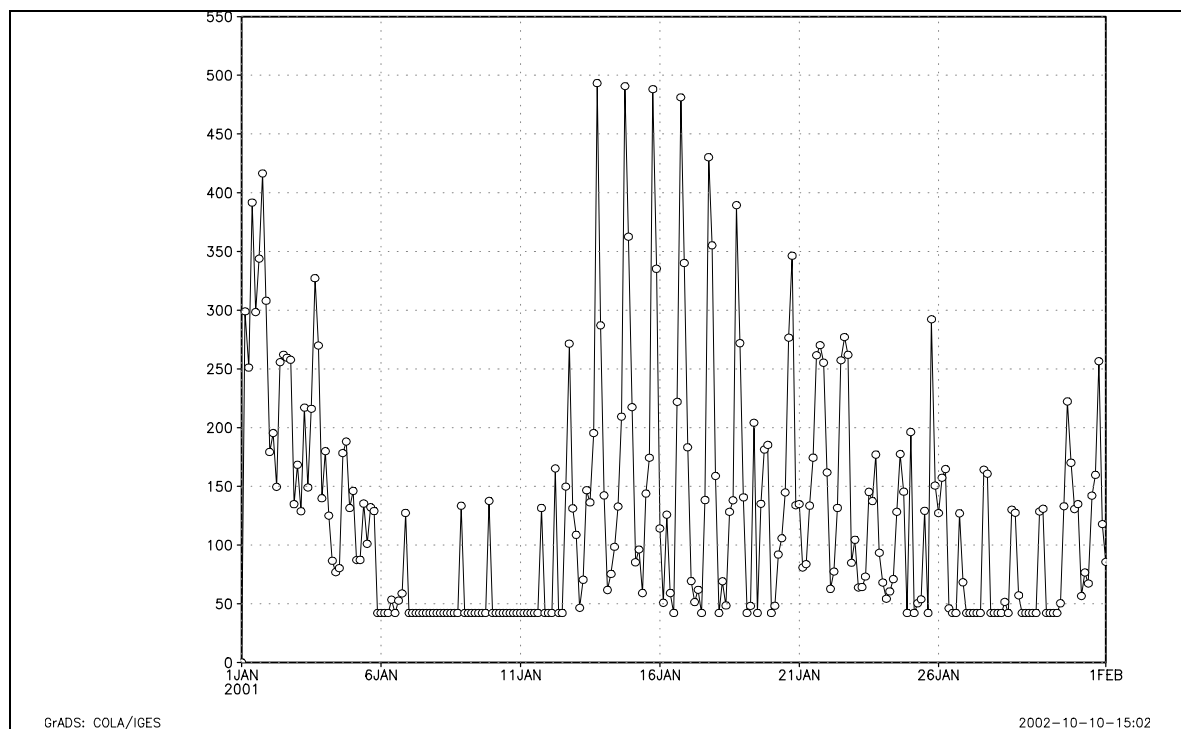


Figura 81 – Evolução temporal da altura da camada limite planetária em Itaorna (jan/2001).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

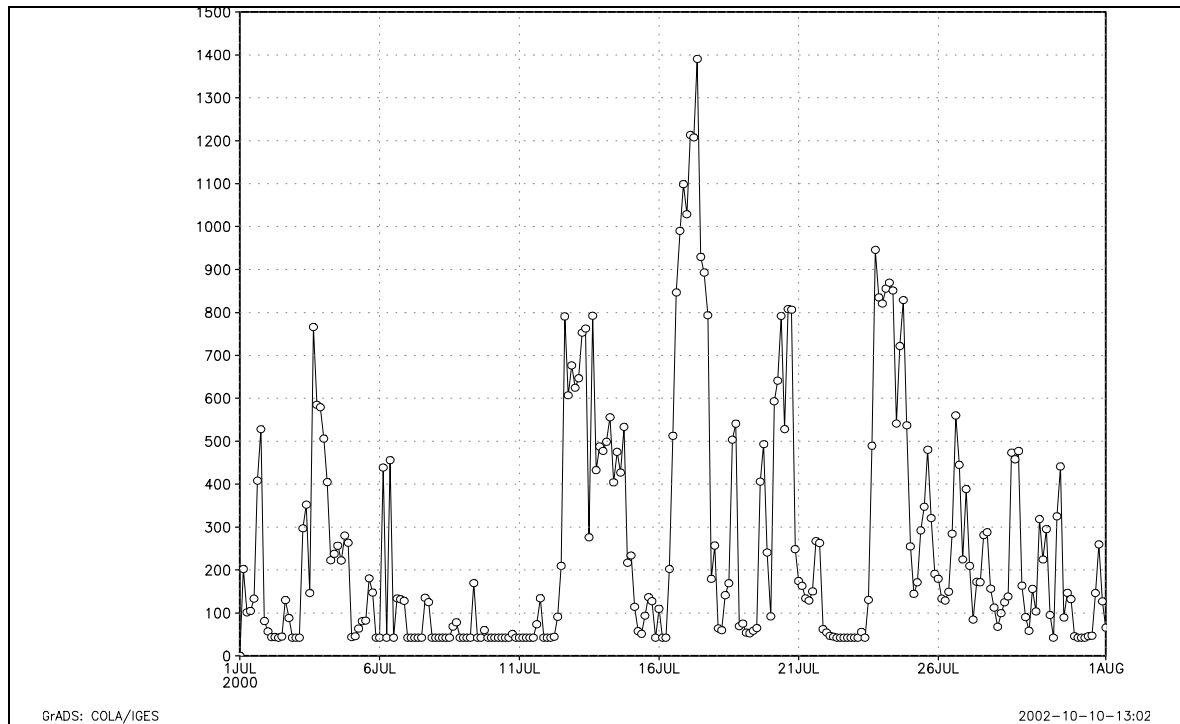


Figura 82 – Evolução temporal da altura da camada limite planetária em Itaorna (jul/2000).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Nas figuras a seguir (Figura 83 a Figura 86) são mostradas a distribuição espacial da altura da camada limite calculada pelo modelo de mesoescala MM5. Compara-se o comportamento dessa altura às 3 horas locais e às 15 horas locais, e em janeiro e em julho, representando o verão e o inverno.

Na Figura 83 e Figura 84, vê-se que durante a madrugada local, a altura da camada fica mais baixa no continente do que sobre o oceano, e que a região do entorno da CNAAA tende a apresentar alturas mais baixas que ao redor, especialmente no verão.

Na Figura 85 e Figura 86, referentes à tarde local, a camada limite é mais espessa no continente do que sobre o oceano, mas ainda assim a região da CNAAA tende a apresentar valores mais baixos que no seu entorno.

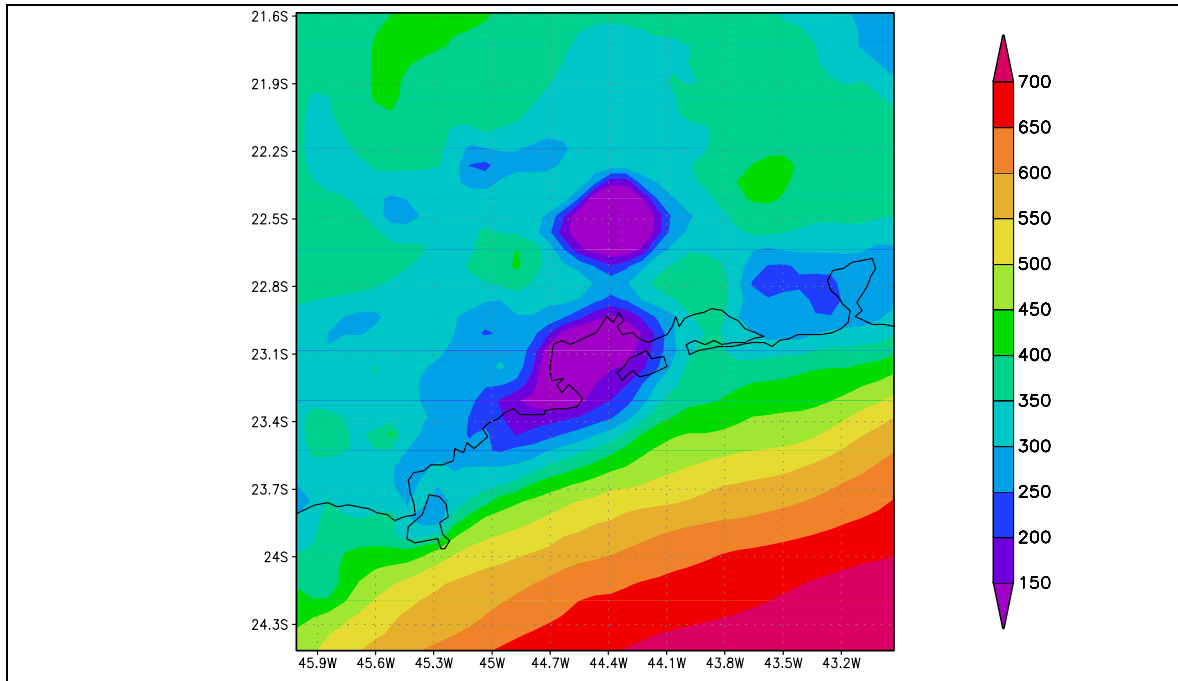


Figura 83 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 6 UTC (jan/2001).
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

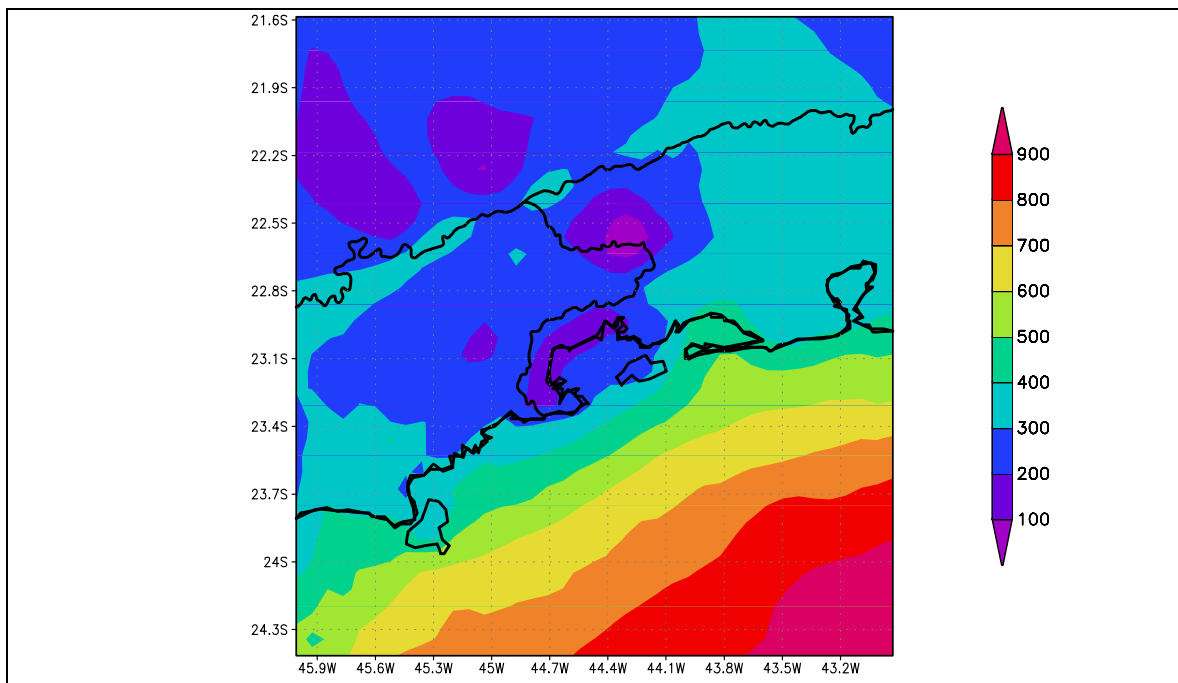


Figura 84 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 6 UTC (jul/2000).
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

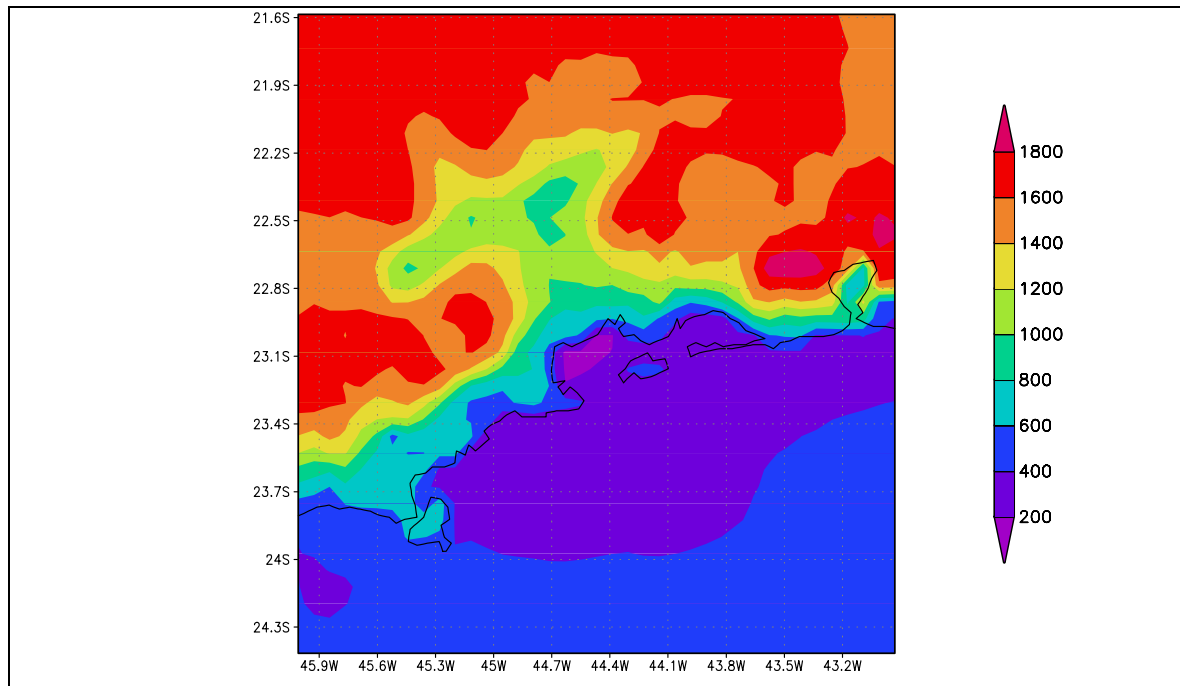


Figura 85 - Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 18 UTC (jan/2001).
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

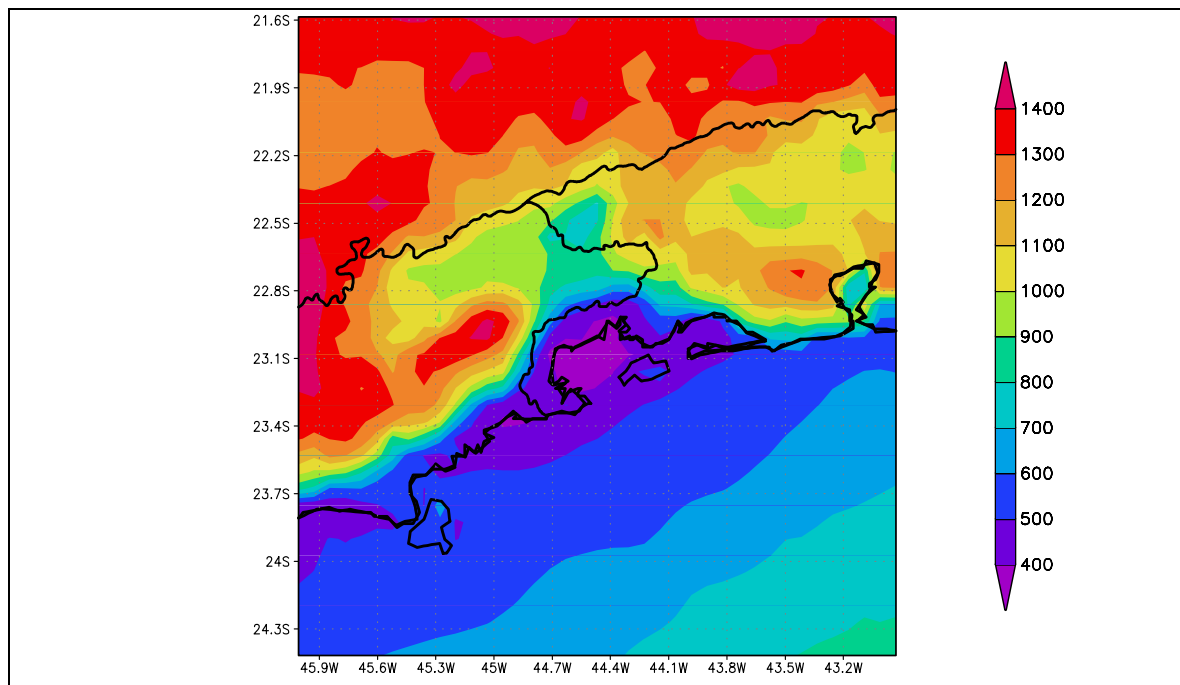


Figura 86 – Distribuição regional da altura da camada limite planetária às 18 UTC (jul/2000).
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

6.1.3.4. Estudo das trajetórias em cenários

Nos tópicos anteriores foi feita uma descrição das características climatológicas das trajetórias atmosféricas em torno do CNAAA. Dando prosseguimento a esta linha de abordagem, é a seguir apresentado um estudo das possíveis trajetórias dentro dos três cenários mais importantes das condições atmosféricas reinantes na região de interesse, no verão e no inverno.

As condições selecionadas para se constituírem nos cenários ora analisados foram:

- a) Predominância de uma massa de ar quente, característica de uma situação pré-frontal;
- b) Predominância de uma massa de ar frio, característica de uma situação pós-frontal;
- c) Passagem propriamente dita de um sistema frontal sobre a região.

As situações selecionadas referem-se à posição das frentes frias com relação à região de interesse nos meses de julho de 2000 e janeiro de 2001. Os períodos em que a frente fria estava ao sul de Angra dos Reis caracterizam o predomínio de massa de ar quente. Nas situações em que a frente fria estivesse ao norte desta região, considerou-se com sendo o predomínio de massa de ar frio. Finalmente quando a frente fria se localizou sobre a região das usinas, denominou-se este cenário como sendo de situação frontal.

As trajetórias das partículas foram construídas a partir de 5 níveis que são: 50, 300, 600, 1000 e 3000 metros. Os dois primeiros níveis se situam, dependendo da situação sinótica e da época do ano, dentro da camada limite planetária naquela região.

a) Massas de ar quente

As trajetórias mostradas nas figuras a seguir referem-se a uma situação pré-frontal, respectivamente na grande escala (Figura 87) e na mesoescala (Figura 88). Na grande escala, tanto em julho quanto em janeiro as trajetórias tendem a se deslocar para o mar. Já na mesoescala observou-se, em janeiro, influência sobre localidades litorâneas dentro da Baía da Ilha Grande. As trajetórias dos níveis mais baixos, especialmente a de 50 metros, são normalmente muito curtas, devido à combinação de dois fatores, ser a camada limite planetária muito baixa na região e ser a região envolvida por relevo acentuado muito próximo ao litoral.

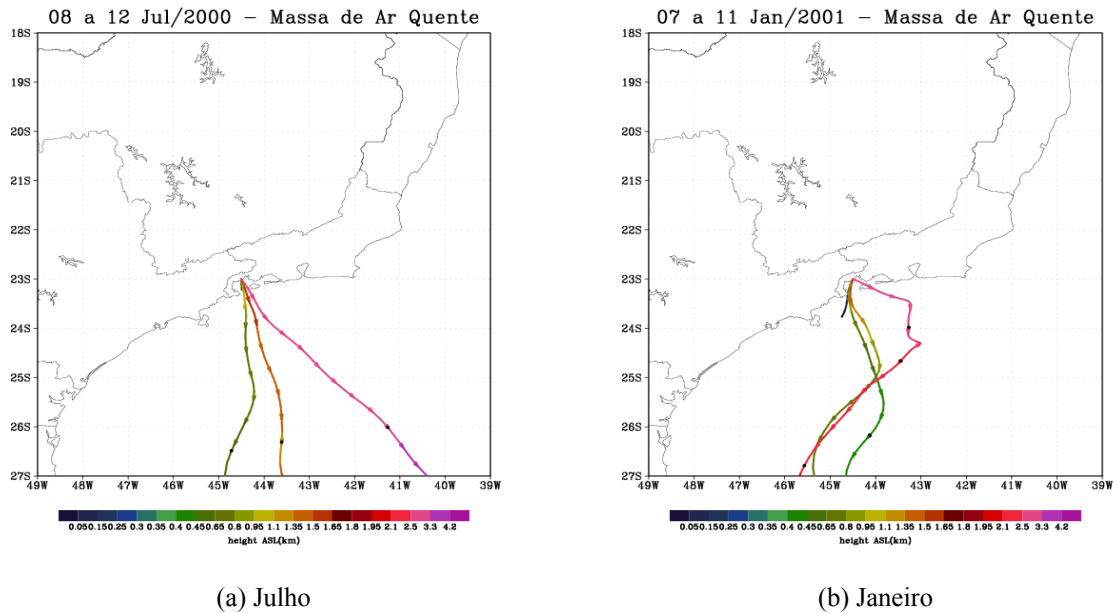


Figura 87 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pré-frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

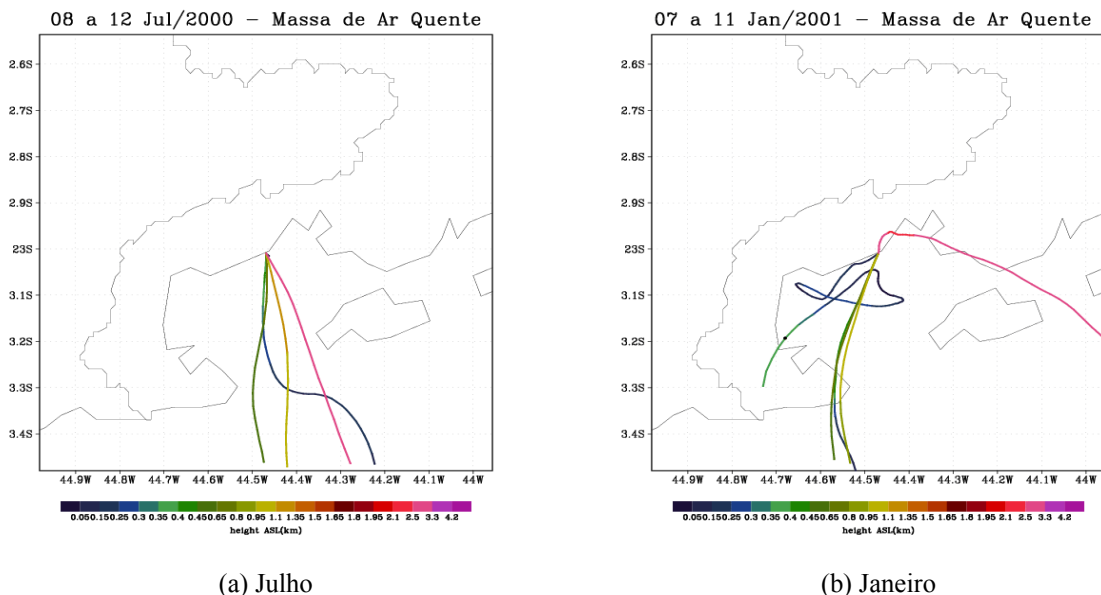


Figura 88 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pré-frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

b) Massas de ar frio

Quando a região de interesse está sob a ação de ar frio pós-frontal, as trajetórias mostram comportamento distinto entre o inverno e o verão. Em julho (Figura 89 (a) e Figura 90 (a)), as trajetórias iniciadas em níveis mais baixos tendem a se dirigir para o litoral sul, enquanto que as iniciadas em níveis mais altos se dirigem para o litoral norte. Além disso, algumas dessas trajetórias sofrem a influência do ciclo diurno da circulação local.

Em janeiro (Figura 89 (b) e Figura 90 (b)), todas as trajetórias indicam transporte para sul, neste cenário de predomínio de massa de ar pós-frontal. Estes resultados indicam a necessidade de um monitoramento contínuo e de uma previsão adequada dos escoamentos atmosféricos sobre a região de interesse. A tecnologia necessária a estas previsões foi desenvolvida e é utilizada em caráter de rotina no Laboratório de Prognósticos em Mesoescala (LPM) do Departamento de Meteorologia da UFRJ.

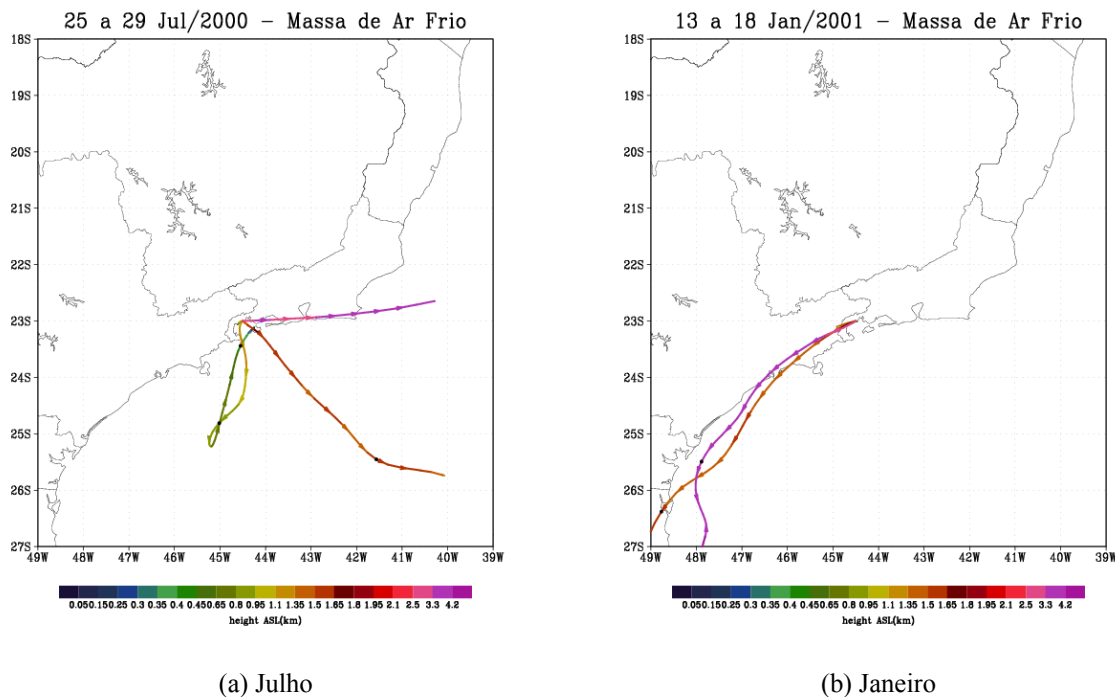


Figura 89 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pós-frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

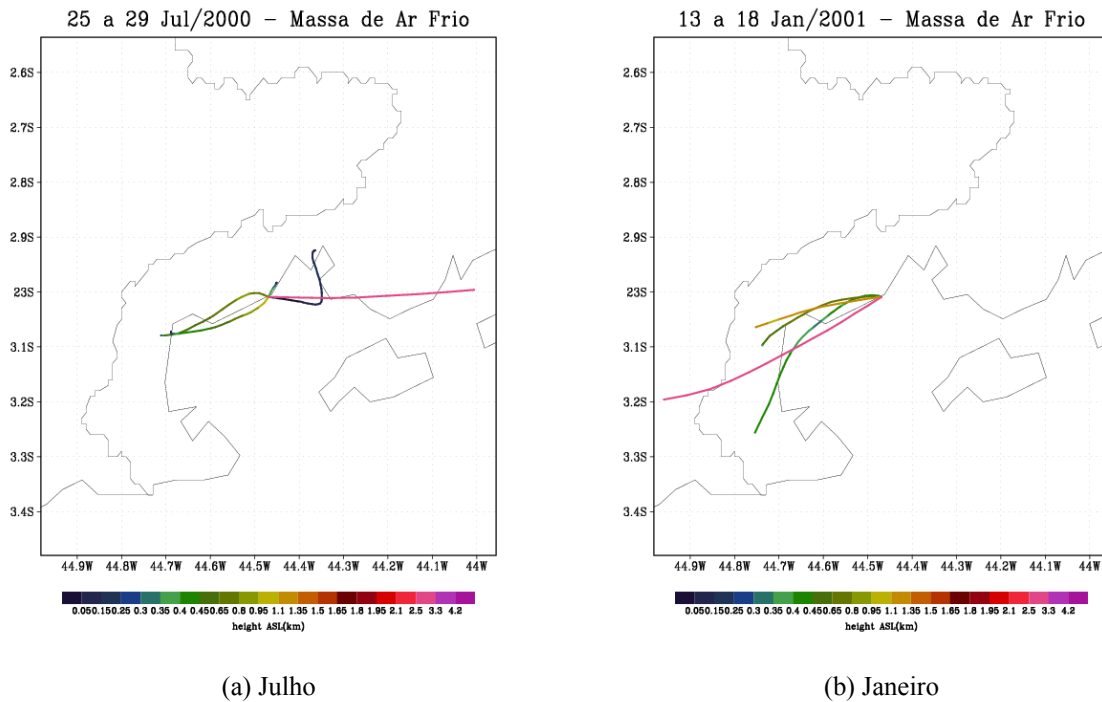


Figura 90 – Trajetórias correspondentes ao cenário da situação pós-frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

c) Sistemas frontais

No cenário relativo à presença de uma frente fria sobre a região de Angra dos Reis, é bastante distinto o comportamento entre o inverno e o verão. Em julho, as trajetórias tendem a se deslocar para o mar, embora haja influência em localidades litorâneas, especialmente para o sul no caso das trajetórias mais baixas (Figura 91 (a) e Figura 92 (a)).

No verão o escoamento atmosférico sob o efeito dos sistemas frontais tende a levar os poluentes para o interior do continente, transpondo inclusive a significativa barreira topográfica que circunda a região de Itaorna. Vê-se que mesmo em grande escala há reversões nas trajetórias (Figura 91 (b)), o que mostra a ação dos sistemas frontais sobre a circulação. Estes sistemas são constituídos de diversos cumulonimbos que agitam forte e caoticamente a atmosfera, fazendo com que as trajetórias apresentem meandros bastante complexos. Uma vez mais fica evidente que a dinâmica da atmosfera não pode ser abordada simplesmente com um tratamento climatológico com campos médios, mas é perceptível que a abordagem adequada precisa incluir a previsão dinâmica das circulações dentro da atmosfera.

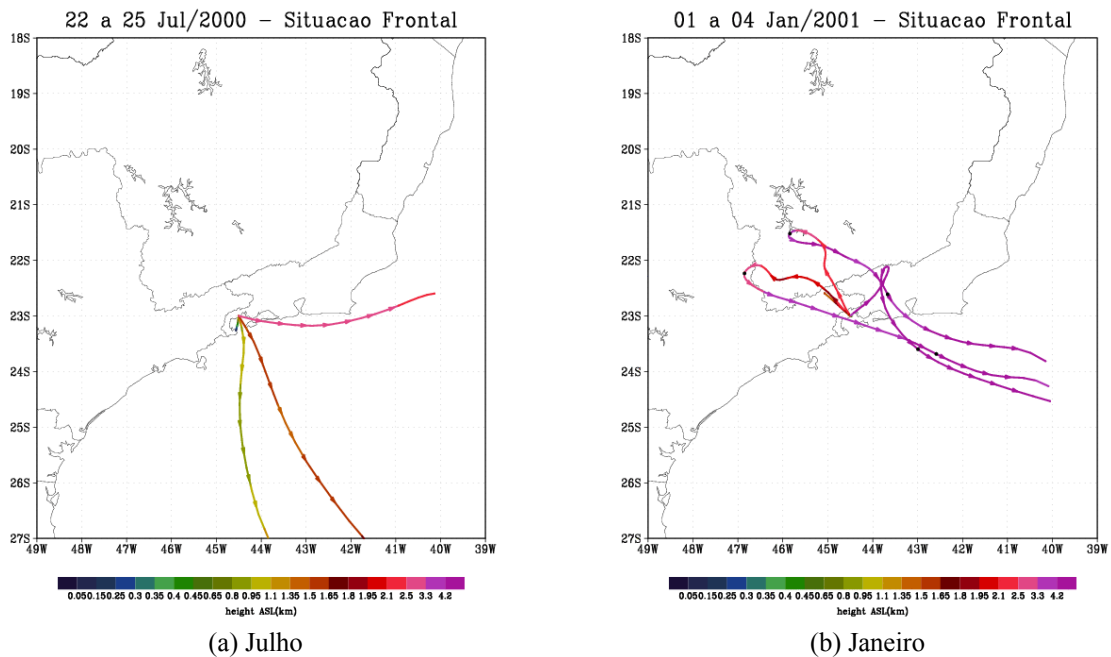


Figura 91 – Trajetórias correspondentes ao cenário do sistema frontal na grande escala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

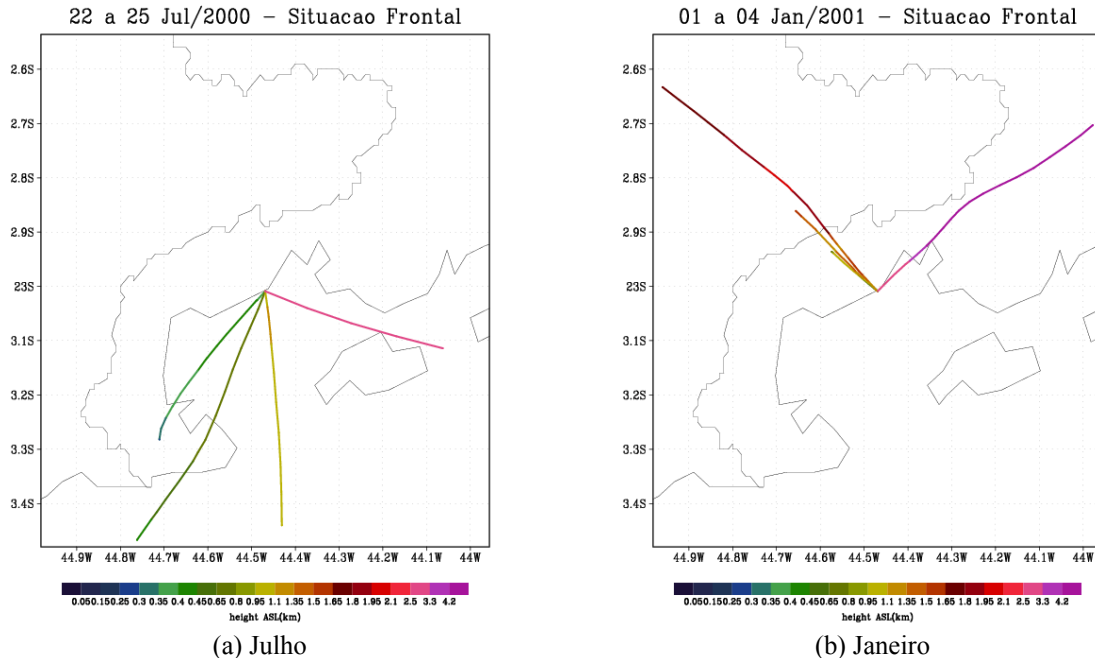


Figura 92 – Trajetórias correspondentes ao cenário de sistema frontal na mesoescala, nos meses (a) julho e (b) janeiro.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

6.2. GEOLOGIA

6.2.1. Aspectos de Litoestatigrafia e Mapeamento Geológico

6.2.1.1. Contexto Geológico Regional

As rochas são relacionadas ao Cinturão Móvel Costeiro ou Faixa Ribeira, onde estão expostas litologias de um embasamento profundo devido a desnudação. A formação dessa faixa móvel, disposta ao longo de parte da costa do sudeste brasileiro, se deu durante o fim do Pré-Cambriano e início do Paleozóico, entre os Crátons Arqueanos do Congo e do São Francisco. As feições tectônicas da Região Sudeste estão apresentadas na Figura 93.

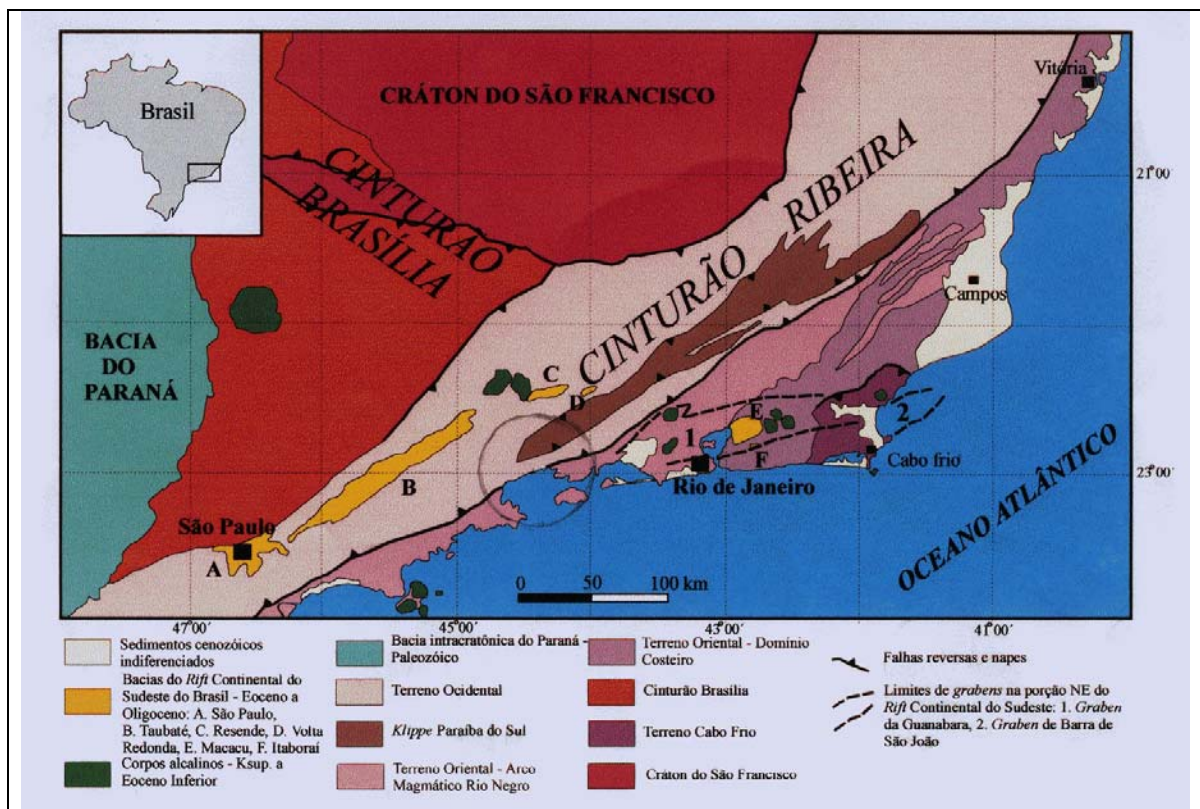


Figura 93 – Mapa tectônico da Região Sudeste. A AII do empreendimento está representada pelo círculo.

Fonte: FERRARI (2001) - simplificado de HEIBRON et al. (2000). “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Granitóides pré a sintectônicos na forma de corpos geralmente lenticulares de vários quilômetros de extensão e granitóides anelares pós-tectônicos são bem difundidos, cortando metassedimentos Neoproterozóicos (metapelitos, quartzitos, mármore) e remanescentes retrabalhados do embasamento mais antigo. Sillimanita-cordierita-granada gnaisses, gnaisses graníticos e migmatitos são comuns, demonstrando temperaturas moderadas a elevadas

durante o metamorfismo que atingiu as formações geológicas existentes. Nesse contexto são assinaladas diversas associações de rochas que constituem os seguintes complexos:

Complexo Juiz de Fora - suas rochas predominantes são charnockitos, enderbitos e granulitos (HASUI *et al.*, 1984a). Essas rochas de alto grau metamórfico são tectonicamente subjacentes a quartzitos, metagrauvacas, kinzigitos e migmatitos. Algumas datações geocronológicas indicam idades Transamazônicas, aproximadamente 2150 Ma para os granulitos, embora seja possível que as rochas do complexo tenham sido formadas em mais de um evento magmático termo-tectônico, desenvolvidos no Arqueano / Paleoproterozóico.

Complexo Paraíba do Sul – Adjacente ao Complexo Juiz de Fora, é caracterizado por pilhas de rochas supracrustais sin e pós-Transamazônicas expostas. Localmente apresenta fenômenos de migmatização anatética. São metassedimentos representados por gnaisses aluminosos (kinzigitos, sillimanita-granada-biotita gnaisses) com intercalações de quartzitos, mármore e rochas calcissilicáticas. Essas rochas estão intrudidas por corpos alongados na direção do trend NE-SW regional de granitóides sin-orogênicos agora transformados em ortognaisses. São assim individualizados diversos conjuntos de granitóides gnaissificados intercalados neste complexo metassedimentar.

Complexo e Arco Mágmató Rio Negro - De idades compreendidas entre 640-600 Ma, compreende ortognaisses tonalíticos e trondjemíticos, hornblenda-gabros e stocks quartzodioríticos relacionados a um magmatismo de subducção do tipo arco. O Arco Mágmató Rio Negro, de característica pré-colisional, com idades entre 630-595 Ma e ocorrendo desde a Serra dos Órgãos e adjacências à região litorânea de Mangaratiba / Angra dos Reis / Parati (HEILBRON *et al.* 2000; TUPINAMBÁ, 1996). Faz parte do Terreno Oriental do segmento central da Faixa Ribeira, sendo também denominado Domínio Costeiro ou Microplaca Serra do Mar (CAMPOS NETO E FIGUEIREDO, 1995). O primeiro evento metamórfico registrado no complexo foi acompanhado de migmatização e anatexia, com idades em torno de 590 Ma. Um outro evento termal propiciou a formação e intrusão de grande quantidade de granitos sin-orogênicos, aproximadamente datado de 570 Ma. Corpos granitóides mais jovens, com idades geralmente inferiores a 500 Ma e com características pós-tectônicas cortam pontualmente essas rochas.

6.2.1.2. Evolução geológica da região

A evolução lito-estrutural da região em estudo comporta uma série de episódios geodinâmicos que envolvem a formação e a destruição de rochas de grande amplitude de idades, representada por um intervalo de tempo superior a 1 bilhão de anos. Diversos fenômenos geológicos de diferente natureza aí ocorreram, formando, modificando, deformando e destruindo rochas. Metamorfismo, magmatismo e tectônica incidiram nesta porção sudeste da plataforma Brasileira, aqui denominada porção central da Faixa Ribeira.

Nessa geo-história encontramos, portanto, inúmeros processos onde o metamorfismo de médio a alto grau associado a fenômenos de migmatização e anatexia, a magmatogênese de

característica particularmente granítica e à deformação de rochas que originaram dobras e falhas, que caracterizam o substrato rochoso dessa região do sudeste brasileiro.

Conclui-se então que foi nos fenômenos geodinâmicos desenvolvidos no Pré-Cambriano médio e superior que o substrato regional se formou, com a sua estabilização ou cratonização ocorrida no início do Paleozóico. A quase totalidade das rochas ocorrentes na área de influência foi formada através dos cinturões orogênicos ou faixas móveis que se desenvolveram durante toda a Era Proterozóica, dando origem a uma grande variedade de rochas metamórficas e magmáticas, destacando-se diferentes tipos de gnaisses, quartzitos, mármore, rochas calcissilicáticas, migmatitos e granitóides sin, tardi e pós-tectônicos.

O quadro geológico evolutivo da região é bastante complexo, pois há presença de rochas sucessivamente afetadas por eventos termo-tectônicos Transamazônicos do Paleoproterozóico (2250-1850 Ma) e Brasilianos no Neoproterozóico (780-450 Ma). Estes fenômenos geodinâmicos, os mais expressivos na crosta terrestre nessa região da Plataforma Sul Americana, provocaram acréscimo de material crustal, retrabalhamentos nas rochas pré-existentes, e também rejuvenescimento isotópico.

O ciclo Transamazônico, no Proterozóico inferior, é o mais antigo evento formador de rochas reconhecido na região de estudo. Foi através deste evento que ocorreu extensa deformação com intensa migmatogênese e granitogênese, com metamorfismo em fácies anfíbolito/granulito.

Faixas de metamorfitos constituindo complexos migmatítico-gnaissicos com estruturas geralmente lineares e bandadas foram profundamente transformadas durante o Transamazônico. Assim como no Complexo Juíz de Fora, nestas estruturas encontram-se anfíbolitos, enderbitos, charnockitos, migmatitos granulíticos, granitóides, dioritos, gabros e noritos.

Superimposto ao evento Transamazônico, encontram-se os componentes magmático-metamórfico-estruturais do ciclo Brasiliano, que além de remobilizar rochas daquele cinturão paleoproterozóico através dos fenômenos metamórficos-migmáticos, acrescentou à crosta grandes volumes de material magmático, principalmente de composição ácida a intermediária (granitos e granodioritos).

Este episódio magmático termo-tectônico contou com fases metamórficas que atingiram o fácies anfíbolito, gerando diversos tipos de gnaisses e com fenômenos de migmatização e anatexia associados. O ciclo Brasiliano, que atuou desde o proterozóico superior (Neoproterozóico) até o Paleozóico Inferior (Cambro-Ordoviciano), encerrou a consolidação do Escudo Brasileiro, através da incorporação das faixas móveis Transamazônica e Brasiliana ao Cráton de São Francisco.

Foram sistemas orogênicos superpostos ativos durante o ciclo Brasiliano/Pan-Africano, que afetaram também a borda retrabalhada do Cráton de São Francisco. Este Cráton é contornado pelos cinturões Brasiliano/Pan-Africano (750-550 Ma) que se desenvolveram

durante a aglutinação do supercontinente Gondwana. A Faixa móvel Ribeira é um desses cinturões, que se situa ao longo da costa Atlântica brasileira.

Essa Orogenia, que caracteriza a Faixa Ribeira, ocorreu nesta região do Sudeste pela colisão de blocos continentais ou microplacas litosféricas. São três os estágios orogênicos reconhecidos:

a) Primeiro estágio orogênico do ciclo Brasileiro:

Deu-se por colisão com a subducção da placa oceânica responsável pela faixa de dobramentos ao longo da borda sudeste do Cráton de São Francisco.

No segmento central do Cinturão Ribeira são encontrados três distintos domínios crustais, que foram caracterizados anteriormente (6.2.1.1 Contexto Geológico Regional):

- Uma faixa ocidental (Terreno Ocidental), originalmente denominada Série Juíz de Fora.
- Uma faixa intermediária constituindo o Complexo Paraíba do Sul.
- Uma faixa mais oriental (Terreno Oriental), denominado Domínio Costeiro, que na área de estudo é representado pelo Complexo e Arco Magmático Rio Negro.

Os Terrenos Oriental e Ocidental acima citados são separados por uma zona de cisalhamento com cerca de 200 km de extensão, denominada Limite Tectônico Central (CTB), que desenvolveu-se durante os últimos estágios da Orogenia Brasileira (ALMEIDA *et al.* 1998).

b) Segundo estágio orogênico do ciclo Brasileiro:

Inicia com a subducção da placa São Francisco para sudeste sob a microplaca Serra do Mar, produzindo magmatismo granitóide tipo arco na placa superior (TROWN *et al.* 2000), representado pelo Complexo Rio Negro - do nordeste do estado de São Paulo ao sudeste do Espírito Santo. Granitóides sin a tardi-colisionais mostram polaridade espacial e temporal no cinturão. Eles são mais abundantes a partir do sistema de cisalhamento Juíz de Fora em direção à costa, indicando espessamento crustal como resultado da colisão continental.

O período tardi-colisional mostra leucogranitos metaluminosos a levemente peraluminosos relacionados com zonas de cisalhamento sub-verticais. Stocks e pequenos plútons de granitóides cálcio-alcálicos de alto-K e alcali-cálcicos intrudiram as unidades litológicas do Domínio Costeiro. Padrões texturais e relações estruturais com as rochas encaixantes sugerem intrusão predominantemente pós-tectônica. Este último evento magmático cálcio-alcálico, tardi a pós-tectônico é representado por dezenas de corpos de dimensões variadas, como os ocorrentes na região em estudo de Mangaratiba a Parati, e estão relacionados com um ambiente geotectônico de relaxamento crustal pós colisão, no final do ciclo Brasileiro, já no Cambro-Ordoviciano.

Terceiro estágio orogênico do ciclo Brasileiro:

Desenvolveram-se os grandes falhamentos transcorrentes, com extensas faixas cataclásticas nas faixas de cisalhamento. Essas falhas, orientadas predominantemente segundo a direção NE-SW, com padrões às vezes sigmoidais, possuem grande componente dextral. Segundo ALMEIDA (1967), tais descontinuidades crustais refletem direcionalmente os eventos deformacionais impressos nas rochas durante o ciclo Brasileiro.

Após o ciclo Brasileiro ocorreu a consolidação da Plataforma Brasileira, que se manteve em condições ortoplateformais até o Jurássico Superior. Do Siluriano ao Jurássico Superior admite-se a ocorrência de movimentos oscilatórios lentos (ALMEIDA *et al.*, 1981) relacionados a fenômenos epirogenéticos, com movimentações positivas e negativas.

No fim do Jurássico ocorreu a reativação Waldeniana (ALMEIDA (1967; 1969)), também conhecido como Evento Sul-Atlântico (SCHOBENHAUS *et al.*, 1984). Neste período iniciou-se um evento tectono-magmático de grande importância, com intenso magmatismo básico toleítico e alcalino, formando os derrames basálticos da bacia do Paraná e centenas de diques básicos associados ao processo de abertura do Atlântico Sul. A esse evento está associado o desenvolvimento de bacias tafrogênicas como as de Santos, Taubaté e Resende, bem como o processo morfogenético que propiciou a formação da Serra do Mar, a partir do Cretáceo.

A tectônica de blocos falhados, que continuou atuante durante todo terciário, muito contribuiu para a formação do relevo na região do Sudeste. O magmatismo básico relacionado a esse evento tectono-magmático é representado na área de estudo pela presença de diques de diabásio e lamprófiros embutidos em fraturas relacionadas a essa tectônica que teve seu clímax no Cretáceo.

Na Era Cenozóica, um evento tectônico atingiu várias regiões do país, inclusive o Estado do Rio de Janeiro. Tal evento é relacionado com as tensões oferecidas à crosta continental pela movimentação da placa Sul-Americana. Alguns fenômenos sísmicos da Região Sudeste estão relacionados com essa neotectônica.

No final do Terciário e durante a totalidade do período Quaternário, depósitos sedimentares costeiros, flúvio-marinhos e marinhos, foram formados devido a sucessivas oscilações do nível do mar.

O desenvolvimento de depósitos de tálus e colúvios nas encostas estão, em parte, relacionados às oscilações climáticas que ocorreram na região durante o Pleistoceno e Holoceno.

6.2.1.3. Unidades Litoestratigráficas indicadas

O conjunto geológico da área de estudo é, portanto, representado por rochas metamórficas de médio a alto grau, gnáissicas, com diversos padrões de dobramento e diferentes níveis de deformação dúctil/rúptil, refletidos nos gnáisses cataclásticos ou miloníticos, às vezes migmatizados em vários graus, inclusive evoluindo para anatexitos,

além de granitóides intrusivos com diferentes texturas e estruturas na forma de batólitos, stocks e diques, diques de diabásios e restritas áreas de sedimentos inconsolidados recentes.

O estabelecimento de limites precisos entre as litologias ficou dificultado por causa da intensa cobertura vegetal da Mata Atlântica, o relevo íngreme, a falta de acessos, aliada ao intemperismo quase total de litologias importantes, conjugadas com a complexidade geológica desses terrenos, onde frequentemente a passagem de um litotipo para o outro é gradativa.

A identificação e separação espacial dos conjuntos litológicos requisitados para o entendimento do quadro litoestrutural e litoestratigráfico da área ao nível de semi-detalhe e detalhe, requereram a utilização de apoio laboratorial e de outras técnicas de análises indiretas associadas, como recursos de geofísica (gravimetria e a magnetometria) e geoquímica. Dessa forma, o estabelecimento dos diferentes termos petrográficos posicionados em uma litoestratigrafia e enquadrados nos respectivos domínios, foram simplificados para que pudessem ser representados em mapas geológicos.

Como em todos os mapas geológicos existentes dessa região do sudeste, os contatos geológicos representados marcam bem os limites parciais ou totais dos corpos graníticos intrusivos, que apresentam bons contrastes com as encaixantes favorecendo a sua delimitação. Sedimentos recentes, e/ou coberturas inconsolidadas do quaternário são encontrados principalmente nos depósitos costeiros, flúvio-marinhos e marinhos, e em depósitos aluvionares no restante da área.

Cerca de 99% da AID está coberta pelos mapas geológicos do DRM em escala de semi-detalhe (1:50.000) e na AII esta abrangência é de apenas 60%, pois na área pertencente ao estado de São Paulo (aproximadamente 1.300 km²) não há cartografia geológica sistemática na mesma escala. Esta situação indicou a necessidade de se empreender tentativamente o ajuste das unidades definidas no Estado do Rio de Janeiro com as do Estado de São Paulo, representadas, portanto com menos precisão, porém com as devidas verificações de campo.

Como se pôde ver anteriormente (item 6.2.1.1), as unidades litológicas e estratigráficas da Área de Influência Direta (AID) e das Áreas de Influência Indireta (AII) são principalmente constituídas por rochas Pré-Cambrianas (Eo e Neoproterozóicas) representadas pelos Complexos Juíz de Fora (Paleoproterozóico), Paraíba do Sul/Embú (Meso-Neoproterozóico) e Rio Negro com arco magmático associado (Neoproterozóico). Em associação, há uma sucessão de rochas intrusivas mais jovens, predominantemente graníticas, deformadas ou não, de idades Neo e Eopaleozóicas, que ocorrem por toda a área, particularmente no Domínio Costeiro ou Complexo Rio Negro, no qual se encontra a CNAAA.

Predominam conjuntos de rochas metamórficas para e ortoderivadas, representadas por gnaisses aluminosos e graníticos, com amplas variações texturais e deformacionais, às

vezes submetidos a processos de migmatização e anatexia que obliteraram e mascararam as características originais das rochas, dificultando as suas correlações.

No norte da área há a predominância de paragnaisses, além dos limites do Complexo Rio Negro. São representados em sua maioria por biotita-gnaisses bandados, geralmente granatíferos, com sillimanita e cordierita subordinadamente, com a presença de lentes de rochas cálcissilicáticas e níveis quartzíticos de variação centimétrica a decamétrica. Frequentemente desenvolvem textura cataclástica e milonítica. Boas exposições podem ser vistas na região de Lídice e Bocaina.

Os ortognaisses, de composição tonalítica - trondhjemítica a granítica dominam para o sul, na área litorânea, no domínio do Complexo Rio Negro, onde estão frequentemente atravessados por injeções graníticas mais jovens, relacionadas a diversos plútons graníticos existentes e também como produtos anatéticos de fenômenos migmáticos que ocorrem em larga escala nessa área.

Esses ortoderivados são biotita-gnaisses ou biotita-hornblenda-gnaisses, de granulação grossa, com texturas porfíricas ou não. Às vezes são bastante homogêneos com aspecto granítico, onde inclusões máficas são encontradas, propiciando ao conjunto um aspecto nebulítico que se confunde com as feições de bordas observadas em alguns corpos graníticos que intrudem esses gnaisses. Outros pontos apresentam feições migmáticas estromáticas, que podem gradar a feições bandadas delgadas, tipo schlieren, onde a gnaissificação torna-se bem marcada. Há intercalações localizadas de metagabros e metadioritos e injeções leucossomáticas por vezes granatíferas e muscovíticas ou raras apófises de granitóides foliados tipo Serra dos Órgãos.

Rochas granulíticas e granada-charnockitos associados ao Complexo Juíz de Fora são observadas na porção centro-nordeste da AII, e parecem representar “escamas” tectônicas do embasamento compartimentadas no Complexo Paraíba do Sul.

Os maciços graníticos, em geral bem delineados espacialmente, ocorrem por todo o setor centro-sul da AII, em particular no domínio do Complexo Ortognáissico Rio Negro, onde ganham denominações das localidades onde ocorrem, como por exemplo, Granito Mangaratiba/Conceição de Jacareí; Granito Mombaça, Granito Angra dos Reis; Granito Mambucaba; Granito Parati; Granito Carrasquinho; Granito Parati-Mirim; Granito Ilha Grande etc.

São granitóides tardi a pós-tectônicos relacionados ao magmatismo Brasileiro, que se desenvolveram do Proterozóico Superior ao Cambro-Ordoviciano, em grande parte cálcio-alcalinos do tipo I, biotíticos, de granulação variável, textura equigranular a porfírica e localmente com feições de fluxo magmático. Ocorrem na área como *stocks*, corpos tabulares e diques cortando as rochas regionais. Evidências de magma *mingling* e *mixing* são em alguns pontos observadas bem como associações com rochas charnockíticas e dioríticas, em ilhas da região e, especificadamente, na Ilha Grande.

A presença de corpos graníticos tabulares na forma de diques de baixo ângulo de mergulho, concordantes ou não com a foliação das encaixantes, propicia, nas encostas dos morros onde afloram extensos campos de matações, que dependendo da espessura dos corpos geram blocos gigantescos, mergulhados nos colúvios ou isolados nas vertentes. Esses corpos graníticos e campos de matações associados podem ser observados por longos trechos da BR-101 (Rio-Santos), particularmente de Mangaratiba a Angra dos Reis.

6.2.1.4. Descrição das unidades litoestratigráficas

A descrição das unidades litoestratigráficas aqui indicadas foram feitas com base na literatura existente e com dados adicionais coletados em campo. As unidades encontram-se resumidas na Tabela 10 abaixo e podem ser visualizadas nos Mapas Geológicos (Anexo 1 e Anexo 2).

Tabela 10 – Coluna Litoestratigráfica.

Período	Unidades	Simbologia
Quaternário	Depósitos Flúvio-Marinhas	Qm
	Depósitos Aluvionares	Qa
Jurássico / Cretáceo	Diques de Rocha Básica	db
Carbonífero / Ordoviciano	Charnokito Ilha Grande	Chig
	Granito Ilha Grande	GRig
	Granito/Diorito Sin-Intrusivos	GRD
	Granito Porfírico Conceição de Jacareí	GRcj
	Granito Mangaratiba	GRmg
	Granito Mombaça	GRmo
	Granito Angra dos Reis	GRag
	Granito Mambucaba	GRmb
	Granito Carrasquinho	GRcr
Granito Parati	GRpt	

Neoproterozóico	Granito Gnaiss Bocaina		GRgnbo
	Granito Gnaiss Trindade		GRgntd
	Granito Parati-Mirim		GRpm
	Granitóide Quebra Cangalha		GRqc
	Granitóide São José do Barreiro		GRsjb
	Granitóide Rio Turvo		GRtu
	Granitóide Porfíritico		GRpo
	Complexo Rio Negro	Biotita-Gnaiss Migmatítico	bGnm
Biotita Gnaiss Porfiroblástico Bandado e Estromático		bGnp	
Meso / Neoproterozóico	Paragnaisses do Complexo Paraíba do Sul		PGn
Paleoproterozóico	Complexo Juiz de Fora		OrJF

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

6.2.1.4.1. Unidades do Paleoproterozóico (2.2 a 2.1 Ga)

a) Unidade OrJF – Complexo Juiz de Fora

Essa unidade tem suas litologias ocorrentes principalmente AII e partes da AID, onde aparece intercalada com rochas de Complexo Paraíba do Sul. São rochas de fácies granulito intensamente deformadas por padrões de dobramento complexos e de difícil caracterização. Em termos petrográficos, distinguem-se diversas rochas da série charnockítica: Hiperstênio - granitos (charnockitos), Hiperstênio - granodioritos (charnoenderbitos), Hiperstênio-tonalitos (enderbitos), mangeritos, jotunitos e noritos. Gnaisses kinzigíticos são também assinalados. Como estão muito deformadas e apresentando várias fases de dobramento, com freqüente transposição de foliações, a textura original hipidiomórfica granular é mascarada, sendo preservada em raros locais. Fenômenos de recristalização e cataclase geram feições blastomiloníticas e cataclásticas, onde enclaves deformados e boudinados são visíveis.

Na região de Lídice-Rio Claro algumas faixas de litologias representativas dessa unidade ocorrem em domínios dos paragnaisses do Complexo Paraíba do Sul e também mais

para norte, em direção a Bananal. Algumas litologias encontradas de forma restrita no litoral à oeste de Angra dos Reis podem pertencer a esta unidade.

De um modo geral, as rochas desse complexo indicam formação em condições elevadas de metamorfismo de alto grau, que originaram ortognaisses granulíticos, piroxênio-hornblenda-biotita-gnaisses, com freqüentes intercalações de granada-gnaisses (kinzigitos) e de paragnaisses bandados ou parcialmente fundidos com aspecto migmático/ oftalmítico/nebulítico. Essas intercalações podem se relacionar à condicionamentos estruturais, na forma de “lascas” ou “escamas” de rochas de um embasamento mais antigo, alçadas por tectônica a níveis crustais mais superiores.

Intercalações de granulitos com rochas paragnáissicas, como os gnaisses bandados, biotita gnaisses, porfiroblásticos (tipo augen) ou não, granada-biotita-gnaisses (kinzigitos), quartzitos micáceos, mármore e rochas cálciossilicáticas (unidade Lídice) podem estar relacionadas a esse complexo segundo a interpretação tradicional da bibliografia.

6.2.1.4.2. Unidades do Meso/Neoproterozóico (1.600 Ma a 650Ma)

a) Unidade PGn- Paragnaisses do Complexo Paraíba do Sul

De significativa ocorrência, pois está presente por quase toda a AII, principalmente a partir de sua porção centro-norte. Ao sul ela desaparece através dos contatos tectônicos com as rochas do Complexo Rio Negro ou devido à presença de corpos granitóides litorâneos, que lhes interceptam por intrusão. Esse limite sul atravessa em diagonal a AID ao norte de Itaorna. A partir desse limite para norte predominam as rochas desse complexo até os limites da AII.

Uma extensa e importante faixa de cisalhamento de direção NE-SW denominada Zona de Cisalhamento Areal-Arcádia-Paracambi ou Limite Tectônico Central (CTB) demarca estas rochas das litologias do Complexo Rio Negro, como observado em Ariró-Zungú, a nordeste de Bracuí.

Essa Unidade é representada por litotipos gnáissicos muito semelhantes, que invariavelmente denotam a sua origem parametamórfica, além de estilos deformacionais similares em grande parte da área em questão. Em algumas zonas, apresenta faixas cataclásticas que mascaram a sua configuração peculiar e individualizante (Figura 94).



Figura 94 - Unidade PGn- paragneisses do Complexo Paraíba do Sul. Oeste de Tarituba.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

De um modo geral, se caracterizam pela presença de granada-biotita-sillimanita gnaisses quartzo-feldspáticos, gnaisses granatíferos (kinzigitos) e granada-biotita gnaisses, geralmente bandados, com freqüentes intercalações de quartzitos, que podem formar potentes bancos, lentes de rochas calcissilicáticas, meta-calcários dolomíticos e calcíticos, mármore de granulação grossa e xistos muscovíticos e/ou grafitosos. O aspecto bandado varia localmente de finas bandas centimétricas a decamétricas, alternando as diversas variações composicionais do pacote meta-sedimentar. São observadas em alguns pontos veios ou bolsões de material remobilizado de origem anatética, de composição granítica a pegmatítica e quartzo-feldspática, que se injetam entre as bandas composicionais regulares.

Na Área de Influência Indireta, corpos individualizáveis de granitóides gnaissificados, alongados segundo a foliação regional NE-SW, são encontrados embutidos nas rochas desse domínio.

Segundo a literatura, alguns corpos apresentam composição granodiorítica a granítica, na forma de hornblenda-biotita ortognaisses, granoblásticos a porfiroblásticos, foliados e com xenólitos de rochas anfibolíticas e paragneisses, e podem corresponder à denominada Suíte Quirino-Dorândia, núcleo ortognaissico do embasamento das rochas metasedimentares do Complexo Paraíba do Sul, segundo VALLADARES (1996) e Mapa Geológico da CPRM (2001).

Conjuntos de granada-biotita-gnaisses, migmatizados em maior ou menor grau, associados a xistos e a possantes bancos quartzíticos, que dão origem a morros e cristas alinhadas, são observadas na região de Bananal-São José do Barreiro. Nessa região, na área do Parque Nacional da Bocaina, podem representar litologias do denominado Complexo Embú, que se intercalaria com as do Complexo Paraíba, pelo confronto dos mapas limítrofes entre o Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Na AII não foi discriminado o Complexo Embú do Paraíba do Sul, face à observada semelhança dos litotipos relacionados e a difícil dissociação espacial entre eles.

Nas faixas de cisalhamento essas rochas apresentam forte foliação tectônica, tornando-se bem laminadas e dependendo da deformação, tornam-se rochas cataclásticas ou miloníticas, onde se pode observar a presença de milonito-gnaiss, blastomilonitos e até filonitos. Tais faixas são bem características no Alto da Bocaina e nos contrafortes da Serra do Mar na região de Mambucaba e ao norte de Parati. Apresentam invariavelmente direções que variam de N 50° E a N 80° E e com mergulhos sub-verticais.

6.2.1.4.3. Unidades do Neoproterozóico (655 Ma- 560 Ma)

a) Unidade bGnp - Biotita-gnaiss porfiroblástico bandado e estromático do Complexo Rio Negro

Essa unidade gnáissica ocorre em trechos do litoral, particularmente entre Mangaratiba e Frade, com boas exposições nos arredores de Angra dos Reis. Nesse perímetro ela pode ser observada em alguns paredões de morros escarpados, cortes na Rodovia Rio-Santos, costões litorâneos e em algumas ilhas.

São ortognaisses biotíticos, de granulação média a grossa, acinzentados, bem laminados em alguns trechos, geralmente bandados, aspecto conferido pela maior ou menor concentração de matriz e porfiroblastos/pórfiros de feldspato alinhados segundo a foliação.

Esses cristais, por vezes tabulares são euédricos a subédricos, brancos ou rosados e chegam até três centímetros de dimensão. Produtos neossomáticos quartzo-feldspáticos e remobilizações de matriz permeiam essas rochas, produzindo em alguns pontos feições bandadas a estromáticas, dando um aspecto migmático ao conjunto rochoso. Em outros pontos a rocha toma um aspecto oftalmítico ou sub-facoidal face à disposição textural porfiroblástica dada pelos cristais de microclina (Figura 95).

Intercalações localizadas e enclaves de rochas meso a melanocráticas de composição gabróide a diorítica, por vezes metamorfizadas (anfíbolitos) e deformadas são observadas, além de algumas injeções leucossomáticas granatíferas, comuns por todo o Complexo Rio Negro, não só na região em questão. Corresponderia à Unidade Bingen de Penha et al. (1979) reconhecida na região central do estado.

Essa unidade é atravessada por intrusões graníticas de diferentes volumes, veios de quartzo e pegmatóides, além dos diques de diabásio do Mesozóico.



Figura 95 - Unidade bGnp- biotita-gnaissse porfirítico. Região de Retiro, Angra dos Reis.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

b) Unidade bGnm - Biotita-gnaissse migmatítico do Complexo Rio Negro

Trata-se de uma variedade gnáissica desse Complexo, mais textural que composicional, ocorrente juntamente com a anterior na região de Angra dos Reis, Frades e Parati, segundo a disposição regional NE-SW ao longo do litoral.

Corresponde a feições migmáticas estromáticas onde bandas melanocráticas biotíticas se alternam com bandas leucocráticas quartzo-feldspáticas, de espessura que variam de centimétricas a decimétricas, sucessivas e contínuas, de grão grosso a médio, em associação com os gnaisses porfiroblásticos da unidade descrita anteriormente (Figura 96). Corresponderia, em parte, à Unidade Santo Aleixo, descrita por Penha et al. (1979) na região central do estado.

Deve-se atentar para a presença de um biotita granitóide porfirítico, tardi-tectônico, a unidade GRpo, embutido nesses gnaissse e migmatitos do Complexo Rio Negro, que por suas características texturais e composicionais se confunde com migmatitos oftalmíticos ou “Augen” gnaissse, como o constatado em afloramentos e pedreiras nas localidades de Ponta Grossa e Ponta Fina, na região do Complexo Nuclear de Angra. São possivelmente porções de rocha ígnea intrusiva sintectonicamente nos biotita-gnaissse e migmatitos do Complexo Rio Negro. Esses gnaissse porfiroblásticos com feldspatos oclares centimétricos, considerados relacionados com a seqüência gnáissica migmatítica referenciada, podem ter afinidade genética com a intrusiva, pois no Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro em escala regional (CPRM, 2001), foram denominados e descritos conjuntamente como biotita granitos porfiróides gnaissificados Paiol Velho.

Para oeste, em direção a Parati, os gnaisses e migmatitos associados desta unidade são interceptados pela intrusão do granito Parati, de dimensões batolíticas.



Figura 96 - Unidade bGnm- biotita-gnaisses migmatíticos. BR-101, próximo a Praia Brava.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

c) Unidade GRpo- Granitóide porfirítico

Trata-se de um corpo granitóide porfirítico, ligeiramente gnaissificado e disposto de forma elipsoidal alongado na direção regional NE/SW, tendo como encaixante os gnaisses do Complexo Rio Negro.

É um corpo ígneo granítico possivelmente tardi-colisional da orogênese Brasileira, composicionalmente um biotita-granito com textura equigranular seriada a porfirítica. Esta última textura o caracteriza em grande parte de suas exposições, onde fenocristais de feldspato potássico esbranquiçados, euedricos a subedricos e por vezes ovalados, podem alcançar até 5 cm de comprimento, se dispoendo orientados na direção NE-SW, segundo uma foliação não muito clara, característica de orientação por fluxo. Esses cristais maiores são envoltos por uma matriz de grão médio, com quartzo, feldspatos, e biotita, principalmente, e algum anfibólio, minerais acessórios e opacos.

Frequentemente se encontram lentes e enclaves de composição máfica ou quartzo diorítica, além de concentrações de biotita, anfibólio e minerais opacos da matriz formando níveis e concentrações escuras. Em alguns pontos apresenta uma foliação bem desenvolvida na direção NE-SW, onde os megacristais de feldspatos potássicos encontram-se deformados, tornando-se ovalados e dando um aspecto “augen” ou oftalmítico à rocha granítica, o que o confunde com alguns tipos gnáissicos encaixantes.

Essa unidade se dispõe em uma faixa que apresenta afloramentos expressivos como no bairro de Belém, em costões litorâneos da baía da Ribeira, em cortes da BR-101 e na área onde estão edificadas as usinas nucleares em Itaorna, com excelentes exposições nas pedreiras e afloramentos em Ponta Grossa e Ponta Fina. Este granitóide ocorre até as imediações de Tarituba e é observado em algumas ilhas da baía da Ribeira e da Ilha Grande, em particular na Ilha Sandri, em frente ao complexo nuclear.

Estaria correlacionada à Suíte granítica Pedra Selada e denominado de Granito Paiol Velho no Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro da CPRM (2001).

d) Unidade GRtu- Granitóide Rio Turvo

Granitóide de dimensão batolítica, tardi-colisional, posicionado aproximadamente ao longo da zona de cisalhamento Taxaquara-Rio Bonito, de forma alongada na direção NE-SW, ocorrente desde as imediações de Barra Mansa e Volta Redonda, passando nas imediações de Arapeí à direção de Campos do Cunha, onde parece ser continuidade do granitóide Lagoinha, posicionado mais a sudoeste.

Trata-se de um biotita-granito acinzentado, de aspecto gnáissico, apresentando em alguns pontos forte foliação transcorrente, geralmente porfiroblástico (ou porfiroclástico), com cristais de feldspato potássico esbranquiçado a róseo, de até 1,5 cm, tabulares a ovalados por catáclase, em matriz cinza escura formada por biotita, plagioclásio, andesina e quartzo, com anfibólio subordinadamente e apatita e ilmenita como acessórios. Inclusões xenolíticas das rochas parametamórficas envolventes são frequentes em alguns pontos.

e) Unidade GRsjb- Granitóide São José do Barreiro

Trata-se de um plúton tardi-colisional, disposto na direção NE-SW segundo a foliação regional que aflora nas proximidades de São José do Barreiro (SP), ao norte da AII, sendo balizado por falha e em contato com paragneisses e xistos do Complexo Paraíba do Sul/Embú. Em geral tem coloração acinzentada, de grão médio, textura porfiroblástica e fortemente foliado nas fácies mais biotíticas.

Petrograficamente possui textura inequigranular, com matriz de grão médio a fino, essencialmente constituída por quartzo, microclina, plagioclásio oligoclásio e biotita. Os fenocristais de feldspatos potássicos apresentam-se em cristais tabulares com inclusões de biotita e quartzo. Os principais minerais acessórios correspondem ao zircão, epidoto, apatita e minerais opacos.

f) Unidade GRqc- Granitóide Quebra-Cangalha

Granitóide de dimensão batolítica, alongado na direção NE-SW, ocorrente ao sul de Silveiras (SP). Toda a Serra Quebra-Cangalha, à noroeste da AII, sendo limitado a oeste pela zona de cisalhamento Alto da Fartura.

Trata-se de um leucogranito, sin a tardi-colisional, provavelmente tipo-S, grão médio a grosso, inequigranular a porfirítico, de coloração cinza clara a rosada, petrograficamente definido como um muscovita - granada – biotita - granito

g) Unidade GRpm- Granito Parati-Mirim

Ocorre como uma larga faixa na direção NE-SW, desde os limites de São Paulo, ao sul de Parati até as proximidades de Parati-Mirim e porção ocidental do Saco de Mamanguá, a sudoeste da AII.

Trata-se de um leucogranito de cor cinza-esbranquiçada a rosada, de grão médio dominante, localmente fino ou grosso, de estrutura maciça, podendo mostrar foliação aproximadamente concordante com a estruturação regional, evidenciada pelos minerais máficos, dos quais a biotita é o mais frequente, além de magnetita, anfibólio e titanita. Em alguns pontos constata-se a presença de allanita. Faz contato com o Granito Parati e com o granito gnaiss Trindade de forma não observada ou de difícil caracterização.

Petrograficamente apresenta uma textura hipidiomórfica granular, anisotrópica, constituída por microclina, oligoclásio, quartzo, biotita e subordinadamente muscovita. A apatita, zircão e allanita são acessórios.

h) Unidade GRgntd- Granito gnaiss Trindade

Trata-se de rochas gnáissicas ocorrentes ao sul de Parati-Mirim, com boas exposições na localidade homônima, estendendo-se em uma faixa de direção NE desde os limites com o estado de São Paulo, embutida entre os granitos Parati e Parati-Mirim.

São rochas granitóides gnaissificadas, de origem e idades indefinidas, leuco a mesocráticas, de granulação média a grossa, eventualmente fina, mostrando em geral foliação gnáissica bem marcada, tendo como máficos a biotita e o anfibólio, apresentando comumente fenocristais de feldspato branco a rosados, centimétricos, sub-idiomórficos, orientados ou não, com níveis de “boudins” de rocha anfibolítica e metabasitos. Seus principais constituintes são a microclina (pórfiros), quartzo, plagioclásio, biotita e anfibólio. A magnetita é um dos principais acessórios.

i) Unidade GRgnbo- Granito-gnaiss Bocaina.

Trata-se de um corpo granítico gnaissificado, orientado segundo o trend regional NE-SW, embutido em formações paragnáissicas do Complexo Paraíba do Sul, de características porfiríticas, ocorrente no Alto da Bocaina, ao sul de Bananal, estendendo-se até o Estado do Rio de Janeiro, desde o alto curso do rio Bracuí aos contrafortes da Serra do Mar ao norte de Mambucaba.

Está compartimentado na zona de cisalhamento Cubatão-Paraíba do Sul, por ela sendo também afetado, produzindo feições cataclásticas de diferentes intensidades, tornando-o foliado e com evidências de milonitização em alguns pontos. Suas características texturais e disposição espacial conferem a possível condição sin e tardi-tectônica em respeito à deformação regional e dos cisalhamentos concomitantes.

É uma rocha de composição granítica, de grão médio a grosso, com feldspatos potássicos centimétricos de coloração esbranquiçada em matriz quartzo-biotítica, tendo a

ilmenita como mineral acessório dominante. É em parte emparelhado por potente dique de diabásio que o acompanha direcionalmente, não sendo observado o contato entre eles.

6.2.1.4.4. Unidades do Cambro-Ordoviciano (560-439 Ma)

São representados por inúmeros corpos granitóides, principalmente pós-tectônicos, embora alguns corpos tardi-deformacionais possam temporalmente ter sido aqui incluídos, tais como os granitóides Bocaina e São José do Barreiro.

Portanto, se incluem aqui aqueles corpos graníticos tipicamente pós-tectônicos, onde são observados contatos nitidamente intrusivos, com a presença de enclaves xenolíticos facetados, de tamanhos e formas irregulares, mas claramente derivados das rochas imediatamente encaixantes, e estruturas de fluxo magmático.

Em grande parte formam uma sucessão de stocks ao longo do litoral em um trend próximo a E-W, e recebem o nome da localidade onde ocorre como, por exemplo, Granito Mangaratiba, Granito Angra dos Reis etc., muito embora guardem grandes afinidades entre si.

Morfológicamente se destacam na paisagem, formando morros às vezes escarpados e paredões nas encostas íngremes, cristas, torres e campos de matações, expostos nas vertentes desmatadas ou ocultos nas regiões florestadas. Esses condicionantes geomorfológicos, em particular os campos de matações observados nas encostas desnudas adjacentes às rodovias e aglomerados urbanos, são de certa forma preocupantes, pois podem desencadear deslizamentos, rotação e queda de blocos soltos em um talude. Deslocamentos de blocos derivados de corpos graníticos aflorantes, inclusive de diques potentes em exposição nas encostas, é um fenômeno comum por todo estado do Rio de Janeiro. A seguir são descritas as unidades relacionadas:

a) Unidade GRpt- Granito Parati

É o maior corpo granítico dessa associação de extensão batolítica, ocupando praticamente todo o extremo sul-ocidental da Área de Influência Indireta (AII), estendendo-se até o estado de São Paulo. Suas melhores exposições encontram-se em cortes na BR-101, entre a localidade de Praia Grande e a cidade de Parati, onde matações gigantescos dessa litologia são encontrados em vários sítios. Também são comuns ao longo das rodovias estaduais RJ-165 e SP-171 que cortam parte do Parque Nacional da Bocaina.

Os litotipos dessa unidade despontam nas vertentes escarpadas da Serra do Mar, em lajedos litorâneos e em blocos isolados no planalto elevado no topo da Serra da Bocaina, ao sul-sudeste da cidade de Cunha. São rochas graníticas de grão grosso a muito grosso, porfirítica, com fenocristais tabulares euédricos a subeuédricos de feldspato potássico, esbranquiçados ou róseos, normalmente centimétricos e apresentando frequentemente orientação linear NE-SW, envoltos por uma matriz quartzo-biotítica. Em alguns pontos a rocha parece estar afetada por processos deformacionais pós-cristalização conferindo aspecto gnáissico onde os fenocristais tornam-se amendoados, o que contrasta com as características texturais comumente encontradas.

Petrograficamente trata-se de uma rocha de composição granítica a tonalítica, tendo como constituintes principais quartzo, plagioclásio (oligoclásio), microclina, biotita e subordinadamente hornblenda, e como minerais acessórios titanita, apatita, zircão, allanita e opacos.

b) Unidade GRcr- Granito Carrasquinho

Sob a forma de pequenos bolsões ou diques está intimamente relacionado com o Granito Parati; possivelmente geneticamente associado. Os dois maiores corpos desse granito estão situados ao norte de Parati, na localidade de Pedra Branca e a noroeste dessa cidade na divisa RJ/SP. Ambos corpos estão situados em áreas montanhosas correspondentes a Serra do Mar.

São rochas acinzentadas, de grão médio a fino, eventualmente grosso, equigranular, com tendência porfirítica, formando matacões arredondados aglomerados, que se destacam nas encostas montanhosas e morros costeiros.

A análise petrográfica desses granitos revela uma textura hipidiomórfica granular de grão médio, constituído por microclina, plagioclásio (albita-oligoclásio), quartzo, biotita e subordinadamente anfibólio. Como acessórios encontram-se o zircão, a apatita e os minerais opacos.

c) Unidade GRmb- Granito Mambucaba

Sob a forma de pequenos stocks e diques agrupados principalmente na região de Mambucaba, Tarituba, Itaorna e Frade, onde estão intrudindo rochas do Complexo Rio Negro e Paraíba do Sul.

Apresenta, em geral, coloração cinza clara a rosada, estrutura maciça de grão médio a grosso, que em corpos menores varia de médio a fino. São granitos biotíticos, nitidamente intrusivos em níveis crustais mais rasos, epizonais, com a presença de xenólitos facetados das encaixantes, onde se introduz ao longo de fraturas e planos de foliação, oferecendo contatos nítidos e bruscos com as rochas envolventes.

Petrograficamente são rochas que apresentam quase sempre textura hipidiomórfica granular a porfirítica em alguns pontos, onde se observam feições de fluxo magmático. Mineralogicamente é constituído por microclina, Plagioclásio (albita-oligoclásio), biotita, quartzo e raro anfibólio. Como acessórios mais frequentes estão a titanita, a allanita, o zircão, a apatita, a magnetita e a pirita em alguns pontos localizados.

d) Unidade GRag- Granito Angra dos Reis

Ocorre nas imediações da cidade de Angra dos Reis, onde aparece formando elevações litorâneas, em particular a península de Angra dos Reis, onde intrudem rochas gnáissicas/migmatíticas do Complexo Rio Negro (bGnp), originando contatos bruscos e incisivos e xenólitos na zona de borda. A presença desse granito é revelada pela ocorrência de gigantescos blocos nas encostas adjacentes à cidade de Angra dos Reis e arredores, e que

nas áreas degradadas se constituem elementos potencializadores de fenômenos geológicos de risco.

Trata-se de uma rocha acinzentada de grão médio a grosso, isótopo a levemente orientado por fluxo magmático, onde se observa a presença de pórfiros de feldspato potássico tabulares em uma matriz francamente biotítica, onde esse mineral forma cristais placóides intergranulares ao lado do quartzo e do plagioclásio (albita-oligoclásio). Como acessórios encontram-se titanita, magnetita, zircão e allanita que em alguns pontos aparece em cristais prismáticos centimétricos, como observado na localidade de Japuíba.

e) Unidade GRmo- Granito Mombaça

Aparece como um pequeno corpo, na península imediatamente a leste da cidade de Angra dos Reis, com forma ligeiramente ovalada segundo a direção de foliação regional NE-SW e intrudido nos gnaisses do Complexo Rio Negro. Apresenta coloração acinzentada clara, de grão médio a fino, com a presença de fenocristais de feldspato potássico (microclina), orientados ou não, que se destacam em uma matriz biotítica composta de quartzo, plagioclásio (albita-oligoclásio) com a titanita como principal acessório.

f) Unidade GRmg- Granito Mangaratiba

Corpo de dimensões batolíticas, aproximadamente alongado na direção da estruturação regional NE-SW, estendendo-se quase de forma contínua de Mangaratiba a Conceição de Jacaréi/Monsuaba, onde adquire uma feição porfírica, individualizada como Unidade GRcj, que se estende até às proximidades de Jacuecanga.

Trata-se de um complexo ígneo com variações texturais e composicionais do interior do corpo intrusivo, que aflora em costões litorâneos, paredes e em cortes da rodovia BR-101. De um modo geral, sua composição varia de monzogranítica a granodiorítica e granítica, com texturas diversas, variando de isotrópica equigranular de grão médio a fino ou com tendência porfírica, com fenocristais de feldspato potássico orientados por fluxo magmático (unidade GRcj).

Seus contatos com os gnaisses do Complexo Rio Negro envolventes são bruscos e retilíneos, onde localmente se observam enclaves xenolíticos, normalmente facetados e com dimensões variáveis. Na zona de borda ocorrem com dimensões métricas, com indicativos de que foram arrancados da rocha imediatamente encaixante pelo magma intrusivo. Processos de assimilação em diferentes graus são também observados, em particular nos costões litorâneos ao sul da cidade de Mangaratiba.

O corpo como um todo é desprovido de foliação, e a orientação observada em alguns pontos é dada pelos fenocristais de microclina, com indicativos de fluxo magmático. Seus principais minerais constituintes são o quartzo, feldspato potássico (microclina), plagioclásio (albita-oligoclásio) e biotita. Entre os acessórios predominam a allanita, a monazita, a apatita, a titanita e a magnetita.

Nos arredores da cidade de Mangaratiba essa rocha é um biotita granito típico, leucocrático, de cor cinza clara, de grão médio a fino, isotrópico ou com tendência porfírica

pela presença de cristais de feldspato tabulares de até 1 cm de comprimento, que se destacam com relação à matriz. Neste setor do plúton a composição mineral classifica a rocha como um monzogranito.

Para o centro da área de ocorrência, apresenta composição granodiorítica a granítica, com o predomínio da primeira, maciço, equigranular ou com tendência porfírica e de grão médio a grosso. Porções de gnaisses do Complexo Rio Negro ocorrem isoladamente, e quando os contatos são observados, é sempre cortante e brusco.

Para ocidente, em direção à Conceição de Jacareí - Monsuaba, o granitóide torna-se porfírico com cristais de microclina de até 3,0 cm, em matriz granodiorítica com a presença de inclusões autolíticas e xenolíticas.

Em toda área de ocorrência desse complexo granítico são encontradas inúmeras explorações de blocos, principalmente para a confecção de paralelepípedos. Datações geocronológicas U/Pb em monazita dão idade de 492 Ma. para o granito Mangaratiba.

g) Unidade GRcj- Granito porfírico Conceição de Jacareí

Trata-se do fácies porfírico do complexo granítico Mangaratiba/Conceição de Jacareí, caracterizado pela presença de megacristais tabulares de feldspato potássico (microclina) de até 6 cm, normalmente apresentando uma disposição linear predominante NE-SW, que se destacam em uma matriz biotítica de grão grosso a médio. Enclaves microdioríticos tidos como autólitos e xenólitos das rochas gnáissicas encaixantes são comuns e bem distribuídos por todo corpo granítico.

Melhores exposições dessa unidade encontram-se em costões litorâneos, em lagedos de cursos d'água, em paredões, nos cortes da BR-101 entre Conceição de Jacareí e Jacuecanga e nos blocos que estão sendo talhados para material de construção, nas encostas de Conceição de Jacareí e Monsuaba.

h) Unidade GRD- Granito/diorito sin-intrusivos

Constitui rocha composicionalmente mista onde porções essencialmente graníticas ocorrem lado a lado a porções tipicamente dioríticas, em intrusão simultânea, típica de magmatismo bimodal.

Observa-se a dominância de um magma granítico, possivelmente associado aos demais aflorantes na região, em interdigitação constante com um magma diorítico, que ocorre em menor volume, sendo encontrado em poucos afloramentos como rocha dominante. Frequentemente encontram-se feições de mistura mecânica entre esses dois magmas, em diversos estados de plasticidade, formando gotas, bolsões, veios e porções de possível intrusão forçada, sob intensa pressão, conferindo aspecto migmatítico estromático ao conjunto, que é confundido facilmente com os migmatitos das unidades encaixantes (Figura 97). Apresentam orientações conferidas por fluxo magmático associado à deformação, de origem possivelmente pela colocação das enormes massas magmáticas regionais.

Tal suposição se reforça ao se observar às direções preferenciais do bandamento provocado pela interação dos dois magmas contrastantes sob fluxo, que parecem concêntricas a um foco entre o litoral de Angra dos Reis e Ilha Grande, tendo as melhores exposições na ilha da Jipóia e muitas outras do arquipélago da Baía de Angra, e também no continente, nas praia ao longo da estrada litorânea a oeste do centro da cidade de Angra dos Reis.



Figura 97 - Unidade GRD- Aspecto da mistura mecânica entre granito e diorito em costão. Ilha da Jipóia.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

i) Unidade GRig- Granito Ilha Grande

Essa unidade coexiste com a CHig, charnockito Ilha Grande, e é constituída por uma rocha granitóide de grão médio a grosso, equigranular a porfirítica, com fenocristais de feldspato potássico eudricos (microclina) de até 8 cm, geralmente mostrando foliação magmática em uma matriz com quartzo, plagioclásio, biotita e anfíbólio e como minerais acessórios zircão, apatita, allanita, titanita, e minerais opacos, clorita e mica branca como minerais secundários.

Observam-se inclusões máficas nodulares e xenólitos localizados de rocha gnáissica. A passagem dessa litologia para os charnockitos associados não é clara, sendo seus contatos de difícil caracterização. Pode ter relação genética com o complexo granítico Mangaratiba/Conceição de Jacareí.

j) Unidade CHig - Charnockito Ilha Grande

Conforme dito anteriormente, esta unidade está associada à unidade anterior GRig, podendo constituir um complexo de rochas magmáticas. É constituída por hiperstênio-granitóides de grão médio a grosso, equigranular e com discreta foliação, com níveis granatíferos localizados e apresentando-se em faixas de dezenas a centenas de metros alternadas com a unidade GRig, dispostas segundo a direção NE-SW.

São rochas charnockitizadas de composição predominantemente charnockítica, e também charnoenderbítica a jotunítica, meso a melanocráticas, cinza-esverdeada ou esbranquiçada nos lagedos quando alterada. Tem como minerais essenciais feldspatos esverdeados (K-feldspato e plagioclásio oligoclásio), quartzo, hiperstênio, horblenda, secundariamente biotita, e titanita, apatita zircão, e magnetita como principais acessórios.

6.2.1.4.5. Unidades do Juro-Cretáceo (135-123 Ma.)

a) Unidade db- diques de rocha básica (diabásio)

Esta unidade está relacionada ao magmatismo básico mesozóico associado ao processo de abertura do oceano atlântico, que formou os derrames basálticos da bacia do Paraná. Aqui na região sudeste, são conhecidos centenas de diques básicos formados nessa época, durante os processos de quebra e separação dos continentes africano e sul-americano, que aproveitaram a estruturação geral herdada do evento Brasileiro.

Ocorrem por toda a área de interesse, do planalto da Bocaina à região litorânea, assim como as ilhas, com diferentes espessuras que variam de centimétricas até dezenas de metros, normalmente contínuos por dezenas de quilômetros, às vezes deslocados por falhas mais jovens e via de regra direcionada na direção NE-SW, principalmente N 45° E, verticais a sub-verticais, podendo localmente apresentar direções N-S e NW-SE. Sistemas expressivos são observados na praia de Itaorna-Ponta Grossa, Baía da Ribeira, ao sul de Parati e no Alto da Bocaina. Esses diques se alojam preferencialmente ao longo de fraturas pré-existentes, com contatos nítidos com as encaixantes, podendo se apresentar falhados tanto internamente como ao longo dos contatos, indicando atividades tectônicas posteriores à sua instalação. Apresentam internamente sistemas de juntas ortogonais características, que podem servir de conduto para águas freáticas ou hidrotermais originados de eventos magmáticos posteriores. Em afloramentos mostra textura típica dos diabásios, equigranular ou ofítica, definida por uma disposição entrecruzada de ripas de plagioclásio.

Mineralogicamente são rochas formadas por piroxênio, normalmente augita, plagioclásio cálcico (labradorita), podendo ter olivina em alguns termos. A magnetita é um acessório comum nessas rochas básicas hipoabissais.

Quando ocorrente em diques de pouca espessura, o resfriamento rápido do magma básico injetado na fratura produz uma rocha de grão muito fino, de textura afanítica, semelhante à sua representante extrusiva, o basalto. São denominados então diques de basalto. Por outro lado, quando o dique é mais espesso, a textura e a granulometria refletem

as características de gabro, a representante intrusiva de magmas dessa composição, como observado na localidade de Alto da Bocaina, em potente dique que pode ser seguido por dezenas de quilômetros.

Em alguns pontos observam-se diques de outra rocha escura, os lamprófiros, que em alguns pontos cortam os diabásios, sendo, portanto, mais jovens; possivelmente associadas ao magmatismo alcalino terciário, último evento magmático conhecido nesta parte da plataforma Brasileira. O lamprófiro é uma rocha que se apresenta na forma de diques, normalmente não muito espessos, de coloração cinza escura a negra, de grão médio a fino, às vezes grosso formado principalmente por biotita, e subordinadamente olivina e plagioclásio.

Diques de lamprófiros são encontrados na Praia de Itaorna preenchendo zonas de fraturas orientadas segundo a direção N 70° – 80° W, com espessura às vezes métrica.

6.2.1.4.6. Unidades do Quaternário (holoceno)

a) Depósitos aluvionares

São sedimentos associados à rede de drenagem atual e pré-atual, constituídos por cascalhos, areias finas e médias, silte e argila, incluindo os depósitos de terraços e as várzeas.

Esses depósitos estão sendo explorados legalmente ou não por toda a área litorânea avaliada, particularmente na região compreendida entre Bracuí e Mambucaba.

b) Depósitos flúvio-marinhos e marinhos

São sedimentos atuais e pré-atuais, que representam depósitos de ambiente de transição continental-marinho, passando a essencialmente marinhos. Os sedimentos flúvio-marinhos e marinhos consistem em geral de camadas de areia fina, média e grossa, alternadas por níveis de argila e silte.

Na desembocadura de alguns rios, como por exemplo, o Bracuí, existem depósitos de mangue, caracterizados por lamas e lodos silto-argilosos ricos em matéria orgânica, de cor escura, caracteristicamente formada em ambiente redutor derivado da decomposição de restos vegetais. São também encontrados ao norte de Angra dos Reis e nas circunvizinhanças de Parati, já profundamente degradados pela expansão urbana.

6.2.2. Sismologia

6.2.2.1. 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 magnitudes das tensões 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 publica um 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.

A partir dos trabalhos de HASUI et al. (1982) e MIOTO (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. MIOTO (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.

6.2.2.2. Distribuição de sismos

A região Sudeste Brasileira (aqui representada pela área formada 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 98). O grande número de registros mais recentes, posteriores à década de 1970, reflete a implantação de instrumentação sismográfica no país.

Ainda observando-se a Figura 98 pode-se afirmar que sismos de maior magnitude são raros. Apenas um evento maior que 6 graus (ocorrido na Cadeia Vitória-Trindade, na Margem Continental) e outro maior que 5 (em Mogi Guaçu, SP) foram registrados. Treze registros apareceram entre os 4 e 5 graus da escala.

Os *clusters* sísmicos podem ser associados 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) 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) que concentra praticamente toda a atividade sísmica regional.

Uma terceira província, não mencionada por BERROCAL *et al.* (1996), corresponde aos domínios da Margem Continental, principalmente junto à borda mais interna da Bacia de Santos.

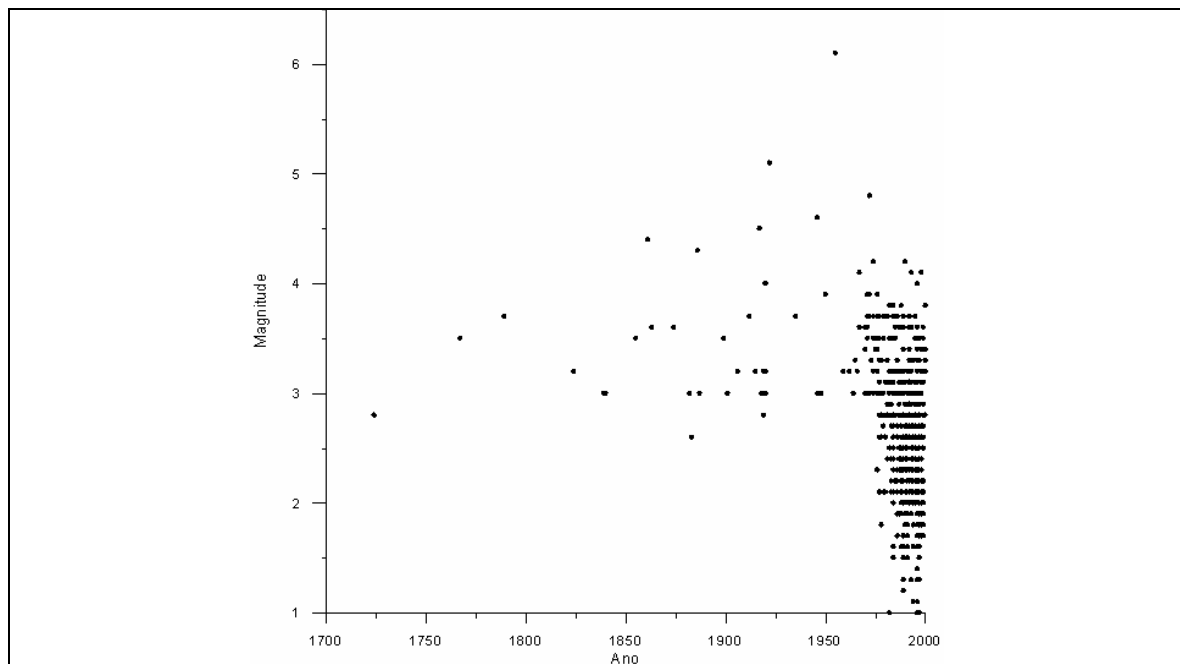


Figura 98 – Distribuição temporal dos sismos na Região Sudeste

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os sismos maiores que 3,5 graus, apontados como mais significativos por BERROCAL *et al.* (1996), correspondem a uma pequena fração dos eventos registrados (Figura 98) 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. Três eventos expressivos (entre 4 e 5 graus de magnitude) se distribuem num arco de raio pouco maior que 100 km em torno da área de Angra dos Reis. Observa-se um alinhamento de epicentros ao longo do conspícuo feixe de falhas transcorrentes brasileiras que, reativadas no Cenozóico, afeiçãoaram a Serra do Mar ao longo da borda continental sudeste.

MIOTO (1993), baseado na distribuição de epicentros, estruturas geológicas e compartimentação regional do relevo, propõem duas zonas sismogênicas na área em torno o empreendimento (Zona Sismogênica de Cunha e Zona Sismogênica de Santos; Figura 99). 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).

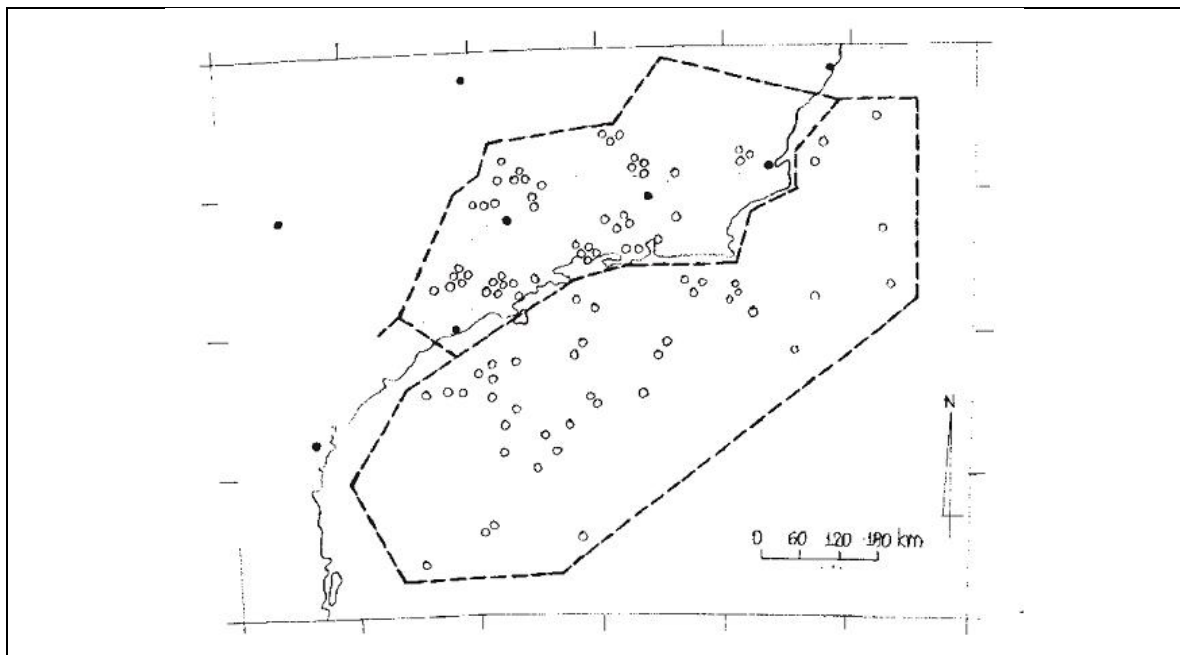


Figura 99 – Zonas sismogênicas na área de entorno da CNAEA (Mioto, 1993)

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

Porém é importante frisar 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).

6.2.2.3. Sismos Regionais e Locais

Numa região da ordem de algumas centenas de quilômetros em torno de Angra dos Reis, foram registrados vários episódios sísmicos que são relevantes para a caracterização do risco na área da CNAAA. Genericamente, são eventos de pequena magnitude e que não caracterizam um risco maior para instalações com as especificações construtivas como as de Angra 3.

Os principais sismos históricos ocorridos na área de influência direta AID e área de influencia indireta AII encontram-se listados a seguir.

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. O chamado “terremoto de São Paulo de 1922” (Assumpção et al., 1979) teve apontado o município de Mogi Guaçu como seu epicentro a 248 km da CNAAA.

Descrição: 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 250.000 km². Mioto (1997) refere uma profundidade focal estimada de 20 km. Na área próxima, caracterizou-se intensidade VI MM através 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 100), a intensidade decaiu de VI MM junto ao epicentro para uma isossista da ordem de III MM em Angra dos Reis (WGC, 1979).



Figura 100 – Isossistas do evento de 27/01/1922

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

b) Sismo de 24/10/1972 (localização: 21,72° S, 40,53° 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. Sua magnitude foi estimada em 4,8 (Berrocal et al., 1984) e afetou uma área de 210.000 km², 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.

Sua intensidade atingiu IV MM em parte do estado do Rio de Janeiro, desde Campos até Niterói (Figura 101). Segundo o estudo da WGC (1979), a intensidade do sismo seria de II MM na área do empreendimento; entretanto, o evento não foi efetivamente sentido em Angra dos Reis.

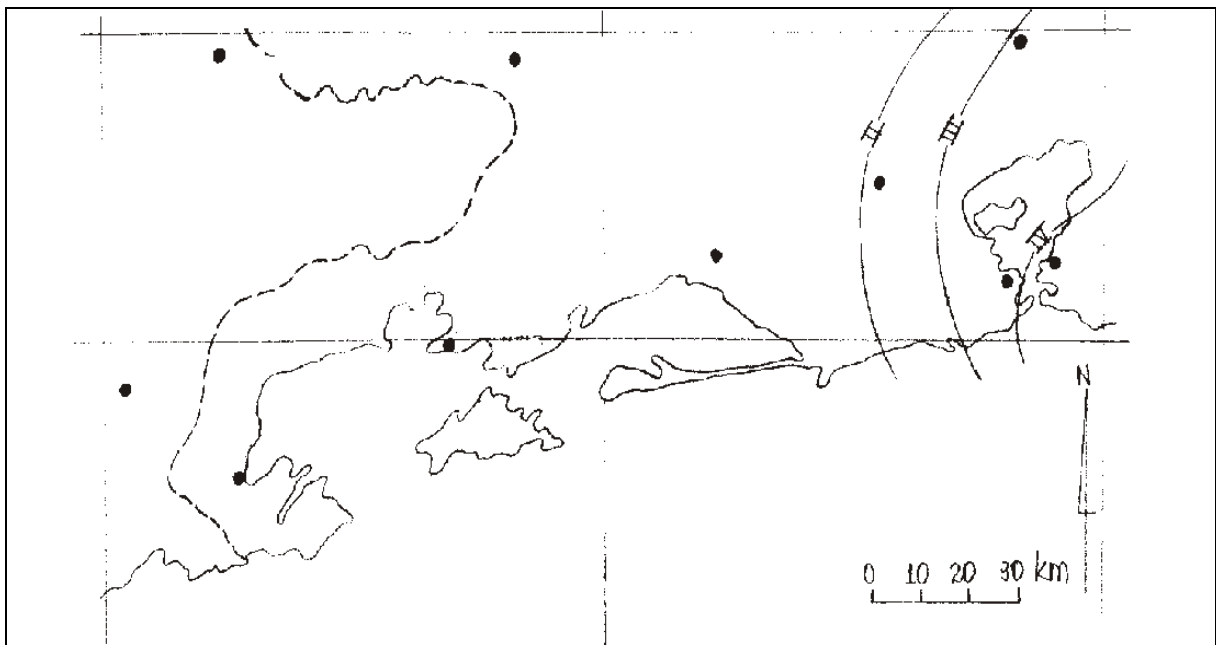


Figura 101 – Isossistas do evento de 24/10/1972

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

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

Referido como Sismo de Lorena, SP (Mioto, 1997), este evento teve um evento precursor segundo Berrocal et al. (1984). A área afetada é da ordem de 52.000 km², 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 120 km da Praia de Itaorna, com erro de locação de 50 km.

O mapa de isossistas, derivado dos estudos de WGS (1979), indica uma intensidade de IV MM na área do empreendimento (Figura 102).

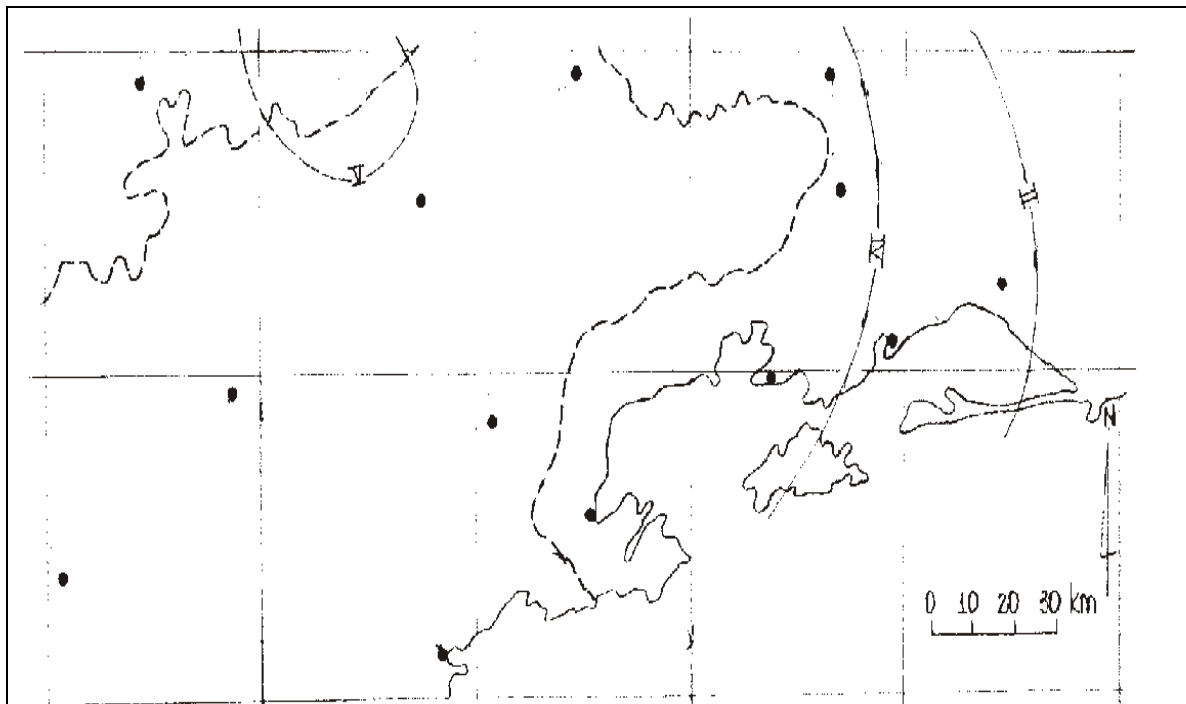


Figura 102 – Isossistas do evento de 31/07/1861

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

d) Sismo de 09/05/1886 (Localização: 22,66° S, 43,69° W)

Referido como Sismo de São Pedro e São Paulo (RJ) por Mioto (1997), este evento afetou uma área de 23.000 km², com intensidade máxima epicentral de V MM e magnitude estimada de 4,3; o epicentro localiza-se a 83 km da Praia de Itaorna com erro de locação de 20 km.

Berrocal et al. (1984) destaca 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 (Figura 103).

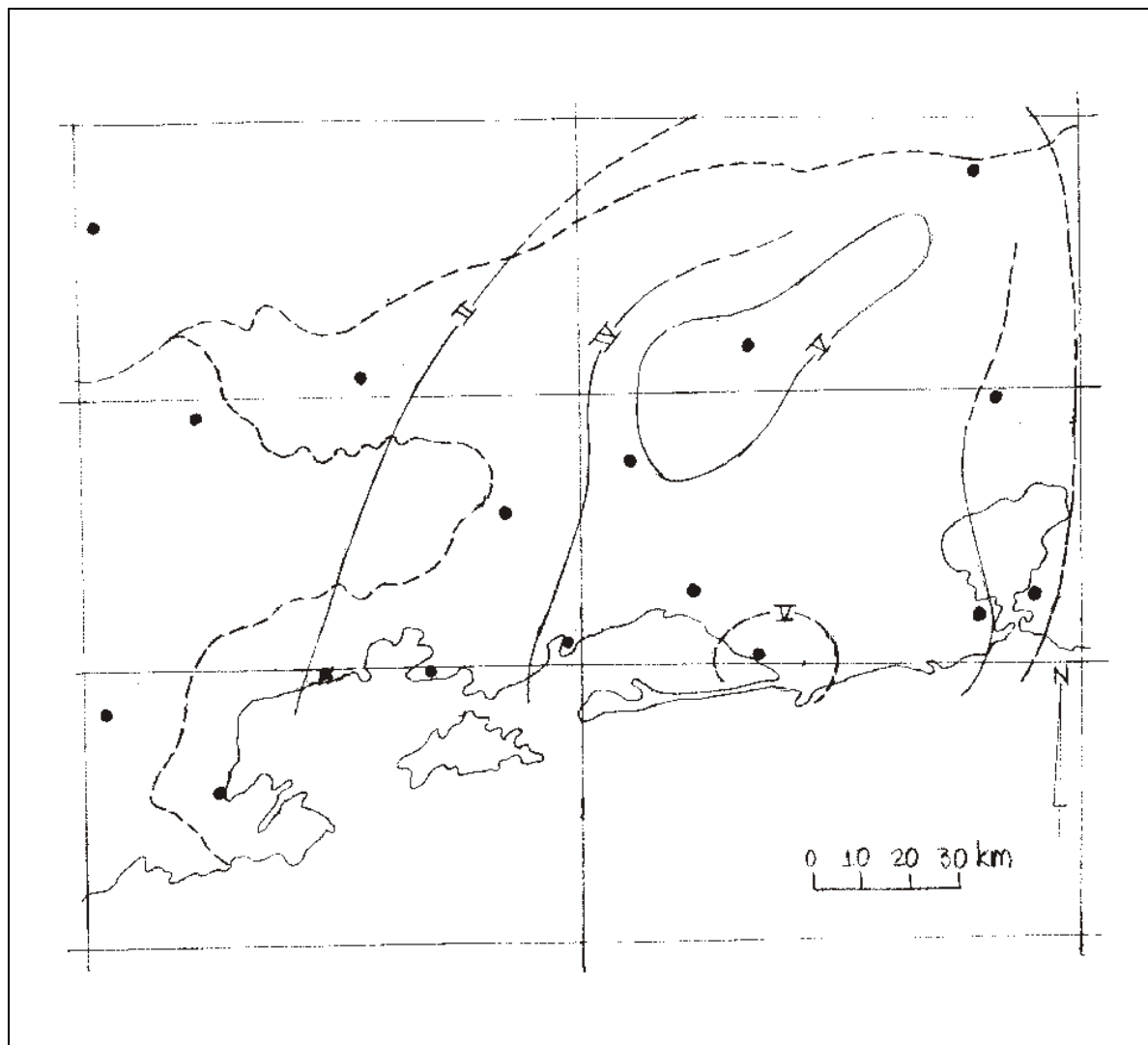


Figura 103 – Isossistas do evento de 09/05/1886

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

e) Sismo de 23/03/1967 (localização: 23,3° S, 45° W)

O Sismo de Cunha, como é referido por Mioto (1997), é o evento de magnitude maior que 4 com epicentro mais próximo da Praia de Itaorna (48 km de distância, erro de locação de 20 km). A área em que ele foi sentido é de 30.000 km², a magnitude estimada de 4,1 e intensidade máxima epicentral de VI-VII MM (Berrocal et al., 1996).

Nos estudos da WGC (1979), estima-se que, caso este sismo ocorresse no sítio onde se localizam as Centrais Nucleares, estas teriam sido submetidas a uma intensidade de VI MM, tendo em vista a pequena profundidade focal e a qualidade do maciço rochoso na área (Figura 104).

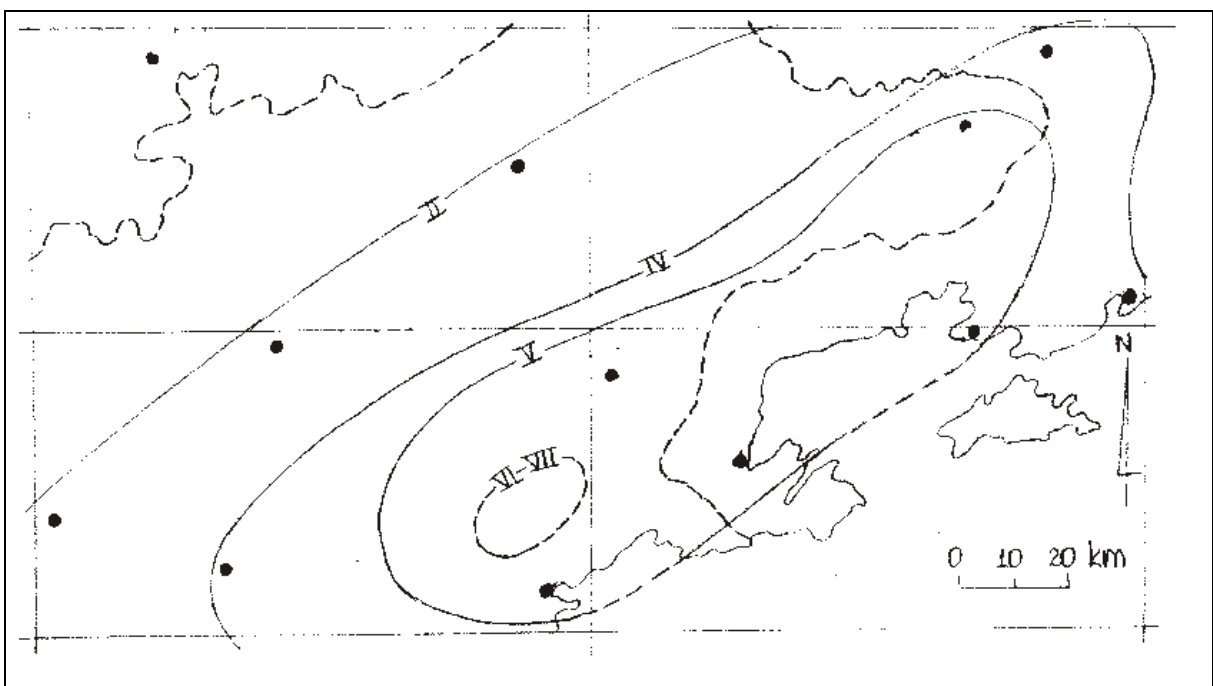


Figura 104 – Isossistas do evento de 23/03/1967

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

6.2.2.4. Seqüência 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, cerca de 27 km a leste das Centrais Nucleares. 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 aproximadamente 10 km de Monsuaba (BERROCAL et al., 1993).

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).

O plano obtido para os eventos (N 25° 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 105) 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 (Figura 106).

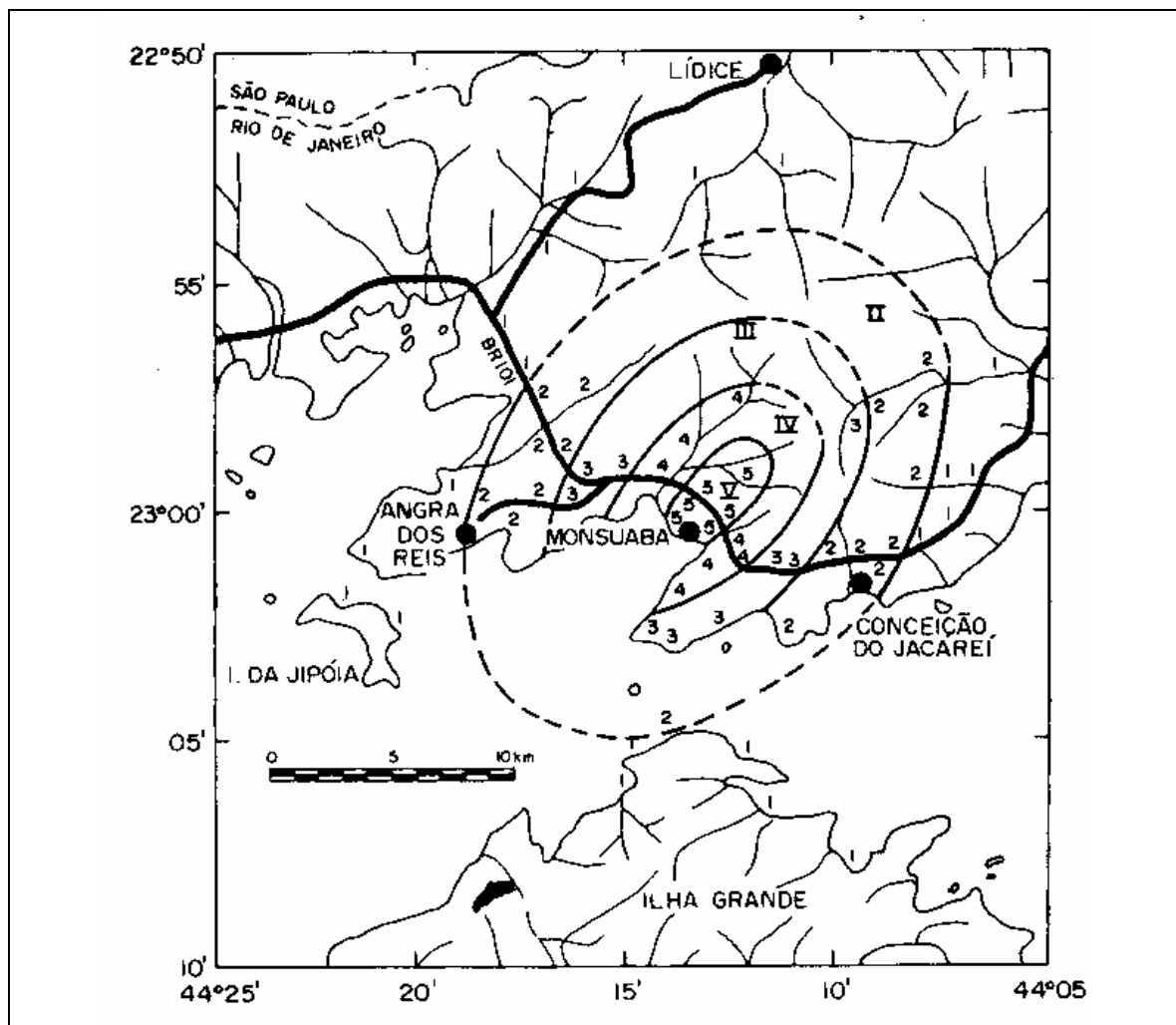


Figura 105 – Mapa de isossistas do evento principal (magnitude 3), de 23/12/1988, do enxame de Monsuaba; os algarismos arábicos indicam intensidade MM (ext. de Berrocal et al., 1993).

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

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 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.

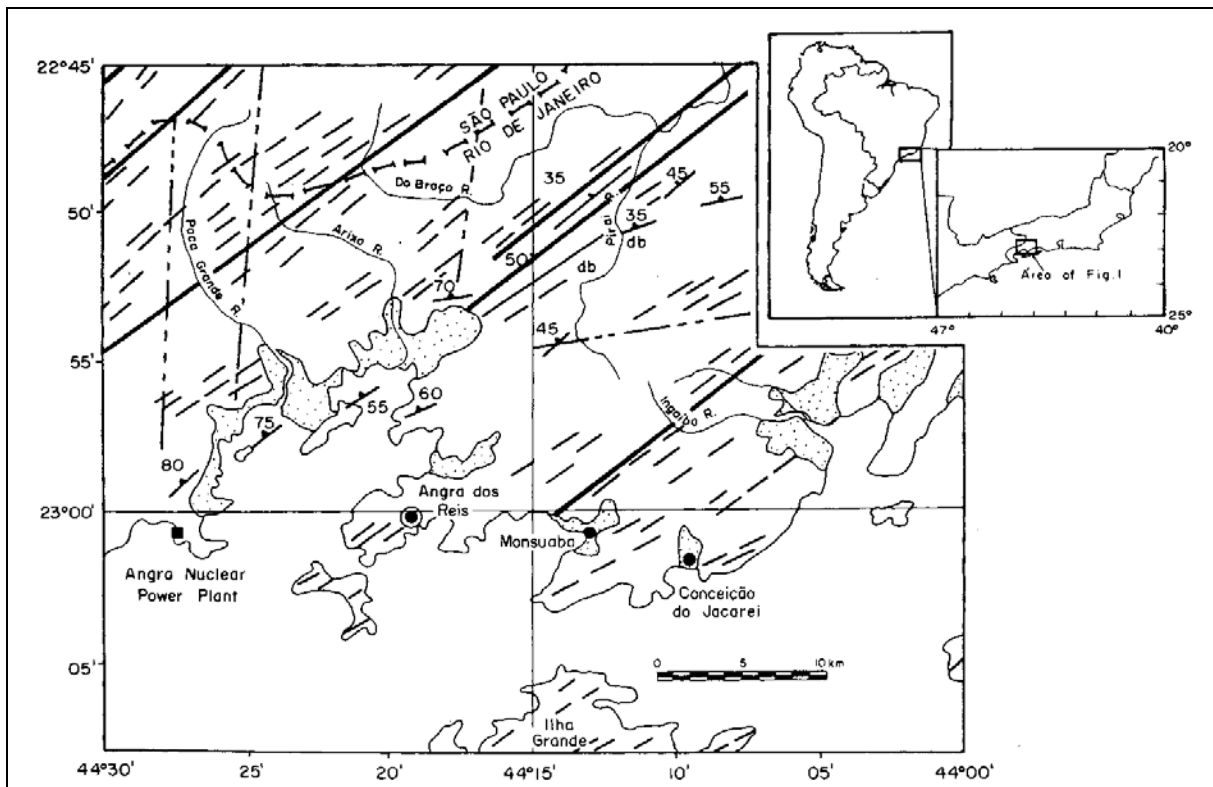


Figura 106 – Mapa tectônico simplificado da região de Monsuaba mostrando falhas principais (linhas mais espessas); fraturas (linhas finas e tracejadas); lineamentos (tracejado espesso). Manchas restritas de depósitos quaternários (áreas pontilhadas) ocorrem diretamente sobre o embasamento. (ext. de Berrocal et al., 1993).

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAP - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

6.2.2.5. Recorrência sísmica

Estudos de recorrência sísmica na área da CNAAP 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, onde se objetivava 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 ASSUMPTÃO (1983b). O autor considerou o catálogo de sismos das regiões sul, sudeste e leste do Brasil e tratou estatisticamente os eventos maiores que 3,5 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 (MIOTO, 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.

MIOTO (1984) adotou uma abordagem similar, mas efetuou o tratamento estatístico de intensidades para o Sudeste Brasileiro, mas 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 5 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 período de 5 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 no período de 5 anos seja igual ou exceda 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 5 anos seja igual ou exceda VI MM varia de 2,5 a 12,5%; o período de retorno correspondente à intensidade VI MM é de 8 a 40 anos.

Os estudos mais recentes de risco sísmico do Sudeste Brasileiro foram desenvolvidos por BERROCAL et al. (1996), considerando magnitudes superiores a 3,0 e eventos entre as coordenadas 18° – 28°S e 39° - 52°W, com epicentros no embasamento cristalino.

Os intervalos de recorrência para sismos (Figura 107) 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 6 anos;

- similarmente, um evento da magnitude do que ocorreu em Pinhal, em 1922, pode ocorrer uma vez a cada 200 anos, mas eventos com magnitude igual ou maior do que 5,1 podem ocorrer a cada 60 anos aproximadamente.

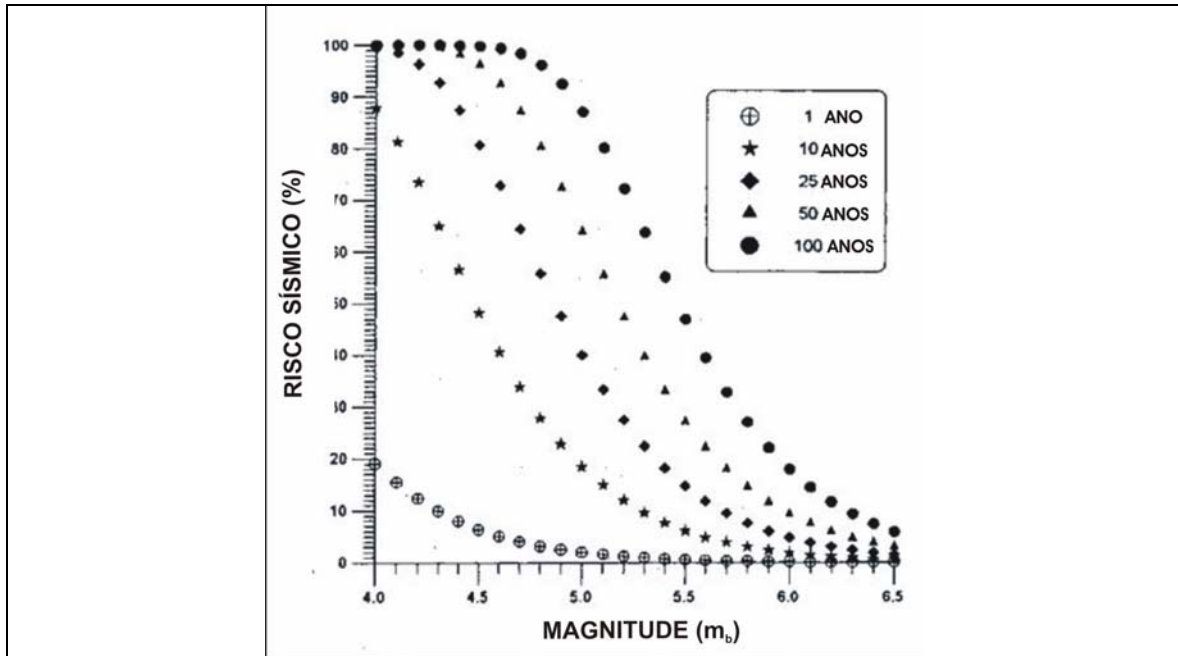


Figura 107 – Risco sísmico na Província Sismotectônica do Embasamento Pré-Cambriano para valores cumulativos de magnitude e intervalos de tempo de 1 a 100 anos (Berrocal et al., 1996).

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB - Volume II - Eixo 2 - Geologia e Recursos Hídricos" - IGEO/UFRJ, 2003

6.2.2.6. Avaliação técnica da análise de risco sísmico para Angra 3

Para a avaliação da mais recente análise de risco sísmico para Angra 3, adotou-se uma metodologia derivada das normas propostas pelo órgão regulador norte-americano, que estima a probabilidade no tempo e na região de ocorrência de movimentações de terreno causadas por fenômenos sísmicos.

Na conceituação adotada, definiu-se uma grande província sismotectônica para parte do sudeste brasileiro, incluindo a margem continental adjacente, onde se inclui a área do empreendimento. Considera-se a província como uma região homogênea em termos de sismicidade (principalmente em razão da escassez de dados e registros sísmicos no Brasil), com uma relação de magnitudes possíveis: entre 3,0 e 6,5 na área emersa e entre 3,0 e 7,0 na plataforma continental adjacente.

Efetivamente, o estudo demonstra o baixo risco sísmico para o empreendimento.

6.2.3. Aspectos Geotécnicos

A área de influência do empreendimento apresenta geologia e geomorfologia características da Serra do Mar, onde predominam gnaisses e granitos recobertos por manto de solos residuais e colúviais/talus. O terreno é acidentado apresentando encostas íngremes, e grandes alturas (desníveis superando 800 metros). A presença de falhamentos e fraturamentos também merece atenção, pois pode contribuir para a instabilidade de taludes e encostas.

Nos sopés das escarpas rochosas, com taludes quase verticais, também se observam depósitos de tálus/colúvios e solos residuais.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é o climatológico, pois a presença de água potencializa a instabilidade de encostas e taludes: as chuvas na região frequentemente superam os 2000 mm anuais, ocorrendo, em sua maioria, nos meses de verão (novembro-março).

6.2.3.1. As encostas na área da CNAAA

As encostas do entorno da CNAAA, que apresentam as mesmas características apresentadas anteriormente para a região, ocorrem ao longo da rodovia BR-101 no trecho que vai do km 519,5 ao 522,5.

As encostas no sítio das Usinas e em seu entorno caracterizam-se por apresentar movimentação que podem ser intensificadas nos períodos de precipitação. O problema é agravado em função da forte precipitação que ocorre na região e da cobertura inconsolidada da área, a qual é representada por solos residuais, colúvios e talus em encostas íngremes e pela brusca transição solos-rocha.

Os cortes em tálus no lado Norte e Sul da BR-101 são compostos por solo com textura silto-arenosa micácea, de coloração amarronzada, com diversos blocos rolados na matriz do solo e com intensa vegetação. Foi observada em diversos pontos a presença de cicatrizes de escorregamentos pretéritos.

A ênfase, neste trecho, decorre do grande volume de material, composto por solo, blocos de rocha e vegetação. O intenso fissuramento da rocha causa o surgimento de inúmeros “olhos d’água” com bicas d’água construídas ao pé da encosta junto ao leito da rodovia.

6.2.3.2. Aspectos litológicos e estruturais

As rochas que ocorrem na área são migmatitos, em graus diversos de migmatização, representantes originais de biotitagnaisses, biotita-anfibólio-gnaisses e anfibolitos (paleossoma), transformados por aporte generalizado de fração neossomática granítica a pegmatóide. Desse processo resultou uma tipologia litológica muito variada, desde gnaisses típicos, extremamente ricos em biotita bem laminados a granitos de textura variada passando por gnaisses com amplo desenvolvimento de porfiroblastos feldspáticos.

A estrutura dominante nos migmatitos é a estromática, largamente distribuída na área, caracterizando-se por um bandeamento centimétrico bastante regular, por vezes descontínuo, com alternância de minerais máficos, predominantemente biotíticos, e félsicos, quartzo-feldspáticos, de granulação média, o que em síntese, confere a rocha uma seqüência de faixas escuras e claras, aproximadamente paralelas e de regularidade variável.

Foram constatadas algumas intrusões básicas na forma de diques e, em alguns locais, também vestígios de suas presenças pela ocorrência de blocos nos depósitos, pela textura do solo resultante e pela ocorrência de escassos afloramentos.

As rochas apresentam xistosidade local e regional e em torno de N 50 a 70 E, com mergulhos fortes, 60 a 80 NW. O fraturamento mostra uma família dominante de direção NE e outra de direção NNW. Ambas marcam a morfologia: direção das escarpas, das ilhas e do recorte do litoral.

6.2.3.2.1. Condicionantes Geológicas e Geomorfológicas

O estudo realizado pelo IGEO/UFRJ constatou o controle da configuração geológico-estrutural e geomorfológica na distribuição das unidades mapeadas. A associação da xistosidade (N 50 a 70 E) a uma família de fraturas, aproximadamente paralela, constitui o aspecto estrutural determinante da direção principal das escarpas rochosas. Este fator é acentuado em alguns pontos por falhamentos normais.

Este mesmo aspecto é responsável pelo notável domínio da direção NE nas dimensões longitudinais das ilhas oceânicas e dos alongamentos rochosos continentais que avançam para o interior marítimo, denotando um padrão de drenagem paralelo.

Um outro quadro estrutural, complementar, é representado por uma família de fraturas NNW que, associada a anterior, é responsável pelo recorte do litoral e pela existência de anfiteatros entulhados de blocos e limitados por altos topográficos laterais ("noses") e escarpas rochosas ao fundo (Figura 108).

Os altos topográficos ("noses") laterais aos anfiteatros deram origem a perfis solo coluvial / solo residual / rocha, conseqüência da ação do intemperismo, governado fundamentalmente pela ação difusa das águas. Nas áreas com declividade elevada, solo residual pode estar ausente ou apresentar-se com espessura delgada. Na área mapeada, de forma localizada, interpretou-se como domínio de depósito coluvial diretamente sobre rocha na parte central da área apresentada no Anexo 7, folha 1.

Os anfiteatros constituem verdadeiras bacias de recepção, onde foram depositados os solos e blocos de rochas constituintes do tálus. A configuração morfológica favorece a formação destes depósitos, em face da existência de fontes fornecedoras de blocos de rocha, representadas pela escarpa rochosa quase vertical e diaclasada, e de solo, proveniente dos "noses" limítrofes e do retrabalhamento dos solos desenvolvidos na escarpa de fundo.



Figura 108 – Foto da escarpa de fundo, fornecedora de blocos de rocha para o tálus do flanco oeste da Folha 2. Apesar do mascaramento da vegetação são observados e assinalados diversos afloramentos no alto da encosta (1991).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

A seqüência completa nas áreas caracterizadas como anfiteatros é definida predominantemente por tálus / solo residual / rocha, passando a tálus / rocha e a simplesmente rocha, a medida que se avança para as declividades mais fortes (Figura 109).

Os depósitos de tálus estão presentes também em calhas de drenagem, sob formas alongadas, como se observa no Anexo 7, folha 1.

O Solo Residual só aflora por força de escavações ou escorregamentos, cujo exemplo significativo foi mapeado no extremo oeste do Anexo 7, folha 1.

Afloramentos de rocha existentes são, além daqueles acima referidos, em grande maioria, provenientes de cortes. Ocorrem também de forma restrita nas partes dos talwegues de perfil longitudinal de forte gradiente e em pequenos altos topográficos na forma de blocos *in situ* e ainda em quebras acentuadas de gradientes.



Figura 109 – Foto do afloramento maior assinalado na foto da Figura 108, resultado de um escorregamento ocorrido em janeiro de 91, em que se observa o migmatito fraturado e a presença de delgada camada de solo orgânico, apesar da densa vegetação existente (1991).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

6.2.3.2.2. Considerações sobre a estabilidade de taludes

Nas condições atuais de ocupação, os problemas de estabilidade dos taludes da área mapeada estão ligados, predominantemente, a três fatores: heterogeneidade litológica e produtos de alteração decorrentes; geomorfologia, fruto de um relevo muito jovem; e altas precipitações pluviométricas.

Outro controle na espessura dos solos pode dar-se com a geomorfologia, observando-se o adelgaçamento nas encostas mais íngremes, até a ausência do Solo Residual, quando então os depósitos das vertentes assentam-se diretamente sobre o embasamento rochoso ou este aflora. Esta situação pode ser observada no Anexo 8 – Perfis indicados nos estudos geotécnicos.

Nas áreas abatidas, constituindo formas em anfiteatros, são grandes as espessuras de Solo Residual (algumas dezenas de metros) em virtude da concentração de água, bem como de coberturas depositadas. Nesses anfiteatros, as elevações circundantes e, em particular, os paredões rochosos de fundo, são fontes permanentes de fornecimento de materiais de granulometria extremamente variada que resulta na existência dos depósitos de tálus.

Diante desse quadro controlador das espessuras de solo, as instabilidades detectadas durante os trabalhos de mapeamento podem ser abordadas como de dois tipos: superficiais e profundas.

Os escorregamentos superficiais são freqüentes em toda a área e encontram-se ligados aos depósitos coluviais ou aos locais de bota-fora da BR-101. O primeiro caso está predominantemente associado aos cortes das estradas existentes, onde os escorregamentos são limitados e não possuem grande extensão em área (salvo o caso mapeado no extremo oeste da Folha 1, - Perfil A-A' no Anexo 8). Restringe-se, na maioria das vezes, ao Solo Coluvial, embora possam alcançar o embasamento rochoso alterado e fraturado, quando nesses casos, a espessura do Solo Residual é delgada.

No caso dos escorregamentos associados aos locais de bota-fora, situa-se, naturalmente, a jusante das estradas a que estão associados. São do tipo debris flow, podem aprofundar-se até 1 ou 2m no Solo Coluvial sotoposto, mostram cicatrizes alongadas, vestígios de reativação e tem o efeito de descalçarem inúmeros blocos a meia encosta. Não constituem risco direto à área da Usina, embora, em alguns casos, possam interditar temporariamente a via situada à jusante (Anexo 8, folhas 2 e 3).

Como instabilidades profundas podem-se destacar aquelas que atingem a grande área de tálus e o aterro suportado por um conjunto de cortinas, junto a BR-101 (Anexo 8, folha 1).

Uma série de características conjugadas determina a instabilidade da grande área de tálus (vide Perfil B-B' no Anexo 8), características essas que foram detectadas através dos trabalhos de mapeamento e das inúmeras sondagens realizadas, em particular na área do trevo de acesso as Usinas. São indícios claros de instabilidade os resultados das investigações por inclinômetros (área do trevo), as inúmeras ruturas existentes nos pavimentos das diversas vias de acesso e o embarrigamento de cortinas de contenção. Estas cortinas já foram reforçadas quatro vezes, sendo o último reforço executado em 1998. De acordo com as leituras das instrumentações geotécnicas (BP/G/6560/040023) o comportamento destas cortinas está adequado.

As características acima referidas estão itemizadas como forma de melhor destacá-las, sem que a ordem indique a importância do fator:

- a) as grandes espessuras das coberturas de tálus, principalmente nas partes centrais dos anfiteatros;
- b) as grandes espessuras dos solos residuais;
- c) a grande variabilidade nas cotas de contato do depósito de tálus com o Solo Residual;
- d) a grande variabilidade das cotas do topo rochoso;
- e) as características bastante diferenciadas na composição dos solos residuais, variando de solos silto-micáceos e friáveis (rocha matriz máfica) a solos arenosos grosseiros e coesivos (rocha matriz granítica, porfírica a pegmatóide);

- f) a grande quantidade de blocos de rocha sã no interior da massa de Solo Residual;
- g) as condições de infiltração das águas, em que se destaca o run off das encostas rochosas, praticamente impermeáveis, com as águas infiltrando-se somente no contato com os depósitos de tálus nas vertentes (próximo a essas áreas de contato é possível ouvir-se claramente o ruído do fluxo da água subterrânea nos vazios entre os blocos depositados);
- h) durante as sondagens realizadas, foram observados, em diversas profundidades, um grande número de casos de perda d'água total;
- i) as diversas áreas mapeadas como zonas de surgência e encharcamento permanente, e
- j) a distribuição bastante heterogênea das vazões d'água nos inúmeros drenos instalados.

Esse conjunto de características, pautado nos tipos de materiais, na geomorfologia que os comporta, na infiltração e distribuição do fluxo da água subterrânea, conduz à suposição de que as instabilidades existentes não atingem, para cada uma das grandes áreas mapeadas, toda massa de solo, num escorregamento único. As variações laterais e verticais na constituição dos materiais depositados são as causas das cotas diferentes das passagens para solos residuais e destes para o embasamento rochoso.

Essas características associadas aos efeitos da ação do fluxo das águas subterrâneas, devem conduzir a erosões em subsuperfície e, por conseqüência, à criação de vazios interiores que resultam em solapamento e abatimento de massas de solo, de distribuição aleatória, como a distribuição dos fluxos subterrâneos das águas que dão origem a esses vazios. Provavelmente, esse deve ser o tipo de instabilidade dominante, embora seja perfeitamente admissível, massas mobilizadas localmente em processo de creep.

6.2.3.3. Caracterização Geotécnica da Área de Entorno da CNAAA.

A caracterização geotécnica da área de entorno da CNAAA foi executada através da confirmação e análise dos estudos realizados pelo Departamento de Geologia-UFRJ, realizado em 1991. Esta análise consistiu em verificação *in loco*, descrição e análise de sondagens, registros fotográficos, além da elaboração de mapa geotectônico (Anexo 7) que contempla os pontos descritos nesse texto, as unidades geológico-geotécnicas, bem como a localização de três perfis do terreno (Anexo 8). Para a visualização da localização dos pontos descritos neste texto, sugere-se o acompanhamento de sua localização no referido mapa. Tal mapa é a compilação de três folhas, oriundas da Eletronuclear/Furnas, com atualização após verificação de campo em 2002.

➤ Folha 1 (Anexo 7)

a) Ponto 1

Localizado no morrote do extremo oeste da área, adjacente á torre de TV, junto ao corte da rodovia BR-101. O grande corte da BR-101 (cerca de 100 m de comprimento por 60m de largura) apresenta vários sinais de instabilização pretérita, com a ocorrência de grande massa escorregada. Aparentemente há o predomínio de erosões diversas superficiais e internas, sem a presença de uma superfície única de escorregamento(conforme UFRJ/Depto de Geologia,1991).

Ponto 1 A: Solo Residual jovem exposto em parede subvertical com cerca de 8m de altura máxima. Trata-se de areia pouco micácea e siltosa, esbranquiçada, entremeada a blocos e massas rochosas menos alteradas. O intemperismo é bastante irregular no perfil, sem uma seqüência gradativa, pois há massas mais alteradas de solo sob massas rochosas.

Ponto 1 B: O perfil do solo apresenta colúvio argilo-arenoso marrom, pouco micáceo, com blocos angulosos abundantes de gnaiss e migmatito, com diâmetros médios entre 20 e 40cm. A espessura, quando observada é de 2,0 a 2,5m.

Ponto 1 C: Neste local foi construído um muro de gabião de 3,0 m de altura e 66,0 m de extensão, não sendo verificado nenhum problema de integridade e encontra-se ainda em bom estado de conservação na vistoria em setembro de 2002. A unidade geotécnica é composta por colúvio, textura argilo-arenosa com blocos sobrepostos a um Solo Residual jovem de textura areno-siltosa com “debris” (Depto de Geologia, 2002).

b) Ponto 2

A montante da estrada de serviço da unidade de britagem de Angra 3, está localizado o bota-fora da BR-101, que apresenta largo anfiteatro erosivo, com alguns pontos de erosão pretérita. É constituído quase exclusivamente por blocos de diâmetros diversos, mas em geral com menos de 1,0m de diâmetro. Sob o bota-fora, mais a jusante da encosta, há um depósito de blocos com matriz areno-argilosa marrom e avermelhada.

c) Ponto 3

Situado a montante do km 592 + 200m da BR-101 em corte em rocha muito alterada. O corte sofreu instabilização no passado e é bastante íngreme, com cerca de 500 de extensão, mas está aparentemente estabilizado. A rocha é um migmatito heterogêneo.

Ponto 3 A: Talude vertical em rocha com camada sobreposta pouco espessa de colúvio. A rocha encontra-se muito fraturada e com inúmeros “olhos d’água“. Em janeiro de 2002 no período de chuvas intensas ocorreram pequenos deslizamentos de solo localizados.

d) Ponto 4

Grota na curva do km 592 + 100 m, a montante da BR-101. Não apresenta problemas visíveis, somente alguma queda de blocos com lascas isoladas nos cortes ou na grota. Observa-se na grota um bueiro a montante da BR-101 com bastante água caindo na caixa, sem que esta flua a jusante. Aparentemente ocorre infiltração pela massa do aterro, resultando nos escorregamentos, observáveis junto à saída do aterro, a jusante da BR-101. Há também um bota-fora recente, no platô do aterro a jusante, aparentemente material proveniente de outro local (conforme UFRJ/Depto de Geologia,1991).

e) Ponto 5

Calha de drenagem e bueiro a montante da BR-101, no km 132. O bueiro só apresenta a crista da caixa de coleta aflorando, o restante encontra-se entulhado de blocos e lama.

A encosta a montante apresenta um tálus com blocos de diâmetros variados, de centimétricos até 3,0 ou 4,0 m dispostos desordenadamente e instáveis. A água flui sob os blocos em subsuperfície com vazões consideráveis. Há vários sinais de movimentação da massa de tálus na encosta, que tem declividade superior a 40°.

Na encosta a montante da estrada verifica-se a presença de tálus e vestígios de escorregamentos pretéritos. Verificou-se blocos de dimensões variadas e observaram-se pontos de surgência de água, por vezes, caminhando por baixo dos blocos criando erosão e desestabilizando esse material.

f) Ponto 6

Ponto localizado próximo à torre da linha de transmissão próximo a BR-101. Grandes quantidades de blocos são observadas no terreno, com diâmetros médias inferiores a 1,0 m com matriz argilosa e de cor marrom. Aparentemente o Solo Residual está próximo à superfície, em especial na drenagem.

A montante da torre há um depósito de colúvio com blocos na maioria de diâmetro inferior a 1,0 m.

g) Ponto 7

Adjacente ao aterro da BR-101, a montante da rodovia, ocorre entulhamento do acesso ao bueiro, sendo que o riacho drena a água sob o aterro da estrada, podendo formar novos caminhos preferenciais de água. Neste ponto observa-se solo superficial bastante arenoso.

Ponto 7 A: A escada de drenagem à jusante da BR-101 sendo a unidade geotécnica composta de colúvio sobre Solo Residual. A escada de drenagem encontra-se em bom estado

e o sistema de drenagem funcionando satisfatoriamente (Departamento de Geologia/UFRJ, 2002).

h) Ponto 8

A montante da BR-101, defronte ao Centro de Informações, observa-se uma mata com blocos esparsos de constituição granítica e dimensões métricas e onde a água abunda em pequenas calhas secundárias.

Ponto 8 A: Unidade geotécnica composta por colúvio sobre Solo Residual. Apresenta encosta com vegetação densa e blocos de tamanhos variados, desde centimétricos até métricos.

i) Ponto 9

Riacho adjacente a montante da BR-101, defronte a entrada para o Centro de Informações. Blocos rochosos de migmatito heterogêneo, angulosos, em uma matriz de coloração variegada, amarela e cinzenta, predominantemente de composição silto-arenosa e arenosa, micácea. Trata-se de tálus sobre Solo Residual, com a estrutura preservada da rocha.

Ponto 9 A: Encosta à montante da BR-101 composta por tálus sobre colúvio.

Ponto 9 B: Caixa de drenagem no acesso ao Centro de Informações em bom estado de conservação (Figura 110).

j) Ponto 10

Corte em escarpa rochosa com cerca de 100 m a oeste do trevo principal da Usina, na BR-101. A rocha apresenta-se maciça e pouco fraturada, com poucas possibilidades de instabilizações, exceto por alguns blocos que eventualmente podem cair sobre a plataforma da estrada.

A jusante da BR-101, no mesmo local, o solo é representado por um colúvio argilo-arenoso, marrom, com blocos de diabásio (10cm de diâmetro) e seixos de sílex, quartzo e gnaiss, centimétricos. Adjacente ao ponto, uma cortina atirantada (km 521,4) com cerca de 36,0m de extensão apresenta boas condições, embora com vegetação, drenos parcialmente entupidos e escadas obstruídas.

Ponto 10 A: Cortina do km 521,4 aparentemente em boas condições estruturais, drenos secos, parcialmente obstruídos cobertos com vegetação. Na sua lateral direita no sentido Angra-Rio observa-se início de erosão com perda do material (solo) neste lado da cortina. Aproximadamente, a 3,0 m da cortina, a jusante da encosta se encontram blocos de dimensões centimétricas com sinais de movimentação que pode ser confirmado pela inclinação acentuada da cerca de arame da Usina, produto da sobrecarga do material escorregado.



Figura 110 – Foto da Caixa de Drenagem do ponto 9B da folha 1 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

k) Ponto 11

A jusante da BR-101, entre o km 522 e km 522 + 100 m, há uma quebra do talude apresentando várias trincas e erosões, formando uma escarpa paralela a rodovia, com algumas reentrâncias. Por vezes, há um colúvio argiloso sob o aterro ou aflorante.

Ponto 11 A: Cortina do km 522 com os drenos secos parcialmente obstruídos. Um escorregamento pretérito foi observado verificando-se que a crista deste evento encontra-se próximo ao pé da cortina e na base, verificou-se a ocorrência de processo erosivo (Figura 111).



Figura 111 – Foto do processo erosivo na base da cortina do ponto 11A da folha 1.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

l) Ponto 12

Na pequena estrada de acesso a área plana da Usina, a partir do Morro do Urubu, a própria estrada é construída com o enrocamento proveniente da pedreira.

Vários filetes de água foram observados na encosta onde predomina, sob o bota-fora superficial, depósito de colúvio argiloso com blocos. Algumas trincas ocorrem na estrada de serviço, notadamente na inflexão abaixo da cortina atirantada na BR-101, sendo que há água percolando sob seu leito.

m) Ponto 13

Paralelamente ao canal a base da encosta, 100,0 m a oeste do Centro de Informações, logo a jusante da cortina, há um muro de pedras arrumadas para evitar a chegada de sedimentos do canal. O muro, que tem cerca de 6,0m de comprimento, está bastante danificado, com várias surgências de água no talude.

Ponto 13A: Cerca de 50,0m a montante da estrada de serviço do Morro do Urubu, há uma exposição de aproximadamente 2,0m de colúvio vermelho argiloso, com blocos abundantes de tálus/colúvio. Cerca de 20,0m adiante, em direção ao morrote do Centro de Informações, ocorre uma concentração de blocos angulosos (cúbicos) de até 2,5m de diâmetro médio de migmatito estromático. O fraturamento, inclusive paralelo à xistosidade, define a

individualização de blocos. Daí até ao Centro de Informações ocorre um depósito de tálus, com blocos métricos imbricados e sinais de rastejo na mata.

n) Ponto 14

Na estrada de serviço, adjacente à face oeste do morro do Centro de Informações, junto ao talvegue formado pelo morro e a encosta da BR-101, há uma pequena corrida ativa que rompeu em 1991 a cerca da Usina após fortes chuvas, com dimensões de 10,0 m de largura por 20,0 m de comprimento. O material está saturado e bastante fluido. A matriz é argilosa, com blocos de migmatito de 0,5m de diâmetro, em média, tratando-se de uma calha com depósito de tálus.

Ponto 14 A: Este ponto é uma revisão do ponto 14. Na vistoria de 2002 não foi possível observar a corrida de material ativa, pois a mesma encontrava-se recoberta por vegetação e blocos rochosos, impedindo observar os vestígios da corrida de material observada em 1991. A área é um talvegue entulhado com depósitos de tálus com blocos de dimensões variadas atingindo tamanhos centimétricos até métricos.

o) Ponto 15

Estrada de acesso à área das usinas, a partir do Centro de Informações. Na encosta a montante da estrada, a cerca de 80m de distância do Centro de Informações, observa-se calha com blocos métricos abundantes de migmatito, gnaisse, granito e diorito.

A região de tálus apresenta sinais de movimentação, com a presença de trincas na estrada. Blocos abundantes de diabásio indicam a presença de dique nas proximidades. Após a calha, há um nose formado por blocos do mesmo tálus. Em seguida há um escorregamento em colúvio areno-argiloso alaranjado, pouco micáceo, com cerca de 2,5m de espessura.

A crista estende-se por aproximadamente 20,0m, paralelamente e a 40,0m a montante da estrada. Não foram observados deslocamentos e/ou rompimentos das canaletas de drenagem localizadas ao longo desta estrada. (Figura 112).



Figura 112 – Fotografia do ponto 15 da folha 1 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

p) Ponto 16

Na estrada de acesso ao canteiro, a partir do Centro de Informações a 100 m da bermã de equilíbrio, depósito de blocos em calha adjacente à estrada, não apresentam sinais de instabilização, com diâmetros métricos, sendo alguns lançados, talvez em virtude de bota-fora da BR-101.

q) Ponto 17

No morrote do Centro de Informações, face sudeste, o solo apresenta um colúvio argiloso pouco espesso (1,0 a 2,0m de espessura) sobre migmatito heterogêneo, em área coberta por vegetação arbórea que apresentava indícios de rastejo. Sondagem a trado realizada no local (ST-1) revelou menos de 1,0 m de solo sobre blocos ou topo rochoso.

Ponto 17 A: São duas cortinas à jusante da estrada do Centro de Informações que estão em bom estado (Figura 113). Na estrada observam-se pequenas depressões, indicando pequena movimentação da encosta.



Figura 113 – Cortinas à jusante da estrada do Centro de Informações.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

r) Ponto 18

Os drenos executados não contribuíram significativamente para a melhoria da estabilidade, pois o problema não é de drenagem profunda somente, e sim de drenagem superficial e proteção contra a erosão. De qualquer forma, não há canaletas para a recepção da água dos drenos, e estes estão totalmente obstruídos ou destruídos por escorregamentos.

A jusante há algumas pequenas surgências de água próximas ao leito da BR-101. A massa escorregada, delimitada no pé do escorregamento, tem a composição do Solo Residual (areno-siltosa micácea), com inúmeros blocos de aproximadamente 30,0cm, podendo atingir até 2,0m de diâmetro.

s) Ponto 19

No Morro do Urubu, a jusante da BR-101, sob a guarita de vigilância, aparece um escorregamento (corrida) ocorrido no final de março de 1991, com cerca de 18m de largura máxima, na crista, por 25m de extensão.

A crista tem até 2,5m de altura de escarpa, expondo o bota-fora da rodovia composto por argila arenosa marrom com fragmentos angulosos de gnaiss e granito de diversos diâmetros.

Ponto 19 A: Na estrada não pavimentada observam-se trincas com aberturas atingindo até aproximadamente 30 cm. As trincas são paralelas ao escorregamento pretérito.

t) Ponto 20

Adjacente à unidade de britagem de Angra 3, na pequena estrada de acesso ao topo do Morro do Urubu. Em corte desta estrada com cerca de 600, observa-se o perfil geotécnico da área apresentando colúvio com cerca de 2,0 a 3,0m de espessura, sobre rocha muito alterada e alterada, tendo aproximadamente 8m de espessura mínima. Não são observados problemas geotécnicos significativos, exceto por escorregamento antigo já consolidado.

u) Ponto 21

Na cortina do km 522,7 à jusante da BR-101 executada pelo DNIT (antigo DNER), com 54,0 m de extensão, não foi observada água nos drenos, os quais encontram-se parcialmente obstruídos (Figura 114).

A encosta à montante da BR-101 é íngreme e adjacente a estrada, observando-se sinais de movimentação pretérita pelo abatimento da vegetação.

Segundo informações da Eletronuclear, todas as cortinas ao longo da BR-101 dentro da faixa de domínio do DNER, são de responsabilidade deste órgão. Como a Eletronuclear não conseguiu obter os detalhes do projeto das 2 cortinas do km 522,6 e do km 522,7, nem

dos reforços realizados antes de 1991 e que as cortinas , não apresentavam indícios de comprometimento não foi feita a monitoração das mesmas. Cabe salientar que a Eletronuclear faz acompanhamento e monitoração das demais cortinas e canaletas de drenagem no trecho na área das usinas e seu entorno, mesmo das sob responsabilidade do DNIT.



Figura 114 – Cortina à jusante da BR-101.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

v) Ponto 22

Cortina do km 522,6 executada pelo DNIT (antigo DNER) à jusante da BR-101 com 60 m de extensão, com cobertura de solo de aproximadamente 30 cm cobrindo o seu topo, impedindo com isso que se tenha uma visão clara da cortina. Não foi observada água nos drenos, os quais encontram-se parcialmente obstruídos. (Figura 115).

Próximo a lateral da cortina existem blocos rochosos onde se observa erosão ao seu redor principalmente na parte inferior, descalçando-os (Figura 116). Entre as cortinas do km 552,6 e 522,7 verifica-se que a canaleta de drenagem encontra-se tomada por vegetação. A montante verifica-se área de escorregamento pretérito, íngreme e próxima a estrada, coberta de vegetação.



Figura 115 - Cortina do km 522,6 executada pelo DNIT (antigo DNER) à jusante da BR-101.
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 116 – Foto da erosão nos blocos de rocha do ponto 22 da folha 1.
Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

w) Ponto 23

A área é constituída principalmente por gnaisses migmatíticos cuja foliação gnáissica apresenta orientação N65° a 70° E/50° a 80° NW sendo cortados de forma discordante por diques de diabásio (N 45° E/74° SE) e corpos aplíticos de forma subconcordante por corpos pegmatíticos. (Figura 117, Figura 118 e Figura 119).

Este local representa a área de construção da Usina Nuclear de Angra 3, apresentando corte em rocha escavado em quatro bancadas de 15,0 m totalizando aproximadamente 60,0 m de altura. Sobre este talude rochoso há depósito de solo coluvial com vegetação e com espessura aproximada de 10,0 m, totalizando 70,0 m de altura. Destacam-se inúmeros pontos de ruptura associados à queda de blocos. Este mecanismo tem origem na interseção entre fraturas de alívio, fraturas tectônicas e, eventualmente, com as fraturas ocasionadas pelo desmonte.



Figura 117 – Área de construção da Usina Nuclear de Angra 3, apresentando corte em gnaisses migmatíticos escavado em quatro bancadas de 15,0 m.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 118 – Foliação gnaissica do maciço rochoso na área de construção de Angra 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 119 – Área de construção da Usina Nuclear de Angra 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

x) Ponto 24

Edificação do arquivo da Usina Nuclear situada no Morro do Urubu. Neste local o perfil de solo é composto por uma camada de superficial de colúvio com espessuras máximas da ordem de 1,0 m, constituído por solo areno-argiloso, apresentando também fragmentos centimétricos de rocha dispersos na massa do solo.

Abaixo do colúvio ocorre Solo Residual areno-argiloso, composto por areia fina a média, micácea, cuja compacidade varia de medianamente compacto a compacto e espessura média do Solo Residual é de cerca de 5,0 m. A camada de rocha alterada, abaixo do Solo Residual, tem espessura da ordem de 0,5 m e se desenvolve sobre gnaisses bandados muito coerentes.

y) Ponto 25

Este ponto não é resultado de observação direta. Trata-se de uma das muitas sondagens executadas na região do Saco Fundo, as quais foram úteis na definição do perfil típico do subsolo local (PROMON, 1985).

É caracterizada uma camada de aterro de tout venant com 9,0 m de espessura média, seguida em profundidade por areia fina a média, pouco siltosa, muito micácea e com poucos fragmentos de conchas. A espessura desta camada alcança cerca de 6,0 m e número de golpes de SPT variando entre 10 e 15, tendo-se adotado o valor médio de 19 para esta camada. Abaixo deste horizonte estratigráfico a areia passa a ter uma textura fina, muito siltosa, micácea e com muitos fragmentos de concha. A espessura média é de 5,5 m e o número médio de golpes de SPT é de 12. Uma camada de argila orgânica mole (NSPT = 4), sotoposta às areias, com espessura média de 3 metros ocorre sobre o solo residual de natureza gnáissica e com valores de SPT crescentes com a profundidade.

➤ Folha 2 (Anexo 7)

a) Ponto 1

Solo coluvial vermelho, com presença de blocos predominantemente centimétricos a decimétricos e esparsos blocos maiores, espessura de 6m. Sotoposto a esta camada, Solo Residual envolvendo alguns blocos de rocha leucocrática de textura média a grosseira e intercalações biotíticas, espessura de 2,0m, ao que seguem blocos, ora angulosos, ora com foliação esferoidal. O Solo Residual envolve esses blocos mostra uma estrutura de uma rocha migmatítica com faixas leuco a melanocráticas e espessura de cerca de 13,0m.

b) Ponto 2

Bota-fora com muitos blocos, alguns com mais de 2,0m e espessura de 0,5m, sobre solo coluvial vermelho a marrom, envolvendo um ou outro bloco centimétrico e espessura de

2,5m. Segue Solo Residual predominantemente grosseiro, sem xistosidade aparente e espessura de 2,5m. Na base rocha migmatítica, com as diaclases individualizando blocos de 0,5 a 1,0m na dimensão maior, que, por vezes mostram-se envolta por Solo Residual. Não há sinais de instabilização e a espessura visível deste horizonte é de 6,0m.

c) Ponto 3

Paredão de rocha migmatítica alterada, com camadas félsicas e máfics, com variações para domínios graníticos e bolsões pegmatóides. Três famílias principais de fraturas foram detectadas: N80°W / 60°NE, espaçamento médio de 1,0m; N10°E / 65°NE, espaçamento médio de 2,0m e N85°W / 45°S, espaçamento variável entre 0,8 a 2,0m.

A parte superior do corte mostra vestígio localizado de diáclase de alívio fornece blocos prismáticos de tamanhos variados, dispostos em quase toda extensão do talude instabilizado.

d) Ponto 4

Pequeno escorregamento em Solo Residual na base do corte, controlado por diáclase vertical de direção paralela ao corte (Figura 120).

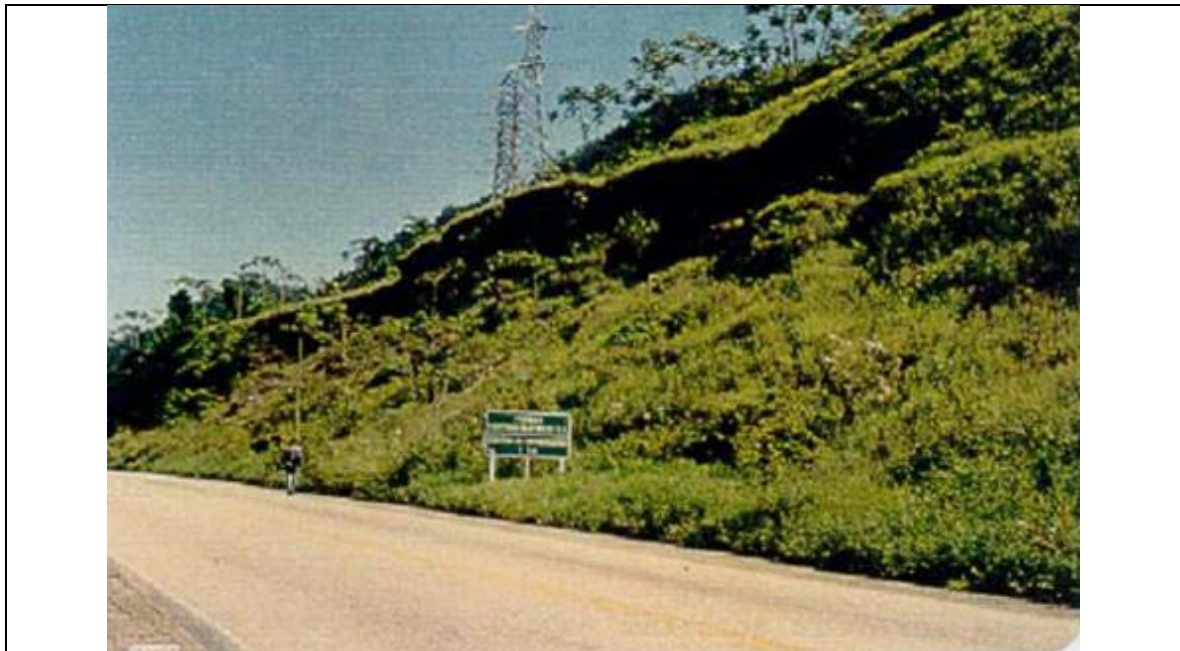


Figura 120 – Foto do escorregamento no ponto 4 da folha 2 do ano de 1991.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

e) Ponto 5

Colúvio argilo-arenoso, vermelho, homogêneo, envolvendo blocos centimétricos e com 1,7m de espessura, sobre Solo Residual grosseiro, originado de rocha migmática de intercalações claras e escuras, e espessura aparente de 3,5m.

f) Ponto 6

Corte em que se constata afloramento de migmatito alterado, passando a são, com 3,5m de altura, por vezes estromático, por vezes pegmatoide, e xistosidade N65°E / 15°. Sobreposto ocorre Solo Residual grosseiro com evidências de pórfiros feldspáticos e espessura de 2m. O horizonte superior com espessura de 2,5m constitui-se de colúvio bastante argiloso, heterogêneo, vermelho e sem blocos envoltos e evidências de cicatriz de escorregamento.

g) Ponto 7

Solo coluvial, com 1,5m de espessura, argilo-arenoso, marrom, com bastante blocos de tamanhos centimétricos a decimétricos, sobreposto a Solo Residual fino a médio, micáceo.

h) Ponto 8

Tálus com muitos blocos métricos envoltos por solo coluvial de coloração amarelada, bastante argiloso. Pequeno corte mostra processo erosivo.

i) Ponto 9

Solo coluvial com 4,0m de espessura, homogêneo, argiloso, amarelado, sobreposto a um migmatito muito fraturado e alterado, definindo blocos centimétricos a decimétricos, até a base do corte. Não se constata a presença de camada de Solo Residual, apesar do estado de alteração e diaclasamento do embasamento.

j) Ponto 10

Afloramento de dique de rocha básica, provavelmente diabásio, muito fraturado, individualizando blocos decimétricos alterados. As paredes das fraturas mostram-se muito alteradas.

Solo coluvial muito argiloso, marrom, contendo blocos esparsos de diabásio. A área a jusante do dique, apesar da existência de uma calha de drenagem, apresenta-se totalmente encharcada e nos cortes vizinhos ao afloramento existem diversos pontos com surgência d'água.

k) Ponto 11

Depósito de tálus com matriz arenosa grosseira e presença de diversos pequenos escorregamentos pretéritos na margem da estrada. Vários blocos de tamanhos variados são observados e o tálus mostra-se encharcado, facilmente erodível, entulhando e destruindo parcialmente a calha de drenagem lateral à estrada, em trecho com cerca de 20,0m de extensão.

l) Ponto 12

Colúvio-tálus consolidado, com 5,0m de espessura aparente, muito úmido e sem vestígios de instabilidade, matriz argilo-arenosa, com muitos blocos, sempre ou quase sempre inteiramente alterados. Toda a área a montante constitui um grande anfiteatro entulhado por materiais das escarpas adjacentes.

m) Ponto 13

Corte da estrada em que se observa, da primeira bancada para baixo, cerca de 8,0m de Solo Residual, marrom, argilo-arenoso, que segue até a base, homogêneo grosseiro, mostrando xistosidade junto ao pé do corte e envolvendo alguns blocos com cerca de 0,5m na dimensão maior.

Ponto 13 A: No talude à jusante da estrada, aproximadamente a 15 metros da mesma, observou-se trilha com erosão acentuada, com 1,5 m de largura por 1,7 m de altura, com alguns blocos na calha.

n) Ponto 14

Escorregamento mascarado pela vegetação e envolvendo Solo Residual grosseiro, com intercalações claras e escuras e xistosidade mergulhando para o interior do talude. (Figura 121).

O escorregamento, na sua parte médio superior, em Solo Residual, mostra um plano com inclinação, para a estrada, de cerca de 70°, provavelmente associado a uma diáclase relítica. Os flancos do escorregamento também mostram superfícies retilíneas de certa continuidade e mergulhos acentuados.

A parte média inferior constitui-se de material escorregado, onde se constata solo coluvial, proveniente da parte mais alta do escorregamento.



Figura 121 – Escorregamento às margens da BR-101.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

o) Ponto 15

Afloramento de biotita-granito na base do corte, em parede próxima da vertical, paralela à estrada, provavelmente segundo a direção de diáclase.

Ponto 15 A: Talude composto de solo coluvial de pouca espessura sobre rocha. Em janeiro de 2003, no período de chuvas intensas, o solo coluvial escorregou em alguns pontos localizados, deixando a rocha exposta. (Figura 122).

p) Ponto 16

Solo coluvial vermelho, areno-argiloso com espessura de 1,0m, envolvendo blocos alterados, com até 1,0m de dimensão maior. Segue-se no perfil, um bloco de grandes dimensões de uma rocha de granulação grosseira biotítica, alterada, aparentemente homogênea.

Até a base do corte, com 6,0m de espessura, tem-se um colúvio, pouco mais arenoso, de cor marrom, homogêneo, onde não se percebe a presença de blocos. No contato dos blocos rochosos com o solo observa-se sulco erosivo provenientes das águas pluviais (Depto. de Geologia, 2002).

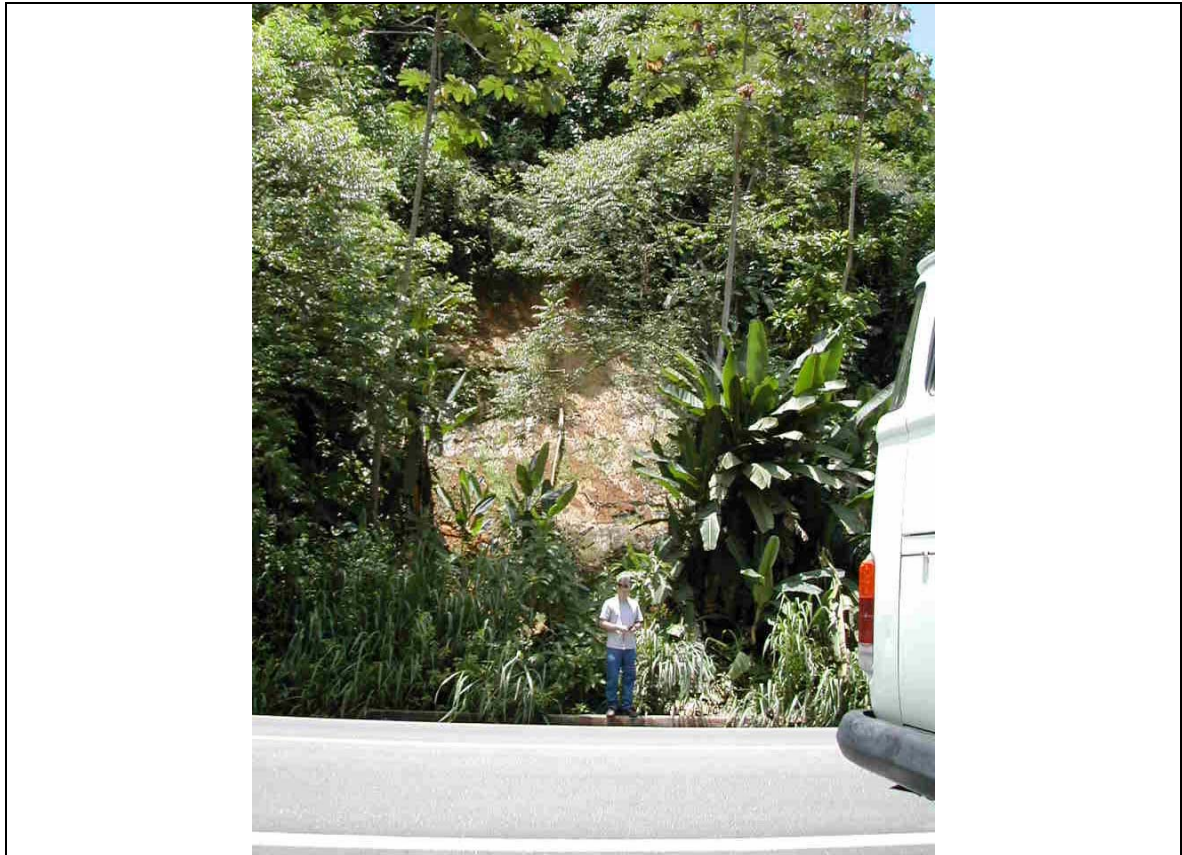


Figura 122 – Escorregamento de solo coluvial expondo maciço rochoso.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

q) Ponto 17

Área com escorregamentos superficiais, estreitos e alongados, do tipo debris-flows, atingindo basicamente o bota-fora da BR-101, lançado a meia-encosta.

r) Ponto 18

Cortina do km 520,2 em área de escorregamento antigo. As canaletas de drenagem da BR-101 a montante, mostram-se inteiramente secas e a cortina apresenta sinais de movimentação, embarrigamento. (Figura 123 e Figura 124).

Ponto 18 A: A cortina descrita no ponto 18 foi vistoriada em 2002. Essa cortina localiza-se a uma distância de aproximadamente 30,0 m da estrada e possui 68,0 m de comprimento com ligeira flexão. Observou-se algumas cabeças de tirantes sem fios e sem proteção.



Figura 123 – Cortina em área de escorregamento antigo.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

s) Ponto 19

Observa-se pequena ravina desenvolvida a partir do bota-fora em direção à torre de alta tensão vizinha.

t) Ponto 20

As cortinas próximas ao trevo de acesso às Usinas Nucleares (km 521) encontram-se em bom estado de conservação (Figura 125), embora seja possível observar trincas nas mesmas e pequenas ondulações de grande extensão no pavimento da área do estacionamento, as quais se prolongam até a base da cortina.



Figura 124 – Canaletas de drenagem da BR-101.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 125 – Foto das cortinas próximas às Usinas Nucleares no ponto 20 da folha 2.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

u) Ponto 21

No trevo de acesso às usinas há escadas de drenagem e caixas de captação de água dos drenos subhorizontais profundos, as quais necessitam limpeza, pois se encontram cobertas por vegetação.

v) Ponto 22

A berma executada na parte inferior da encosta do km 521 da BR 101, (encosta Noroeste) objetivando a estabilização do talude, encontra-se em bom estado de conservação, não sendo observadas deformações em seu corpo.

w) Ponto 23

Neste ponto há uma torre de transmissão designada de Torre 3, a qual não consta na base cartográfica do mapa apresentado neste trabalho. Encontra-se à jusante da BR 101, em área cujo perfil de solo é constituído por colúvio e solo residual.

A base de apoio da torre encontra-se a, aproximadamente, 6,0m da superfície inclinada da encosta, na qual podem ser observados blocos soltos e ravinamentos, indicando a ação erosiva das águas pluviais (Figura 126).



Figura 126 – A base de apoio da torre próxima à encosta.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Ponto 23 A: Torre de transmissão encontra-se instalada em solo residual e aparentemente apresenta-se estável. Entre as torres do ponto 23 e 23A há um caminho preferencial de água que intercepta a crista de uma cicatriz de escorregamento pretérito.

x) Ponto 24

Foi observado na área das torres de microondas à montante da BR 101, vestígio de movimentação da encosta, verificada através das trincas na estrada de acesso a torres de microondas e rachaduras ao longo das canaletas de drenagem. Em alguns pontos na estrada observou-se rompimento do asfalto com saída da água à jusante da encosta.

➤ Folha 3 (Anexo 7)

a) Ponto 1

Cicatriz de escorregamento com extensão aproximada de 120,0m e largura de 30,0m, que se estende desde um pequeno platô marginal da BR-101 até a estrada de acesso ao Depósito Provisório de Estocagem de Rejeitos. No pé deste escorregamento existe um muro tipo gabião para conter o solo.

O escorregamento é do tipo translacional sem desenvolvimento de cunha de escorregamento profunda e se desenvolveu a partir do material de bota-fora, ou aterro do platô a montante, sendo ainda observados fragmentos de pequenas dimensões de rocha sã.

São comuns em alguns pontos da encosta, blocos de rocha de dimensões métricas, graníticos, alterados e mostrando decomposição esferoidal.

Ponto 1 A: O ponto 1 foi revisado neste trabalho e a cicatriz do escorregamento ainda pode ser observada. Nesta área foram instalados inclinômetros e piezômetros, os quais romperam. A torre comentada no ponto 23 da Folha 2 encontra-se localizada próxima à crista da cicatriz deste escorregamento.

Ponto 1 B: A estrada de acesso ao depósito de rejeito existem evidências de movimentação da massa terrosa da encosta com trincas de até 2,0cm em toda a sua extensão, deformações no pavimento e soerguimento do meio-fio. As canaletas de drenagem estão obstruídas com vegetação, solo e blocos de rochas, estão rachadas e com deslocamento entre elas.

b) Ponto 2

Corte de aproximadamente 45,0m de altura, à direita da BR-101 (sentido Rio-Santos), predominantemente em solo coluvial com as mesmas características texturais e de coloração descritas no ponto anterior. Observam-se núcleos de rocha muito alterada ou horizonte de Solo Residual jovem, argilo-arenoso, até a altura de 25m no centro do corte.

Pequenos escorregamentos superficiais, do tipo debris-flows, mais recentes são vistos na porção esquerda da face do talude, onde blocos de rocha foram arrastados juntamente com o solo coluvial. Na base do talude, embora escondido pela vegetação, afloramento de biotita-gnaisses com altura aproximada de 2,0m e extensão de 30,0m, formando um desnível à direita do talude. Há surgência de água na fratura da rocha.

Ponto 2 A: A encosta situada a montante da BR-101 próximo do km 520,15 caracteriza-se pela presença de colúvio sobre Solo Residual de textura areno-argilosa vermelho-amarelo (Figura 127). Observa-se erosão superficial em vários trechos derivados da percolação das águas pluviais sobre o solo areno-argiloso.



Figura 127 – Foto da encosta a montante da BR-101 no ponto 2A da folha 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Segundo relatório no GEC.T/BP000020, em 1992 ocorreu neste talude um escorregamento superficial e posteriormente em 1996, ocorreu outro deslizamento aumentando desta forma a área instabilizada. Eventos de escorregamentos/deslizamentos recentes foram observados nesta área. Observa-se também que as árvores desta encosta encontram-se com ligeira inclinação. Nesta encosta os problemas de instabilidade estão associados a sua acentuada inclinação, presença de espessa camada de material coluvial sobre Solo Residual e a presença de água em períodos de chuvas.

Em função da instabilidade crescente neste local e da ocorrência de escorregamentos a Eletronuclear contratou uma Empresa para fazer as obras de contenção neste local que iniciaram em outubro de 2002. (Figura 128).



Figura 128 – Fotografia do ponto 2A da folha 3 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Este serviço de estabilização constitui na suavização do talude com escavação manual, na execução de solo grampeado com concreto projetado na parte superior da encosta e de um muro de gabião no pé da encosta. Para proteção da região estabilizada foi executado um sistemas de drenagem superficial e a proteção superficial com tela vegetal.

c) Ponto 3

Cortina atirantada a jusante do km 520 da BR-101, na qual houve o rompimento do painel central em agosto de 1990, com a corrida do material de reaterro por trás da cortina.

Há a presença constante de água na cortina, principalmente na porção à direita, onde os drenos apresentam vazão contínua e abundante. Provavelmente a presença desta grande quantidade de água deve-se a infiltração a montante da encosta no contato rocha/solo coluvial, onde se verificou a presença de afloramento de rocha. Esta cortina intercepta uma calha natural de drenagem onde existe um acúmulo de material de tálus com a presença de blocos de dimensões e formas variadas.

A montante o aterro da BR-101 está contido por duas cortinas atirantadas com 85,0m e 40,0m de extensões, respectivamente. O pavimento da rodovia, em consequência da movimentação do talude à jusante, mostra uma série de trincas devido ao abatimento do subleito no sentido do movimento (Figura 129). No início de 1999, como medida de prevenção, foi feito pela Eletronuclear o recapeamento da pavimentação da BR-101, neste trecho situado acima destas cortinas, eliminando assim a infiltração d'água nas fissuras do pavimento.

Acima, além do aterro, existe uma obra de drenagem superficial, calha em degraus de concreto para captação de riacho existente no talvegue (Figura 130), a qual desemboca em uma bacia de recepção, também em concreto, com um bueiro que conduz água por sob o aterro da estrada e sob a cortina descrita acima. A parte da encosta, em que se localiza a obra de drenagem, apresenta-se morfologicamente como uma rampa contínua de colúvio que se estende até a estrada de acesso ao depósito de rejeito, a qual foi cortada pelo traçado da rodovia.

Nesta área, atualmente, existem 3 (três) cortinas e diversas instrumentações (células de carga, pinos de deslocamentos, piezômetros e inclinômetros). Estas contenções (cortinas) foram reforçadas pela ETN em 2001 e atualmente encontra-se em bom estado (Figura 131).

d) Ponto 4

Abatimento no flanco esquerdo do corte em rocha da BR-101, em frente à saída da estrada de emergência da usina, onde se observa a morfologia característica de formação de Solo Residual sobreposto por solo transportado de cotas mais altas da encosta. Embora este local esteja recoberto por vegetação, incluindo árvores de pequeno a médio porte, observa-se uma cicatriz que se assemelha a uma superfície antiga de escorregamento, pouco profundo, que não se estendeu além da rodovia.



Figura 129 – Foto das trincas na rodovia no ponto 3 da folha 3 do ano de 1991.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 130 – Foto calha em degraus de concreto do ponto 3 da folha 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 131 – Foto da cortina do ponto 3 da folha 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

e) Ponto 5

Encosta com Inclinação de 45°, blocos de diâmetros variando de 0,5 a 1,0m, espalhados superficialmente sobre solo coluvial e canaleta de drenagem perpendicular à inclinação, obstruída em diversos pontos.

Mais adiante, na mesma encosta, obra de contenção constituída de duas cortinas atirantadas: a superior com 65,0m de extensão e a inferior com 30,0m. Entre as duas, um revestimento do talude com concreto projetado e diversos drenos revestidos de bidim. Observa-se que esta superfície de concreto projetado tem irregularidades correspondentes a blocos superficiais ou afloramento de rocha, recobertos pelo concreto. (Figura 132 e Figura 133).

É observado afloramento de biotita-gnaiss na base desta obra, ao nível de uma das ruas da usina, e na elevação na porção NE, onde existe uma pequena praça. No lado direito da cortina superior, corte de 2,5m de altura em solo coluvial, avermelhado, silto-argiloso e micáceo, com blocos de rocha com diâmetros em torno de 0,3 a 05m.



Figura 132 – Obra de contenção com duas cortinas atirantadas, e talude com concreto projetado.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

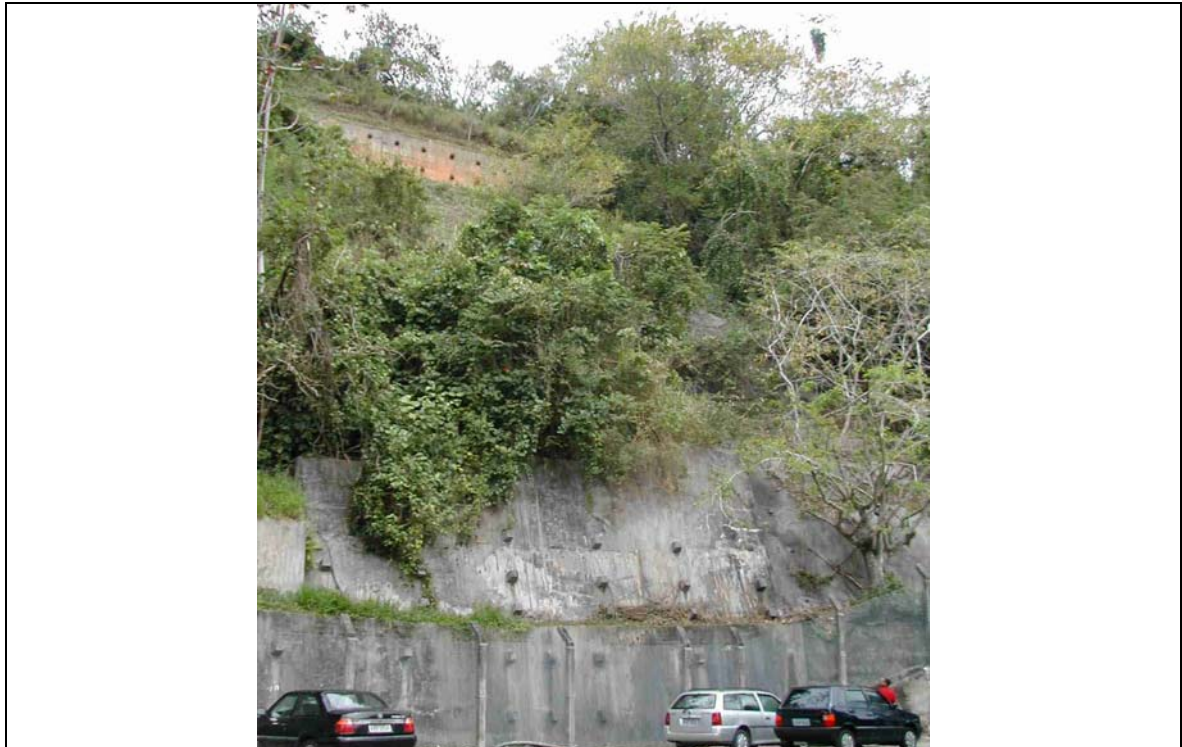


Figura 133 – Foto da cortina do ponto 3 da folha 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Ponto 5 A: O ponto 5 foi vistoriado em 2002, sendo denominado de ponto 5A na antiga encosta sudeste. Esta encosta foi estabilizada por um conjunto de quatro cortinas, porém, não há instrumentação instalada. As cortinas foram designadas de 1, 2, 3 e 4, estando as cortinas 1 e 2 situadas à montante da estrada de rejeito e a 3 e a 4 a jusante.

A cortina 4 não tem drenos e a água sai pelo tirante, alguns tirantes estão com a cabeça sem proteção a corrosão. (Figura 134).

f) Ponto 6

Encosta com a presença de dois grandes blocos de rocha, diâmetros de 2 a 3m, na superfície próximo à Usina de concreto. Observa-se a presença de outros blocos, também de grandes dimensões, sob a vegetação.

g) Ponto 7

Semelhante ao ponto anterior na encosta por trás do prédio do Almoarifado 1. Diâmetro médio dos blocos: 1,5m.



Figura 134 – Fotografia do ponto 5A da folha 3 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

h) Ponto 8

Bifurcação entre as estradas de acesso ao Depósito de Rejeitos e a saída de emergência. Observou-se que ao longo da estrada de acesso ao depósito até este ponto, o pavimento da estrada apresenta diversas fraturas de tração, que podem indicar um abatimento progressivo da estrada ou um movimento da encosta a jusante.

Em sua base, até cerca de 1,5m de altura, Solo Residual jovem de biotita-gnaise, areno-siltoso, amarelado, onde ainda está preservada uma fratura da rocha: N 85° W, 45° NE.

i) Ponto 9

Calha de drenagem com água na encosta da estrada da saída de emergência, onde há acúmulo de blocos de gnaise facoidal de dimensões métricas. Ao longo desta estrada existem pequenos cortes em solo coluvial, argilo-siltoso, avermelhado e trincas de tração no pavimento. (Figura 135).



Figura 135 – Fotografia do ponto 9 da folha 3 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

j) Ponto 10

Afloramento de biotita-gnaiss com direção de fraturamento NW-SE na calha de drenagem, com água correndo ao longo da fratura da rocha. A encosta apresenta vegetação do tipo floresta, onde se observa a morfologia típica de rampa com acúmulo de tálus/colúvio. (Figura 136).

k) Ponto 11

Este ponto não está assinalado em mapa. Está localizado na pedreira em que está instalado o Depósito Provisório de Estocagem de Rejeitos.

Face de exploração contínua, sem bancadas, de biotita-gnaiss muito pouco fraturada, o qual não apresenta blocos de interseção de fraturas ou lascas de rocha com riscos iminentes de queda. Algumas porções, entretanto, resultantes da detonação, ainda são visíveis, mas mesmo assim até altura máxima de 5,0 ou 6,0m, especialmente no centro da pedreira.

No flanco esquerdo da face de exploração, há um sistema de fraturas paralelas de direção N 47° E - vertical, que favorecem a formação de blocos devida a proximidade da face. (Figura 137).



Figura 136 – Fotografia do ponto 10 da folha 3 do ano de 2002.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 137 – Fotografia do ponto 11 da folha 3 do ano de 1991.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

No alto da pedra, resultante de fratura de alívio, subparalela ao paredão da exploração, existe blocos de rocha projetados para fora da face em condições de deslocamento ao longo do tempo. No flanco direito, no morro onde foi instalada a pedra, há uma cicatriz de um pequeno escorregamento de solo coluvial condicionado pela presença da rocha a pouca profundidade.

Em 2002 a ETN realizou serviços de contenção nesta encosta, com colocação de telas metálicas de proteção e fixação de blocos soltos.

1) Ponto 12

As canaletas do sistema de drenagem em estrada não pavimentada à montante da área do depósito de rejeito, encontram-se em alguns pontos com trincas na sua base, obstruídas em vários locais com vegetação e solo. Nesse local encontram-se blocos de rocha de dimensões centimétricas a métricas.

6.2.3.4. Características Geológicas e Geotécnicas no Sítio da Usina de Angra 3

As áreas estudadas para o empreendimento foram: o maciço rochoso de Ponta Grande e áreas adjacentes próximas, baixadas de Saco Fundo e Itaorninha.

Na área de Ponta Grande, sondagens geotécnicas indicam que os principais prédios da Usina estão assentados em rocha sã, portanto em condições geotécnicas favoráveis, propondo-se o local para a construção de Angra 3.

A localização de Angra 3 foi originalmente proposta para a praia de Itaorna, porém foi levada em consideração as dificuldades encontradas na execução das estacas da fundação de Angra 2 e as condições adversas do terreno no local originalmente previsto para Angra 3 que impediam a adoção de uma solução em fundação rasa.

Na área de Ponta Grande, sondagens geotécnicas indicam que os principais prédios da Usina estarão assentados em rocha sã, portanto em condições favoráveis de fundação, propondo-se o local para a construção da terceira unidade.

➤ Geologia do Sítio de Angra 3 e Baixadas Sedimentares Adjacentes

A partir da observação direta, e baseados em um grande número de informações de subsuperfície, diversos relatórios técnicos foram elaborados a respeito da geologia daquela área.

Ponta Grande, hoje, abrange um plateau de aproximadamente 40.000 m², decorrente do desmonte a fogo do morro de Ponta Grande. A área de escavação foi levada à cota +1,8m, com exceção da periferia do plateau, mantida na cota +10,0m para a proteção da área escavada contra a ação do mar.

A litologia predominante no maciço é um gnaiss lenticular de estrutura migmatítica de atitude N 70° E/80° N, idade pré-Cambriana, cor cinza claro, com pórfiros de feldspatos lenticulares. Ocorrem ainda lentes de rocha de granulação fina e bandada, com alternâncias de leitos biotíticos e leitos de quartzo e feldspato. A transição entre estas duas litologias é gradativa, sem contato nítido entre ambas.

Ocorrem ainda uma série de diques básicos e de lamprófiros, ambos de idade Mesozóica, com direção NE, enquanto que os lamprófiros têm orientação espacial de N67°E / 58° NW e apresentam evidências de falhamento. Há a presença de uma falha na área com direção N22°E e alguma evidência de cataclase próxima ao limite oeste da área.

Fraturas tectônicas, juntas sub-horizontais associadas ao alívio de tensões e fraturas geradas pelo desmonte, compõem o atual panorama estrutural. Foram identificadas três famílias de fraturas tectônicas com as seguintes orientações: N 145°/89 N; N 27° /90; N 68°/76 N. Esta última família de fraturas é menos freqüente, mas é aproximadamente paralela à foliação gnáissica e apresentam-se abertas (1 mm) e com presença de minerais secundários.

As fraturas de alívio de tensões apresentam-se com aberturas de até 2mm e direção N 56° E / 20° SE. São condutoras de água, evidenciado por dados de ensaios de perda d'água até profundidades próximas a 1m. As fraturas produzidas pela ação de explosivos distribuem-se por toda área; no entanto, possuem pequena persistência. No relatório, fez-se referência também a fraturas internas ao dique de diabásio.

A baixada sedimentar de Saco Fundo, contígua a Ponta Grande, originalmente uma enseada, foi aterrada com material proveniente do desmonte do maciço de Ponta Grande. O terreno é plano da linha de praia até o sopé da encosta, onde o talude que alcança a rodovia BR-101 tem inclinação entre 30° e 35°. Caracteriza-se por sedimentos marinhos recentes, os quais são recobertos por uma camada de aterro com espessura variando entre 8 e 12m. Na base desse pacote ocorrem o Solo Residual, rochas alteradas e sãs.

A seqüência sedimentar de Saco Fundo é constituída por uma camada mais superficial de areia com valor médio NSPT de 19 golpes. Abaixo dessa camada ocorre uma segunda camada de areia fina, que apresenta grande dispersão dos valores de compacidade ($4 < \text{NSPT} < 50$). Sotoposta a esse pacote arenoso ocorre uma camada de argila orgânica mole, cujo valor representativo de NSPT é de 4 golpes. A espessura desse pacote sedimentar está por volta de 15m.

Na região de Itaorninha o perfil estratigráfico é semelhante ao de Saco Fundo. Diferencia-se a camada de aterro superficial, com espessura média de 4,5 metros, cujo material é proveniente da escavação de Angra I. Abaixo desta camada de aterro encontra-se um pacote de 10 a 12 metros de espessura de areia siltosa micácea, que na sua parte superior varia de fina a média e possui poucos fragmentos de conchas. Na parte inferior é composto por uma areia fina e com muitos fragmentos de conchas, e uma camada de argila arenosa orgânica intercalada com lentes de areias argilosas.

6.2.4. Recursos Minerais

O levantamento realizado pelo IGEO/UFRJ não identificou depósitos minerais significativos na região considerada. Os recursos minerais potenciais ou em exploração caracterizam-se em quase sua totalidade por materiais utilizados na construção civil, tais como granitos, brita, areia, cascalho, argilas e saibro. Além destes, a exploração de água mineral tem se mostrado uma atividade crescente em toda a região.

A coleta de dados indicou que na Área de Influência Direta (AID), das 72 autorizações e concessões minerais existentes, 67% referem-se a material de construção, 30% a água mineral e 3% relacionados a minerais metálicos, cobre e titânio. O detalhamento destas explorações minerais autorizadas ou concedidas podem ser vistos na Tabela 11.

Muitos destes pontos de exploração, visivelmente representados por pedreiras localizam-se nas vizinhanças de Zungú, nas adjacências da rodovia estadual RJ-155, que liga Angra dos Reis a BR-116 em Barra Mansa. Nesta região são exploradas rochas gnáissicas do Complexo Rio Negro.

A exploração de matacões de granito, que ocorrem em toda AID e AII, aparece mais intensamente em Conceição de Jacareí/Monsuaba e nos arredores de Angra dos Reis, para a confecção de paralelepípedos e pedras de cantaria de um modo geral. É uma atividade em franca expansão, principalmente no litoral onde se encontra a maioria das ocorrências graníticas bem como a difusão cada vez maior dos aglomerados populacionais.

Na AID, nos municípios de Parati e Angra dos Reis, nas localidades de Vila Velha, Quinta dos Reis e Sítio da Cambuca, são conhecidas várias ocorrências de água mineral, procedentes de fontes naturais ou captadas e que possuem características físico-químicas distintas das águas comuns.

Outros recursos minerais explorados na região:

- Areias monazíticas, ilmeníticas e zirconíticas: são encontradas nos depósitos sedimentares marinhos e/ou flúvio-marinhos na orla marítima, entre Angra dos Reis e Parati. São ocorrências minerais destituídas de valor econômico.
- Scheelita e de wolframita: são citadas em aluviões de alguns rios da região de Angra dos Reis, em particular no Rio do Saco.
- Depósitos sulfetados: são conhecidos na Área de Influência Indireta na região de Rio Claro.

Os processos referentes aos requerimentos protocolados junto ao DNPM podem ser vistos de forma discriminada na Tabela 11 e no Anexo 9.

A localização do empreendimento não sofre interferência das áreas de interesse mineral. Já a implantação da usina de Angra 3 poderá incrementar as atividades de extração mineral no que tange a materiais de interesse para a construção civil.

Tabela 11 – Áreas de concessão para exploração mineral

ANO	PROCESSO	TITULAR/REQUERENTE	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCAL	MUNICÍPIO	AREA (ha)	SITUAÇÃO LEGAL
1974	812660	GRAMA GRANITOS E MARMORES LTDA	Gnaisse Granito	Pedreiras	Angra Dos Reis	49,20	CONCESSAO DE LAVRA
1975	811121	MARCIO CESAR LEAL COQUEIRO	Areia	Rio Mambucaba	Parati	984,75	ALVARÁ DE PESQUISA
1975	811122	EXTRACAO DE AREIA SANTA MONICA LTDA	Areia	Rio Mambucaba	Angra Dos Reis	287,18	CONCESSAO DE LAVRA
1983	820350	SEVERINO BARBOSA DA SILVA	Calcário	Fazenda Central do Brasil	Angra Dos Reis	1.000,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1983	820351	SEVERINO BARBOSA DA SILVA	Calcário	Bugre	Angra Dos Reis	1.000,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1988	890213	CONRADO HENRIQUE DE NIEMEYER	Granito	Fazenda Jurumirim	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1989	890664	FONTEX IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA	Tonalito	Fazenda Pedra Branca	Angra Dos Reis	1.000,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1991	890258	QUINZINHO DE ANGRA MAT. CONSTRUcAO LTDA	Minério de Cobre		Angra Dos Reis	3,08	LICENCIAMENTO
1991	890431	APPARICIO ALVES DO AMARAL FILHO	Argila Refrataria	Japuiba	Angra Dos Reis	32,76	ALVARÁ DE PESQUISA
1991	890438	EIKE FUHRKEN BATISTA	Água Mineral	Vila Velha	Angra Dos Reis	37,50	ALVARÁ DE PESQUISA
1991	890460	MATERIAL DE CONSTRUCAO E AREAL ZE DO BRE	Areia	Sítio São Vicente	Angra Dos Reis	50,00	REQ. DE PESQUISA

ANO	PROCESSO	TITULAR/REQUERENTE	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCAL	MUNICÍPIO	AREA (ha)	SITUAÇÃO LEGAL
1992	890172	CARLOS DE SOUZA GOMES BORGES	Água Mineral	Quinta dos Reis	Angra Dos Reis	38,68	ALVARÁ DE PESQUISA
1992	890250	MARCOS KAISER BRASIL	Migmatito	Faz. Jurumirim	Angra Dos Reis	995,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1992	890274	RONALDO RABELLO RUSSI	Água Mineral	Sítio do Cambuca	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1992	890297	MARCOS KAISER BRASIL	Quartzito P/ Revesti	Bracui	Angra Dos Reis	47,50	ALVARÁ DE PESQUISA
1992	890298	MARCOS KAISER BRASIL	Quartzito P/ Revesti	Florestão	Angra Dos Reis	244,00	ALVARÁ DE PESQUISA
1993	890265	BENEDITO TAVARES CARNEIRO	Areia Industrial		Angra Dos Reis	512,21	
1994	890587	MINERACAO SERRA DAS ÁGUA LINDAS LTDA	Água Mineral	Águas Lindas	Angra Dos Reis	26,52	ALVARÁ DE PESQUISA
1994	890588	MINERACAO SERRA DAS ÁGUA LINDAS LTDA	Água Mineral	Águas Lindas	Angra Dos Reis	16,10	ALVARÁ DE PESQUISA
1994	890805	EXTRACAO DE AREIA SANTA MONICA LTDA	Minério de Titanio	Rio Mambucaba	Angra Dos Reis	205,62	ALVARÁ DE PESQUISA
1994	891419	RIOSAN BAZAR LTDA	Areia		Angra Dos Reis	25,88	LICENCIAMENTO
1996	890232	MARMOEXPOT MINERACAO E EXPORTACAO DE MA	Água Mineral	Rio Saco	Angra Dos Reis	48,75	ALVARÁ DE PESQUISA
1996	890448	RIOSAN BAZAR LTDA	Areia		Angra Dos Reis	25,88	LICENCIAMENTO

ANO	PROCESSO	TITULAR/REQUERENTE	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCAL	MUNICÍPIO	AREA (ha)	SITUAÇÃO LEGAL
1997	890203	MARIO DAS GRACAS TOLEDO JUNIOR	Gnaisse	Pedreira do Pereque	Angra Dos Reis	43,75	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890100	AREAL ITAPICU LTDA	Areia Quartzosa	Rio Mambucaba	Angra Dos Reis	45,50	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890261	MINERACAO SERRA DAS ÁGUA LINDAS LTDA	Água Mineral	Águas Lindas	Angra Dos Reis	36,57	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890262	MINERACAO SERRA DAS ÁGUA LINDAS LTDA	Água Mineral	Águas Lindas	Angra Dos Reis	49,63	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890263	MINERACAO SERRA DAS ÁGUA LINDAS LTDA	Água Mineral	Águas Lindas	Angra Dos Reis	44,77	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890372	PAULO ROBERTO DE CASTRO LOPES	Água Mineral	Fazenda Jacuecanga	Angra Dos Reis	12,13	ALVARÁ DE PESQUISA
1999	890373	PAULO ROBERTO DE CASTRO LOPES	Água Mineral	Encosta Leste Morro Boa Vista	Angra Dos Reis	11,68	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890136	JOSUEL ANDRADE ANTUNES	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	
2001	890147	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890148	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890149	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890150	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA

ANO	PROCESSO	TITULAR/REQUERENTE	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCAL	MUNICÍPIO	AREA (ha)	SITUAÇÃO LEGAL
2001	890151	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890152	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	
2001	890198	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890199	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890200	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral		Angra Dos Reis	50,00	
2001	890201	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral		Angra Dos Reis	50,00	
2001	890202	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890203	JOAO BRASIL CARVALHO LEITE	Água Mineral	Fazenda Santa Maria	Angra Dos Reis	50,00	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890296	E A AFIF AREAL	Areia	Sítio dos salgueiros	Angra Dos Reis	13,00	LICENCIAMENTO
2001	890334	AREAL ITAPICU LTDA	Areia	Leito do Rio Mambucaba	Angra Dos Reis	36,55	ALVARÁ DE PESQUISA
2001	890525	J.C.PEREIRA VALLE	Areia	Rio Juamirim	Angra Dos Reis	50,00	LICENCIAMENTO

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

6.3. GEOMORFOLOGIA

Para o trecho do Planalto SE do Brasil, na qual se insere o município de Angra dos Reis e áreas circunvizinhas, foi reconhecido o domínio morfoestrutural denominado Faixas de dobramentos remobilizados. As formas de relevo assentadas sobre a Faixa de dobramentos remobilizados são resultado de um forte controle estrutural, evidenciado por extensas linhas de falha, blocos deslocados, escarpas e relevos alinhados coincidindo com os dobramentos originais e/ou falhamentos mais recentes. A resistência das rochas reflete nas formas de dissecação, ressaltando filões resistentes, pontões, cristas e sulcos nas zonas diaclasadas e fraturadas. Destaca-se como expressão topográfica, que inclui a região de Angra dos Reis, a Região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar.

Na região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar o município de Angra localiza-se na unidade de relevo denominada Planalto da Bocaina, representado por um bloco montanhoso, com altitudes em torno de 1.800m a NW e em torno de 1.000m na vertente litorânea (Anexo 10 e Anexo 11). A morfologia reflete a estrutura e a litologia, produzindo um relevo esculpido por dissecação diferencial. Ainda como domínio morfológico têm-se os Depósitos Sedimentares, que apesar de descontínuo apresenta uma significativa expressão em área, bordeando as escarpas. Tais domínios incluem aluviões integrados por areias, cascalhos, argilas inconsolidadas e sedimentos marinhos, constituídos por restingas, cordões litorâneos, planícies e terraços marinhos, flúvio-marinhos e fluviais, atestando as ações de processos morfogenéticos recentes e variações do nível do mar.

Procurando detalhar o relevo do Estado do Rio de Janeiro, DANTAS (2001) apresenta um mapa geomorfológico na escala 1:250.000, reconhecendo unidades morfoestruturais e unidades morfoesculturais. Estas, por sua vez, compreendem um conjunto de sistemas de relevo (unidades geomorfológicas). Assim, foram reconhecidas a partir da análise integrada a dados geológicos duas unidades morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas.

A unidade Cinturão Orogênico do Atlântico corresponde, litologicamente, a rochas metamórficas e ígneas de idade pré-cambriana a eopaleozóica e que estão incluídas na faixa de dobramentos Ribeira, submetidas a diferentes ciclos orogênicos, culminando, no final do Proterozóico, com o evento Brasiliano (HEILBRON *et al.*, 1995). A história tectônica recente conhecida para a região refere-se à reativação tectônica meso-cenozóica extensional associado à abertura do Oceano Atlântico, gerando uma série de falhamentos normais, com soergimento de blocos (Serras do Mar e da Mantiqueira e Maciços Litorâneos), além de depressões interplanálticas. Foi ainda subdividida, segundo características específicas de litologia e/ou estruturas geológicas, nas seguintes unidades morfoesculturais: Superfícies Aplainadas nas Baixadas litorâneas, Escarpas Serranas, Planaltos Residuais, Depressões Interplanálticas e Alinhamentos Serranos Escalonados. Estas unidades foram individualizadas e subdivididas em unidades geomorfológicas, devido à presença de variações morfológicas internas próprias de cada unidade (Tabela 12).

Tabela 12 – Hierarquização das Unidades Morfoestruturais, Morfoesculturais e Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (Modificado de Dantas, 2001). Em vermelho destacam-se as Unidades de Relevo em que está inserido o município de Angra dos Reis e áreas circunvizinhas.

UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	
1. Cinturão Orogênico do Atlântico	2. Bacias Sedimentares Cenozóicas
UNIDADES MORFOESCULTURAIS	
1.1. Maciços Costeiros e Interiores 1.2. Maciços Alcalinos Intrusivos 1.3. Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas 1.4. Escarpas Serranas 1.5. Planaltos Residuais 1.6. Depressões Interplanálticas 1.7. Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados	2.1. Tabuleiros de Bacias Sedimentares 2.2. Planícies Flúvio-Marinhas (Baixadas) 2.3. Planícies Costeiras
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
1.1.1. Maciço da Juatinga 1.1.2. Ilha Grande 1.1.3. Ilhas da Marambaia, Jaguanum e Itacuruçá 1.1.4. Maciço da Pedra Branca 1.1.5. Maciço da Tijuca 1.1.6. Maciços da Região dos Lagos 1.1.7. Maciços de Macaé 1.1.8. Maciço de Itaoca 1.1.9. Maciços de Morro do Coco 1.1.10. Maciço de Bom Jesus de Itabapoana 1.1.11. Maciço de Suruí 1.1.12. Maciços de Conceição de Macabu	2.1.1. Bacia de Resende 2.1.2. Bacia de Volta Redonda 2.1.3. Bacia de Macacu 2.1.4. Tabuleiros de Quissamã 2.1.5. Tabuleiros de São Francisco de Itabapoana
1.2.1. Maciço do Itatiaia 1.2.2. Morro Redondo 1.2.3. Maciço do Tinguá 1.2.4. Maciço do Mendanha 1.2.5. Maciço de Itaúna 1.2.6. Maciços de Tanguá-Rio Bonito 1.2.7. Morro de São João 1.2.8. Ilha de Cabo Frio	2.2.1. Baixadas da Baía da Ilha Grande 2.2.2. Baixadas das Baías de Guanabara e Sepetiba 2.2.3. Baixada de Jacarepaguá 2.2.4. Baixada do rio São João 2.2.5. Baixada do rio Macaé 2.2.6. Baixada do rio Macabu 2.2.7. Baixada do rio Imbé 2.2.8. Baixada Campista 2.2.9. Baixada do rio Itabapoana
1.3.1. Superfície Aplainada da Região dos Lagos 1.3.2. Sup. Aplainada do Litoral Leste Fluminense	2.3.1. Feixes de Cordões Arenosos de Jurubatiba 2.3.2. Feixes de Cord. Arenosos Rio Paraíba do Sul

1.4.1. Escarpas da Serra da Mantiqueira	
1.4.2. Escarpas das Serras da Bocaina, Mangaratiba e Mazomba	
1.4.3. Escarpas da Serras das Araras e Paracambi	
1.4.4. Escarpas das Serras do Couto e dos Orgãos	
1.4.5. Espigão das Serras de Santana e Botija	
1.4.6. Escarpas das Serras de Macaé, Macabu e Imbé	
1.4.7. Escarpa Reversa da Serra do Desengano	
1.4.8. Escarpas do Planalto de Varre-Sai	
1.4.9. Escarpa Reversa do Planalto da Região Serrana	
1.5.1. Planalto da Bocaina	
1.5.2. Planalto Reverso da Região Serrana	
1.5.3. Planalto de Varre-Sai	
1.6.1. Depres. Interplanáltica do Médio Paraíba do Sul	
1.6.2. Depressão Interplanáltica do Vale do rio Negro	
1.6.3. Depressão Interplanáltica do Vale do rio Pomba	
1.7.1. Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Médio Vale do rio Paraíba do Sul	
1.7.2. Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Norte-Noroeste Fluminense	

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

As Bacias Sedimentares Cenozóicas correspondem a rochas sedimentares pouco litificadas, de idade eo-cenozóica e sedimentos inconsolidados, neocenozóicos e foram subdivididas nas seguintes unidades morfoesculturais e unidades geomorfológicas: tabuleiros de bacias sedimentares, planícies flúvio-marinhas (Baixadas) e planícies costeiras (Anexo 12).

6.3.1. Caracterização da Área de Influência Indireta (AID-50 km)

A diferenciação do relevo no Estado do Rio de Janeiro realizada com base na utilização da metodologia de desnivelamento altimétrico, que teve por objetivo norteador articular aspectos geomorfológicos e geológicos, permitiu a apresentação de uma nova proposta de mapeamento geomorfológico para a região em estudo. Inicialmente, os diversos compartimentos morfoestruturais reconhecidos (Degraus Escarpados, Degraus e/ou Serras Reafeiçoados, Morros, Colinas, Planícies fluvias e Flúvio-Marinhas) foram analisados pelos dados de orientação e contiguidade espacial, levando à identificação dos grandes conjuntos de formas de relevo que estão associados às principais estruturas geológicas regionais denominadas de Domínios Morfoestruturais.

Sendo assim, foram definidos dois grandes domínios morfoestruturais: o Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico e o Domínio Morfoestrutural Depressões Tectônicas Cenozóicas (SILVA, 2002).

PONÇANO et al. (1981) caracteriza o Domínio Morfoestrutural Planalto Atlântico como sendo 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, esta que se apresenta na forma de escarpas abruptas e quase lineares, condicionada por linhas de falha ou, ainda, se desfaz em formas de morros, também alinhados segundo recortes derivados da imposição estrutural (Anexo 14).

O Domínio Morfoestrutural Planalto Atlântico encontra-se cortado pela alongada depressão do Graben 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 Graben da Guanabara de orientação E-W.

Nas seqüências de terrenos sedimentares embutidos no cristalino, o relevo é caracteristicamente de colinas suaves, algumas tabuliformes, e de amplas várzeas margeando os rios.

Para os domínios de Planaltos e Depressões Tectônicas foram, ainda, identificadas diferentes feições de relevo que, devidamente, agrupadas levaram a novos recortes no terreno e que podem possuir, por sua vez, significado morfoestrutural, sendo denominados de Regiões Morfoestruturais, ou apenas compreender formas de relevo de gêneses distintas. Neste contexto a Tabela 13 apresenta as unidades de relevo reconhecidas.

Tabela 13 – Domínios e Unidades Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro.

Domínios Morfoestruturais	Regiões Morfoestruturais / Unidades de Relevo
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 Órgãos 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

Domínios Morfoestruturais	Regiões Morfoestruturais / Unidades de Relevô
Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Mesozóica-Cenozóicas	Região do Rift da Guanabara Unidade Maciços Costeiros Unidade Depressão da Guanabara e região dos Lagos Unidade de terraços e planícies fluviais e/ou flúvio-marinhas
	Região da Depressão Interplanáltica Pomba-Muriaé Unidade de terraços e planícies fluviais
	Região de Colinas e Morros do Leste Fluminense Unidade de terraços e planícies fluviais e/ou flúvio-marinhas
	Região dos Tabuleiros Costeiros

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Para o Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico procurou-se identificar e delimitar Regiões em que se caracterizam por conter as seguintes feições morfológicas:

- Planaltos - correspondentes a extensas massas de relevo que foram submetidas a intensos processos de erosão, que são cortadas por inúmeros vales fluviais e possuem altitudes elevadas, com topos nivelados a uma altitude semelhante e, de maneira geral, apresentando-se pouco ondulado;
- Escarpas - referentes a rampas ou aclives de terrenos que estão localizados nas bordas de Planalto.

Para o Domínio das Depressões Tectônicas Cenozóicas foram delimitadas Regiões Morfoestruturais em que se encontram os seguintes recortes espaciais:

- Depressões propriamente ditas constituem uma superfície com suave inclinação, formada por prolongados processos de erosão, menos irregular do que os planaltos e que se encontram em áreas encaixadas/embutidas entre os maciços antigos e as unidades sedimentares. Para as depressões reconhecidas no Estado do Rio de Janeiro foi utilizada a denominação de Depressões Interplanálticas, que se constituem por uma morfologia esculpida em terrenos cristalinos que estão localizadas no interior de planaltos, sendo identificadas a região da Depressão Interplanáltica Médio Paraíba do Sul;
- Graben da Guanabara 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 Rifts da Serra do Mar. RICCOMINI & FRANCISCO (1992) estende o modelo de evolução tectônica das bacias continentais do sudeste brasileiro (Taubaté, São Paulo, Resende e Volta

Redonda) para o Graben da Guanabara, englobando-o no Rift Continental do Sudeste do Brasil. Esta área é bordejada a norte pela Serra do Mar, que chega a alcançar 2200m de altitude e pelos maciços litorâneos, ao sul, com altitudes médias de 1000m.

As feições morfológicas de colinas e morros que caracterizam as Regiões supracitadas estão, também presentes nas Regiões de Planaltos e podem ser assim definidas:

- Colinas que correspondem a pequenas e médias elevações do terreno com declives suaves, que diferem das serras e das montanhas por estarem isoladas uma das outras e com baixas altitudes. Constituem-se, ainda, em uma forma de relevo derivado de processos erosivos, no entanto, existem as colinas de acumulação que são elaboradas a partir do depósito de materiais de origem das encostas, de processos glaciais e/ou eólicos.
- Morros referem-se a elevações do terreno, com fortes declives para todos os lados, sobressaindo-se dos terrenos que lhe são adjacentes.

E, ainda, como feições de ocorrência por toda a orla litorânea e/ou ao longo dos principais cursos fluviais do Estado são reconhecidas as 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.

6.3.1.1. Unidades Morfoestruturais do Planalto Atlântico

6.3.1.1.1. Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina

Localizada a oeste do Estado do Rio de Janeiro, nas cartas morfoestruturais de Volta Redonda e Ilha Grande, limita-se e adentra para o Estado de São Paulo, estendendo em estreitas áreas até o segmento mais a montante do imponente escarpamento da Serra do Mar, localmente conhecida como Serra da Bocaina. Caracteriza-se pela morfologia de colinas, de topografia suave e topos subnivelados até terrenos montanhosos, limitando-se a sul com as planícies flúvio-marinhas da Baía de Ilha Grande e, a norte, com a Depressão Interplanáltica Médio Paraíba do Sul.

Esta Região Morfoestrutural corresponde, portanto, a um setor elevado da Serra do Mar, com altitudes entre 400m a 2100m, apresentando uma orientação geral E-W e segmentos orientados na direção NE-SW. Limita-se em suas vertentes continental e oceânica por degraus escarpados (Pedra da Jamanta, Escarpa da Serra da Bocaina e Serra da Bocaina) e ainda se estende para a Carta Morfoestrutural de Ilha Grande com a ocorrência dos Degraus Escarpados de Ilha Grande, Ponta do Aventureiro e Ilha de Marambaia, configurando um planalto muito dissecado. A Ilha Grande encontra-se, por sua vez, bordejada por uma série de Degraus reafeiçoados.

Documenta-se a significativa expressão espacial de compartimentos de degraus reafeiçoados e morros, destacando-se o conjunto de compartimentos Sertão da Bocaina,

Córrego da Reserva, Campos de Cunha e Quebra-Cangalha I e II, como as feições morfoestruturais mais importantes. Esta Região apresenta uma direção geral E-W, compreendendo um conjunto de pequenos degraus escarpados, degraus/serras reafeiçoados e compartimento de morros, em altitudes que variam de 300m a 2100m, rebaixando-se em direção a calha do rio Paraíba do Sul.

A vertente continental do Planalto da Bocaina é caracterizada por um conjunto de degraus escarpados, orientado na direção E-W, que apresenta como aspecto mais significativo o fato de constituir um arranjo de serras com orientação NE-SW, seccionadas por linhas de orientação E-W.

No sopé desta vertente, encontram-se degraus/serras reafeiçoados com altitudes entre 500m e 1000m (Córrego Pouso Seco; Rio Alto Bananal; Ribeirão do Máximo), que reproduzem, de maneira geral, o mesmo comportamento de estruturação descrito para os degraus escarpados da vertente continental.

A Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina apresenta, ainda, como feição morfoestrutural importante, alinhamentos de compartimentos de colinas segundo a direção NE-SW. Estes compartimentos, com altitudes médias de 1000m a 1200m e 1300m a 1500m, apresentam geometria alongada na direção NE-SW, sendo, normalmente, limitados por feições lineares bem marcadas com orientação NW-SE. Podem ser destacados a este respeito os compartimentos Encruzilhada, Fazenda Conceição, Seda Moderna, Bairro Taquaral, Rio do Funil e Bairro do Charquinho.

6.3.2. Caracterização da Área de Influência Direta (AID-15 km e AID-5 km)

A região litorânea que engloba a CNAAA é caracterizada pelo forte contraste dos compartimentos de Degraus Escarpados e Degraus Reafeiçoados, que demarcam a borda escarpada da Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina em contato direto com as feições morfológicas quaternárias de planícies flúvio-marinhas, que caracterizam as enseadas da Baía de Angra dos Reis (Anexo 13).

Esta significativa variação de declividade, somada aos elevados índices pluviométricos típicos deste setor do Sudeste brasileiro, além de uma rasa cobertura de manto intemperizado sobre corpos rochosos em pequena profundidade propiciam uma descontinuidade hidrodinâmica acentuada entre estes materiais e constituem elementos-chave para um elevado escoamento superficial e subsuperficial das encostas produzindo nos segmentos de fundo de vale eventos de cheias e enchentes. Atualmente, sobre estas feições de fundos de vale planos encontram-se, na maioria das vezes, um processo de ocupação desordenada, sem acompanhamento de uma política adequada de saneamento básico, principalmente, no que tange a rede de escoamento pluviométrica e rede de esgoto sanitário, o que agrava ainda mais o quadro de instabilidade ambiental.

Nas encostas declivosas dos Degraus Escarpados e/ou Degraus Reafeiçoados há o predomínio de movimentos gravitacionais de massa, que caracterizam o mecanismo evolutivo destes segmentos morfológicos nas bacias de drenagem. Ressalta-se ainda que as estradas pavimentadas e não-pavimentadas da região cortam em diversos trechos estes segmentos morfológicos, oferecendo mais um elemento de criticidade nos períodos dos elevados índices pluviométricos.

O trecho interiorano e mais elevado do Planalto da Bocaina é marcado por feições de Colinas, Morros e Degraus Reafeiçoados que se estendem até a escarpa interiorana deste Planalto. Compartimentos que demonstram setores do relevo com retenção da sedimentação quaternária podem ser encontrados no topo do Planalto.

Estruturalmente, a Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina é bem marcada pela orientação geral E-W das feições de Degraus Escarpados e inflexões NE-SW e N-S, que podem ser observadas pela dissecação atual da paisagem dada, principalmente, pela orientação das Planícies Flúvio-marinhas que adendram pelos segmentos de Degraus Escarpados.

6.3.2.1. Feições Morfotectônicas Reconhecidas

Relevos tectônicos são reconhecidos na literatura internacional como elementos chaves para estudos morfotectônicos e neotectônicos tanto em domínios de bordas de placas ativas como intraplaca (WALLACE 1986; OLLIER 1981; SUMMERFIELD 1987).

Estudos morfotectônicos desenvolvidos ao longo da faixa do Rife Continental do Sudeste do Brasil, nas regiões das Serras da Bocaina (GONTIJO 1999) e da Mantiqueira (SANTOS 1999; HIRUMA et al. 2001) têm destacado a relação das estruturas tectônicas reativadas na evolução do relevo. As morfologias mais marcantes na área que sugerem falhas normais, são as escarpas voltadas para o litoral, ao longo das quais desenvolveram-se degraus e frentes lineares e escalonados, sendo as linhas de cristas orientadas preferencialmente para NNE, NE, E-W, NNW, NW e WNW. Associadas aos processos de dissecação das escarpas, de direções preferenciais NE e NW, desenvolvem-se feições tipo spur ridges com terminações abruptas no fronte da escarpa na forma de facetas triangulares, que delimitam vales suspensos tipo gullies. A presença de lineamentos que sugerem falhas com componentes direcionais imprimem no relevo feições de vales lineares, ao longo do traço do lineamento, feições do tipo shutter ridges, formadas onde a falha desloca feições topográficas, movendo lateralmente uma seqüência de cristas; offset ou deslocamentos de canais. Na base das escarpas ocorrem quedas de blocos, tipo tálus, e outros depósitos de fluxos gravitacionais e colúvios, que geralmente interdigitam com os depósitos fluviais e/ou flúvio-marinhas.

Lineamentos de drenagem

Os lineamentos de drenagem mapeados na área (Anexo 5 e Anexo 6) tanto para a porção continental quando para a linha costa mostraram coincidentes com as orientações das

estruturas rupteis observadas em medidas em campo, com direções que variam entre os quadrantes NE, N-S, E-W e NW.

As orientações preferenciais mapeadas para as drenagens da porção continental, destacam-se no quadrante NE-SW, cujas frequências variam entre E-W e NNE, coincidentes com as estruturas do embasamento pré-Cambriano, entre N-S e WNW. Em relação ao comprimento acumulado, os de orientação NE, destacam-se pelos comprimentos maiores, seguidos dos E-W, WNW e NNW.

Os lineamentos costeiros caracterizam-se por serem bem definidos, com frequência acumulada preferencialmente nas direções NE-SW, E-W, N-S e NW-SE. Esta marcante concentração de orientações confere um forte influencia da estrutura subjacente na dinâmica dos processos erosivos costeiros. Os comprimentos acumulados dos lineamentos demonstram maiores segmentos nas direções NE, E-W, N-S e NW-SE, respectivamente.

Para melhor ressaltar as orientações das drenagens foram separados mapas correspondentes a cada direção, NE-SW, E-W, N-S e NW-SE, descritas a seguir.

Lineamentos NE-SW

Os lineamentos de drenagem de direção NE-SW apresentam variações de direções concentradas entre os quadrantes NNE e ENE e são representados pelos segmentos mais longos da área. São coincidentes com as estruturas pré-Cambrianas subjacentes, dadas sobretudo pelas zonas de cisalhamento dúcteis, reativadas pela tectônica do Mesozóico-Cenozóico. Embora a distribuição dos lineamentos seja relativamente uniforme, podem ser identificados quatro feixes mais definidos, sendo um no quadrante noroeste da área, um na área central, coincidente com a Zona de Cisalhamento de Taxaquara ou Além Paraíba e, outros dois coincidentes com o front da escarpa da Serra do Mar e das saliências do recorte do litoral e da Ilha Grande.

Conferem ainda feixes de lineamentos com segmentos mais estreitos e segmentos mais abertos, repetindo o mesmo padrão em bends impressas nas estruturas pré-Cambrianas.

Lineamentos E-W

Os lineamentos de drenagem que apresentam direção E-W apresentam uma relativa simetria de distribuição espacial embora alguns feixes possam ser delimitados. Estes feixes são definidos orientações preferenciais grosseiramente orientadas para WNW-ESE. Com relação à linha da costa, são coincidentes com suas reentrâncias, além de prolongamentos na Ilha Grande.

Lineamentos N-S

Estes se apresentam com distribuição de menor ocorrência que os demais, embora definam duas principais zonas de maiores concentrações. A zona situada aa leste prolonga-se na Ilha Grande, sendo que este prolongamento é coincidente com a principal saliência ao norte desta ilha.

Lineamentos NW-SE

Caracterizam-se por apresentarem a maior concentração de todos as demais orientações e por possuírem segmentos mais curtos. Esta grande concentração demonstra a direção preferencial de dissecação atual do relevo, que pode ser observado com maior destaque no setor oeste da área, coincidente com a dissecação das serras de orientação NE-SW, sobretudo aquelas desenvolvidas ao longo da Zona de Cisalhamento Taxaquara ou Lineamento Além Paraíba.

Feições morfotectônicas

O mapa de feições morfotectônicas destaca formas de relevos tectônicos impressos nos escarpamentos voltados para o oceano, cuja dissecação e processo de recuo das encostas mostra estreita relação com as orientações da estrutura subjacente, preferencialmente NE-SW e NW-SE. Secundariamente, sobretudo na porção sudoeste da figura, destaca-se a dissecação das escarpas segundo a direção E-W.

O processo de dissecação dos escarpamentos esculpe feições de pequenos vales paralelos entre si, cujos divisores são definidos como spurs ridges. A terminação destas feições é marcada pela presença de facetas triangulares, típicas de dissecação de escarpas de falhas com movimentação preferencial normal.

Ao longo destas feições, destacam-se setores que apresentam deslocamentos dos spurs ridges e das facetas, sugerindo deslocamentos de falhas direcionais, ora dextral e ora sinistral, sobretudo de direções NE-SW e E-W.

As linhas de cristas, que definem os lineamentos do relevo, apresentam orientações preferenciais NE-SW, principal estruturação do relevo e, secundariamente, NW-SE.

6.3.3. Caracterização da Morfologia Costeira da Baía de Angra dos Reis

Toda costa sul do Estado do Rio de Janeiro evidencia uma relação estrutural e sedimentar com a evolução tectônica da Bacia de Santos e da Serra do Mar, juntamente com as variações relativas do nível do mar ocorridas nos últimos milhares de anos, próxima à Baía de Sepetiba, e limítrofe às Baías da Ribeira, de Angra dos Reis e de Jacuacanga (CECCOPIERI, 2001).

A Baía da Ilha Grande é caracterizada pela existência de centenas de ilhas e parciais, estando inserida em uma região distinta do resto do litoral brasileiro, com uma linha de costa única no Brasil, bastante recortada, bordejada por um extenso domínio montanhoso, que está associado à vertente sul da Serra do Mar; localmente chamada de Serra da Bocaina, em contato direto com o mar. Devido a este domínio escarpado, as encostas se apresentam de forma íngreme, ricas em paredões rochosos e bastante recortadas, apresentando reduzidas planícies costeiras (principalmente praias estreitas inseridas em baías, enseadas e sacos), marcadas pela presença de pontões cristalinos que se projetam diretamente sobre o mar.

Consiste em um corpo semi-confinado de água salgada, devido a presença da Ilha Grande. Esta é separada do continente por um marcante estreitamento e uma grande depressão batimétrica (Canal Central) entre a Ilha Grande e o continente.

Segundo DIAS *et al.* (1990), a baía possui diversas feições marcantes em seu relevo submarino, entre eles um banco arenoso com forma circular localizado na barra oeste da baía e diversos canais naturais e artificiais ao longo de toda a região. Estes canais artificiais foram dragados para possibilitar o acesso ao terminal petrolífero da Petrobras e também para o porto localizado no interior da Baía de Sepetiba.

As profundidades na parte externa da Ilha Grande estão em torno de 40,00 m, aprofundando de forma suave em direção à quebra da plataforma. A plataforma, na altura da Ilha Grande, tem largura de cerca de 90,00 km e apresenta a quebra em uma profundidade de 140,00 m.

A divisão fisiográfica da Baía da Ilha Grande foi proposta por MAHIQUES (1987), e foi dividida em: Porção Oeste, Porção Leste e Canal Central.

A porção oeste da Baía da Ilha Grande é a mais profunda, tendo profundidades de 20,00 a 30,00 m, enquanto a Porção Leste apresenta de 10,00 a 25,00 m.

O Canal Central, localizado entre o continente e a Ilha Grande, apresenta as maiores profundidades do interior da Baía, superiores a 25,00 m, podendo chegar localmente até a 55,00 m. Dentro desta divisão fisiográfica proposta por MAHIQUES (1987), pode-se observar que na região denominada de Canal Central, pode-se destacar a região onde se encontra a maior depressão batimétrica. Esta depressão é alongada na direção E-W corresponde ao Eixo do Canal Central.

Existem muito poucos dados oceanográficos na Baía de Ilha Grande, pois todos os dados existentes são pontuais e de curta duração. O que dificulta muito uma caracterização mais detalhada dos processos oceanográficos na área.

Segundo SIGNORINI (1980a e 1980b), a Baía da Ilha Grande é um sistema estuarino parcialmente misturado, onde a baía se conecta com o oceano através de seus extremos leste e oeste, e o aporte de água doce é oriundo da Baía de Sepetiba.

Segundo TOMMASI *et al.* (1972a e 1972b), MIRANDA *et al.* (1977); IKEDA (1977) e IKEDA & STEVENSON (1980) a variação de salinidade e temperatura da Baía de Sepetiba em direção a Baía da Ilha Grande mostra que a entrada de água doce na Baía da Ilha Grande provém da Baía de Sepetiba.

A circulação do sistema estuarino formado pelas duas baías é resultante de efeitos de maré, ventos e diferenças de densidade. No aspecto geral, o contato entre a água doce e a oceânica que se misturam sob o efeito das marés, gera um movimento no sentido horário, quase estático em torno da Ilha Grande, com velocidades em torno de 10 cm/s atribuídas a diferenças de densidade.

Segundo MAHIQUES (1987) e MELGES DE FIGUEIREDO *et al.* (1991) foram encontradas no canal central, correntes de fundo muito baixo (média de 2,3 cm/s) implicando em um transporte insignificante de partículas de fundo.

Quanto à cobertura sedimentar da Baía de Ilha Grande, os sedimentos da área apresentam-se de forma bastante heterogênea, mostrando que a sua hidrodinâmica é bastante complexa. De uma maneira geral pode-se dizer que na porção leste (mais rasa) se concentra areias médias a grossas. Na Porção Oeste (mais profunda), pode ser encontradas areias finas, típicas de plataforma continental e características da última transgressão. No canal central se encontram as maiores concentrações de lama, que correspondem às áreas mais profundas e, teoricamente, de menor energia desta região.

A porção leste é composta basicamente de sedimentos com predominância de areias médias a grossas. Texturalmente estas areias são imaturas, com selecionamento moderado. Estes sedimentos possuem indícios de exposição subaérea durante a regressão do Pleistoceno Superior, através da identificação de limonitização em quartzo, foraminíferos e moluscos. A ausência de lamas nesta região pode estar associada à presença de fortes correntes que impediriam a deposição de sedimentos mais finos. Esta hipótese é corroborada pelos trabalhos de TOMMASI *et al.* (1972a e 1972b) que sugerem a presença de fortes correntes na região devido à ausência de briozoários, organismos que não são capazes de fixar-se no substrato em situações de fortes correntes.

O canal central é composto basicamente por lamas com mais de 50% de argila e silte, que se estendem em direção oeste com um contato gradativo com areias finas. Já na porção leste o contato de frações finas com as frações mais grossas se dá de forma abrupta, próximo à enseada de Abraão. Os sedimentos do canal central apresentam baixo grau de seleção, e condições redutoras que indicam baixa movimentação do fundo.

A porção oeste é composta por areias muito finas e imaturas que indicam a baixa condição de retrabalhamento. Estes sedimentos têm características similares aos encontrados na plataforma continental interna, o que indica o transporte de sedimentos em direção ao interior da Baía da Ilha Grande, sendo denominados de areias transgressivas.

Os depósitos Quaternários são pouco desenvolvidos, e estão associados a regiões próximas aos rios, de pequena competência, mas que aumentam significativamente a carga sedimentar em épocas de aumento pluviométrico. Os sedimentos de idade Quaternária podem ser divididos em depósitos coluvionares, aluvionares, flúvio-marinhos, de mangue e cordões arenosos de praia. As poucas planícies costeiras presentes nesta região estão concentradas na parte oeste da Baía. Os depósitos de cristas de praia ocorrem em trechos do litoral mais expostos, onde a ação frontal das ondas oceânicas consegue penetrar na baía, após difração nos pontais rochosos. O desenvolvimento dos manguezais na região da Baía da Ilha Grande ocorre em áreas de pequena energia de ondas, na desembocadura dos rios principais, tornando-se restritos a fundos de enseadas, sacos e canais de maré.

Na região da usina de Angra, a praia Brava é protegida pelo promontório rochoso que se estende entre o litoral de Parati até a Ponta da Joatinga, no entanto esta praia fica mais exposta às ondas de SE que são comuns em situação de pós-frontal no litoral do RJ. Itaorna é mais protegida tanto das ondas de SW (frente fria) quanto de SE (pós-frontal).

6.4. SOLOS

6.4.1. Caracterização do solo da Área de Influência

O Mapa Pedológico da AII 50 aqui apresentado (Anexo 15) foi gerado a partir da compilação de levantamentos pedológicos disponíveis, realizados principalmente pela Embrapa Solos (antigamente chamada SNLCS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, transformada posteriormente no CNPS – Centro Nacional de Pesquisa de Solos), pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, pelo DRM/RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro e por outros estudos realizados na área associados a dissertações de mestrado e a teses de doutorado, sempre com base na análise de perfis de solo em campo.

Na maioria dos perfis estudados foram coletadas amostras de solo para análise de suas propriedades. As análises associadas às propriedades morfológicas dos solos (por ex., cor, estrutura, etc.) foram realizadas diretamente no campo, a partir das observações feitas nos horizontes e camadas de solo presentes em cada perfil. Para a análise das propriedades físicas (por. ex., textura, porosidade, densidade, etc.) e das propriedades químicas (por ex., pH, capacidade de troca de cátions - CTC, etc.) foram coletas amostras de solo, tanto com estrutura deformada quando indeformada, as quais foram posteriormente analisadas em laboratório.

Em alguns perfis, foram também realizadas análises mineralógicas (por ex., mineralogia da fração argila através de Raios-X; mineralogia da fração areia através de lupa binocular; etc.) e análises de micromorfologia de solos. Para a realização desses estudos micromorfológicos, foram coletados blocos de solo (indeformados) os quais foram posteriormente impregnados por resina em laboratório (fase de endurecimento), permitindo o corte e a confecção de lâminas para observação em microscópio petrográfico. As análises micromorfológicas permitem caracterizar, de forma detalhada, a estrutura, parte da mineralogia, o tamanho e a conectividade dos poros, processos de migração interna de partículas finas (por ex., iluviação), atuação da atividade biogênica, entre outros. Os dados relativos à descrição e às análises das propriedades dos solos dos Pontos 1 a 7, aqui descritos, têm como fonte a publicação CNPS (1978), enquanto aqueles relativos ao Ponto 8 têm como fonte a publicação Peixoto (2002).

O estudo dessas propriedades macroscópicas e microscópicas dos solos, em combinação com as análises das propriedades físicas e químicas dos horizontes e camadas, permite uma caracterização geral dos principais processos pedogenéticos que atuaram na

formação desses diferentes solos, refletindo direta e indiretamente, a atuação de fatores como o clima, o relevo, o material de origem, os organismos e o tempo. Todas as análises aqui apresentadas, mesmo aquelas associadas a teses e dissertações, foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Solos, no Jardim Botânico (RJ).

Deve-se ter em mente que, devido à escala deste mapeamento, a legenda final descreve principalmente “Unidades Taxonômicas Combinadas” (por ex., associações de duas ou mais classes de solo) e “Tipos de Terreno” (por ex., afloramento de rocha). Neste caso, ou seja, quando fazemos o uso de Unidades Taxonômicas Combinadas, a classe predominante na área mapeada é que dará nome à Unidade de Mapeamento descrita na legenda.

Como já descrito em relatório anterior, as classes de solo encontradas na área de estudo, encontram-se diretamente associadas à geologia e à geomorfologia local, as quais definiram a atuação dos fatores de formação dos solos e dos processos pedogenéticos que ali prevaleceram ao longo do tempo. A Figura 138 mostra uma visão geral de alguns dos compartimentos topográficos existentes na área mapeada. Nas encostas íngremes das porções mais elevadas da escarpa da Serra do Mar, onde a vegetação de floresta ainda encontra-se preservada, predominam solos das classes de Neossolos Litólicos e dos Cambissolos. Na base da escarpa, onde o relevo torna-se mais suave e a vegetação de floresta já foi removida (parcial ou totalmente), predominam solos das classes dos Latossolos e dos Argissolos. Nas baixadas litorâneas, formadas basicamente por sedimentos de origem fluvial e marinha, onde o relevo é praticamente plano e o lençol freático encontra-se próximo à superfície, predominam solos hidromórficos das classes Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos.



Figura 138 – Visão geral do relevo da área de estudo nas proximidades da cidade de Angra dos Reis.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Já no reverso da escarpa da Serra do Mar, onde a drenagem flui em direção ao vale do rio Paraíba do Sul (Figura 139), predominam encostas mais suaves associadas a um relevo de colinas com topos convexos, onde a vegetação de floresta já foi quase que totalmente removida no passado para a introdução do café, sendo utilizadas hoje principalmente para pastagem. Nestas colinas predominam solos das classes dos Latossolos e dos Argissolos.

Ainda no reverso da escarpa da Serra do Mar, ou seja, no planalto da Bocaina e no médio vale do rio Paraíba do Sul, observa-se fundos de vale com relevo praticamente plano, formados a partir de sedimentos fluviais que foram depositados em condições pretéritas, dando origem a extensas planícies, como mostra a Figura 140. Essas baixadas representam pequenas bacias sedimentares que foram sendo preenchidas por sedimentos ao longo do tempo geológico, refletindo muitas vezes condições climáticas bem diferentes daqueles que ali prevalecem atualmente. A Figura 141, por exemplo, mostra um perfil de solo onde observam-se sedimentos fluviais finos (de cor amarela) na base do perfil, cobertos através de um contato abrupto, por sedimentos fluviais grosseiros (cascalhos e seixos bem arredondados). Esses materiais formados por sedimentos fluviais dão origem a solos da classe dos Neossolos Flúvicos e dos Cambissolos, quando a pedogênese já encontra-se mais avançada.



Figura 139 – Visão geral do relevo no reverso da escarpa da Serra do Mar (ao fundo), onde a drenagem flui em direção ao vale do rio Paraíba do Sul.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ



Figura 140 – Visão geral das baixadas que ocorrem já próximo ao médio vale do rio Paraíba do Sul. Estas foram formadas por sedimentos de origem fluvial e encontram-se hoje separada por colinas com topos convexos.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.



Figura 141 – Visão de detalhe de perfil de solo desenvolvido a partir de sedimentos de origem fluvial no médio vale do rio Paraíba do Sul. Os sedimentos fluviais finos da base do perfil (cor amarela) foram recobertos por sedimentos fluviais grosseiros, principalmente seixos de quartzo bem arredondados.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

A seguir, serão apresentadas as descrições de alguns dos perfis de solo utilizados para a confecção dos Mapas Pedológicos da AII 50 e AID 15 (Anexo 15 e Anexo 16), apresentados em anexo. As descrições, quando possível, apresentam fotografias dos perfis e os resultados das análises das propriedades físicas, químicas e mineralógicas obtidas para os principais horizontes dos solos. Para alguns perfis, são incluídas também resultados das análises micromorfológicas realizadas. A localização de cada um desses pontos encontra-se marcada nos Mapa de Solos.

6.4.2. Descrição dos Perfis de Solo

Ponto 1: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. ÁLICO, BR-101 km 137.

Classificação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. ÁLICO A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifólia úmida relevo montanhoso.

Localização - Corte situado no lado esquerdo da rodovia Rio-Santos, na altura do km 137, cerca de 1 km após a entrada para a Usina Nuclear (indo em direção à Parati) - Figura 143.

Vegetação - Floresta tropical perenifólia úmida.

Relevo - Montanhoso.

Altitude - 70 metros.

Material originário - Desenvolvido a partir de saprolito de gnaisses, afetado por retrabalhamento por colúviação.

Drenagem - Bem drenado.

Uso agrícola - Passagem de capim-gordura com ocorrência de sape.



Figura 142 – Visão geral da encosta onde foi levantado o perfil de solo definido como Ponto 1, cortada pela BR-101, logo após o trevo de entrada para as instalações de Angra 1 e Angra 2. Observar que o material de origem desse solo é a rocha gnáissica onde foi feita a excavação para a instalação das fundações da usina Angra 3.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Ponto 2: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO, estrada Parati-Cunha, km 7 (a partir do trevo em Parati, no entroncamento com a BR-101)

Classificação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO cambico A moderado textura argilosa fase rochosa floresta tropical perenifólia úmida relevo montanhoso.

Localização - A 7 km da rodovia Rio-Santos (Trevo de Parati) em direção a Cunha.
vegetação - Floresta tropical perenifólia úmida.

Relevo - Montanhoso.

Altitude - 150 metros.

Material originário - Desenvolvido a partir de retrabalhamento coluvial de produtos residuais e de material menos intemperizado, derivado de gnaisses e/ou migmatitos, presumivelmente ácidos e de algum granito.

Drenagem - Bem drenado.

Uso agrícola - Cultura de banana.

Coletada amostra RJ-EXTRA-I correspondente ao horizonte B(80-100cm).

AMOSTRA Nº 78.0317											SNLCS		
HORIZONTE	PROF. (m)	CALÇAU		TERRA FINA < 2 mm %	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA NaOH %			AREIA		GRAU DE FLOCCULAÇÃO %	SILTE AREIA		
		> 20 mm %	20-2mm %		A. GROSSA < 0,20 mm %	A. FINA 0,20-0,05 mm %	SILTE < 0,05 mm %	AREIA < 0,002 mm	DISP. EM ÁGUA				
B	80-100	0	4	96	29	8	15	48	0	100	0,31		
pH (1:2,5)		BASES EXTRAÍVEIS mEq/100g					ACIDEZ EXTRAÍVEL mEq/100g		VALOR T (NOM) mEq/100g	VALOR Y (SAT. DE BASES) %	100A ⁺⁺⁺ m ⁺⁺⁺ S		
H ₂ O	KCl N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	VALOR S (NOM)	Al ⁺⁺⁺	Si ⁺					
4,3	4,1	0,3	0,09	0,10	0,5	1,4	2,8	4,7	11	74			
C ORGÂNICO %	N %	C/N	ATQUE POR RESDUO (H+1,47)				SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	FOSFORO ASSIMILÁVEL ppm			
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂					RELAÇÕES MOLECULARES		
-	-	-	14,1	20,6	7,2	1,28	1,16	0,95	4,49	3			
SAT. S/100g	PASTA SATURADA		SOLUVEIS (EXTRATO 1:5)					DENSIDADE g/cm ³		POND. CÁLC. % SOLUVEIS	EQUIVALENTE de CaCO ₃ %		
	Na ⁺ %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	APARENTE	REAL						
RELA- LOR T	C.E. mols/lit 25%	ÁGUA %	mEq/100g										

Figura 143 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas do horizonte B do perfil de solo do Ponto 2.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

ANÁLISE MINERALÓGICA

Perfil RJ-EXTRA – 1

B - Calhaus - 100% de fragmento de rocha constituída de quartzo, feldspato alcalino muito intemperizado e biotita intemperizada.

Cascalhos - 85% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, de superfície irregular, com aderência de biotita e magnetita; 15% de feldspato, microclina e oligoclasio, grãos angulosos, superfície irregular, muito intemperizados, já bem caulinizados; traços de biotita e magnetita.

Areia Grossa - 88% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular e lisa em alguns, brancos e incolores; 5% de magnetita, alguns cristais idiomorfos, com a superfície intemperizada; 3% de feldspato alcalino, microclina, grãos subangulosos, intemperizados, superfície irregular nacarada; 2% de biotita, placas com superfície corrugada,

um tanto intemperizadas, castanho-escuras e amareladas; 2% de concreções argilosas claras e amareladas.

Areia Fina - 82% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, de superfície irregular; 10% de feldspato alcalino, microclina e oligoclásio, grãos angulosos, muito intemperizados, brancos; 5% de magnetita; 2% de biotita intemperizada; 1% de concreções argilosas; traços de zircão.

Comentário - No exame do perfil prevaleceram dúvidas se o solo seria LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO câmbico ou CAMBISSOLO latossolico. Os dados de análises químicas e físicas apresentam concordância com propriedades de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. Constata-se que o solo é Álico.

Pela apreciação das análises mineralógicas, verifica-se que o material constitutivo do solo, à profundidade amostrada, não revela alteração tão avançada quanto à dos Latossolos típicos. De minerais primários resistentes ao intemperismo correntemente ditos "facilmente decomponíveis" - têm-se 5% da areia grossa e 12% da areia fina, perfazendo 2,5% da terra fina, que com os 15% da fração cascalho, totalizam 3,0% do material sólido do horizonte em questão.

A espessura do horizonte A é de cerca de 20 ou 30 cm. Tendo a amostragem do B, sido realizada de 80 a 100cm de profundidade, é muito possível que na parte mais superior do horizonte B - 30 a 80cm de profundidade - o material do solo seja comparativamente mais alterado que o subjacente analisado.

Face às considerações expostas e uma vez mantido o limite de 4% de minerais primários menos resistentes ao intemperismo nas frações granulométricas maiores que 0,05mm, a classificação cabível no caso é LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO ÁLICO câmbico.

Ponto 3: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO, estrada Parati-Cunha, km 10 (a partir do trevo em Parati, no entroncamento com a BR-101)

Classificação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado, textura argilosa fase rochosa e não rochosa, floresta tropical perenifólia úmida relevo montanhoso.

Localização - A 10 km da rodovia Rio-Santos (Trevo de Parati) em direção a Cunha.

Vegetação - Floresta tropical perenifólia úmida.

Relevo - Montanhoso.

Altitude - 220 metros.

Material originário - Desenvolvido a partir da decomposição de gnaisses e/ou migmatitos.

Drenagem - Acentuadamente drenado.

Uso agrícola - Cultura de banana.

Ponto 4: CAMBISSOLO ÁLICO latossólico, estrada Parati-Cunha, km 19 (a partir do trevo em Parati, no entroncamento com a BR-101)

Classificação - CAMBISSOLO ÁLICO latossólico A, proeminente textura argilosa fase rochosa e não rochosa, floresta tropical perenifólia úmida relevo escarpado substrato gnaisses e migmatitos.

Localização - A 19 km da rodovia Rio-Santos (Trevo de Parati) em direção a Cunha.

Vegetação - Floresta tropical perenifólia úmida.

Relevo - Escarpado.

Altitude - 1140 metros.

Material originário - Desenvolvido a partir da decomposição de gnaisses e/ou migmatitos.

Drenagem - Bem drenado.

Uso agrícola - Nenhum.

Observação: Coletada amostra RJ-EXTRA-2 dos horizontes A (O-15cm) e (B) (40-60cm) .

AMOSTRA Nº: 78.0318 e 78.0319											SNICS	
HORIZONTE	PROF. (m)	CALÇAU		TERRA FINA < 0,25 mm %	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA CALSON %				AREIA DIF. EM ÁGUA %	AREIA DE FLOTAÇÃO %	SILTE AREIA	
		> 20 mm %	20-30 mm %		A. GROSSA > 0,25 mm %	A. FINA 0,25-0,075 mm %	SILTE 0,075-0,0075 mm %	AREIA < 0,0075 mm %				
A	0-15	0	1	99	34	12	17	37	12	68	0,36	
(B)	40-60	0	1	99	28	13	18	41	20	51	0,44	
pH (1:2,5)		BASES EXTRAÍVEIS mEq/100g					ACIDEZ EXTRAÍVEL mEq/100g		VALOR T (SOMA) mEq/100g	VALOR V (SAT. DE BASES) %	SO ₄ A ⁺⁺⁺ mEq/100g	
H ₂ O	KCl-N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Σ*	Na ⁺	VALOR S (SOMA)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺				
4,4	4,0	0,6	0,42	0,39	1,4	4,3	14,1	19,8	7	75		
4,8	4,3	0,2	0,07	0,17	0,4	1,9	6,2	8,5	5	83		
C orgânico %	N %	C %	ATAQUE POR HNO ₃ (1:147) N ₂ O ₅ (5%)				SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	FOSFORO ASSEMBL. ppm		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂						
4,25	-	-	16,3	14,9	8,5	1,96	1,86	1,36	2,75	3		
1,46	-	-	19,4	18,4	9,6	2,10	1,79	1,34	3,01	1		
SAT. a/Na ⁺ NO ₃ VA. LOR T	PASTA SATURADA		SOLUVEIS (EXTRATO 1:5)					DENSIDADE g/cm ³		POROS. - DASE % (VOLUME)	DE EQUILENTE g/g CEC	
	S.E. mhos/cm 25°C	ÁGUA %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Σ*	Na ⁺	APARENTE	REAL				

Figura 144 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas dos horizontes A e B do perfil de solo do Ponto 4.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

ANÁLISE MINERALÓGICA

Perfil RJ-EXTRA – 2

A - Cascalhos - 85% de quartzo, grãos angulosos, superfície irregular com aderência de óxido de ferro, brancos e amarelados; 15% de feldspato alcalino muito intemperizado, já quase completamente transformado em argilo-mineral, alguns com inclusões de biotita, já totalmente intemperizada.

Areia Grossa - 87% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular com aderência de material argiloso, brancos e incolores; 5% de biotita intemperizada; 5% de magnetita; 2% de concreções argilosas; 1% de feldspato alcalino intemperizado, superfície irregular, com brilho nacarado; traços de detritos.

Areia Fina - 62% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular, brancos e alguns incolores; 30% de biotita, muitas placas muito intemperizadas, superfície irregular, algumas já bem cloritizadas; 5% de magnetita; 3% de detritos; traços de zircão.

(B) - Cascalhos - 80% de quartzo, grãos subangulosos, superfície irregular com aderência argilosa, brancos e amarelados; 15% de fragmentos de rocha muito intemperizada; 5% de feldspato alcalino, microclina e possivelmente oligoclásio, alguns com a superfície nacarada; traços de biotita intemperizada.

Areia Grossa - 78% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície com aderência de material argiloso, brancos e incolores; 10% de biotita intemperizada, placas de coloração castanha, dourada e verde; 5% de concreções argilosas; 5% de magnetita; 2% de feldspato alcalino, principalmente microclina.

Areia Fina - 53% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, incolores e brancos; 40% de biotita intemperizada; 5% de magnetita; 2% de concreções argilosas; traços de zircão.

Comentário - No exame do perfil foi feita amostragem para comprovação da identificação do solo como CAMBISSOLO e quantificação do teor de carbono na parte mais superficial do horizonte A. Os dados de análises químicas e físicas revelam alteração bastante avançada do material, o qual apresenta características concordantes com a de LATOSSOLO, ressalvada a ligeira elevação da relação silte/argila, mesmo assim ainda compatível com LATOSSOLOS.

Entretanto, as análises mineralógicas das frações maiores que 0,05mm bem demonstram os valores consideravelmente elevados de minerais primários menos resistentes ao intemperismo, tanto na terra fina do (B) - 8,6% - como no A - 5,7%. Em vista da morfologia do horizonte (B), do fraco contraste de distinção de A para B, do avançado grau de alteração do material do solo, salvo o teor de minerais primários menos resistentes ao intemperismo nas frações areias e cascalhos, a classificação apropriada é CAMBISSOLO ÁLICO latossólico. Apesar dos teores relativamente altos de carbono verificados, o horizonte A não é muito escuro e de espessura da ordem de 30cm, não sendo pois o solo identificado como CAMBISSOLO HÚMICO, mas sim com A proeminente.

Ponto 5: CAMBISSOLO HÚMICO ÁLICO, estrada Parati-Cunha, km 23 (a partir do trevo em Parati, no entroncamento com a BR-101)

Classificação - CAMBISSOLO HÚMICO ÁLICO argila de atividade baixa textura média fase rochosa e não rochosa floresta altimontana relevo montanhoso substrato gnaisses e migmatitos.

Localização - A 23 km da rodovia Rio-Santos (Trevo de Parati) em direção a Cunha.

Vegetação - Floresta altimontana.

Relevo - Montanhoso.

Altitude - 1450 metros.

Material originário - Desenvolvido de gnaisses e/ou migmatitos.

Drenagem - Bem drenado.

Uso agrícola - Nenhum.

Correlação - Correlaciona-se com alguns CAMBISSOLOS de partes mais altas da Serra da Mantiqueira, da Serra da Graciosa no Paraná, da Serra Geral em Santa Catarina e Rio Grande do Sul e da Serra do Caparaó em Minas Gerais e Espírito Santo.

Observações

1) Coletada amostra RJ-EXTRA-3 correspondente aos horizontes A(20-40cm) e (B) (100-120cm).

2) Coletada amostra do horizonte A para determinação da densidade aparente e real.

AMOSTRA Nº 78.0320 e 78.0321												
HORIZONTE	PROF. (cm)	CALHAU			TERRA FINA < 2 mm %	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA CALSON				ARGILA DISP. EM ÁGUA %	SRAJ DE FLOCCULAÇÃO %	SILTE ARGILA %
		> 20 mm %	20- 2mm %			A.GROSSA 2- 0,20 mm %	A.FINA 0,20- 0,05 mm %	SILTE 0,05- 0,002 mm %	ARGILA < 0,002 mm %			
A	20- 40	0	1	99	39	23	20	18	2	89	1,11	
(B)	100-120	2	2	96	41	19	16	24	13	46	0,67	
pH (1:2,5)		BASES EXTRAÍVEIS (mEq/100g)					ACÍDEZ EXTRAÍVEL (mEq/100g)			VALOR T (SOMA) mEq/100g	VALOR V (SAT. DE BASES) %	ISO-AI** (mEq/100g)
H ₂ O	KCl N	Ca**	Mg**	K*	Na*	VALOR S (SOMA)	Al***	H*				
4,9	4,4	0,2	0,31	0,16	0,7	2,6	17,0	20,3	3	79		
4,8	4,4	0,1	0,04	0,10	0,2	1,3	5,6	7,1	3	87		
C ORGÂNICO %	N %	C/N	ATAQUE POR HClO ₄ (4+147)				HClO ₄ 15 %		SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	PORFORO ASSIMILÁVEL ppm
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	RELAÇÕES MOLECULARES					
4,63	-	-	9,2	12,9	7,2	1,90	1,21	0,89	2,81	4		
1,11	-	-	8,9	12,5	8,5	1,81	1,21	0,84	2,31	8		
SAT. (1/25) mEq/100g	PASTA SATURADA		SOLUÍVEIS (EXTRATO 1:5)					DENSIDADE (g/cm ³)		POROSIDADE (% VOLUME)		EQUIVALENTE DE CaCO ₃ %
	C.E. mmol/L @ 25 °C	ÁGUA %	Ca**	Mg**	K*	Na*	APARENTE	REAL				
							0,88	2,42	63			

Figura 145 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas dos horizontes A e B do perfil de solo do Ponto 5.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

ANÁLISE MINERALÓGICA

Perfil RJ-EXTRA - 3

A - Cascalhos - 57% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, brancos e incolores; 35% de concreções argilosas com inclusões de quartzo; 5% de feldspato alcalino intemperizado (principalmente microclina); 3% de magnetita.

Areia Grossa - 83% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular com aderência de material argiloso, brancos e incolores; 5% de biotita, maioria em placas intemperizadas; 5% de concreções argilosas e argilo-humosas; 5% de magnetita; 2% de feldspato alcalino intemperizado; traços de detritos.

Areia Fina - 50% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular com aderência de material argiloso, brancos e incolores; 20% de concreções argilosas e argilo-humosas (principalmente); 15% de biotita; 10% de feldspato alcalino; 5% de magnetita; traços de zircão e detritos.

(B)-Calhaus - 100% de fragmentos de quartzo com aderência de material argiloso e feldspático.

Cascalhos - 50% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, brancos e incolores; 20% de fragmentos de rocha constituídos de quartzo, feldspato, biotita essencialmente e magnetita; 20% de concreções argilosas e argilo-ferruginosas; 10% de feldspato alcalino; traços de anfibólio e biotita.

Areia Grossa - 82% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, brancos e incolores; 5% de magnetita; 5% de biotita; 5% de concreções argilosas e argilo-ferruginosas; 3% de feldspato alcalino, microclina.

Areia Fina - 57% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, brancos e incolores; 30% de biotita; 5% de magnetita; 5% de feldspato alcalino; 3% de concreções argilosas claras.

Comentário - Os dados analíticos revelam elevada relação silte/argila valores consideravelmente altos de minerais primários menos resistentes ao intemperismo contidos nas areias da terra fina do (B) - 9,9% e do A - 6,3% - e algo mais na fração cascalho.

A despeito dos valores relativamente baixos da relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ e valor T/100g de argila descontada contribuição do carbono, que evidencia tratar-se de argila de atividade baixa, os dados analíticos confirmam e a morfologia se coaduna com a identificação do solo CAMBISSOLO HÚMICO ÁLICO, visto que a cor do A é bastante escura e a espessura grande. No caso não foram constata das feições latossólicas na morfologia do horizonte B, caso em que não se consideraria o solo como intermediário latossólico.

Ponto 6: CAMBISSOLO ÁLICO, Várzea do Rio Mambucaba, 2,5 km da BR-101.

Classificação - CAMBISSOLO ÁLICO argila de atividade baixa A moderado textura média fase floresta tropical perenifólia úmida de várzea relevo plano, substrato sedimentos aluviais.

Localização - km 142 da rodovia Rio-Santos, entrando-se 2,5km à esquerda.

Vegetação - Floresta tropical perenifólia úmida de várzea.

Relevo - Plano.

Altitude - 30 metros.

Material originário - Sedimentos aluviais(várzea do rio Mambucaba).

Drenagem - Moderadamente drenado.

Uso agrícola - Nenhum.

Observações

1) Coletada amostra RJ-EXTRA - 4 correspondente ao horizonte (B) (30-45cm).



Figura 146 – Visão geral da várzea do rio Mambucaba.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

AMOSTRA Nº 78,0322													SNLCS		
HORIZONTE	PROF. (m)	CALHAU		CASCALHO		TERRA FINA		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA CALSON			AREIA DISP. EM ÁGUA (%)	GRAU DE FLOCULAÇÃO (%)	SILTE AREIA (%)		
		> 20 mm (%)	20 - 2mm (%)	< 2 mm (%)	A. GROSSA E. 0,20 mm (%)	A. FINA 0,05 - 0,002 mm (%)	SILTE 0,05 - 0,002 mm (%)	AREIA < 0,002 mm (%)							
(B)	30-45	0	0	100	3	32	33	32	5	84	1,03				
pH (1:2,5)		BASES EXTRAÍVEIS mE/100g						ACIDEZ EXTRAÍVEL mE/100g			VALOR T (SOMA) mE/100g	VALOR V (SAT. DE BASES) %	100 A ⁺⁺⁺ A ⁺⁺ L ^s		
H ₂ O	KCl N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	VALOR S (SOMA)	Al ⁺⁺⁺	H ⁺							
4,6	4,1	0,3	0,11	0,20	0,6	3,1	3,2	6,9	9	84					
C Orgânico (%)	N (%)	C/N	ATAQUE POR H ₂ SO ₄ (47%)				ATAQUE POR H ₂ CO ₃ (5%)				SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	FÓSFORO ASSIMILÁVEL ppm	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	RELAÇÕES MOLECULARES								
-	-	-	17,6	17,8	6,6	0,98	1,68	1,36	4,23	6					
SAT. s/Na ⁺ NO VAL. (LOR T)	PASTA SATURADA		SOLUÍVEIS (EXTRATO 1:5)						DENSIDADE g/cm ³		POROSIDADE % (VOLUME)	EQUIVALENTE DE CaCO ₃ %			
	C. E. m/moagem 25 °C	ÁGUA %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺			APARENTE	REAL					

Figura 147 – Resultados das análises das propriedades físicas e químicas do horizonte B do perfil de solo do Ponto 6.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

ANÁLISE MINERALÓGICA

Perfil RJ-EXTRA - 4

B) Areia Grossa - 72% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, poucos subarredondados, superfície irregular brancos e incolores; 15% de biotita e muscovita; 10% de feldspato (microclina e oligoclásio); 1% de granada e magnetita; 2% de concreções argilosas; traços de anfibólio(hornblenda).

Areia Fina - 69% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, brancos e incolores; 25% de biotita intemperizada; 5% de microclina, grãos angulosos; superfície irregular intemperizada; 1% de anfibólio, magnetita, concreções argilosas e silimanita; traços de zircão.

Comentário - As análises mineralógicas acusam mais de 10% de minerais primários menos resistentes ao intemperismo nas frações > 0,05 mm contidos na terra fina no horizonte (B).

Tanto a composição mineralógica das areias como a elevada relação silte/argila indicam não ser grande o avanço da alteração do material. Por outro lado, a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$) bem como o valor T/100g de argila revelam a baixa atividade das argilas. Conforme previsto na ocasião do exame trata-se pois de CAMBISSOLO ÁLICO argila de atividade baixa, sendo o solo em causa formado em sedimentos aluviais.

Ponto 7: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO, estrada Angra do Reis-Barra Mansa, 1 km após Rio Claro (indo em direção à Barra Mansa)

Classificação - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa fase rochosa e não rochosa\floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado e montanhoso.

Localização – A 46 km da rodovia Rio-Santos (km 105) em direção a Barra Mansa.

Vegetação - Floresta tropical subperenifólia.

Relevo - Forte ondulado e montanhoso.

Altitude - 480 metros.

Material originário - Desenvolvido a partir do produto da decomposição de gnaisses e migmatitos.

Drenagem - Acentuadamente drenado.

Uso agrícola - Pastagem.



Figura 148 – Visão geral das encostas voltadas para o litoral da escarpa da Serra do Mar na estrada Angra dos Reis – Barra Mansa. Foto tirada do ponto mais alto da estrada, próximo ao divisor, sendo que o Ponto 7 localiza-se já no reverso da serra, próximo à cidade de Rio Claro. Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Ponto 8: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e LATOSSOLO AMARELO, junto ao córrego do Lava-pés, no bairro Bom Jardim na cidade de Bananal (SP), no médio vale do rio Paraíba do Sul.

Os dados aqui apresentados, referentes a este ponto, fazem parte da tese de doutoramento de Maria Naíse de Oliveira Peixoto (Peixoto, 2002). A Figura 149 mostra uma visão geral do relevo na área de Bananal, com características típicas do médio vale do rio Paraíba do Sul, mostrando solos de encosta (topo da Figura 149) com material original vindo da rocha alterada e de colúvios, e solos de baixada formados a partir de sedimentos fluviais, observando-se nitidamente as camadas deposicionais (base da Figura 149) mais suave, os perfis de intemperismo tendem a ser bem espessos (Figura 150), dando origem a solos profundos, muito intemperizados, com grande predomínio de Latossolos.

As análises foram concentradas junto à localidade chamada Córrego do Lava-pés (LVP), onde foram levantados 3 perfis pedológicos nos três principais níveis geomorfológicos de interflúvios/divisores aplainados identificados, respectivamente, por LVPI (Figura 151), LVPII (Figura 152) e LVPIII (Figura 153).



Figura 149 – Visão geral da paisagem na região de Bananal (SP), inserida no médio vale do rio Paraíba do Sul. O relevo engloba tanto colinas com topos convexos onde os solos são originados da rocha alterada e de colúvios, quando baixadas formadas por sedimentos de origem fluvial.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

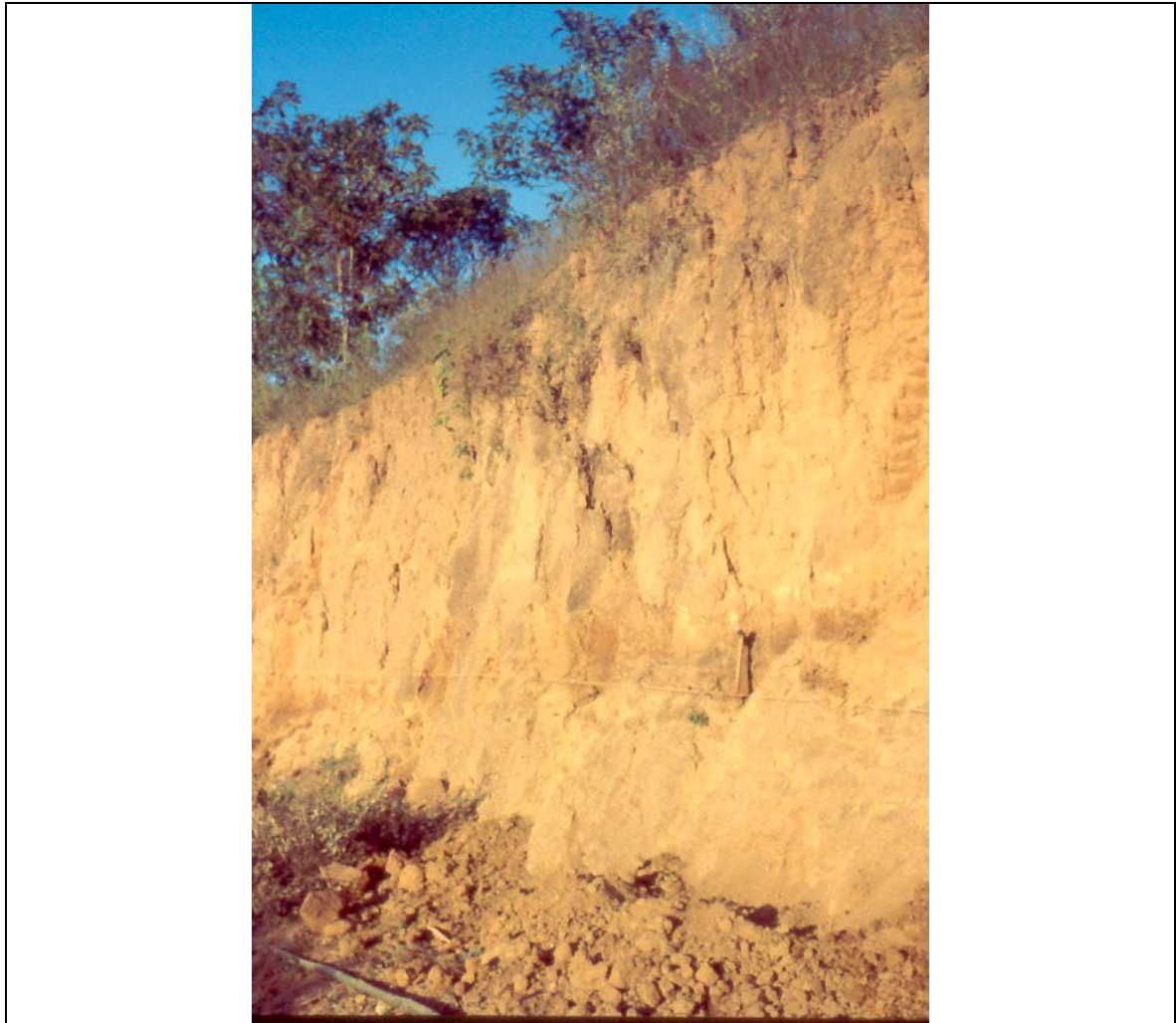


Figura 150 – Perfil de solo típico da região de Bananal (SP). Em geral, os solos são profundos, bastante homogêneos, e formados principalmente por minerais secundários típicos de condições intensas de intemperismo, características de solos da classe dos Latossolos

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

O perfil LVPI situa-se na extremidade mais alta da Seção Córrego do Lava-pés I (SLVPI), em nível topográfico mais elevado que os demais. O perfil LVPII encontra-se no trecho mais suavizado e largo da ombreira que se prolonga a partir da linha de cristas onde se localiza o perfil LVP I, aproximadamente 25 m abaixo da Seção Córrego do Lava-pés II (SLVPII). O terceiro perfil, perfil LVP III, encontra-se no nível geomorfológico mais rebaixado de interflúvio aplainado.

A Tabela 14 apresenta as principais características morfológicas dos 3 perfis analisados nesse ponto, destacando-se a variação da cor em profundidade, sendo marcante o contraste entre coberturas sedimentares amarelas e o embasamento cristalino vermelho, ou entre estas e depósitos de cascalhos também vermelhos, documentados sobre o embasamento

nos perfis LVPI e LVPIII, e também uma variação de cor entre os perfis, que mostram-se progressivamente mais amarelas do LVPI para o LVPIII.

No que diz respeito às relações com os materiais de origem, observa-se no perfil LVPI que a maior nitidez das transições observadas nos horizontes Bw4 e 2BC vincula-se aos limites entre camadas sedimentares, e entre os depósitos e o embasamento, sendo, no entanto, a forma das transições (quebrada e ondulada) não concordante com a dos limites das unidades deposicionais. Diferem, de todo modo, das transições dos demais sub-horizontes B, que se apresentam planas e com nitidez gradual ou difusa. No perfil LVPII, a descontinuidade mais marcante refere-se ao truncamento do embasamento cristalino pela cobertura sedimentar, refletida na transição ondulada e abrupta verificada no horizonte Bw2. No perfil LVPIII, transições irregular e abrupta e ondulada e clara são observadas, respectivamente, nos sub-horizontes 2Bw3 e 3CB, marcando, também o contato do pacote sedimentar com o embasamento alterado. De modo geral, correspondem, portanto, às discordâncias (contatos erosivos) identificadas no arcabouço sedimentar, refletindo as variações nos materiais de origem dos solos, também reconhecidas através da distribuição em profundidade das frações granulométricas e relações Areia grossa/ Areia fina, como se verá adiante.

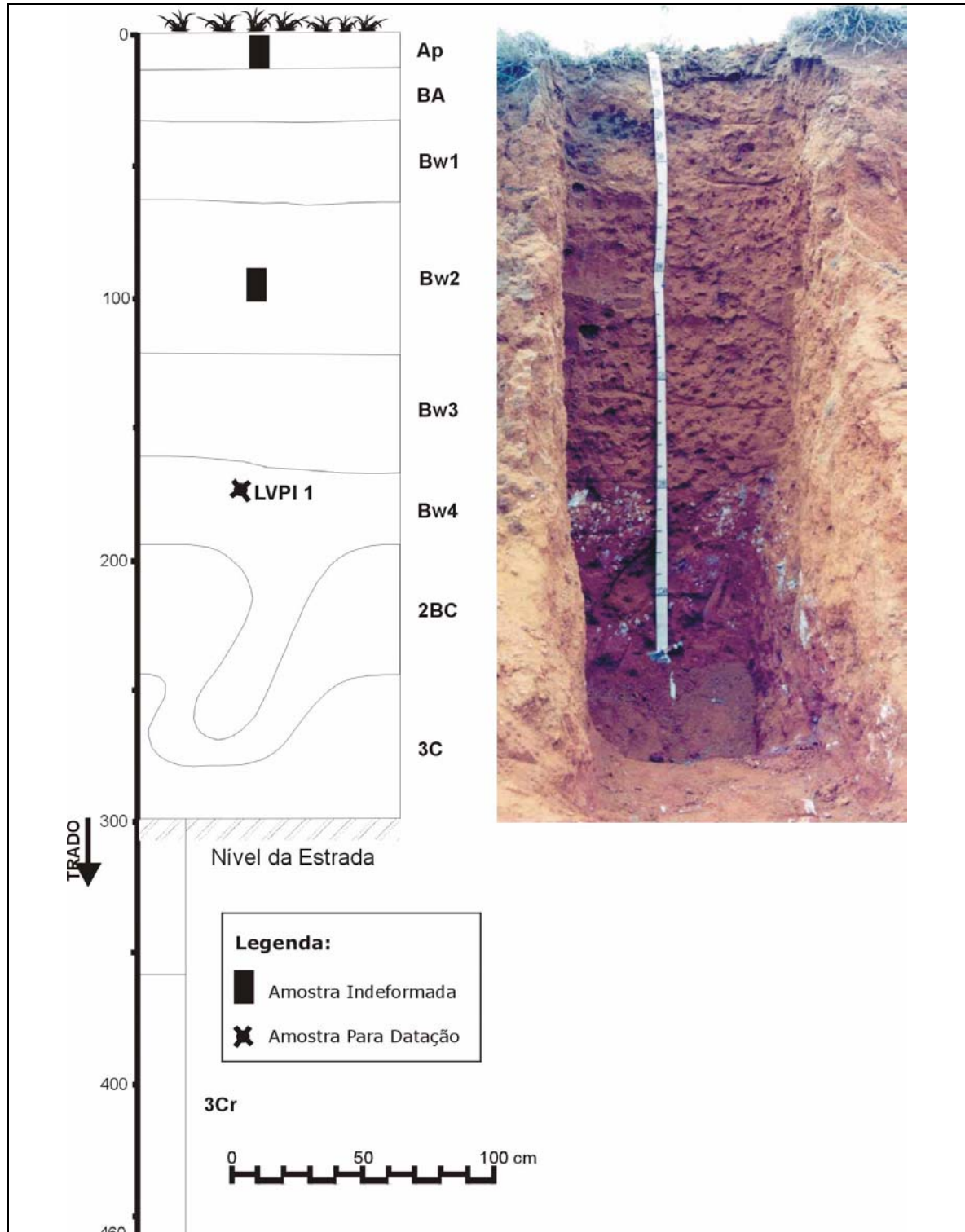


Figura 151 – Perfil LVPI do Ponto 8, localizado na extremidade mais elevada da Seção Córrego do Lava-pés I, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

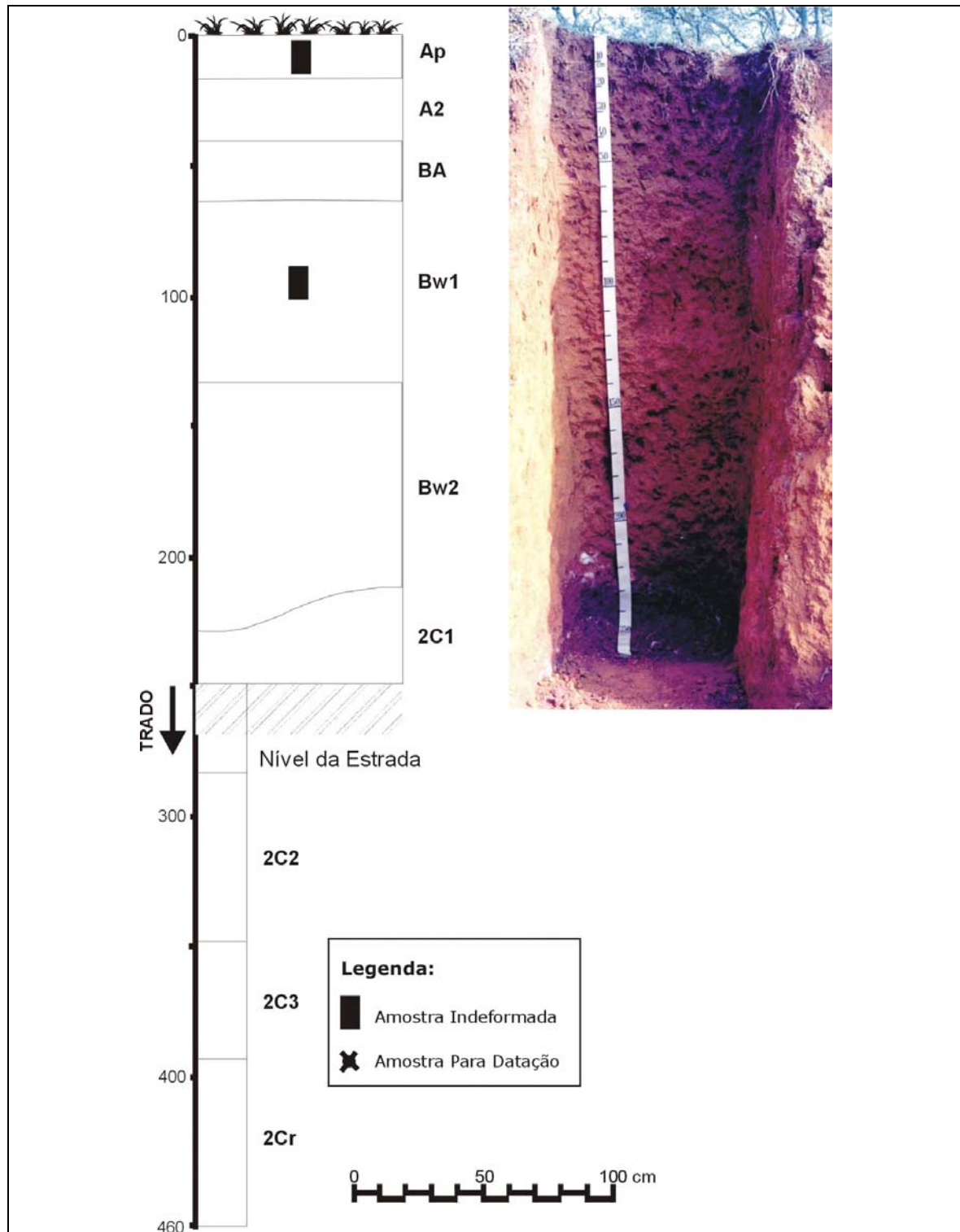


Figura 152 – Perfil LVPII do Ponto 8, localizado 25m abaixo da Seção Córrego do Lava-pés II, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

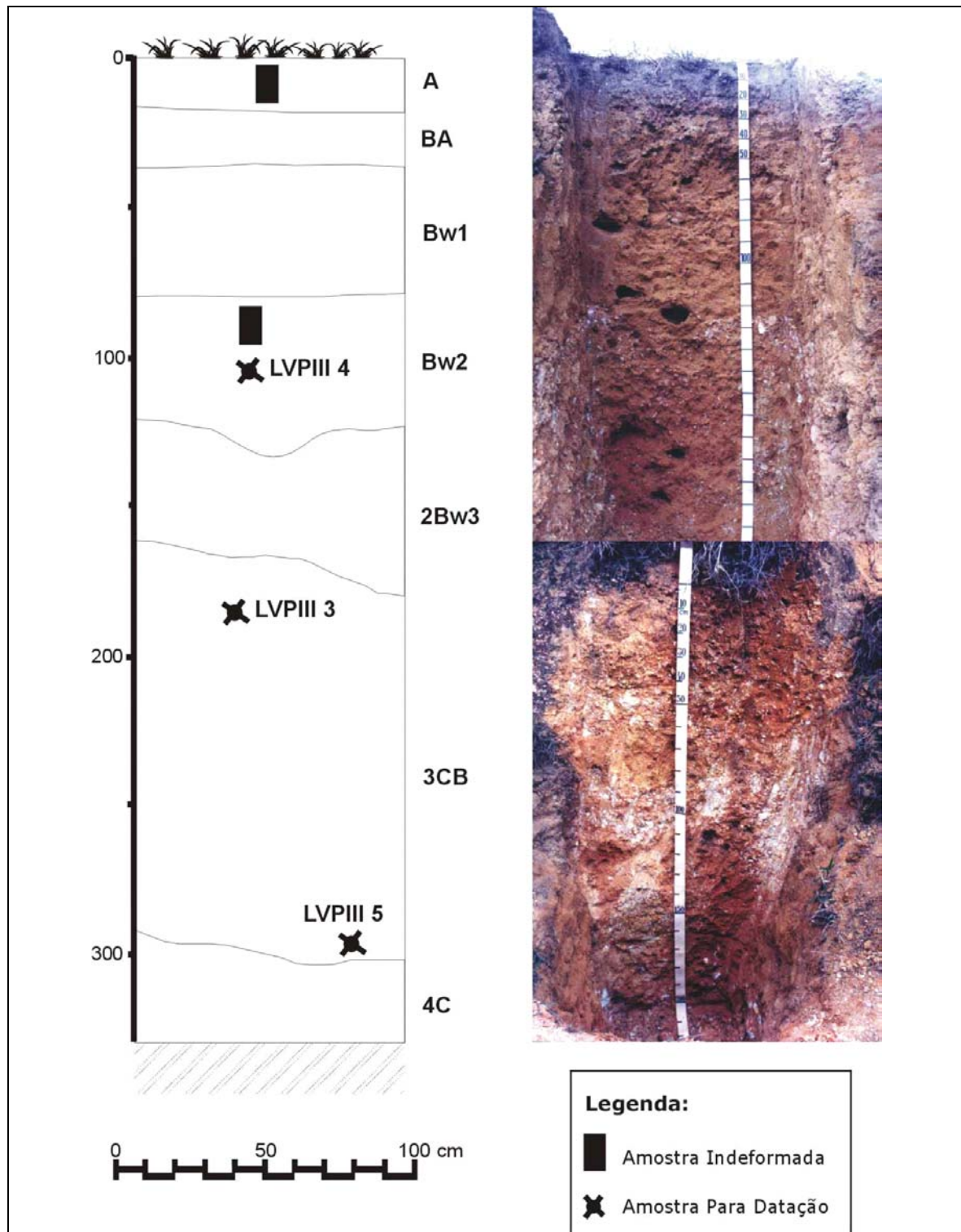


Figura 153 – Perfil LVPIII do Ponto 8, situado em corte transversal à Seção Córrego do Lava-pés III, localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP). Na montagem, estão sotopostas partes adjacentes do perfil levantado, abrangendo as porções inferior e superior dos depósitos.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 14 - Características macromorfológicas dos perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Hor.	Prof. (cm)	Cor Úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência	Transição
LVPI					
Ap	0 – 13	7,5YR 3/4	mod. peq. gran.	fri., plást. e peg.	plana e clara
BA	- 33	5YR 4/6	fr. a mod. peq. e med. bl. subang.	mto. fri., plást. e peg.	plana e gradual
Bw1	- 64	5YR 4/6	asp. maciço que se desfaz em fr. a mod. peq. e med. Bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	plana e difusa
Bw2	- 122	5YR 4/6	asp. maciço que se desfaz em fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	plana e difusa
Bw3	- 167	5YR 4/6	asp. maciço que se desfaz em fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	-
Bw4	- 240	5YR 5/6	asp. maciço que se desfaz em fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	quebrada e clara
2BC	- 260	2,5YR 4/8	fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	ondulada e clara
3C	-360	10R 4/6	fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	mto. fri., plást. e peg.	-
3Cr	360 – 460 ⁺	10R 5/4 mosq. abund. Peq. e dist. 10YR 8/1	-	lig. plást. e lig. peg.	-
LVP II					
Ap	0-17	7,5YR 4/3	mod. peq. gran.	fri., plást. e peg.	plana e gradual
A2	- 41	7,5YR 4/4	mod. peq. gran. e bl. Subang.	fri., plást. e peg.	plana e clara.
BA	- 64	7,5YR 4/6	asp. maciço que se desfaz em mod. peq. e med. bl. ang. e subang.	fri., plást. e peg.	plana e gradual
Bw1	-134	7,5YR 4/6	asp. maciço que se desfaz em mod. peq. e med. bl. ang. e subang.	fri., plást. e peg.	plana e difusa
Bw2	-219	7,5YR 5/6	asp. maciço que se desfaz em fr. peq. bl. ang. e subang.	fri., plást. e peg.	ondulada e abrupta
2C1	-240	10R 4/4	fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	fri., plást. e peg.	-
2C2	-285	10R 4/4	-	plást. e peg.	-
2C3	-350	10R 4/4 mosq. comum e dist. 10R 8/1	-	plást. e peg.	-
2Cr	-395 ⁺	10R 4/4; mosq. Abund. peq. e dist. 10R 8/1	-	lig. plást. e lig. peg.	-

Hor.	Prof. (cm)	Cor Úmida (Münsell)	Estrutura	Consistência	Transição
LVP III					
Ap	0-18	10YR 3/3	mod. peq. gran.	fri., plást. e peg.	plana e clara.
BA	- 36	10YR 5/4	asp. maciço que se desfaz em fr. a mod. peq. e med. bl. ang. e subang.	mtó. dura, fri., plást. e peg.	plana e gradual
Bw1	- 80	10YR 5/6	asp. maciço que se e esfaz em fr. a mod. peq. e med. bl. ang. e subang.	mtó. dura e fri., plást. e peg.	plana e difusa
Bw2	-124	10YR 5/6	asp. maciço que se desfaz em fr. peq. e med. bl. ang. e subang.	fri., plást. e peg.	irregular e abrupta
2Bw 3	-166	7,5YR 5/8	fr. mtó. peq. e peq. gran. e bl. e subang.	fri., plást. e peg.	ondulada e clara
3CB	-287	varieg.	-	plást. e peg.	ondulada e clara
4C	-330 ⁺	varieg.	maciça	plást. e peg.	-

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Legenda: mosq.=mosqueado; peq.=pequeno; dist.=distinto; varieg.=variegada; fr.=fraca; mod.=moderada; mtó.=muito; peq.=pequena; méd.=média; gr.=grande; asp.=aspecto; gran.=granular; bl.=blocos; ang.=angulares; subang.=subangulares; abun.=abundante; fri.=friável; lig.=ligeiramente; plást.=plástica; peg.=pegajosa.

Nos perfis analisados o solum desenvolve-se inteiramente nas coberturas sedimentares, enquanto os sub-horizontes C desenvolvem-se ou nos materiais de alteração do embasamento cristalino ou na própria cobertura sedimentar. São considerados, segundo critérios adotados pela EMBRAPA (1999), solos muito profundos (>200 cm de profundidade) e apresentam-se bem drenados

A consistência no estágio seco mostra-se em geral muito friável e friável, sendo plástica e pegajosa no estágio úmido, refletindo a presença de minerais de baixa atividade na fração argila. No entanto, os horizontes BA e Bw1 do pedon 03LVPIII mostram consistência muito dura no estágio seco. Esta tenacidade do material, nesta faixa do pedon, constitui atributo diagnóstico do membro típico do Sub-Grande Grupo Latossolo Amarelo Coeso, e sua gênese tem sido vinculada a causas variadas.

A análise das lâminas finas (Tabela 15 e Tabela 16) evidenciou que o quartzo constitui o mineral predominante tanto nas frações areia grossa quanto na areia fina, sendo seus grãos angulares, subangulares e subarredondados, predominantemente subesféricos, demonstrando má seleção e pouco transporte. Distribuem-se aleatoriamente pela matriz nos três perfis, não mostrando qualquer orientação preferencial, nesta escala de observação.

A cor mais avermelhada do subhorizonte Bw2 do perfil LVPI em relação aos outros dois perfis deve-se a uma grande quantidade de micropontuações avermelhadas distribuídas aleatoriamente na matriz, de composição provavelmente hematítica, que são comuns nos materiais de alteração do embasamento.

O horizonte Bw2 do perfil LVPII, que é, entre os três perfis, o que apresenta teor mais elevado de argila, apresenta matriz com maior anisotropia ótica, caracterizada por zonas de

domínios distribuídas ao acaso. Isto pode significar maior atividade de expansão e contração em reposta aos ciclos de umedecimento e secagem.

Ao microscópio, observou-se, para os horizontes Ap, uma combinação de grãos de quartzo e calhaus, onde os “micropeds” variam de tamanho e apresentam formas muito irregulares devido à atividade biológica do solo. Passagens de fauna são comuns, como mostram a Figura 154.

Tabela 15 - Características micromorfológicas dos perfis LVPI e LVPII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Hor.	Estrutura e Poros	Material Grossoiro	Material fino	Feições
LVPI				
Ap	Mista: granular completa e quase completa e grãos simples, com forte influência da atividade da mesofauna. Os poros são muito abundantes (30%) e formam uma fase contínua e semi-contínua.	Muito abundante (30%). Dominam quartzos (98%), subang., subarr., subesf.; ocasionais (2%) micas; raros (1%) carvões, principalmente nas áreas com influência da fauna e muito raros minerais opacos negros.	Muito abundante (40%) e preenche o espaço intergranular. É bruno-forte (7.5YR 4/6) em nicóis cruzados. É debilmente anisotrópico e constituído de pequenos domínios individuais distribuídos ao acaso e, em áreas restritas, de zonas de domínios distribuídas ao acaso.	Raras concreções e segregações sesquiox. (20µm), arr., irreg., lim. claros a difusos.; passagens de fauna, com 500µm de diâm. e mais de 4000µm de extensão.
Bw2	Granular quase completa e incompleta. Os poros são abundantes (30%) e formam uma fase contínua e semicontínua. Predominam canais com até 2000µm de comprimento por 500µm de diâmetro.	Muito freqüente (15%). Dominam quartzos (99%), subang., subarr., subesf.; raras micas (1%); muito raros carvões e minerais opacos negros.	Abundante (50%). É bruno-forte (7.5YR 5/6) em nicóis cruzados, com áreas avermelhadas com limites difusos. É constituída de zonas de domínios distribuídas ao acaso.	Freqüentes (5%) concreções e segregações de ferro; irreg. e arred.; vermelho-escuras; com 10 - 500µm de diâmetro; limites nítidos a difusos. Muito raras: concreções argilosas (gibbsíticas?); amarelo-acizentadas, com cerca de 50 a 100µm de diâmetro; passagens de fauna com 500µm de diâmetro e grandes canais, testemunhando intensa atividade da mesofauna.

Hor.	Estrutura e Poros	Material Grossoiro	Material fino	Feições
LVPII				
Ap	Bloco subangular completa e quase completa, com microagregados de 500µm de diâmetro em média. O espaço poral é muito abundante (35%) e forma uma fase contínua e semi-contínua.	Muito freqüente (15%). Dominam quartzos (95%), ang., subang., subarr., subesf.; ocasionais (4%) micas; raros (1%) carvões e minerais opacos negros.	É abundante (50%). É bruno-forte (7.5YR 5/6) em nicóis cruzados, com micropontuações avermelhadas distribuídas ao acaso. É debilmente anisotrópico, constituído de por pequenos domínios individuais distribuídos ao acaso.	Raras: passagens de fauna de aproximadamente 500µm de diâmetro e mais de 4000µm de comprimento, preenchidas com microagregados, além de algumas câmaras. Numa área localizada observa-se grande quantidade de vesículas com cerca de 10µm de diâmetro, além da presença de passagens de raízes (canais). Muito raras concreções de ferro: arred. e irreg.; vermelhas a negras; com cerca de 20µm de diâmetro.
Bw2	Bloco subangular e granular incompletas. Os poros são muito abundantes (15%). São canais (1000µm de diâmetro), poros irregulares isolados e interconectados e poros aplanados.	Muito freqüente (10%). Dominam (99%) quartzos, ang., subang, subarr., subesf.; muito raros anfibólitos e minerais opacos negros.	Dominante (75%). É bruna-forte (2.5YR 6/8) em nicóis cruzados. Ora forma uma fase contínua onde estão embebidos os grãos (matriz), ora somente preenche os espaços intergranulares. É moderadamente anisotrópico, constituído de zonas de domínios distribuídas ao acaso.	Muito raras: concreções de ferro: irreg.; vermelho-escuras a negras; ocorrendo nas frações areia fina e silte; feições de fauna; canais e muito raros microagregados irregulares agrupados dentro de alguns poros.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRRJ.

Tabela 16 - Características micromorfológicas do perfil LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Hor.	Estrutura e Poros	Material grosseiro	Material fino	Feições
Ap	<p>Enáulica, com forte influência de atividade biológica.</p> <p>40%. Poros irregulares isolados e interconectados; sec. poros aplainados e aplanados sinuosos, canais, câmaras.</p>	<p>Muito abundante (40%). Dominam (99%) quartzos, ang., subang., subarr., subesf.; muito raros anfibólios e minerais opacos negros.</p>	<p>Muito abundante (30%). Em algumas áreas preenche espaços intergranulares e em outras ocupa somente os pontos de contato entre grãos. É bruno-amarelado (10YR 5/6), com mosqueados amarelo-oliváceos (2,5Y 6/8) em nicóis cruzados. Em algumas áreas é quase isotrópico e em outras é constituído de pequenos domínios individuais distribuídos ao acaso.</p>	<p>Frequentes: feições de fauna e flora como raízes, raros tecidos vegetais em decomposição e pelotas fecais/ orais e pela grande quantidade de canais que influenciam fortemente a estrutura do horizonte, evidenciando intensa atividade biológica.</p> <p>Muito raras: Concreções e segregações de ferro: são; arr. e irreg.; amarelo-avermelhadas e vermelho-escuras, com cerca de 100µm a 250µm de diâmetro. Algumas são do tipo celular, oriundas da alteração de micas. Ocorrem também segregações de ferro irregulares; avermelhadas; difundidas no material fino.</p>
Bw2	<p>Mista: maciça, granular e bloco subangular incompletas. Os poros são muito abundantes (30%). São canais com mais de 2000µm de largura, poros irregulares interconectados, poros aplanados sinuosos e vesículas de 30 a 50µm de diâmetro.</p>	<p>Muito abundante (30%). Dominam (99%) quartzos, subang., subarr. e subesf.; muito raros anfibólios, micas e minerais opacos pretos.</p>	<p>Muito abundante (40%) e preenche espaço intergranular. É amarelo-oliváceo (2.5Y 6/6) em nicóis cruzados. É debilmente anisotrópico, constituído de pequenos domínios individuais distribuídos ao acaso e, em áreas restritas, de zonas de domínios distribuídas ao acaso.</p>	<p>Muito raras: revestimentos de argila; amarelo-claros; chegam a ter 100µm de espessura; laminação perfeita; forte anisotropia óptica; revestem parcialmente ou totalmente canais e poros irregulares; concreções de ferro: são muito raras; irregulares; amarelo-avermelhadas a pretos; com cerca de 50 a 200µm de diâmetro. Ocorrem também segregações de ferro.</p> <p>Feições de fauna e flora: presença de vesículas e grandes canais. Raras raízes, tecido vegetal e pelotas fecais, evidenciando atividade moderada.</p>

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Nas lâminas finas do horizonte Bw2 do perfil LVPI constatou-se um material fino formando uma fase contínua onde estão embebidos os grãos, cuja ocorrência de poros irregulares interligados com paredes curvas e lisas determinam uma tendência à individualização de microagregados arredondados. Essa definição aumenta nas áreas de maior influência da atividade da mesofauna, onde microagregados arredondados apresentam-se quase individualizados, como mostrado na Figura 155.

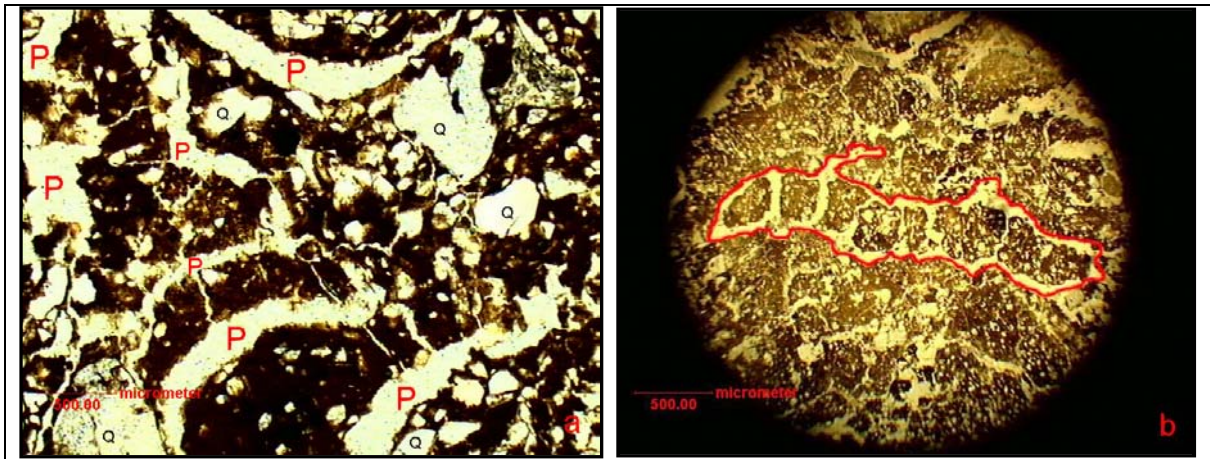


Figura 154 – Micrografia em luz plana mostrando o aspecto do solo sob influência da mesofauna nos horizontes Ap: (a) canais arqueados (P), alinhados no pedon 01LVPI; (b) material de solo, circundado em vermelho, em forma de cilindro (passagem de fauna) do pedon 02LVPII. Q = grãos de quartzo.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

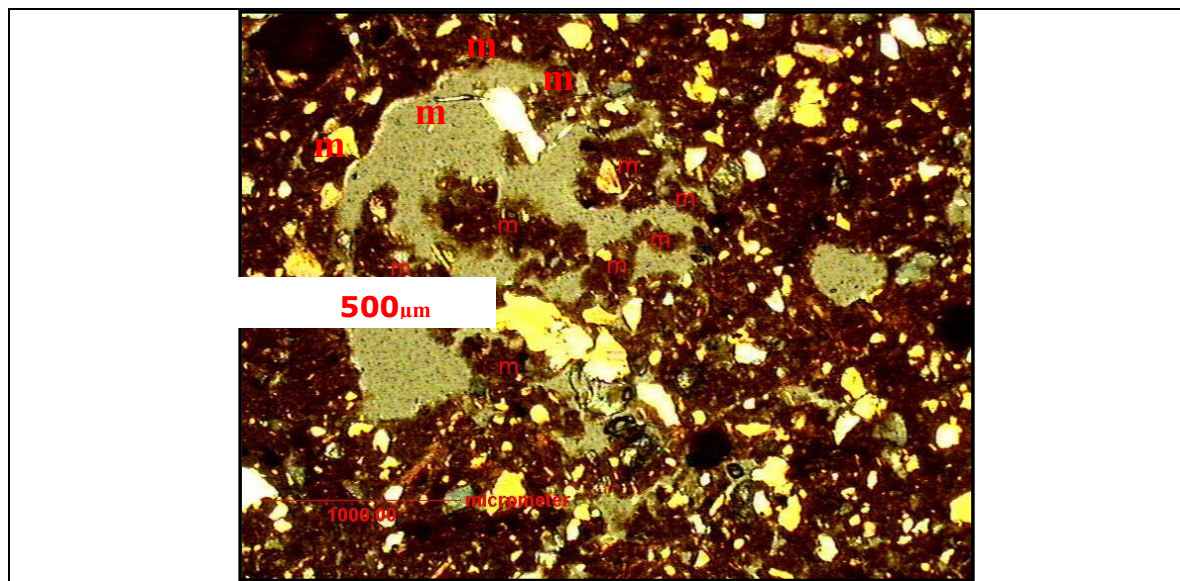


Figura 155 – Micrografia em nicóis cruzados do horizonte Bw2 do perfil LVPI, mostrando microagregados (m) granulares parcialmente interligados dentro de um passagem de fauna.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

No horizonte Bw2 do perfil LVPII, encontrou-se uma estrutura mista: maciça e granular e em blocos subangular incompleta, com predomínio de poros dos tipos irregular, irregular interconectado e aplanado. A observação das lâminas finas do horizonte Bw2 do perfil LVPIII revelou uma estrutura mista maciça e com tendência a individualização de microagregados em blocos e granulares (Figura 156). De acordo com estas características, o solo que apresenta o maior grau de pedalidade entre os três perfis estudados, é o LVPI.

O perfil LVPIII foi o único a apresentar indícios de iluviação de argila. Revestimentos de argila relativamente bem desenvolvidos, porém visíveis somente em altas magnificações (aumento de 100x), ocorrem na superfície de alguns poros irregulares e canais no horizonte Bw2 (Figura 156).

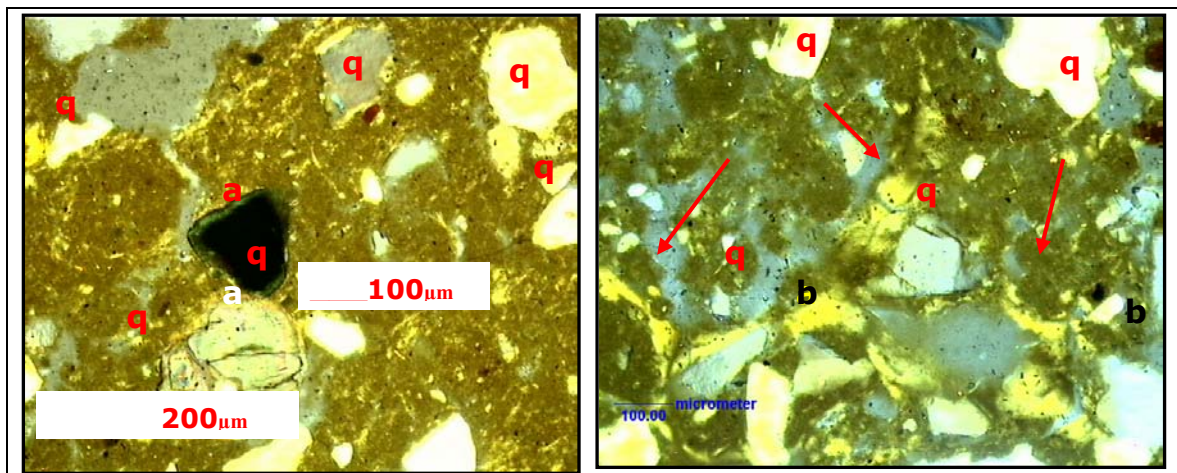


Figura 156 – Micrografia em nicóis cruzados do horizonte Bw2 do perfil LVPIII, ilustrando estrutura com tendência à individualização de microagregados em blocos e granulares (a) e finos revestimentos de argila amarelados (setas em vermelho), descontínuos e debilmente orientados (b). q=quartzo; af=anfíbólio.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados das análises granulométricas, e na Figura 157, Figura 158 e Figura 159 encontram-se as curvas de variação em profundidade de algumas das relações granulométricas e da argila total.

Verifica-se, através dos dados expostos, que as frações areia e argila são predominantes, havendo maior participação da fração silte apenas nos horizontes C desenvolvidos no embasamento cristalino, como já descrito anteriormente. A ocorrência de calhaus nos perfis LVPI e LVPIII relaciona-se, fundamentalmente, aos depósitos grosseiros documentados na base do pacote sedimentar (base dos horizontes B). No perfil LVPI ocorre também calhaus no horizonte Bw3, relacionados aos níveis de concentrações de sedimentos grosseiros, freqüentes e descontínuos, identificados nos depósitos.

Tabela 17 - Propriedades físicas dos solos – perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal, SP.

Hor.	Prof. m	Granulometria g Kg ⁻¹							Arg. disp. g Kg ⁻¹	Grau flocul. g 100g ⁻¹	Sil./ Arg.	Dp g cm ⁻³
		Calhau	Casca-lho	TFS A	AG	AF	Sil.	Arg.				
LVPI												
Ap	0-0,13	0	20	980	230	280	80	410	270	34	0,20	1,14
BA	-0,33	0	30	970	200	200	90	510	390	23	0,18	1,10
Bw1	-0,64	0	30	970	170	210	40	580	0	100	0,07	1,18
Bw2	-1,22	0	20	980	170	210	70	550	0	100	0,13	1,13
Bw3	-1,67	20	30	950	170	220	60	550	0	100	0,11	1,20
Bw4	-2,40	0	50	950	170	220	60	550	0	100	0,11	1,26
2BC	-2,60	40	220	740	270	270	80	380	0	100	0,21	-
3C	-3,60	0	30	970	160	270	190	380	0	100	0,50	1,50
3Cr	-4,60+	0	0	1000	230	380	270	120	0	100	2,25	1,14
LVPII												
Ap	0-0,17	0	20	980	260	170	80	490	370	24	0,16	1,14
A2	-0,41	0	20	980	240	170	60	530	430	19	0,11	1,21
BA	-0,64	0	20	980	210	140	40	610	490	20	0,07	1,24
Bw1	-1,34	0	10	990	190	140	20	650	0	100	0,03	1,34
Bw2	-2,19	0	20	980	180	150	20	650	0	100	0,03	0,93
2C1	-2,40	0	130	870	270	100	230	400	0	100	0,57	1,31
2Cr	-3,95+	0	0	1000	250	210	260	280	0	100	0,93	-
LVPIII												
Ap	0-0,18	0	20	980	330	250	70	350	200	43	0,20	1,37
BA	-0,36	0	120	880	260	230	40	470	310	34	0,09	1,42
Bw1	-0,80	0	40	960	240	230	40	490	0	100	0,08	1,34
Bw2	-1,24	0	70	930	250	240	40	470	0	100	0,09	1,30
2Bw3	-1,66	70	240	690	270	220	40	470	0	100	0,09	-
2CB	-2,87	30	360	610	440	160	60	340	0	100	0,18	-
4C	-3,30+	50	180	770	360	230	170	240	0	100	0,71	-

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

O comportamento da fração cascalho reflete, de modo análogo, as discontinuidades apontadas acima, apresentando uma distribuição pouco variável nos perfis LVPI e LVPII até a base do horizonte B, onde verifica-se significativo aumento, com redução drástica para os horizontes Cr, onde é nula. No caso do perfil LVPIII, os valores elevados desta fração estão marcadamente associadas à discontinuidade com o embasamento cristalino e às variações sedimentológicas do arcabouço sedimentar. Nas curvas de distribuição em profundidade da

relação Areia grossa/Areia fina, grandes inflexões também marcam as discontinuidades detectadas em campo, correspondentes às camadas sedimentares associadas a processos de transporte por fluxo d'água superficial. Pequenas inflexões verificadas nos horizontes superficiais dos perfis LVPII e LVPIII parecem estar relacionadas ao aporte de material arenoso em trânsito nas encostas e/ou à remoção de material fino no topo dos perfis, além das variações do próprio material sedimentar. No caso do LVPI, nota-se o predomínio da areia fina em relação à areia grossa em todo os horizontes, estando as concentrações da última vinculadas aos níveis grosseiros documentados na cobertura sedimentar.

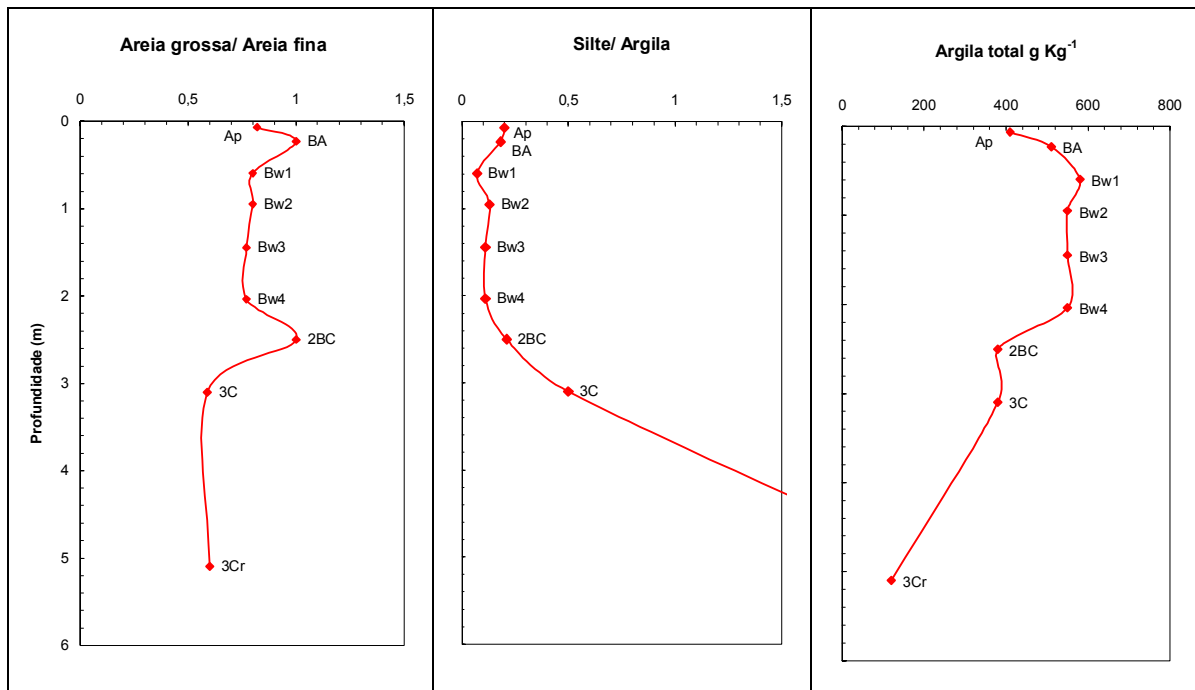


Figura 157 – Variação em profundidade das relações texturais Areia grossa/Areia fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPI do Ponto 8.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

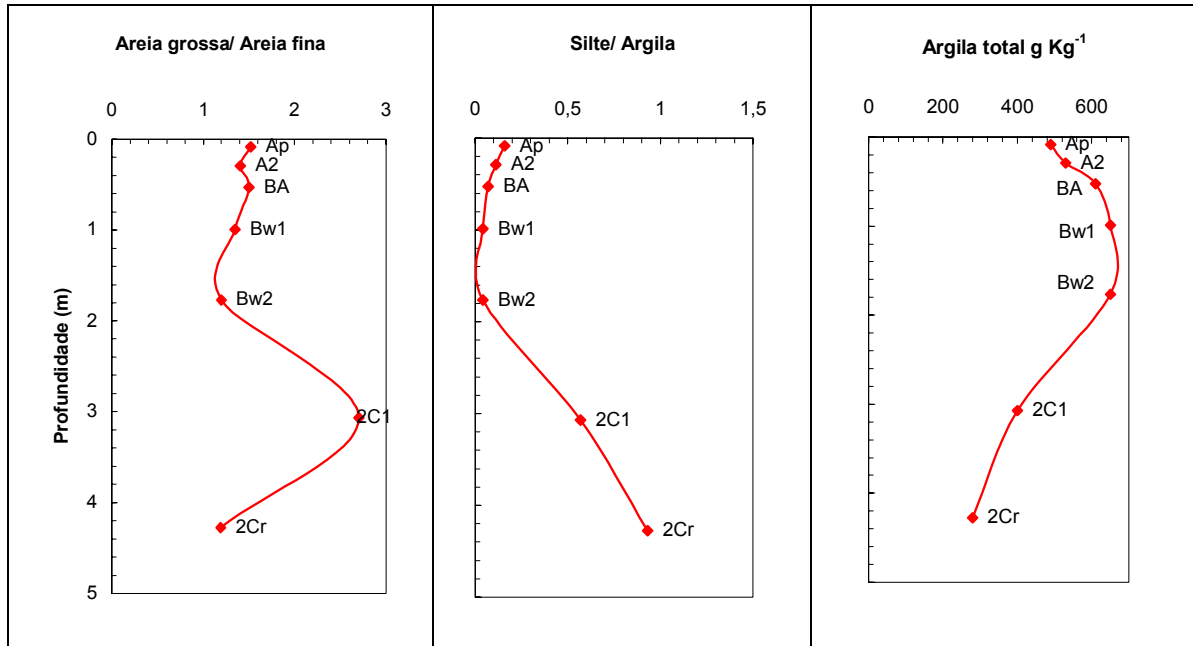


Figura 158 – Variação em profundidade das relações texturais Areia Grossa/Areia Fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPII do Ponto 8.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

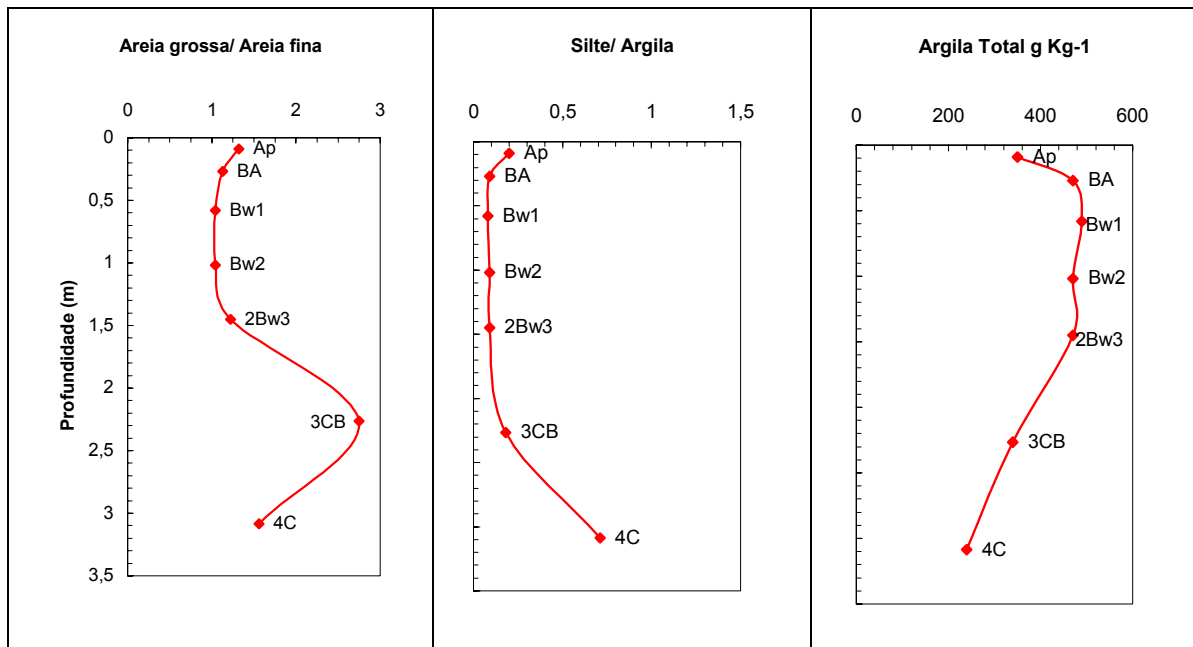


Figura 159 – Variação em profundidade das relações texturais Areia Grossa/Areia Fina e Silte/Argila, e dos teores de Argila Total – Perfil LVPIII do Ponto 8.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

A relação Silte/Argila, freqüentemente utilizada como índice de intemperismo em solos tropicais, foi empregada, nas análises aqui apresentadas, com as devidas restrições inerentes à natureza sedimentar do material de origem dos solos estudados. Observa-se que, de modo geral, os valores dos horizontes A apresentam-se um pouco mais elevados do que os dos horizontes subjacentes, voltando a se tornar mais elevados nos horizontes transicionais e C, menos intemperizados. Os valores extremamente baixos dos sub-horizontes B desenvolvidos na cobertura sedimentar revelam elevado grau de intemperização, sendo os menores valores encontrados nos Bw do perfil LVPII, seguidos pelos sub-horizontes Bw do perfil LVPIII e do perfil LVPI.

É importante destacar que, devido à situação geomorfológica do perfil LVPI, o transporte de material em superfície mostra-se bastante acentuado, havendo significativa contribuição dos materiais de alteração do embasamento cristalino, predominantemente silto-arenosos, que afloram em diversos trechos da linha de cristas, para os horizontes superficiais, refletindo-se na relação silte/argila. No perfil LVPII verifica-se uma condição de erosão menos intensa, atestada pela maior preservação do horizonte A.

A Tabela 18 apresenta os resultados relativos às propriedades químicas dos 3 perfis estudados no Ponto 8. Em termos gerais, observa-se que os perfis apresentam-se com baixos teores de Ca, Mg, K e Na trocáveis, e elevados teores de Al trocável, culminando numa saturação por bases trocáveis (V%) variando de 2 a 8% Kg⁻¹ TFSA nos horizontes B, o que lhes confere o caráter distrófico. Também possuem baixíssimos teores de P. Os teores de Ca, Mg e K trocáveis ligeiramente mais elevados nos horizontes superficiais, relacionam-se com a reciclagem de nutrientes pela vegetação e/ou adubação, sendo este último mais evidente para o perfil LVPIII.

Tabela 18 - Propriedades químicas dos solos nos perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, localizado junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Hor.	Prof. m	pH H ₂ O	PH KCl	Cátions Trocáveis cmol _c Kg ⁻¹						T cmol _c Kg ⁻¹	Saturação		C. org. g Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺		V %	Al ³⁺ %		
LVPI														
Ap	0-0,13	4,7	3,9	0,5	0,12	0,02	1,8	6,5	8,9	7	75	19,7	1	
BA	-0,33	4,9	4,1	0,2	0,03	0,02	1,7	4,6	6,5	3	89	10,7	1	
Bw1	-0,64	4,9	4,1	0,1	0,03	0,02	1,5	4,1	5,7	2	94	6,5	1	
Bw2	-1,22	4,7	4,1	0,1	0,02	0,01	1,6	3,6	5,3	2	94	4,3	1	
Bw3	-1,67	4,7	4,1	0,1	0,02	0,01	1,4	3,2	4,7	2	93	3,0	1	
Bw4	-2,40	4,8	4,1	0,2	0,02	0,01	1,3	3,3	4,8	4	87	2,3	1	
2BC	-2,60	5,1	4,2	0,3	0,02	0,02	0,4	2,2	2,9	10	57	1,1	1	
3C	- 3,60+	5,1	4,1	0,3	0,01	0,01	0,6	2,4	3,3	9	67	0,9	1	
LVPII														
Ap	0-0,17	4,6	3,7	0,5	0,15	0,02	1,3	5,9	7,9	9	65	18,1	1	
A2	-0,41	4,6	3,8	0,3	0,05	0,01	1,3	4,4	6,1	6	76	10,4	1	

BA	-0,64	4,6	3,8	0,4	0,02	0,01	1,5	4,7	6,6	6	79	8,4	1	
Bw1	-1,34	4,4	3,9	0,3	0,01	0,01	1,3	2,8	4,4	7	81	4,4	1	
Bw2	-2,19	4,5	4,0	0,3	0,02	0,01	0,8	2,9	4,0	7	73	3,1	1	
2C1	-2,40	4,9	4,2	0,2	0,02	0,01	0,3	1,7	2,2	9	60	1,4	1	
2Cr	-3,95 ⁺	4,7	4,1	0,2	0,02	0,01	0,8	2,0	3,0	7	80	0,5	1	
LVPIII														
Ap	0-0,18	4,8	3,8	0,9	0,6	0,18	0,03	0,7	6,3	8,7	19	29	22,8	2
BA	-0,36	4,8	4,0	0,5	0,03	0,02	1,3	4,1	5,9	8	72	8,1	1	
Bw1	-0,80	4,8	4,1	0,4	0,02	0,01	1,0	3,4	4,8	8	71	5,0	1	
Bw2	-1,24	4,8	4,1	0,3	0,02	0,01	0,9	3,2	4,4	7	75	2,7	1	
2Bw ₃	-1,66	4,8	4,1	0,2	0,02	0,01	0,9	2,2	3,3	6	82	2,3	1	
3CB	-2,87	4,6	4,1	0,3	0,02	0,01	0,6	1,5	2,4	12	67	1,4	1	
4C	-3,30 ⁺	4,8	4,2	0,3	0,01	0,01	0,6	1,7	2,6	11	67	0,7	1	

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Os solos estudados têm reação fortemente ácida, com valores de pH em água mais altos do que pH em KCl, resultando em Δ pH negativo em todos os perfis, mostrando uma capacidade de troca predominantemente catiônica. Os valores de pH apresentam-se bastante homogêneos nos horizontes individualizados nos pedons, bem como entre os perfis. Os valores de CTC da fração argila dos horizontes B variam de 6,15 a 9,36 cmolc Kg⁻¹ argila, indicando uma atividade baixa.

Os difratogramas de raios X da fração argila evidenciam a dominância das caulinitas em relação aos outros argilominerais, com reflexos pronunciados a 0,72 nm, dado este compatível com os valores de K_i , que são bastante homogêneos e variam de 1,37 a 1,73 (Tabela 19) e goethitas (0,41 nm).

No perfil LVPI (Figura 160) foram constatadas ilitas em todos os horizontes analisados, com pequenos reflexos a 1,0 nm, que se mantiveram após saturação com K e aquecimento até 500°C, e gibbsitas, com reflexo a 0,48 nm, sendo que as reflexões desta última foram ligeiramente mais intensas para os horizontes do solum que o do embasamento cristalino alterado. As ilitas estão associadas ao acentuado transporte de material em superfície na linha de cristas onde se encontra o perfil LVPI, já referido, acarretando na significativa contribuição de micas do embasamento cristalino alterado para os horizontes. No perfil LVPII (Figura 161 e Figura 162) há predomínio das caulinitas, com goethita como acessório em todos os horizontes, e as gibbsitas aparecendo somente nos horizontes do solum. No perfil LVPIII (Figura 163 e Figura 164) há predomínio de caulinita e a gibbsita ocorre como acessório em todos os horizontes analisados.

Tabela 19 - Ataque sulfúrico e relações moleculares - perfis LVPI, LVPII e LVPIII do ponto 8, junto ao córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Hor.	Prof. M	Ataque por H ₂ SO ₄ (1:1) - NaOH (0,8%) g Kg ⁻¹				$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	Kr	
LVPI								
Ap	0-0,13	116	135	43	4,8	1,46	1,21	4,93
BA	-0,33	151	186	57	6,3	1,38	1,15	5,12
Bw1	-0,64	167	193	63	6,7	1,47	1,22	4,81
Bw2	-1,22	156	194	66	6,5	1,37	1,12	4,61
Bw3	-1,67	158	204	65	6,7	1,32	1,09	4,93
Bw4	-2,40	158	202	62	6,6	1,33	1,11	5,12
2BC	-2,60	151	144	58	5,3	1,78	1,42	3,90
3C	-3,60	162	174	62	6,2	1,58	1,29	4,41
LVPII								
Ap	0-0,17	190	197	50	5,9	1,64	1,41	6,19
A2	-0,41	169	178	49	5,5	1,61	1,37	5,70
BA	-0,64	192	203	52	5,9	1,61	1,38	6,13
Bw1	-1,34	208	206	56	6,2	1,72	1,46	5,78
Bw2	-2,19	210	213	57	6,0	1,68	1,43	5,87
2C1	-2,40	218	210	45	4,5	1,76	1,55	7,33
2Cr	3,95 ⁺	200	198	58	5,3	1,72	1,45	5,36
LVPIII								
Ap	0-0,18	123	121	25	4,9	1,73	1,53	7,60
BA	-0,36	157	171	36	6,2	1,56	1,38	7,46
Bw1	-0,80	163	166	37	8,3	1,67	1,46	7,04
Bw2	-1,24	146	165	32	5,9	1,50	1,34	8,10
2Bw3	-1,66	160	173	36	5,5	1,57	1,39	7,54
3CB	-2,87	126	128	19	3,5	1,67	1,53	10,58
4C	3,30 ⁺	137	133	15	4,3	1,75	1,63	13,92

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

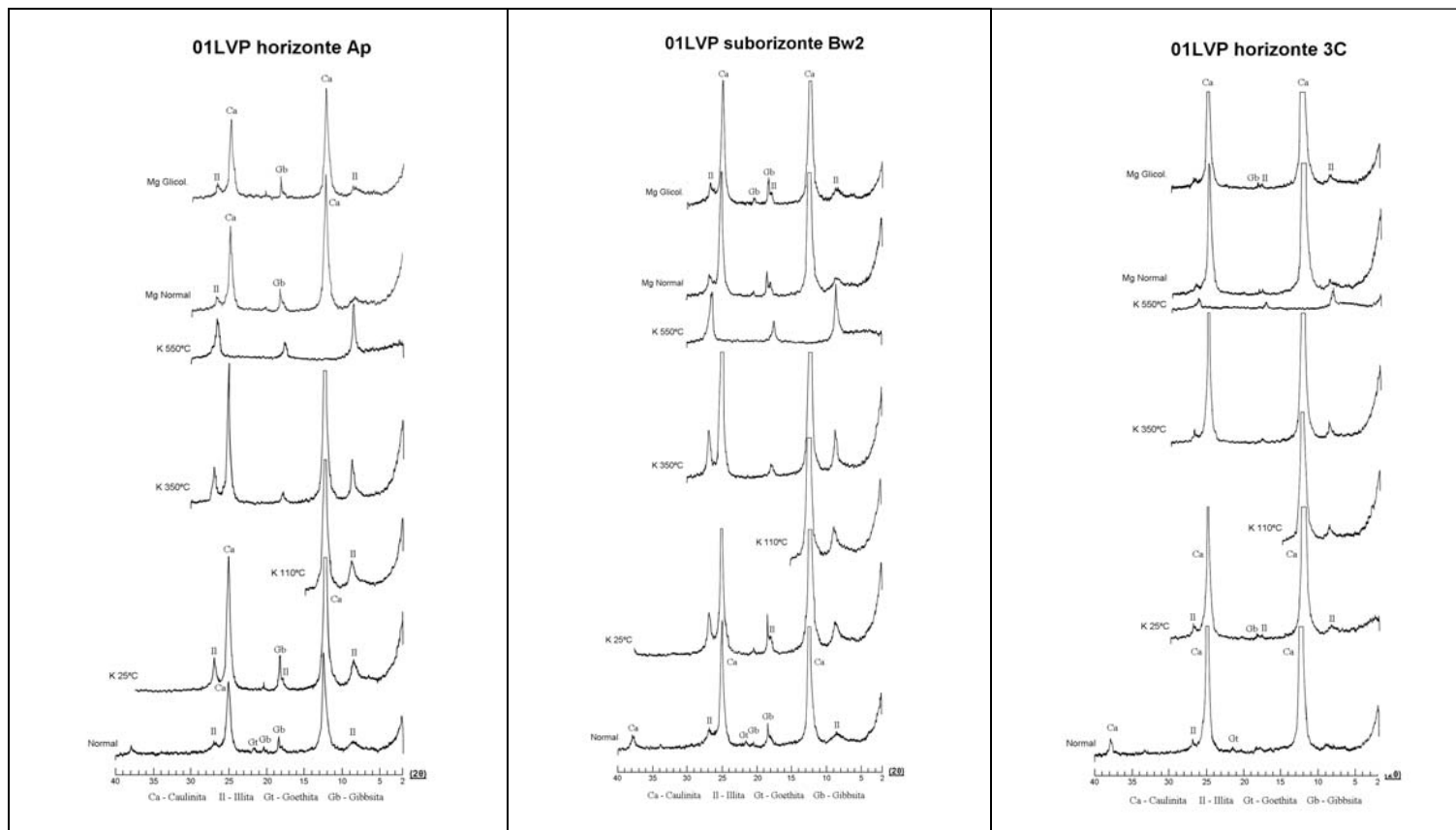


Figura 160 – Difratoigramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizontes Ap, Bw2 e 3C do perfil LVPI e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C), magnésio e magnésio+etileno glicol..

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UF RJ.

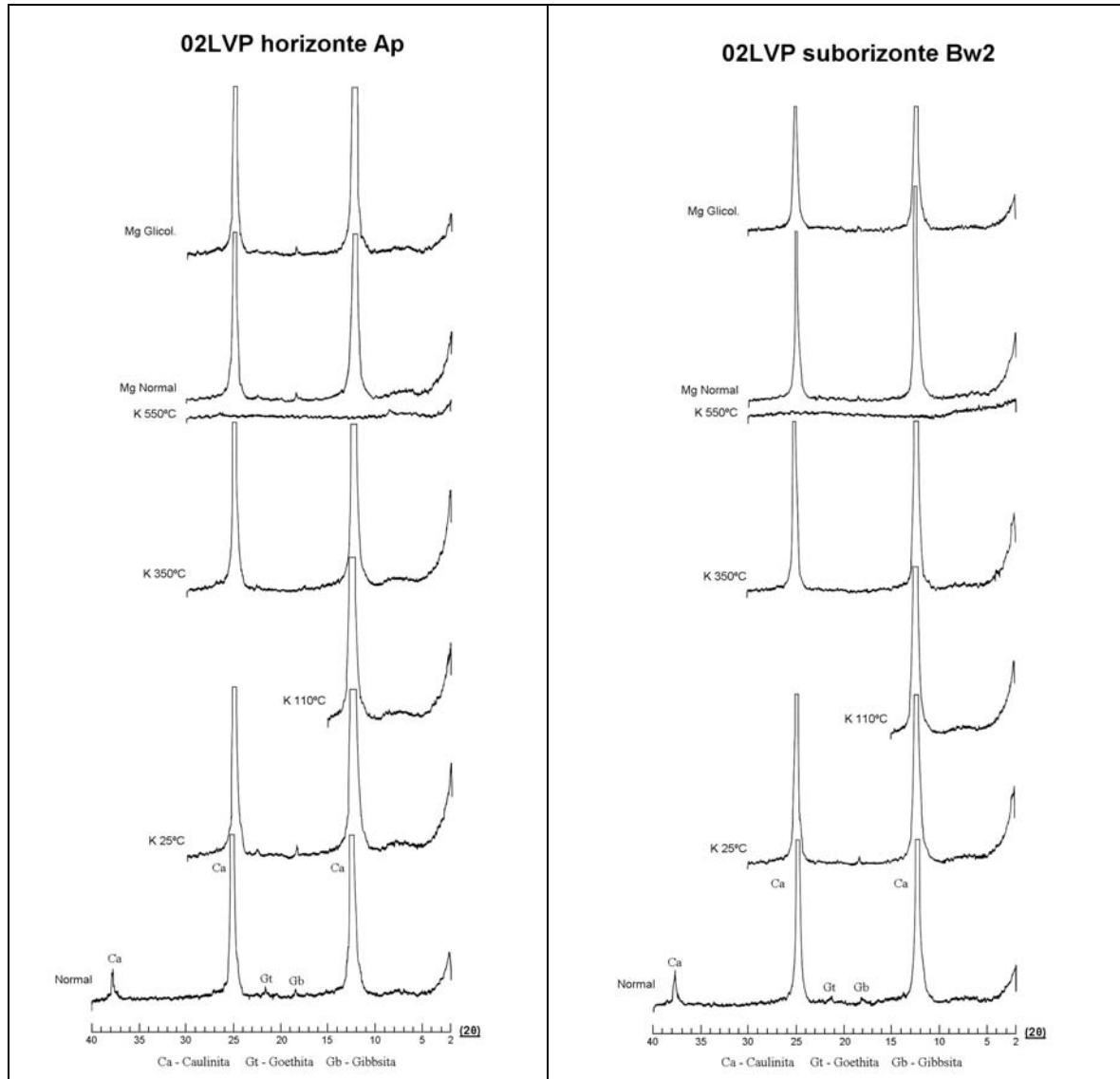


Figura 161 – Difractogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos Horizonte Ap e sub-horizonte Bt2 do perfil LVPII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

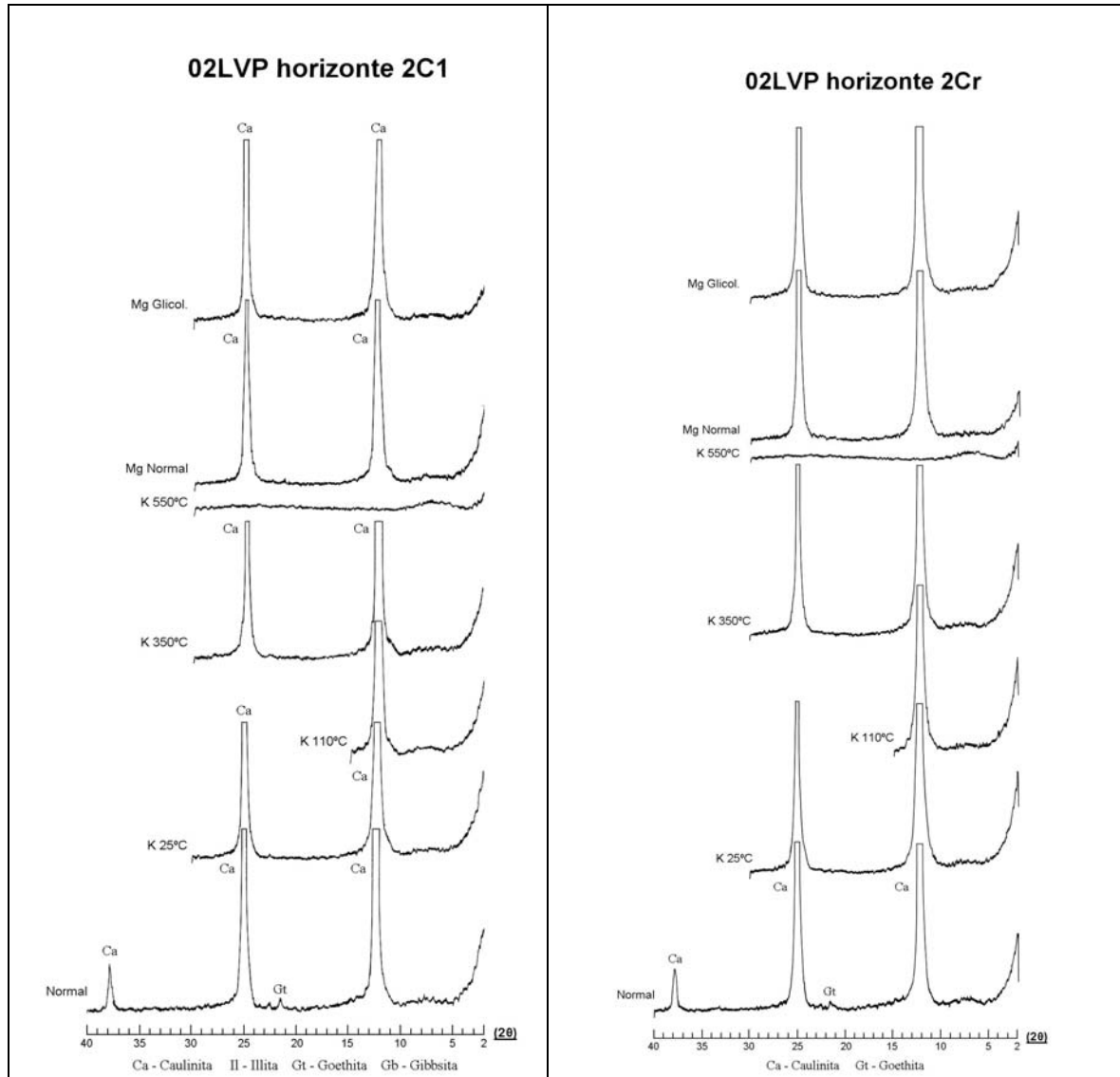


Figura 162 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizontes Ap e sub-horizonte Bt2 do perfil LVPII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

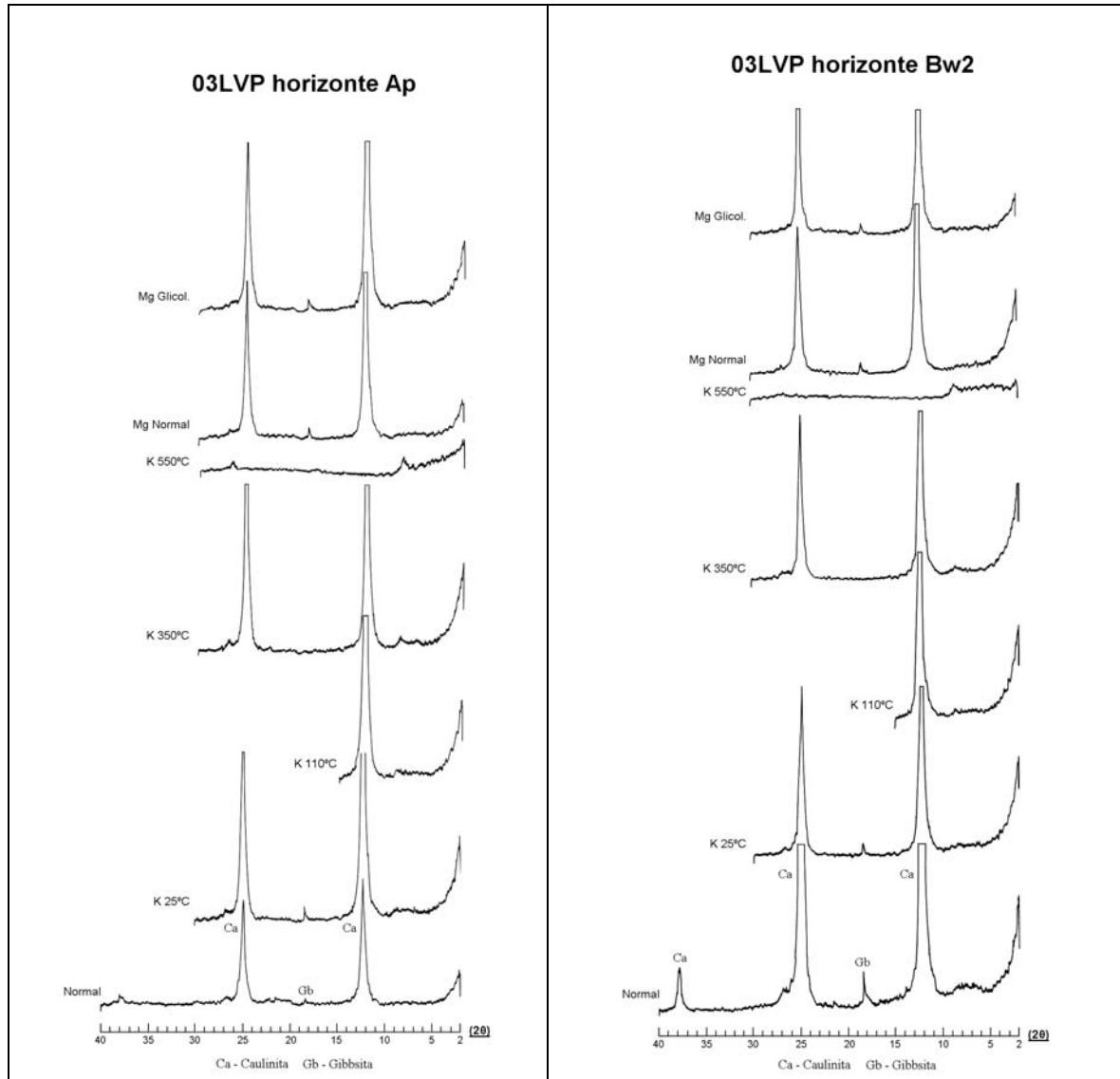


Figura 163 – Difratoformas de raios X da fração argila orientada de amostra natural dos horizontes Ap e sub-horizonte Bw2 do perfil LVPIII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

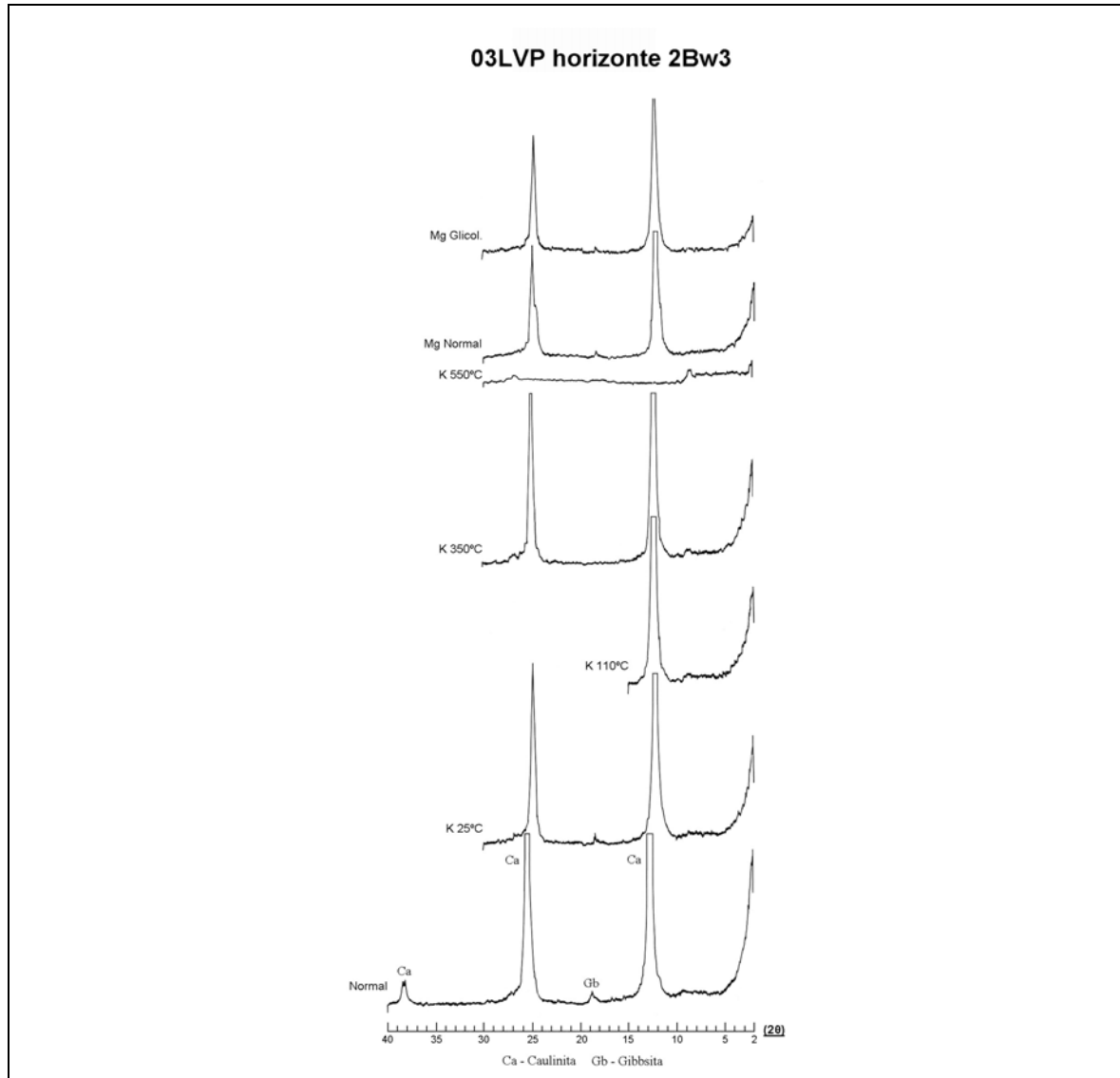


Figura 164 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostra natural do horizonte 2Bw3 do perfil LVPIII e sob tratamentos com potássio (K-25, 110, 350 e 550° C) magnésio e magnésio+etileno glicol.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

A análise da distribuição da relação Titânio/argila em profundidade (Figura 165) evidencia um comportamento aproximadamente constante no solum dos perfis LVPI e LVPII, verificando-se um ligeiro incremento para os horizontes C, e aumento significativo desta relação em direção aos horizontes Cr. No perfil LVPIII, entretanto, além de confirmar a descontinuidade de material de origem com o embasamento, a curva apresenta um incremento marcante no sub-horizonte Bw1, não identificada nas análises granulométricas, indicando variação nos materiais de origem. O aumento observado na parte superior dos perfis LVPII e LVPIII indica a perda de argila em superfície, já referida.

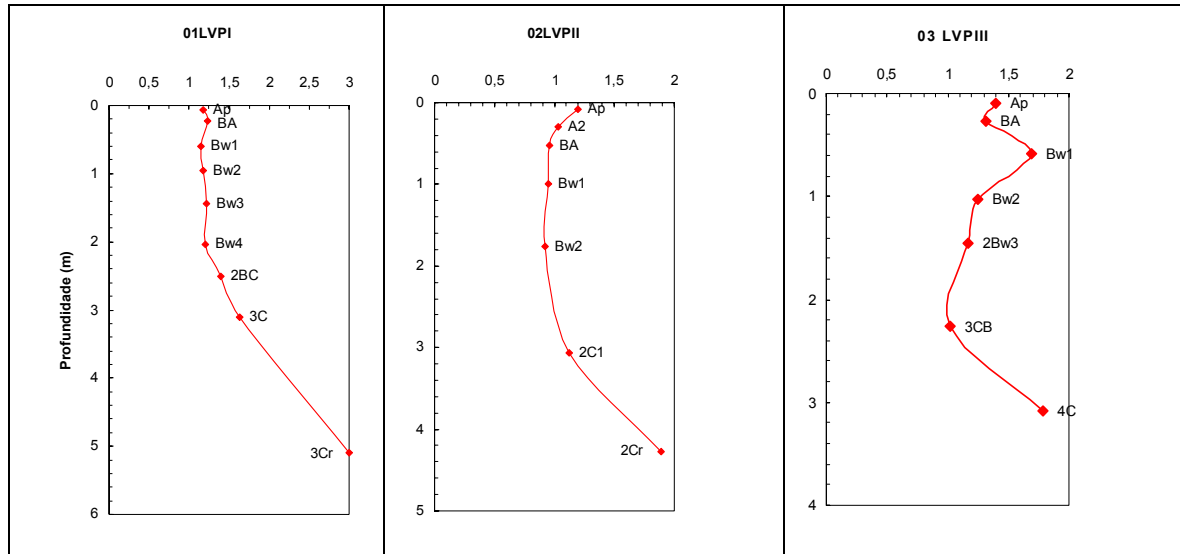


Figura 165 – Variação em profundidade da relação Titânio/argila – perfis LVPI, LVPII e LVPIII do Ponto 8, junto à localidade Córrego do Lava-pés, Bananal (SP).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol III (Eixo 3 – Geomorfologia e Solos)”, IGEO/UFRJ.

Com base no conjunto das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas observadas, o perfil LVPI foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico, o perfil LVPII como LATOSSOLO AMARELO distrófico típico, e o perfil LVPIII como LATOSSOLO AMARELO coeso típico.

6.5. RECURSOS HÍDRICOS

6.5.1. Hidrologia – Águas Continentais

Este capítulo compreende a exposição e análise dos dados e informações reunidos e produzidos no âmbito destes estudos, passíveis de subsidiar as avaliações sobre os impactos da usina Angra 3 nos corpos hídricos de superfície.

A metodologia utilizada fundamentou-se na adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de análise integrada das dinâmicas hidrológica, de sedimentação e da qualidade das águas, ancorada na abordagem sistêmica de estudo dos processos geomorfológicos fluviais. Nessa perspectiva, a interação encosta/calha fluvial constitui base fundamental para investigação e interpretação de processos físicos e químicos associados à dinâmica das águas de superfície.

A instituição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos, através da Lei 9.433 (1997) – “Lei das Águas”, que criou a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), configura outro importante fator para a utilização

desse recorte espacial nos estudos realizados. A implementação dos princípios da nova legislação e o novo arranjo institucional criado devem ser considerados pelo empreendedor no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos que serão utilizados pela usina Angra 3, uma vez que o cenário formado tem levado à tendência do uso negociado e compartilhado da água.

Os estudos efetuados tiveram por objetivo caracterizar os recursos hídricos superficiais nas Áreas de Influência Direta e Indireta da usina Angra 3, compreendendo:

- A individualização e caracterização das bacias hidrográficas nas áreas de influência do empreendimento;
- A avaliação integrada do regime fluvial e da pluviosidade, com vistas à definição de condições propícias à ocorrência de enchentes;
- A avaliação da qualidade das águas de cursos fluviais representativos dos padrões de uso e cobertura dos solos reconhecidos, visando identificar a situação atual de degradação e/ou conservação desse recurso;
- A avaliação do quadro atual e tendências de utilização dos recursos hídricos de superfície em face das mudanças ocorridas no uso e cobertura do solo.

Tais estudos buscaram fornecer suporte para o estabelecimento de diretrizes e medidas que irão garantir o atendimento das necessidades do empreendimento a curto, médio e longo prazos, considerando sua inserção na região e os impactos ambientais conseqüentes.

6.5.1.1. Metodologia

Individualização e caracterização das bacias hidrográficas

A individualização e caracterização das bacias hidrográficas nas Áreas de Influência Direta e Indireta da usina Angra 3 foram realizadas a partir da base cartográfica em escala 1:50.000 (IBGE), do mapa de compartimentação morfoestrutural.

Foram individualizadas todas as bacias (de 0 a n ordem) que drenam para o litoral (bacias litorâneas) compreendidas na Área de Influência Indireta (AII). No caso das bacias interiores, foram delimitadas as bacias afluentes diretas do rio Paraíba do Sul, dos rios Paraíba e Paraitinga (seus principais formadores no Domínio de Planalto), e dos reservatórios de Funil (rio Paraíba do Sul) e Ribeirão das Lajes. Os segmentos de encostas retilíneas e convexas existentes entre os limites de bacias também foram individualizados segundo suas linhas divisoras de águas principais. A delimitação das bacias hidrográficas encontram-se expostas no Anexo 18.

O mapa de bacias hidrográficas elaborado foi então cruzado com o mapa de compartimentação morfoestrutural confeccionado na mesma escala (folhas Angra dos Reis, Bananal, Campos de Cunha, Cunha, Cunhambebe, Ilha Grande, Itaguaí, Mangaratiba, Marambaia, Parati, Rio Mambucaba, São José do Barreiro e Volta Redonda), e com o mapa de declividade, visando à caracterização geomorfológica das bacias. Os cálculos dos

percentuais relativos às classes de desnivelamento altimétrico foram obtidos através do cruzamento das áreas das bacias com os compartimentos de relevo.

6.5.1.1.1. Levantamento e análise de dados plúvio e fluviométricos

O tratamento aplicado aos dados levantados buscou fundamentar o conhecimento do comportamento dos processos hidrológicos, objetivando, em última instância, fornecer subsídios para o gerenciamento dos recursos hídricos nas áreas de influência do empreendimento. As análises realizadas enfocaram a variabilidade das condições hidrológicas uma vez que as situações de abundância e escassez relativa mostram-se de extrema importância na região considerada, vinculando-se aos processos de enchentes e aos problemas de abastecimento de água potável à população.

Os dados de precipitação analisados foram obtidos de duas fontes principais:

- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compreendendo as normais climatológicas dos períodos de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, oriundos da estação meteorológica gerenciada por esse órgão situada na cidade de Angra dos Reis;
- Agência Nacional de Águas (ANA), que forneceu as séries históricas das estações operadas pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM) situadas nas AID e AII do empreendimento (Tabela 21).

As normais climatológicas analisadas corresponderam à precipitação total mensal e anual, cujos dados auxiliaram na caracterização do regime de chuvas na região considerada, assim, como as normais de precipitação máxima em 24 horas, dada a sua importância para o dimensionamento das condições que levam a episódios de enchentes.

As séries históricas fornecidas pela ANA abrangem dados mensais e diários de precipitação e vazão, o que a princípio permite o detalhamento do comportamento da pluviosidade e/ou do regime de vazões dos cursos d'água nos locais em que se situam. No entanto, essas séries possuem inúmeros problemas tanto no que diz respeito a falta de dados relativos a alguns meses como no tocante ao tratamento de consistência de dados, tendo sido observadas lacunas no preenchimento de valores de vários dias ou mesmo de meses inteiros não só nos dados brutos mas também naqueles classificados como consistidos.

Desse modo, para uma análise mais detalhada do comportamento da precipitação visando à avaliação das condições propícias à ocorrência de enchentes, foram selecionadas três estações pluviométricas situadas mais próximas às três estações fluviométricas existentes na área considerada para estudo (Tabela 22), e, para essas estações selecionados alguns anos, dentre aqueles que apresentavam a série completa e consistida, com totais pluviométricos anuais e vazão média anual mais baixos e mais elevados, sendo eles, respectivamente, os anos de 1990 (mais baixos) e 1985 e 1996 (mais elevados), conforme observado nas figuras abaixo (Figura 166 a Figura 168).

Tabela 20 – Estações pluviométricas, fluviométricas e de qualidade de águas identificadas nas AID e AII do empreendimento

Nº da Estação	Nome	Código	Tipo de Estação/Operadora	Rio	Unidade Hidrográfica/Área Drenada	Município/UF	Intervalo da Série Histórica	Intervalos com Consciência	Coordenadas Geográficas/Altitude
Estações pluviométricas									
12	Alto Serra do Mar	02344009	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraibuna	5	Cunha/SP	09/1967 a 03/2002	01/82 a 12/95 cons. 09/67 a 12/81 e 01/96 a 03/02 br.	23:09:13/ 44:51:32 1050m
13	Bracuí	02244149	Pluviométrica/CPRM	Rios litorâneos	5	Angra dos Reis/RJ	01/1990 a 03/2002	01/90 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	22:56:08/ 44:23:45 70m
14	Campos de Cunha	02244048	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5	Cunha/SP	01/1967 a 03/2002	01/67 a 12/95 cons. 01/96 a 03/02 br.	22:55:16/ 44:49:20 750m
19	Ibicuí	02244148	Pluviométrica/CPRM	Rios litorâneos	5	Mangaratiba/RJ	01/1989 a 03/2002	01/89 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	22:57:41/ 44:01:50 50m
21	Patrimônio	02344006	Pluviométrica/CPRM	Rio Perequê-Açu	5	Parati/RJ	01/1967 a 02/2002	01/67 a 12/99 cons. 01/00 a 02/02 br.	23:13:19/ 44:45:48 90m
26	São Roque	02344008	Pluviométrica/CPRM	Rio Perequê-Açu	5	Parati/RJ	01/1967 a 03/2002	01/67 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	23:04:20/ 44:41:53 0m
29	Vila Perequê	02344019	Pluviométrica/CPRM	Rio Mambucaba	5	Angra dos Reis/RJ	01/1994 a 03/2002	01/94 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	23:00:17/ 44:32:11 30m
47	Ribeirão de São Joaquim	02244034	Pluviométrica/CPRM	Rio Preto	5	Barra Mansa/RJ	01/1942 a 04/2002	01/42 a 12/95 cons. 01/96 a 12/95 br.	22:28:27/ 44:13:44 620m
17	Fazenda das Garrafas	02244135	Pluviométrica/CPRM	Rio Mambucaba	5	São José do Barreiro/SP	01/1981 a 03/2002	01/81 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	22:36:42/ 45:35:53 1485m
22	Ponte Alta 1	02345067	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraibuna	5	São Luis do Paraitinga/SP	01/1936 a 03/2002	01/36 a 12/95 cons. 01/96 a 03/02 br.	23:19:44/ 45:08:38 888m
23	Rialto	02244043	Pluviométrica/CPRM	Rio Bananal	5	Barra Mansa/RJ	01/1951 a 03/2002	01/51 a 12/82 cons. 01/96 a 03/02 br.	22:34:36/ 44:16:10 0m



Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – ANGRA 3



Nº da Estação	Nome	Código	Tipo de Estação/Operadora	Rio	Unidade Hidrográfica/Área Drenada	Município/UF	Intervalo da Série Histórica	Intervalos com Consciência	Coordenadas Geográficas/Altitude
25	São Luiz do Paraitinga	02345065	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5	São Luis do Paraitinga/SP	01/1935 a 04/2002	01/35 a 12/95 cons. 01/96 a 04/02 br.	23:14:22/ 45:18:19 760m
30	Volta Redonda	02244041	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraíba do Sul	5	Volta Redonda/RJ	01/1943 a 03/2002	01/43 a 12/95 cons. 01/96 a 03/02 br.	22:30:04/ 44:05:31 360m
39	Glicério	02244044	Pluviométrica/CPRM	Rio Turvo	5	Barra Mansa/RJ	01/1967 a 04/2002	01/82 a 12/95 cons. 01/67-12/81;01/96-04/02	22:28:27/ 44:13:44 390m
16	Estrada do Cunha	02245055	Pluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5	Cunha/SP	01/1935 a 03/2002	01/35 a 12/95 cons. 01/96 a 03/02 br.	22:59:45/ 45:02:30 790m
28	Vila Mambucaba	02344016	Pluviométrica/CPRM	Rio Mambucaba	5	Angra dos Reis/RJ	01/1982 a 03/2002	01/82 a 12/99 cons. 01/00 a 03/02 br.	23:01:33/ 44:31:05 0m
Estações fluviométricas									
17	Fazenda das Garrafas	59355000	Fluviométrica/CPRM	Rio Mambucaba	5/22 km ²	São José do Barreiro/SP	01/1978 a 12/1999	Cons.	22:44:38/ 44:38:22 1494m
20	Parati	59380000	Fluviométrica/CPRM	Rio Perequê-Açu	5/79 km ²	Parati/RJ	01/1962 a 12/1999	Cons.	23:13:25/ 44:45:50 30m
22	Ponte Alta 1	58060000	Fluviométrica/CPRM	Rio Paraibuna	5/276 km ²	São Luis do Paraitinga/SP	01/1933 a 12/1999	Cons.	23:19:44/ 45:08:38 888m
23	Rialto	58287000	Fluviométrica/CPRM	Rio Bananal	5/341 km ²	Barra Mansa/RJ	01/1996 a 12/1999	Cons.	22:28:00/ 44:16:04 480m
25	São Luiz do Paraitinga	58040000	Fluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5/1920 km ²	São Luis do Paraitinga/SP	01/1994 a 12/1999	Cons.	23:19:30/ 45:18:20 730m
30	Volta Redonda	58305001	Fluviométrica/CPRM	Rio Paraíba do Sul	5/15980 km ²	Volta Redonda/RJ	11/1940 a 12/1999	Cons.	22:30:05/ 44:05:26 365m



Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – ANGRA 3



Nº da Estação	Nome	Código	Tipo de Estação/Operadora	Rio	Unidade Hidrográfica/Área Drenada	Município/UF	Intervalo da Série Histórica	Intervalos com Consciência	Coordenadas Geográficas/Altitude
39	Glicério	58270000	Fluviométrica/CPRM	Rio Turvo	5/410 km ²	Barra Mansa/RJ	01/1967 a 12/1999	Cons.	22:28:27/ 44:13:44 390m
147	Fazenda Fortaleza	59370000	Fluviométrica/CPRM	Rio Mambucaba	5/597 km ²	Angra dos Reis/RJ	01/1935 a 12/1999	Cons.	22:57:30/ 44:33:40 130m
16	Estrada do Cunha	58030000	Fluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5/735 km ²	Cunha/SP	01/1934 a 12/1999	Cons.	22:59:45/ 45:02:30 780m
Estações fluviométricas com qualidade de água									
	Resende	58250000	Fluviométrica/Furnas	Rio Paraíba do Sul	5/13882 km ²	Resende/RJ	10/1986 a 10/2000	Br.	22:29:00/ 44:26:43 388m
	Ponte Nova	58258000	Fluviométrica/CPRM	Rio Pirapetinga	5/175 km ²	Resende/RJ	01/1977 a 04/1979	Br.	22:43:22/ 44:24:38 580m
	Lídice	58335000	Fluviométrica/Aneel	Rio Pirai	5/107 km ²	Rio Claro/RJ	01/1977 a 05/1979	Bruto	-22:49:56/-044:11:56 554m
39	Glicério	58270000	Fluviométrica/CPRM	Rio Turvo	5/410 km ²	Barra Mansa/RJ	01/1977 a 09/1994	Bruto	-22:28:27/-044:13:44 390m
16	Estrada do Cunha	58030000	Fluviométrica/CPRM	Rio Paraitinga	5/735 km ²	Cunha/SP	01/1977 a 04/1979	Bruto	-22:59:45/-045:02:30 780m

Fonte: ANA / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 21 – Estações plúvio e fluviométricas selecionadas para análises detalhadas

Nome	Tipo de Estação	Bacia Hidrográfica
Fazendas das Garrafas	Plúvio e fluviométrica	alto curso do Rio Mambucaba
Fazenda Fortaleza	Fluviométrica	baixo curso do Rio Mambucaba
Vila Mambucaba	Pluviométrica	baixo curso do Rio Mambucaba
Parati	Fluviométrica	Rio Perequê-Açu
São Roque	Pluviométrica	Rio Perequê-Açu

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

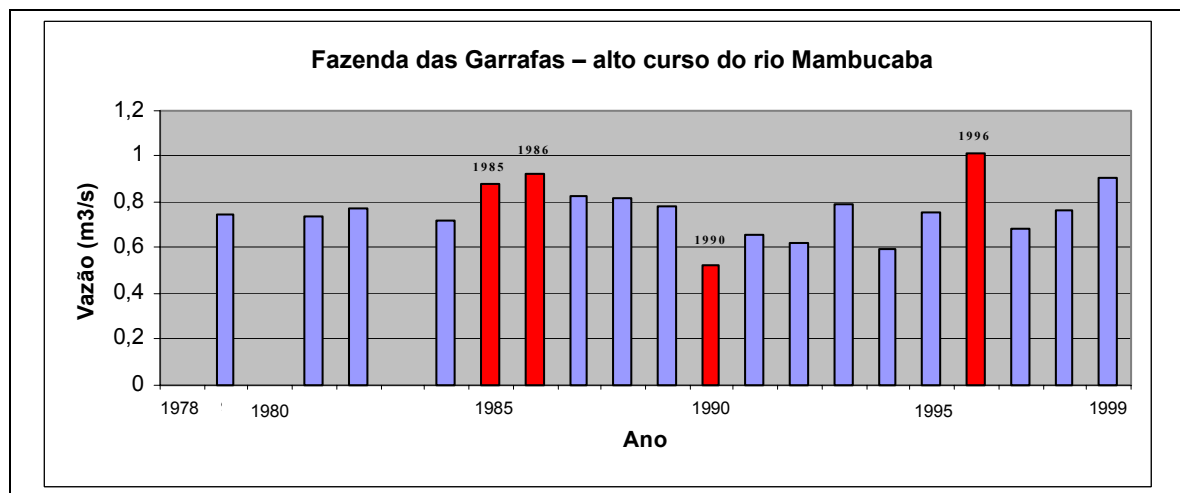


Figura 166 – Série histórica de dados consistidos de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba), localizada no município de São José do Barreiro (SP), serra da Bocaina, destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1985, 1986, 1996) e mais baixa (1990).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

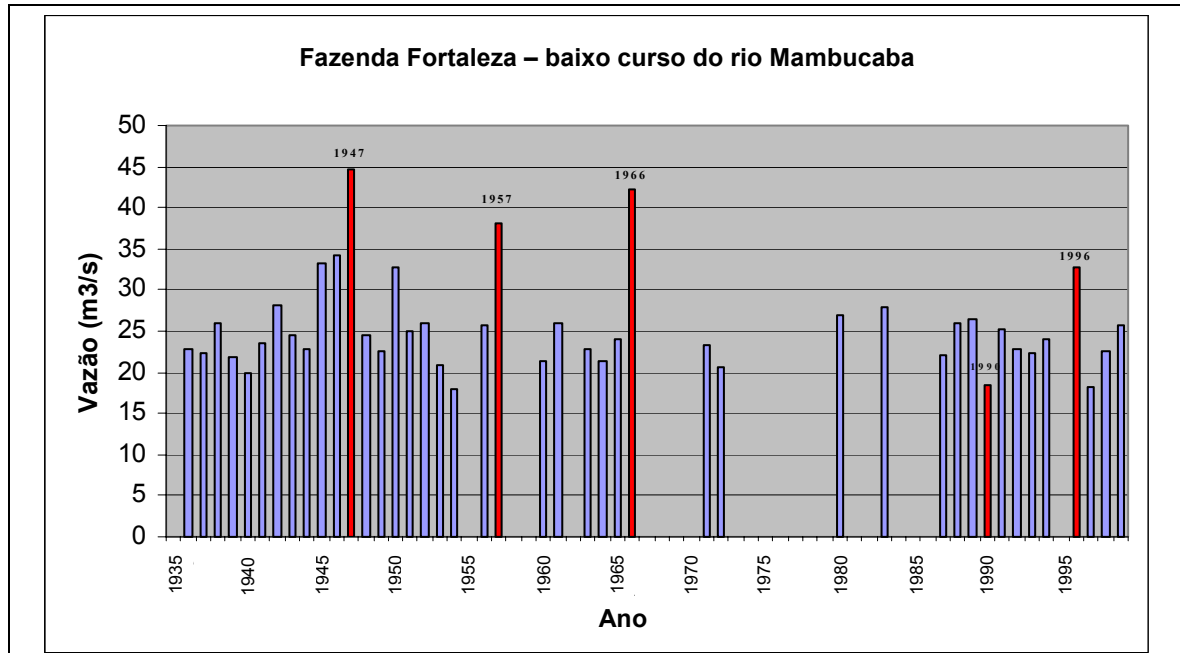


Figura 167 – Série histórica de dados consistidos de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Fazenda Fortaleza (baixo curso do Rio Mambucaba), localizada no município de Angra dos Reis (RJ), destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1947, 1957, 1966 e 1996) e mais baixa (1990).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

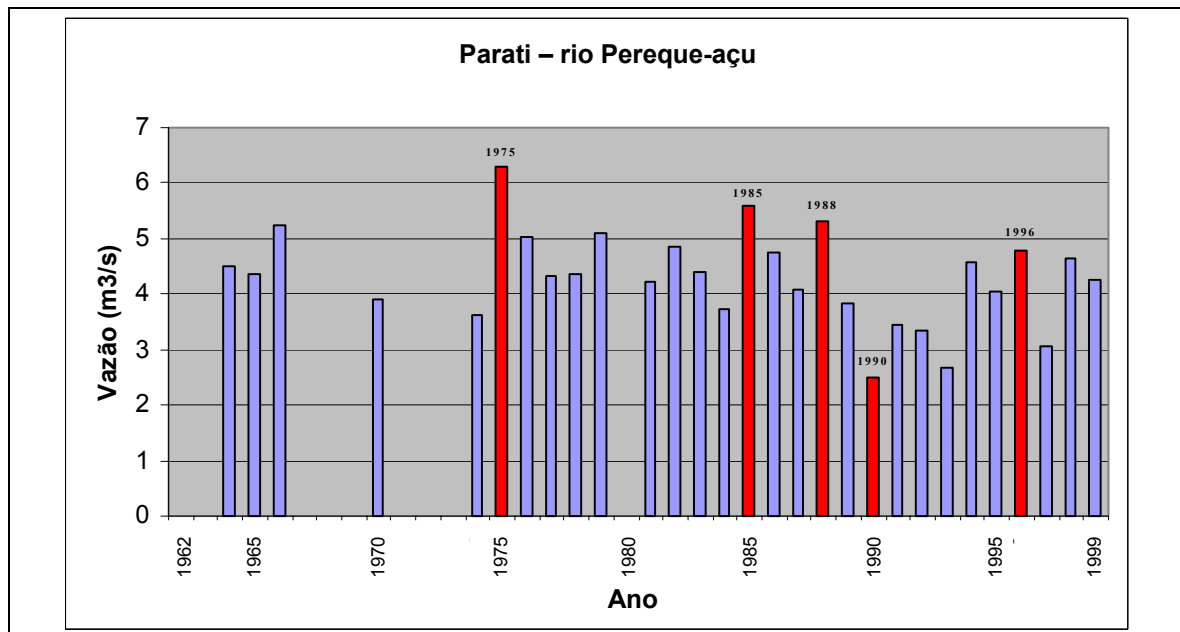


Figura 168 – Série histórica de dados consistido de valores médios de vazão para a estação fluviométrica Parati (Rio Perequê-Açu), localizada no município de Parati (RJ), destacando os anos com vazões médias anuais mais elevadas (1975, 1985, 1988 e 1996) e mais baixa (1990).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os dados dessas estações foram acessados, avaliados e trabalhados mediante a realização de cálculos e gráficos e, ainda, submetidos a análises estatísticas (obtenção de parâmetros como média, desvio-padrão, mediana e moda), executadas para o conjunto das estações pluviométricas e fluviométricas.

As análises de frequência de chuvas para a série histórica das estações foram também efetuadas empregando-se as classes recomendadas pelo INMET: 0-2,5 mm, 2,5-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm, 15-25 mm, 25-50 mm, 50-100 mm e >100 mm. No caso das estações selecionadas para estudos detalhados (para os anos 1985, 1990 e 1996), as classes de frequência a partir de 50 mm foram subdivididas em intervalos de 25 mm, constituindo as seguintes classes: 50-75 mm, 75-100 mm, 100-125 mm, 125-150 mm, 150-175 mm, 175-200 mm e >200 mm.

Para as estações pluviométricas selecionadas, efetuou-se também a análise da ocorrência de dias consecutivos de chuva, que foi avaliada em conjunto com a frequência de precipitações moderadas e elevadas. Foram realizadas correlações estatísticas entre os dados diários de pluviosidade dessas estações e os dados de vazão, buscando-se avaliar a relação precipitação/vazão nas bacias abrangidas pelas estações selecionadas.

Com base nos dados de vazão dos rios Mambucaba e Perequê-Açu, foram confeccionadas curvas de permanência, visando detectar a frequência dos diferentes valores de vazão observados na série histórica. As curvas de permanência foram construídas com base nos dados diários, de modo a subsidiar tanto a avaliação dos episódios de enchentes como das vazões mínimas, aspecto fundamental para o abastecimento de água na região.

Procedeu-se, ainda, a um levantamento das ocorrências de enchentes nos livros de registro de atendimento da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis, a fim de estabelecer relações entre os eventos de enchentes e os dados de chuva e vazão documentados nas estações analisadas. A partir desse levantamento, foram confeccionados, para os meses com registro de enchentes, gráficos relacionando os dados diários de vazão e precipitação.

6.5.1.2. Caracterização das bacias hidrográficas

6.5.1.2.1. Aspectos geobiofísicos

As bacias hidrográficas compreendidas nos raios de 15 e 30 km a partir da CNAAA englobam dois conjuntos de sistemas de drenagem:

- aqueles que drenam para as diversas enseadas do recortado litoral da baía de Ilha Grande;
- um outro conjunto de bacias fluviais que constituem os tributários de alguns dos afluentes da margem sul do rio Paraíba do Sul, além dos cursos afluentes dos rios Paraibuna e Paraitinga, os formadores do Rio Paraíba no domínio de planalto. Integram as unidades hidrográficas estaduais denominadas Bacia Hidrográfica da Baía de Ilha Grande (RJ) e SP UGRHI-2 Paraíba do Sul (SP).

Através da análise da compartimentação morfoestrutural (Figura 169) e das declividades (Anexo 14) da áreas de influência, observa-se que as bacias hidrográficas litorâneas podem ser divididas em dois grupos principais, considerando-se a distribuição espacial dos compartimentos de dissecação do relevo:

- o grupo das bacias que se encontram restritas à escarpa da Serra do Mar o qual abrange as planícies fluviomarinhas situadas a jusante (bacias dos rios Japuíba, da Guarda, Floresta, São Gonçalo, etc.);
- o das bacias cujos cursos fluviais principais capturam a rede de drenagem dos compartimentos menos dissecados do planalto, constituídos por morros e colinas, apresentando geralmente maior extensão que o primeiro grupo (bacias dos rios Mambucaba, Paca Grande-Bracuí e Ariró).
- Pressões sobre os recursos hídricos pelo uso e ocupação do solo

A história de ocupação e uso do solo na região em estudo responde pelas principais características do padrão atual de uso da terra e das alterações ambientais registradas ao longo das últimas décadas. Na região da bacia da baía de Ilha Grande, a base econômica sofreu mudanças importantes ao longo dos últimos 30 anos, com o incremento das atividades industriais e, mais recentemente, com o domínio do setor de serviços, especialmente da construção civil e turismo, refletindo-se no uso da terra e na organização do espaço. O crescimento das aglomerações e ocupações irregulares por população de baixa renda, em contraposição aos condomínios fechados e vilas planejadas, constitui um dos contrastes mais marcantes desse padrão de expansão urbana, aumentando as demandas de abastecimento de água, infra-estrutura sanitária e de equipamentos urbanos e associando-se a pressões diversificadas sobre os recursos naturais (flora, fauna, água, solos, etc.).

Figura 169 – Compartimentação morfoestrutural das bacias hidrográficas da AII e AID

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Esse quadro denota a necessidade não só de ações voltadas ao estabelecimento de diretrizes e ao planejamento, mas também à gestão dos recursos hídricos disponíveis, a partir do estabelecimento de metas e ações de curto, médio e longo prazos.

É importante destacar que as características geomorfológicas da região da baía da Ilha Grande influenciam decisivamente no padrão de expansão da ocupação urbana ao longo das principais rodovias, resultando em áreas de adensamento variável, relativamente afastadas, ocupando preferencialmente as planícies fluviais, bem como as encostas adjacentes aos vales principais e à rede viária. Essas populações utilizam-se dos mananciais hídricos abundantes e sofrem, ao mesmo tempo, os impactos do desmatamento e ocupação desordenada, responsáveis pela deterioração das condições de qualidade e quantidade dos cursos fluviais, especialmente significativos nas pequenas bacias hidrográficas.

Na Tabela 22 encontram-se listados os principais processos de degradação ambiental com reflexos sobre os recursos hídricos identificados nesta região. Verifica-se, a partir dos aspectos expostos, um contexto propício ao surgimento de novos conflitos pelo uso dos recursos hídricos, além do agravamento daqueles já existentes, tendo em vista os interesses e demandas dos diferentes grupos sociais que atuam na área (Figura 170).

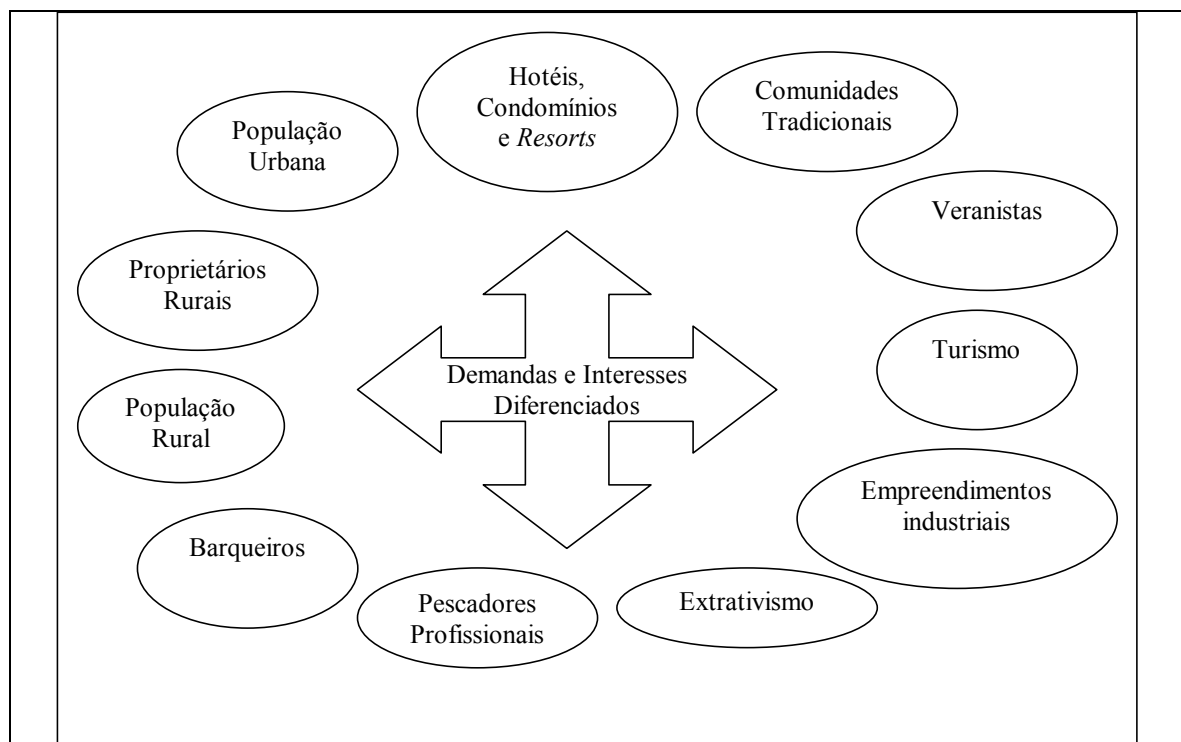


Figura 170 – Esquema ilustrativo dos diferentes atores sociais envolvidos no uso e apropriação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas litorâneas da AII.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 22 – Processos de degradação, principais atividades relacionadas e reflexos sobre os recursos hídricos das bacias hidrográficas litorâneas inseridas na AII.

Processo	Principais atividades relacionadas	Reflexos sobre os recursos hídricos
Desmatamento	Extração de palmito, lenha, madeira de lei, atividades agrícolas (plantio da banana, especialmente), pecuária.	Diminuição da capacidade de infiltração (aumento do <i>runoff</i>), comprometimento da produção e da qualidade das águas, assoreamento dos corpos hídricos superficiais, aumento da instabilidade das encostas e enchentes.
Expansão urbana	Estabelecimento de moradias de baixa renda, casas de veraneio, estabelecimentos hoteleiros, condomínios de luxo, estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços.	Poluição hídrica (lançamento de esgoto <i>in natura</i> e de resíduos sólidos nos corpos d'água), aumento da demanda sobre os recursos hídricos, estrangulamento e assoreamento dos cursos d'água, enchentes.
Destruição de manguezais	Aterramentos para instalação de construções	Alterações nos padrões de drenagem e de penetração das águas marinhas, além da capacidade de retenção de sedimentos.
Captação não-ordenada de recursos hídricos	Abastecimento humano, dessedentação de animais, atividades de lazer, uso industrial, irrigação, “carros-pipa”.	Significativa diminuição sazonal dos volumes d'água nos corpos hídricos.
Extração de areia	Utilização na construção civil.	Alargamento dos canais fluviais, mudanças na hidrodinâmica dos cursos d'água e agravamento do assoreamento.
Disposição inadequada dos resíduos sólidos	-	Contaminação dos corpos d'água e lençóis freáticos.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ - com base no Relatório de Diagnóstico Ambiental da Baía da Ilha Grande -MMA/Sema-RJ (1997), e observações de campo.

Situados na zona de interface imediata entre as dinâmicas fluvial e costeira, os manguezais figuram como um dos principais ecossistemas impactados nas bacias hidrográficas litorâneas (Tabela 23), uma vez que têm sido o alvo principal do crescimento urbano desordenado e dos diversos empreendimentos turísticos e industriais instalados no Domínio das Planícies Costeiras. São considerados ecossistemas extremamente importantes não só para a sustentação da pesca, mas também, especialmente, para a manutenção da qualidade das águas costeiras.

Tabela 23 – Situação dos manguezais na bacia da baía da Ilha Grande

Localidade	Situação dos manguezais
Monsuaba	Estreita faixa, tendo sido a maior parte aterrada para a instalação da Vila de Monsuaba dos funcionários da Petrobras, no início da década de 1970.
Jacuecanga	Completamente eliminado em virtude da instalação do estaleiro Brasfels e demais dependências na década de 1950.
Praia da Chácara	Praticamente eliminado pela expansão do bairro do Balneário, sendo em parte recuperado a partir de 1989 através de plantio induzido.
Retiro	Completamente eliminado pela expansão imobiliária.
Japuiba	Área parcialmente ocupada pelas instalações do aeroporto de Angra dos Reis e por população de baixa renda, apresentando ainda expressiva formação de mangues.
Gamboa	Parcialmente aterrado pela instalação de loteamento seccionado pela abertura da rodovia BR-101, que vem sendo assoreado em virtude da saibreira situada a montante da rodovia.
Pontal	Parcialmente aterrado para a instalação de loteamentos, marinas e hotéis, apresentando ainda significativa formação de manguezais naturais, bem como de parcela de manguezais recuperados.
Ariró-Jurumirim	É o maior dos mangues continentais da região, apresentando as melhores condições ambientais e conservando a maioria de suas características originais; sofre reflexos da retificação do rio Jurumirim.
Itanema	Parcialmente aterrado para a instalação dos empreendimentos imobiliários Porto Itanema, Porto Marisco e de estaleiro, porém ainda expressivo.
Bracuí /Cansado	Um dos maiores mangues do município de Angra dos Reis, parcialmente desmatado, dragado e aterrado, visando a instalação de grande loteamento e marina.
Bracuí	Completamente aterrado para instalação de loteamento e marina de mesmo nome.
Saco do Bracuí	Parcialmente impactado pela construção de via de acesso ligando a BR-101 ao loteamento da Ilha do Jorge; apresenta sinais de recuperação natural, mas com alteração de suas comunidades vegetais.
Ponta do Quitumba	Parcialmente aterrado visando a instalação de loteamento.
Frade	Completamente aterrado para a instalação de dependências hoteleiras e do loteamento associado.

Localidade	Situação dos manguezais
Mambucaba	Parcialmente aterrado pelas obras de dragagem do Rio Mambucaba na década de 1970, atualmente sofre intervenções devidas ao hotel situado no local que tenta desenvolver atividades de ecoturismo associadas a presença do manguezal.
Saco Grande	Apresenta interferência física introduzida pela BR-101.
Mangue do Tu	Apresenta situação semelhante a do mangue do Saco Grande.
Jabaquara	Parcialmente aterrado para a instalação de loteamentos e cortado por via de acesso que liga a Praia do Jabaquara à BR-101.
Terra Nova	Desenvolvido em frente ao centro histórico de Parati, gerou o comprometimento visual do conjunto arquitetônico tombado; foi cortado pela Prefeitura sob condições polêmicas.
Ilha das Cobras	Praticamente 100% de sua área original foi aterrada visando à instalação do aeroporto e de suas residências.
Boa Vista	Mangue cortado pela BR-101 e aterrado parcialmente visando à instalação de marina.
Parati-Mirim	Sofre problemas associados à presença de quiosques, situados sobre a restinga, que o utilizam fisicamente como área de armazenamento, e tem sido aterrado para construção de segundas residências.
Saco Grande e Saco do Fundão	Sem informações.
Caetana/Meros/Turvos/Itatinga	Vem sofrendo perturbações pela presença de vazadouro de lixo de Parati, situado junto à BR-101, que despeja chorume sobre a planície contígua ao mangue.
Mamanguá	Não sofre praticamente grandes perturbações a não ser a captura de caranguejos, a exemplo dos outros.
Praia do Sul e do Leste	Manguezal de franja localizado na Ilha Grande, que recobre as margens de ambas as lagunas, caracterizando-se como o menos perturbado de todo o Litoral Sul Fluminense. Toda a sua área se inclui na Reserva Biológica da Praia do Sul.

Fonte: Relatório de Diagnóstico Ambiental da Baía de Ilha Grande – MMA/Sema-RJ (1997).

Na área de influência da CNAAB, o crescimento urbano, a diversificação dos serviços e a expansão do turismo têm reflexos significativos sobre a demanda e disponibilidade hídricas. As mudanças no perfil das atividades econômicas tendem a produzir alterações no tipo e volume de consumo de água. Os dados expostos na Figura 171, demonstram que, para o período entre 1998 e 2000, ocorreu um pequeno decréscimo no consumo total de água na Região da Baía da Ilha Grande tendência também verificada nos setores industrial, comercial e público, acompanhada, em contrapartida, pelo acréscimo do consumo residencial de água. Enquanto as quedas no consumo total, industrial, comercial e público neste curto intervalo podem estar relacionadas a reduções devido a medidas de racionamento e economia de água e

energia elétrica, e/ou à redução do número de estabelecimentos, o aumento do consumo residencial evidencia, em certa medida, o crescimento populacional e urbano, já apontado.

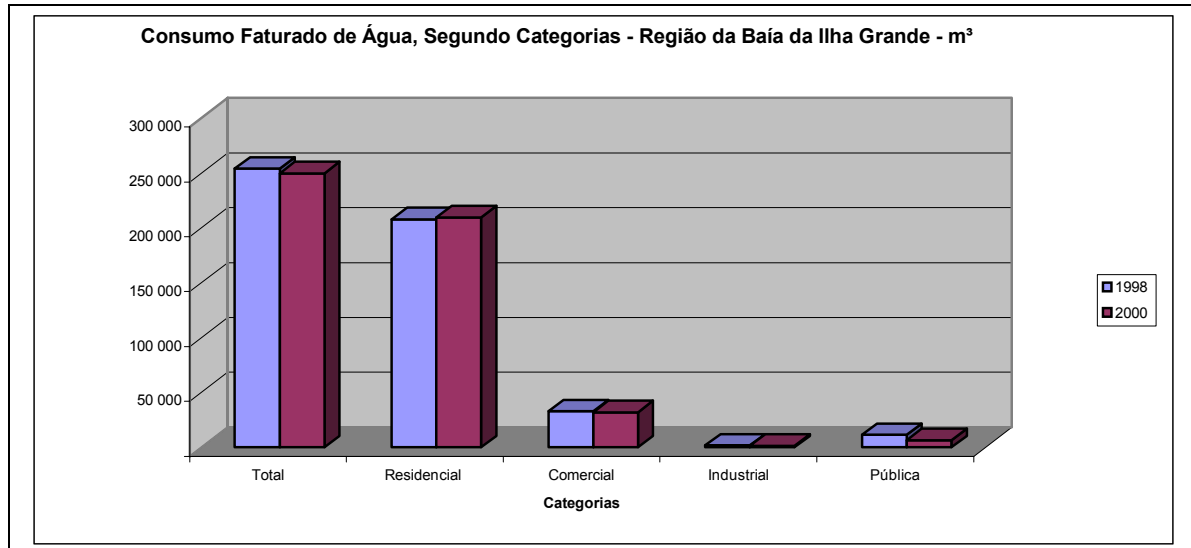


Figura 171 – Consumo faturado de água, segundo categorias, para os municípios de Parati e Angra dos Reis (1998 e 2000).

Fonte: Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro, 1998 e 2000.

Nas bacias compreendidas nas AID e AII, as principais formas de usos dos recursos hídricos correspondem ao abastecimento urbano (cidades, vilas e povoados), o abastecimento rural, o consumo industrial e a dessedentação de animais, na categoria de usos consuntivos. No que diz respeito aos usos não-consuntivos, os principais usos são a recreação, o lazer e o turismo, a assimilação de esgotos e efluentes, a manutenção da biodiversidade fluvial e as atividades de mineração.

Nas bacias litorâneas situadas na área de influência do empreendimento, não há informações sistematizadas quanto aos principais usuários dos recursos hídricos. As companhias de águas e saneamento e os principais empreendimentos marítimos e industriais – o Tebig/Petrobras, o estaleiro Brasfels e o Porto de Angra dos Reis, seguidos das usinas nucleares Angra 1 e 2, figuram como os usuários mais importantes. Apesar da pulverização dos sistemas de captação de águas na parte continental e nas ilhas voltados ao abastecimento de povoados, empreendimentos hoteleiros, marinas, clubes náuticos e condomínios, além dos núcleos urbanos, estes devem ser considerados em seu conjunto como um importante grupo de usuários.

No que diz respeito às bacias tributárias dos afluentes e/ou cursos fluviais formadores do rio Paraíba do Sul, tem-se um quadro bastante distinto no tocante às atividades econômicas, ao uso do solo, assim como à dinâmica geomorfológica e, também, especialmente, quanto à estruturação dos organismos de bacia. O trecho que abrange a Área de Influência Indireta, no médio curso do Paraíba do Sul, compreende os municípios paulistas

e fluminenses que integram o corredor de ligação entre as duas maiores metrópoles do Sudeste brasileiro.

A região do Médio Vale do Paraíba fluminense é, atualmente, a segunda área mais industrializada do estado do Rio de Janeiro, com um parque industrial diversificado, onde predominam as indústrias química, petroquímica, mecânica, metalúrgica e a única indústria aeronáutica do país. Na última década, em face das mudanças dos padrões locacionais das indústrias em diferentes escalas, esse eixo econômico tem se apresentado como uma nova fronteira de investimentos em alta tecnologia, sendo palco também da implementação dos princípios e instrumentos da nova legislação de águas (Lei 9.433/1997). A bacia do Rio Paraíba do Sul constitui uma das bacias federais que serviram de esteio para a formulação dessa Lei, tendo sido desenvolvidos estudos voltados para a elaboração de diagnósticos ambientais e para o monitoramento da qualidade das águas desde a década de 1990, e possuindo um Comitê de Bacia em pleno funcionamento que, recentemente, vem implementando a cobrança pelo uso das águas.

A redução no número de economias e ligações faturadas de água constitui elemento a ser destacado na análise do comportamento do consumo de água neste período. A captação não autorizada ou ilegal para uso residencial a partir das redes públicas de distribuição, ou mesmo diretamente das barragens construídas para captação de água destinada ao abastecimento público, foi constatada com frequência nas localidades percorridas durante os trabalhos de campo realizados. Além disso, não há controle sobre as captações efetuadas por propriedades privadas (residências, condomínios etc), o que provavelmente tem favorecido o seu aumento significativo.

Com relação às formas de abastecimento de água e ao tipo de esgotamento sanitário, Tabela 24, Tabela 25, Tabela 26 e Tabela 27 permitem observar os padrões dominantes para domicílios particulares permanentes da AID e AII, em 2000. Juntamente com o esgotamento sanitário, o destino dado ao lixo (Tabela 28 e Tabela 29) representa importante fator de degradação da qualidade dos corpos hídricos superficiais nas bacias litorâneas.

Tabela 24 - Formas de abastecimento de água, de domicílios particulares permanentes, segundo os Microrregiões, Municípios, Distritos, Subdistritos e Bairros da AID (2000).

DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES												
Forma de abastecimento de água												
Microrregiões, Municípios, Distritos, Subdistritos e Bairros da AID (1)	Total	Forma de abastecimento de água			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
		Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na propriedade ou terreno	Não canaliza- da
MICRORREGIÃO												
Baía da Ilha Grande	40532	33882	33 185	697	5197	4 295	700	202	1453	1 278	82	93
MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS												
Angra dos Reis	32721	28420	27904	516	3049	2631	272	146	1252	1097	69	86
Abraão	593	434	426	8	38	30	5	3	121	116	4	1
Angra dos Reis	9489	8090	8015	75	884	796	57	31	515	474	15	26
Cunhambebe	12492	10973	10649	324	999	841	101	57	520	439	40	41
Jacuecanga	5634	5081	5010	71	504	412	69	23	49	34	4	11
Mambucaba	3871	3634	3602	32	193	150	11	32	44	33	6	5
Praia de Araçatiba	642	208	202	6	431	402	29	-	3	1	-	2
Parati	7811	5462	5281	181	2148	1664	428	56	201	181	13	7
Parati	5704	4533	4373	160	1059	900	125	34	112	98	8	6
Parati-Mirim	1152	141	136	5	940	651	272	17	71	69	1	1
Tarituba	955	788	772	16	149	113	31	5	18	14	4	-

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000. (1) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

Tabela 25 - Forma de abastecimento de água, de domicílios particulares permanentes, segundo os Microrregiões, Municípios, Distritos, Subdistritos e Bairros da AII (2000).

MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS,	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES											
	FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA											
SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	TOTAL	Rede Geral			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
		Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da
Cunha	6306	3 122	2 990	132	2 910	2 145	622	143	274	192	48	34
Campos de Cunha	1006	289	270	19	679	450	185	44	38	18	18	2
Cunha	5300	2 833	2 720	113	2 231	1 695	437	99	236	174	30	32
São José do Barreiro	1124	726	702	24	397	295	93	9	1	-	1	-
Arapeí	719	505	505	-	214	186	24	4	-	-	-	-
Bananal	2691	1 972	1 965	7	688	594	78	16	31	22	2	7
Resende	29399	27 899	27 506	393	1 404	1 197	108	99	96	35	18	43
Agulhas Negras	8011	7 638	7 451	187	343	288	19	36	30	12	3	15
Engenheiro Passos	1055	890	876	14	161	146	7	8	4	-	-	4
Fumaça	192	95	91	4	96	74	17	5	1	1	-	-
Pedra Selada	662	354	351	3	299	272	14	13	9	7	-	2
Resende	19479	18922	18 737	185	505	417	51	37	52	15	15	22
Bairros												
Aeroporto	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alambari	111	111	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alegria	508	488	471	17	13	9	1	3	7	-	3	4
Alegria II	43	43	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA											
	TOTAL	Rede Geral			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
Total		Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	
Alto do Surubi	219	217	209	8	2	1	-	1	-	-	-	-
Alto dos Passos	250	249	246	3	-	-	-	-	1	-	-	1
Bairro Helite	209	205	205	-	4	4	-	-	-	-	-	-
Baixada da Itapuca	314	310	307	3	3	3	-	-	1	-	-	1
Barbosa Lima	91	91	91	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boa Vista	73	71	71	-	2	1	1	-	-	-	-	-
Boa Vista II	39	39	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabral	1247	1 224	1 195	29	13	6	2	5	10	7	-	3
Campos Eliseos	722	721	693	28	1	1	-	-	-	-	-	-
Casa da Lua	66	66	63	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Castelo Branco	262	258	258	-	3	1	-	2	1	-	-	1
Centro	901	888	886	2	7	7	-	-	6	1	4	1
Cidade da Alegria	3 500	3 498	3 497	1	-	-	-	-	2	-	-	2
Comercial	561	558	557	1	2	2	-	-	1	1	-	-
Cond. Horizontal Tácito	17	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cond. M. das Agulhas	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eucaliptal	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indústria IQR	6	4	4	-	-	-	-	-	2	2	-	-
Jardim Alegria	292	290	283	7	2	2	-	-	-	-	-	-
Jardim Beira Rio	253	249	241	8	-	-	-	-	4	1	2	1
Jardim Brasília	345	344	344	-	1	-	1	-	-	-	-	-
Jardim Brasília II	121	121	121	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jardim Tropical	46	46	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jorge Vas Curvo	164	164	164	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manejo	132	132	128	4	-	-	-	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS,	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES											
	FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA											
SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	TOTAL	Rede Geral			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
		Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da
Mirante da Serra	9	9	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mirante das Agulhas	43	42	42	-	1	-	-	1	-	-	-	-
Montese	146	145	145	-	1	-	-	1	-	-	-	-
Montese II	21	21	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morada da Colina	264	261	261	-	3	3	-	-	-	-	-	-
Morada da Felicidade	44	44	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morada do Bosque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morada do Castelo	2	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-
Morro do Batista	177	177	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morro do Machado	66	57	50	7	6	3	3	-	3	-	-	3
Nova Alegria	655	655	655	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Novo Surubi	409	403	383	20	3	2	1	-	3	-	1	2
Paraíso	2 023	2 013	1 962	51	3	3	-	-	7	-	2	5
Parque Exapicor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parque Ipiranga I	126	125	124	1	1	-	-	1	-	-	-	-
Parque Ipiranga II	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parque Jalisco	601	601	601	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primavera	643	643	643	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retiro do Paraíso	99	97	97	-	2	-	-	2	-	-	-	-
São Caetano	201	195	194	1	6	3	-	3	-	-	-	-
São Caetano III	349	347	344	3	2	2	-	-	-	-	-	-
Surubi	436	433	430	3	-	-	-	-	3	1	1	1
Toyota	485	485	480	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Vicentina	517	516	506	10	1	1	-	-	-	-	-	-
Vila Adelaide	65	65	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA											
	TOTAL	Rede Geral			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
Total		Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	
Vila Central	62	62	61	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Vila Elizabeth	19	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vila Huda Rocha	56	56	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vila Isabel	216	216	216	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vila Itapuca	925	922	901	21	3	1	1	1	-	-	-	-
Vila Julieta	1 849	1 830	1 805	25	17	9	2	6	2	2	-	-
Vila Liberdade	1 144	1 126	1 121	5	11	9	-	2	7	3	1	3
Vila Moderna	288	288	288	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vila Nova Liberdade	660	655	645	10	3	2	-	1	2	1	-	1
Vila Santa Cecília	523	521	515	6	2	2	-	-	-	-	-	-
Vila Santa Isabel	265	257	252	5	7	7	-	-	1	-	1	-
Vila Santo Amaro	711	709	702	7	2	1	-	1	-	-	-	-
Vila Verde	108	107	105	2	-	-	-	-	1	1	-	-
Sem especificação	4675	3 367	3 272	95	1 276	1 112	95	69	32	15	3	14
Barra Mansa	47974	39379	38592	787	8016	6969	343	704	579	384	21	174
Antônio Rocha	156	1	1	-	146	127	14	5	9	5	-	4
Barra Mansa	46814	38762	37 996	766	7499	6 494	322	683	553	368	21	164
Região Adm. I	6 039	5 874	5 817	57	161	152	5	4	4	2	-	2
Região Adm. II	3 321	2 994	2 780	214	314	281	21	12	13	3	-	10
Região Adm. III	4 202	3 176	3 140	36	881	727	24	130	145	123	8	14
Região Adm. IV	6631	5 093	4 966	127	1523	1 279	28	216	15	5	1	9
Região Adm. V	2484	2 262	2 253	9	181	149	22	10	41	11	3	27
Região Adm. VI	3244	3 034	3 019	15	193	175	8	10	17	6	2	9
Região Adm. VII	2902	2 668	2 653	15	210	152	15	43	24	4	1	19
Região Adm. VIII	2622	2 444	2 390	54	152	121	16	15	26	10	1	15



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS,	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES											
	FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA											
SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	TOTAL	Rede Geral			Poço ou nascente (na propriedade)				Outra			
		Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da	Total	Canaliza- da em pelo menos um cômodo	Canaliza- da só na proprieda- de ou terreno	Não canaliza- da
Região Adm. XIX	1849	1 431	1 406	25	407	368	23	16	11	4	-	7
Região Adm. X	3181	2 388	2 373	15	760	680	29	51	33	14	1	18
Região Adm. XI	2102	1 566	1 541	25	512	448	18	46	24	11	2	11
Região Adm. XII	180	514	506	8	664	579	20	65	2	-	-	2
Região Adm. XIII	3264	2 861	2 738	123	395	314	61	20	8	2	-	6
Região Adm. XIV	2803	2 347	2 304	43	275	261	8	6	181	168	2	11
Sem especificação	990	110	110	-	871	808	24	39	9	5	-	4
Rio Claro	1654	1 223	1 205	18	345	319	13	13	86	75	2	9
São João Marcos	244	18	18	-	214	184	28	2	12	10	2	-
Mangaratiba	7189	4639	4598	41	1640	1436	107	97	910	756	33	121
Conceição de Jacareí	693	499	490	9	167	135	24	8	27	21	5	1
Itacurussá	1381	606	603	3	272	247	8	17	503	465	17	21
Mangaratiba	3366	2293	2279	14	1405	913	68	64	28	23	2	3
Vila Muriqui	1749	1241	1226	15	156	141	7	8	352	247	9	96

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

(1) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

Tabela 26 - Existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário, em domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AID (2000).

MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								Não tinham banheiro nem sanitário
	Tinham banheiro ou sanitário								
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa Rudi- mentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro esco- douro	
MICRORREGIÃO									
Baía da Ilha Grande	40532	39 760	16 891	13 383	5 488	2 870	929	199	772
MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS									
Angra dos Reis	32721	32 370	15 727	9 781	3 254	2 763	666	179	351
Abraão	593	578	343	183	16	11	14	11	15
Angra dos Reis	9 489	9 417	6 382	1 823	196	872	132	12	72
Cunhambebe	12492	12 369	5 981	3 263	1 352	1 346	303	124	123
Jacuecanga	5 634	5 587	2 220	2 572	247	399	129	20	47
Mambucaba	3 871	3 838	801	1 840	1 119	35	31	12	33
Praia de Araçatiba	642	581	-	100	324	100	57	-	61
Parati	7 811	7 390	1 164	3 602	2 234	107	263	20	421
Parati	5 704	5 534	417	3 065	1 723	75	244	10	170
Parati-Mirim	1 152	936	139	465	291	18	17	6	216
Tarituba	955	920	608	72	220	14	2	4	35

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

(1) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

Tabela 27 - Existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário, em domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AII (2000).

MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES TINHAM BANHEIRO OU SANITÁRIO								Não tinham banheiro nem sanitário
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	
Cunha	6 306	5 746	2 759	377	1 234	223	1 116	37	560
Campos de Cunha	1 006	823	215	92	158	48	307	3	183
Cunha	5 300	4 923	2 544	285	1 076	175	809	34	377
São José do Barreiro	1 124	1 104	650	23	113	78	240	-	20
São José do Barreiro	1 124	1 104	650	23	113	78	240	-	20
Arapeí	719	708	349	8	126	94	123	8	11
Bananal	2 691	2 628	1 668	153	276	138	389	4	63
Resende	29399	29 244	24 950	2 757	293	418	723	103	155
Aguas Negras	8 011	7 968	6 881	721	56	111	114	85	43
Engenheiro Passos	1 055	1 050	372	588	53	14	20	3	5
Fumaça	192	187	3	26	5	6	147	-	5
Pedra Selada	662	642	165	292	62	53	68	2	20
Resende	19479	19 397	17 529	1 130	117	234	374	13	82
Bairros									
Aeroporto	6	6	2	2	-	2	-	-	-
Alambari	111	111	111	-	-	-	-	-	-
Alegria	508	507	499	7	1	-	-	-	1
Alegria II	43	43	43	-	-	-	-	-	-
Alto do Surubi	219	205	180	24	-	-	-	1	14
Alto dos Passos	250	250	241	1	-	-	-	8	-
Bairro Helite	209	209	208	1	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES TINHAM BANHEIRO OU SANITÁRIO								Não tinham banheiro nem sanitário
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	
Baixada da Itapuca	314	314	296	11	2	-	4	1	-
Barbosa Lima	91	91	88	3	-	-	-	-	-
Boa Vista	73	73	27	46	-	-	-	-	-
Boa Vista II	39	39	36	2	1	-	-	-	-
Cabral	1 247	1 241	992	240	3	4	2	-	6
Campos Eliseos	722	721	638	-	-	-	83	-	1
Casa da Lua	66	66	8	58	-	-	-	-	-
Castelo Branco	262	261	255	-	1	5	-	-	1
Centro	901	900	873	10	2	-	15	-	1
Cidade da Alegria	3 500	3 499	3 294	203	1	1	-	-	1
Comercial	561	560	471	89	-	-	-	-	1
Cond. Horizontal Tácito	17	17	17	-	-	-	-	-	-
Cond. Morada das Agulhas	10	10	-	10	-	-	-	-	-
Eucaliptal	8	8	8	-	-	-	-	-	-
Indústria IQR	6	6	5	1	-	-	-	-	-
Jardim Alegria	292	288	285	-	3	-	-	-	4
Jardim Beira Rio	253	252	247	1	-	-	4	-	1
Jardim Brasília	345	345	290	33	-	-	22	-	-
Jardim Brasília II	121	121	120	-	-	1	-	-	-
Jardim Tropical	46	46	45	-	1	-	-	-	-
Jorge Vas Curvo	164	164	164	-	-	-	-	-	-
Manejo	132	132	124	8	-	-	-	-	-
Mirante da Serra	9	9	8	-	1	-	-	-	-
Mirante das Agulhas	43	43	9	33	-	-	1	-	-
Montese	146	146	143	2	1	-	-	-	-
Montese II	21	21	20	-	1	-	-	-	-
Morada da Colina	264	264	264	-	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES TINHAM BANHEIRO OU SANITÁRIO								Não tinham banheiro nem sanitário
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	
Morada da Felicidade	44	44	44	-	-	-	-	-	-
Morada do Bosque	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morada do Castelo	2	1	1	-	-	-	-	-	1
Morro do Batista	177	177	176	-	-	1	-	-	-
Morro do Machado	66	61	38	5	5	9	4	-	5
Nova Alegria	655	653	623	29	1	-	-	-	2
Novo Surubi	409	402	256	30	8	37	71	-	7
Paraíso	2 023	2 013	1 893	9	8	17	2	84	10
Parque Exapicor	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parque Ipiranga I	126	126	112	14	-	-	-	-	-
Parque Ipiranga II	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Parque Jalisco	601	601	403	198	-	-	-	-	-
Primavera	643	643	643	-	-	-	-	-	-
Retiro do Paraíso	99	99	96	3	-	-	-	-	-
São Caetano	201	201	199	1	-	-	1	-	-
São Caetano III	349	349	195	154	-	-	-	-	-
Surubi	436	435	398	1	-	-	36	-	1
Toyota	485	484	335	148	1	-	-	-	1
Vicentina	517	517	514	1	-	2	-	-	-
Vila Adelaide	65	65	64	1	-	-	-	-	-
Vila Central	62	62	37	25	-	-	-	-	-
Vila Elizabeth	19	19	19	-	-	-	-	-	-
Vila Huda Rocha	56	56	56	-	-	-	-	-	-
Vila Isabel	216	216	214	1	1	-	-	-	-
Vila Itapuca	925	924	807	42	-	8	67	-	1
Vila Julieta	1 849	1 848	1 803	30	2	1	12	-	1
Vila Liberdade	1 144	1 143	1 136	3	1	2	1	-	1



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES TINHAM BANHEIRO OU SANITÁRIO								Não tinham banheiro nem sanitário
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	
Vila Moderna	288	288	235	-	4	49	-	-	-
Vila Nova Liberdade	660	659	644	10	3	1	1	-	1
Vila Santa Cecília	523	523	513	8	2	-	-	-	-
Vila Santa Isabel	265	265	263	-	-	-	2	-	-
Vila Santo Amaro	711	710	639	64	-	7	-	-	1
Vila Verde	108	108	101	5	-	-	1	1	-
Sem especificação	4 675	4 583	2 481	1 190	239	271	394	8	92
Barra Mansa	47974	47 786	35 823	1 343	392	4 792	5 267	169	188
Antônio Rocha	156	154	5	39	16	48	46	-	2
Barra Mansa	46814	46 647	35 341	1 262	354	4 707	4 816	167	167
Região Adm. I	6 039	6 030	5 311	47	1	58	602	11	9
Região Adm. II	3 321	3 305	2 766	12	28	208	289	2	16
Região Adm. III	4 202	4 195	3 184	10	13	442	526	20	7
Região Adm. IV	6 631	6 608	5 794	69	40	374	326	5	23
Região Adm. V	2 484	2 471	1 789	17	20	401	242	2	13
Região Adm. VI	3 244	3 239	2 470	43	42	465	191	28	5
Região Adm. VII	2 902	2 893	2 102	56	20	593	97	25	9
Região Adm. VIII	2 622	2 601	2 143	32	4	31	386	5	21
Região Adm. XIX	1 849	1 844	1 115	9	10	533	154	23	5
Região Adm. X	3 181	3 165	1 802	12	10	756	566	19	16
Região Adm. XI	2 102	2 098	1 442	20	87	171	369	9	4
Região Adm. XII	1 180	1 170	585	10	-	313	262	-	10
Região Adm. XIII	3 264	3 256	2 100	841	28	189	91	7	8
Região Adm. XIV	2 803	2 799	2 391	7	3	34	361	3	4
Sem especificação	990	973	347	77	48	139	354	8	17
Rio Claro	4 404	4 315	1 961	334	472	492	1 037	19	89
Getulândia	330	322	113	42	49	59	58	1	8



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES TINHAM BANHEIRO OU SANITÁRIO								Não tinham banheiro nem sanitário
	Total	Tipo de esgotamento sanitário							
		Total	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro escoadouro	
Lídice	1 321	1 297	902	73	106	64	146	6	24
Passa Três	855	839	43	119	136	188	353	-	16
Rio Claro	1 654	1 635	898	30	139	117	443	8	19
São João Marcos	244	222	5	70	42	64	37	4	22
Mangaratiba	7 189	7 104	1 056	4 455	998	279	170	146	85
Conceição de Jacareí	693	678	39	576	25	6	3	29	15
Itacurussá	1 381	1 353	290	598	246	43	103	73	28
Mangaratiba	3 366	3 338	415	2 162	481	222	42	16	28
Vila Muriqui	1 749	1 735	312	1 119	246	8	22	28	14

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

(1) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

Tabela 28 - Destino do lixo, de domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AID (2000).

MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na proprieda de)	Enterrado (na propriedade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
MICRORREGIÃO									
Baía da Ilha Grande	40532	37 970	30 390	7 580	2 095	120	233	6	108
MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS									
Angra dos Reis	32721	31 538	24 462	7 076	999	32	113	2	37
Abraão	593	489	353	136	95	8	1	-	-
Angra dos Reis	9 489	9 334	5 571	3 763	125	2	3	-	25
Cunhambebe	12492	12 002	9 928	2 074	402	8	72	1	7
Jacuecanga	5 634	5 470	4 531	939	134	8	20	1	1
Mambucaba	3 871	3 767	3 679	88	85	1	15	-	3
Praia de Araçatiba	642	476	400	76	158	5	2	-	1
Parati	7 811	6 432	5 928	504	1 096	88	120	4	71
Parati	5 704	5 001	4 644	357	548	55	70	-	30
Parati-Mirim	1 152	557	473	84	481	28	44	2	40
Tarituba	955	874	811	63	67	5	6	2	1

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

(1) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

Tabela 29 - Destino do lixo, de domicílios particulares permanentes, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões, os Municípios, os Distritos, os Subdistritos e os Bairros da AII (2000).

MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS DA AII (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na propriedade)	Enterrado (na proprie- dade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
Cunha	6306	3 171	3 043	128	2 575	225	223	48	64
Campos de Cunha	1006	243	241	2	626	50	49	29	9
Cunha	5300	2 928	2 802	126	1 949	175	174	19	55
São José do Barreiro	1124	781	774	7	256	37	29	2	19
Arapeí	719	517	514	3	135	12	51	1	3
Bananal	2691	2 074	1 737	337	371	63	117	6	60
Resende	29399	28 395	27 534	861	736	68	120	22	58
Agulhas Negras	8011	7 859	7 803	56	126	6	13	-	7
Engenheiro Passos	1055	913	904	9	107	8	18	1	8
Fumaça	192	116	39	77	56	8	10	-	2
Pedra Selada	662	518	437	81	113	11	10	1	9
Resende	19479	18 989	18 351	638	334	35	69	20	32
Bairros									
Aeroporto	6	3	3	-	3	-	-	-	-
Alambari	111	111	111	-	-	-	-	-	-
Alegria	508	503	503	-	3	1	-	1	-
Alegria II	43	43	43	-	-	-	-	-	-
Alto do Surubi	219	218	192	26	1	-	-	-	-
Alto dos Passos	250	247	84	163	1	1	1	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na propriedade)	Enterrado (na proprie- dade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
Bairro Helite	209	205	205	-	3	-	-	-	1
Baixada da Itapuca	314	311	311	-	1	1	1	-	-
Barbosa Lima	91	91	91	-	-	-	-	-	-
Boa Vista	73	72	72	-	1	-	-	-	-
Boa Vista II	39	39	39	-	-	-	-	-	-
Cabral	1 247	1 242	1 239	3	4	-	1	-	-
Campos Elíseos	722	722	695	27	-	-	-	-	-
Casa da Lua	66	65	63	2	1	-	-	-	-
Castelo Branco	262	262	262	-	-	-	-	-	-
Centro	901	900	885	15	1	-	-	-	-
Cidade da Alegria	3 500	3 499	3 303	196	-	-	-	-	1
Comercial	561	561	558	3	-	-	-	-	-
Cond. Horizontal Tácito	17	17	17	-	-	-	-	-	-
Cond. Morada das Agulhas	10	10	10	-	-	-	-	-	-
Eucaliptal	8	8	8	-	-	-	-	-	-
Indústria IQR	6	6	2	4	-	-	-	-	-
Jardim Alegria	292	292	292	-	-	-	-	-	-
Jardim Beira Rio	253	252	251	1	1	-	-	-	-
Jardim Brasília	345	344	342	2	-	-	1	-	-
Jardim Brasília II	121	121	121	-	-	-	-	-	-
Jardim Tropical	46	46	44	2	-	-	-	-	-
Jorge Vas Curvo	164	164	164	-	-	-	-	-	-
Manejo	132	132	132	-	-	-	-	-	-
Mirante da Serra	9	9	9	-	-	-	-	-	-
Mirante das Agulhas	43	41	41	-	1	-	1	-	-
Montese	146	146	144	2	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIRROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na propriedade)	Enterrado (na proprie- dade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
Montese II	21	21	21	-	-	-	-	-	-
Morada da Colina	264	264	264	-	-	-	-	-	-
Morada da Felicidade	44	44	44	-	-	-	-	-	-
Morada do Bosque	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morada do Castelo	2	-	-	-	1	-	1	-	-
Morro do Batista	177	177	176	1	-	-	-	-	-
Morro do Machado	66	54	32	22	5	-	3	4	-
Nova Alegria	655	655	652	3	-	-	-	-	-
Novo Surubi	409	385	281	104	16	1	3	4	-
Paraíso	2 023	2 010	2 009	1	13	-	-	-	-
Parque Exapicor	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parque Ipiranga I	126	124	123	1	1	-	1	-	-
Parque Ipiranga II	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Parque Jalisco	601	601	552	49	-	-	-	-	-
Primavera	643	643	643	-	-	-	-	-	-
Retiro do Paraíso	99	99	96	3	-	-	-	-	-
São Caetano	201	201	201	-	-	-	-	-	-
São Caetano III	349	348	348	-	1	-	-	-	-
Surubi	436	435	435	-	-	-	-	1	-
Toyota	485	485	484	1	-	-	-	-	-
Vicentina	517	514	512	2	3	-	-	-	-
Vila Adelaide	65	65	65	-	-	-	-	-	-
Vila Central	62	62	61	1	-	-	-	-	-
Vila Elizabeth	19	19	19	-	-	-	-	-	-
Vila Huda Rocha	56	56	56	-	-	-	-	-	-
Vila Isabel	216	216	216	-	-	-	-	-	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na propriedade)	Enterrado (na proprie- dade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
Vila Itapuca	925	904	904	-	19	-	-	2	-
Vila Julieta	1 849	1 844	1 825	19	5	-	-	-	-
Vila Liberdade	1 144	1 141	1 141	-	2	-	1	-	-
Vila Moderna	288	287	287	-	1	-	-	-	-
Vila Nova Liberdade	660	657	653	4	2	1	-	-	-
Vila Santa Cecília	523	523	523	-	-	-	-	-	-
Vila Santa Isabel	265	265	265	-	-	-	-	-	-
Vila Santo Amaro	711	708	708	-	2	-	1	-	-
Vila Verde	108	107	106	1	1	-	-	-	-
Sem especificação	4 675	3 799	3 596	203	642	63	105	10	56
Barra Mansa	47974	46 009	45 070	939	1 433	16	263	51	202
Antônio Rocha	156	52	52	-	98	2	1	-	3
Barra Mansa	46814	45 213	44 283	930	1 179	11	259	44	108
Região Adm. I	6039	6 025	5 913	112	5	-	3	-	6
Região Adm. II	3321	3 243	3 200	43	49	-	-	2	27
Região Adm. III	4202	4 112	3 975	137	60	-	23	4	3
Região Adm. IV	6631	6 433	6 326	107	156	7	25	7	3
Região Adm. V	2484	2 467	2 456	11	16	-	-	1	-
Região Adm. VI	3244	3 069	3 031	38	112	1	59	1	2
Região Adm. VII	2902	2 796	2 764	32	93	1	9	1	2
Região Adm. VIII	2622	2 564	2 508	56	34	-	20	3	1
Região Adm. XIX	1849	1 773	1 772	1	67	-	7	1	1
Região Adm. X	3181	3 032	2 989	43	106	-	21	10	12
Região Adm. XI	2102	1 944	1 936	8	94	1	44	-	19
Região Adm. XII	1180	1 099	1 076	23	68	-	7	5	1
Região Adm. XIII	3264	3 192	2 896	296	62	-	6	4	-



MICRORREGIÕES, MUNICÍPIOS, DISTRITOS, SUBDISTRITOS E BAIROS DA AID (1)	DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES								
	Destino do lixo								
	Total	Coletado			Queimado (na propriedade)	Enterrado (na proprie- dade)	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Jogado em rio, lago ou mar	Outro destino
Total		Por serviço de limpeza	Em caçamba de serviço de limpeza						
Região Adm. XIV	2803	2 716	2 696	20	56	-	25	5	1
Sem especificação	990	748	745	3	201	1	10	-	30
Rio Claro	4404	3 294	755	2 539	915	55	115	15	10
Getulândia	330	195	38	157	119	1	14	1	-
Lídice	1321	1 117	320	797	160	14	25	3	2
Passa Três	855	618	121	497	204	10	16	5	2
Rio Claro	1654	1 330	270	1 060	246	20	46	6	6
São João Marcos	244	34	6	28	186	10	14	-	-
Mangaratiba	7189	6 370	4 121	2 249	679	25	65	4	46
Conceição de Jacareí	693	579	305	274	86	7	18	-	3
Itacurussá	1381	1 031	772	259	279	11	20	-	40
Mangaratiba	3366	3 079	1 717	1 362	256	7	22	-	2
Vila Muriqui	1749	1 681	1 327	354	58	-	5	4	1

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

(2) A indicação dos Subdistritos e Bairros ocorre apenas para os Municípios que os possuem.

No município de Angra dos Reis, os sistemas e a rede de captação de água para abastecimento público são controlados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE) municipal, e apresenta muitos problemas. O abastecimento é feito por 56 sistemas de captação (Tabela 36), em sua grande maioria situados no alto curso e/ou próximo às nascentes de rios de pequeno porte, onde foram construídas pequenas barragens e “reservatórios” onde a água captada é tratada e distribuída para as edificações próximas. Segundo o PMAR (1999), 40% da população de Angra dos Reis é abastecida pelo sistema de Banqueta, no rio Japuíba, 40% por outros sistemas da prefeitura, 18% por sistemas particulares, pertencentes a condomínios, hotéis, vilas de funcionários de empresas (Eletronuclear, TEBIG, BRASFELS etc), e 2% não usufruem água distribuída da rede.

Tabela 30 - Sistemas de captação de água no Município de Angra dos Reis (RJ).

BAIRRO/SISTEMA	TIPO	VOLUME DO RESERVATÓRIO*
Ariró	Barragem	Não possui
Bracuí	Bomba de sucção	10 m ³
Santa Rita do Bracuí	Barragem	Não possui
Gamboa do Bracuí	Barragem	50 m ³
Sertãozinho/Frade	Barragem	340 m ³
Morro da Constança/Frade	Barragem	30 m ³
Costão/Frade	Barragem	100 m ³
Morro da Pedreira/Frade	Barragem	50 m ³
Praia Vermelha	Barragem	Não possui
Vila Histórica	Barragem	30 m ³
Boa Vista	Barragem	120 m ³
Itapicu/Perequê	Barragem	360 m ³
Lambicada	Barragem	Não possui
Garatucaia	Barragem	Não possui
Praia do Machado	Barragem	Não possui
Caputera	Barragem	120.000 m ³
Camorim Grande	Barragem	Não possui
Camorim Pequeno	Barragem	Não possui
Monsuaba	Barragem	Não possui
Galloway/Monsuaba	Barragem	126 m ³
Bonfim	Barragem	43 m ³
Sap I/Toca do Morcego	Barragem	Não possui
Monte Castelo	Barragem	42 m ³

BAIRRO/SISTEMA	TIPO	VOLUME DO RESERVATÓRIO*
Sap. II Monte Castelo	Barragem	Não possui
Sap. III	Barragem	100 m ³
Morro do Carmo	Derivação da rede Cedae	24 m ³
Morro Caixa D'água	Barragem	Não possui
Morro Caixa D'água/Captação da Júlia	Barragem	Não possui
Morro Caixa D'água/Santo Antônio	Barragem	19 m ³
Morro da Carioca	Nascente	4 m ³
Carioca	Não possui	800 m ³
Abel	Não possui	800 m ³
Santo Antônio	Barragem	42 m ³
Sap. I	Barragem	50 m ³
Morro do Peres	Derivação da rede Cedae	30 m ³
Praia Grande Araçatiba	Barragem	25 m ³
Passa Terra	Barragem	Não possui
Matariz	Barragem	5 m ³
Bananal	Barragem	20 m ³
Abraão	Barragem	8 m ³
Abraão/Morro do Cemitério	Barragem	6 m ³
Abraão/Morro da Encrenca	Barragem	20 m ³
Praia de Provetá	Barragem	Não Possui
Praia Vermelha	Barragem	Não Possui
Japuíba	Barragem	1600 m ³
Morro das Velhas	Barragem	20 m ³
Pró-Morar	Barragem	Não Possui
Areal	Barragem	25 m ³
Campo Belo	Derivação da rede Cedae	100 m ³
Campo Belo II	Barragem	Não Possui
Serra D'água	Barragem	18 m ³
Belém	Barragem	15 m ³

Fonte: SAAE/Angra dos Reis.

* O termo reservatório refere-se ao local de armazenamento das águas captadas dos rios, onde geralmente é realizado o tratamento (filtração e/ou cloração) antes de sua distribuição.

Conforme apontam FRANCISCO & CARVALHO (no prelo), as captações estão localizadas em bacias com área inferior a 5 km², predominando em bacias de 1^a e 2^a ordem com área inferior a 2 km². Estes rios experimentam um decréscimo considerável em suas vazões por ocasião do período de estiagem (junho a setembro) e sofrem intenso assoreamento durante os períodos de chuvosos, especialmente quando suas bacias experimentam mudanças significativas no uso e cobertura do solo. As situações de extrema escassez de água nos mananciais utilizados pelo SAAE/Angra dos Reis durante a estiagem desencadeiam uma busca maciça por outros mananciais próximos às estruturas de armazenamento e distribuição já existentes, além da intensificação do uso de caminhões-pipa para abastecimento da população, em situações de emergência. Suspensões temporárias do fornecimento de água devido ao entupimento dos sistemas de captação por sedimentos também são freqüentes, durante os períodos chuvosos.

6.5.1.2.2. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas litorâneas inseridas na AID

As bacias hidrográficas litorâneas compreendidas na área analisada são constituídas por sistemas hidrográficos que dissecam os compartimentos de degraus escarpados e reafeiçoados da Serra do Mar, apresentando dimensões bastante reduzidas (até 10 km²). As bacias dos rios Mambucaba e Bracuí correspondem a sistemas hidrográficos associados às zonas de maior recuo da escarpa da Serra do Mar, responsável pelo rompimento dos divisores de águas naturais na escarpa serrana, capturando a rede de drenagem dos compartimentos menos dissecados do Planalto da Bocaina. Destacam-se pelas dimensões acentuadamente maiores que as bacias restritas ao domínio de escarpa, e apresentam grandes planícies fluviais no seu baixo curso, construídas pela sedimentação proveniente do trabalho erosivo na escarpa. Dentro da tipologia de bacias hidrográficas proposta no Levantamento e Diagnóstico Ambiental da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alverto – Meio Físico, correspondem ao tipo D.

Dentro do grupo de sistemas hidrográficos restritos à escarpa serrana, as bacias dos rios São Gonçalo, do Frade, Grataú, Florestão e Areia do Pontal configuram um conjunto com dimensões intermediárias (áreas entre 10 e 25 km²). As três primeiras correspondem, na tipologia anteriormente proposta, ao tipo C, caracterizado pela presença de planícies de pequena extensão no baixo curso, e a bacia do rio Areia do Pontal, ao tipo B, caracterizado por planícies estreitas e segmentadas. Nas demais bacias, com áreas predominantemente inferiores a 5 km², não ocorre o desenvolvimento de planícies fluviais, correspondendo ao tipo A da tipologia.

As características apontadas refletem-se no número de nascentes (canais de 1^a ordem) das bacias hidrográficas litorâneas analisadas. Podem ser individualizados 3 grupos principais de bacias, segundo a Magnitude:

→ as bacias que abarcam os sistemas de drenagem do planalto (tipo D), com Magnitude superior a 40;

- aquelas restritas à escarpa serrana, porém com áreas maiores, apresentando Magnitudes entre 21 e 45 (tipos B e C);
- as de dimensões mais reduzidas, com Magnitudes não superiores a 20 (tipo A).

As bacias hidrográficas litorâneas na área analisada apresentam elevada densidade de canais em número e extensão. Analisando-se estes dados juntamente com os índices gerados para caracterização da forma das bacias hidrográficas, percebe-se que apesar da restrição física imposta pela escarpa da Serra do Mar, as bacias apresentam uma conformação predominantemente alongada, evidenciada pelos valores de Índice entre o Comprimento e Área da Bacia superior a 1,2. Além desta característica, ocorre o predomínio de bacias com forma estrangulada, ou seja, significativamente mais estreitas na sua foz, caráter verificado pelos valores de Índice de Estrangulamento superiores a 2,5. Ocorrem, também, secundariamente, bacias alongadas com divisores aproximadamente paralelos, evidenciadas pelos valores de Índice de Estrangulamento compreendidos na faixa entre 0,009 e 2,5.

A análise dos parâmetros morfométricos obtidos para as bacias hidrográficas da AID evidenciam, portanto, o predomínio de um padrão morfológico caracterizado por bacias alongadas, estranguladas, de significativa densidade de canais, possuindo áreas de contribuição da drenagem formadora (canais de 1ª ordem) com elevada declividade. Este padrão morfológico traduz-se em condições de alta concentração do escoamento a jusante das bacias, porém com comportamentos variados quanto ao tempo de resposta da curva de vazão às entradas de chuva, assim como no decaimento das vazões após as chuvas, em função da distribuição espacial e temporal dos eventos de pluviosidade sobre a superfície destas bacias.

Estes aspectos indicam a importância de se realizar estudos hidrológicos mais detalhados neste tipo de ambiente, visando a apreensão das variáveis controladoras da variabilidade sazonal da disponibilidade hídrica nos mananciais de pequenas bacias hidrográficas, que constituem a grande maioria dos mananciais hídricos da região considerada.

6.5.1.3. Resultados dos estudos da dinâmica hidrológica

Na investigação de situações de enchentes, a bacia de drenagem é usada como uma entidade física para medir o volume de água e de sedimentos produzidos pelo escoamento superficial e processos de erosão, realizando-se, para tanto, análises morfométricas do canal fluvial e das bacias hidrográficas envolvidas. Além dos parâmetros morfométricos, vários estudos hidrológicos ressaltam outros aspectos, como as características do solo (particularmente aquelas vinculadas à infiltração), a geologia (enfatizando-se a estrutura e a friabilidade das coberturas inconsolidadas, responsáveis pelas características de erodibilidade do terreno), a cobertura vegetal (que afeta especialmente as taxas de erosão, infiltração e retenção de água no solo), bem como as condições meteorológicas e climáticas que controlam a natureza da precipitação (Patton, 1988).

Kochel (1988) resume esses aspectos apontando dois segmentos de análise de fatores condicionantes das respostas geomorfológicas a intensas inundações:

- Fatores da bacia hidrográfica: são controles externos ao canal e planície de inundação, correspondendo ao clima (regime de chuvas), hidrologia (pico de descarga, área de contribuição), morfometria da bacia, carga sedimentar, vegetação e solos;
- Fatores do canal fluvial: compreendem controles internos ao rio, resultando de características físicas do canal fluvial e dos fluxos, correspondendo ao gradiente do canal, geometria do canal e da planície, morfologia do canal e coesão do banco fluvial, entre outros.

Com relação aos fatores da bacia hidrográfica, deve-se destacar que a área de contribuição da bacia necessária a grandes enchentes é extremamente variável, relacionando-se a outros parâmetros de natureza morfológica, tais como coeficiente de compacidade, fator forma, extensão superficial média, etc., que se associam à tendência de convergência de fluxos no interior da bacia favorecendo a ocorrência de acentuados picos de vazão. Patton (1988) ainda destaca a relevância da análise dos parâmetros de hierarquia e gradiente de canais, considerando o método de hierarquização desenvolvido por Shreve mais significativo na correlação com a vazão da enchente, dada a importância dos canais de primeira ordem para o número total e comprimento de canais numa bacia durante fluxos intensos. Em relação ao gradiente de canais, os valores mais elevados, caracterizando um relevo dissecado, provocam uma diminuição do tempo de concentração do escoamento superficial, aumentando, então, o pico de vazão da enchente.

A geometria dos canais constitui fator igualmente relevante para a análise de inundações. No caso de rios de ambiente montanhoso, os canais fluviais tendem a ser profundos e estreitos, apresentando leito irregular constituído de material extremamente grosseiro. Num episódio de cheia, tais características causam grande turbulência no fluxo do canal, podendo resultar em movimentação acentuada de materiais e profundas alterações (no canal e na sua planície de inundação, conforme mencionado por Kochel, 1988). As características do canal, no entanto, também podem ser modificadas por meio de obras, principalmente nas áreas urbanizadas, alterando o tempo e a magnitude de ondas de enchentes (Dunne, 1988). Os rios de ambientes montanhosos, por encontrarem-se freqüentemente entalhados sobre leitos constituídos de materiais resistentes (materiais não aluviais) e/ou apresentarem planícies de inundação muito estreitas e descontínuas, caracterizam-se por produzir condições de elevada instabilidade nas encostas adjacentes às calhas fluviais, desencadeando deslizamentos e, conseqüentemente, a entrada de grande carga sedimentar nos canais fluviais (Gerrard, 1990).

Outro fator de grande importância para a ocorrência de enchentes em ambientes montanhosos é a pequena espessura dos solos e/ou mantos de alteração, o que acarreta rápido escoamento, produzindo grandes picos de vazão. Esse aspecto, assim como os demais apontados acima, fornecem às bacias hidrográficas de áreas montanhosas um comportamento

distinto dos demais tipos de ambientes fluviais, o qual requer uma atenção especial aos parâmetros necessários ao equacionamento dos seus controles em diferentes escalas espacial e temporal.

Apesar da magnitude e da frequência de enchentes dependerem das características da bacia hidrográfica, o clima, segundo Hayden (1988), é fator condicionante decisivo na medida em que a ocorrência de precipitação pode apresentar características de intensidade, duração e frequência significativas para a formação de inundações severas. Vários autores preconizam a maior inserção de dados pluviométricos nas análises de enchentes, ressaltando a necessidade de avaliar a ocorrência de inundações na escala temporal estabelecendo-se relações com o clima. Adotando-se tal perspectiva, haveria um melhor entendimento dos processos relacionados às enchentes, assim como uma melhor avaliação quantitativa da sua variabilidade temporal e espacial.

Os principais sistemas climáticos considerados na ocorrência de enchentes são: a convergência intertropical, movimentos ciclônicos, chuvas orográficas e sistemas frontais. Os dois últimos sistemas, comuns na área de influência da usina Angra 3, caracterizada por relevo montanhoso que causa instabilidade no ar na passagem de ventos e massas de ar, podem ser intensificados pelo aquecimento solar diurno, formando precipitações de grande magnitude e intensidade.

6.5.1.3.1. Variação espacial e temporal da precipitação

A pluviosidade na região da área de influência do empreendimento é uma das mais altas registradas no território brasileiro. Segundo Davis & Naghettini (2001), a Serra do Mar constitui uma barreira orográfica de extrema importância para a elevação da precipitação nesta região do Brasil, principalmente na área de Angra dos Reis. Os fatores latitude e proximidade do mar (somados à posição da cadeia montanhosa em relação à trajetória dos sistemas frontais e linhas de instabilidade), criam condições de forte radiação solar, fornecimento de umidade e núcleos de condensação, que, conjugados à perturbação dos anticiclones móveis polares, provocam precipitações anuais geralmente acima de 2.000 mm.

As normais climatológicas calculadas pelo INMET para a estação meteorológica de Angra dos Reis evidenciam os elevados valores de precipitação existentes (Tabela 31). Verifica-se que a normal de Precipitação Anual do período 1931-1960 alcançou o valor de 2.384 mm, sendo os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro os que registraram os maiores totais pluviométricos, sempre superiores a 270 mm mensais. Esse comportamento é observado também na normal climatológica de Precipitação Anual do período 1961-1990, que, apesar de ser significativamente menor (1.976,7 mm), apresenta valores de precipitação mensal acima de 230 mm nos meses mais chuvosos.

Tabela 31 – Normais de precipitação mensal e anual dos períodos 1931-1960 e 1961-1990 - Estação Meteorológica de Angra dos Reis (RJ) (Normais de precipitação total, em mm)

Mensal												Anual	
Períodos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1931-1960	291,8	277,4	280,3	197,0	148,3	104,8	96,8	116,1	143,0	208,1	234,5	286,6	2.384,7
1961-1990	276,4	240,2	237,1	185,5	109,0	78,3	76,2	78,2	116,0	144,1	166,6	265,0	1.976,7

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os gráficos da Figura 172 permitem a visualização da variação da pluviosidade durante o ano. Neles se observa que, após o primeiro trimestre (meses mais chuvosos), os totais mensais apresentam uma significativa queda, sendo no mês de julho cerca de 1/3 dos verificados no mês de janeiro, voltando a crescer progressivamente após o mês de julho.

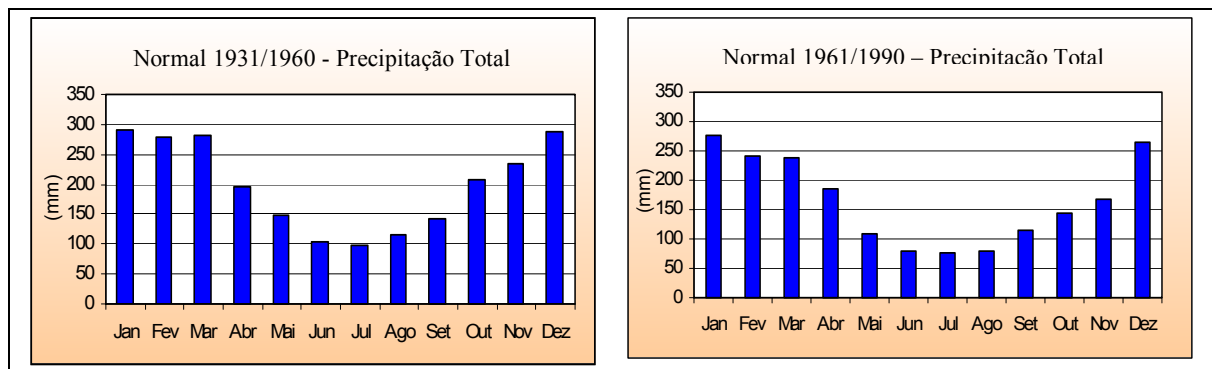


Figura 172 – Normais climatológicas de precipitação mensal para os períodos de 1931-1960 e 1961-1990 - dados da Estação Meteorológica de Angra dos Reis (RJ).

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os dados de Precipitação Máxima em 24 horas (Figura 173) revelam ainda que, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, podem ocorrer dias com pluviosidade extremamente alta, exemplificada pelo evento registrado em 17 de fevereiro de 1956, com total pluviométrico de 307 mm, volume de precipitação superior ao total mensal de fevereiro. Apesar de os totais pluviométricos mensais dos demais meses apresentarem-se bem inferiores, verifica-se que também ocorrem chuvas bastante intensas como, por exemplo, o evento registrado em 12/9/1948 (final do período de estiagem), correspondente a 190 mm em 24 horas.

Confrontando-se os gráficos da Figura 172 e da Figura 173 constata-se que, apesar do período 1961-1990 ter se caracterizado por uma pluviosidade total anual bem menor que a do período 1931-1960, há registro de dias com totais de chuva significativamente elevados tanto

nos meses de verão como nos de inverno, como evidenciado pelas ocorrências dos meses de julho de 1986 e agosto de 1971. Tais dados demonstram a grande variabilidade temporal da pluviosidade na região enfocada, especialmente da pluviosidade diária.

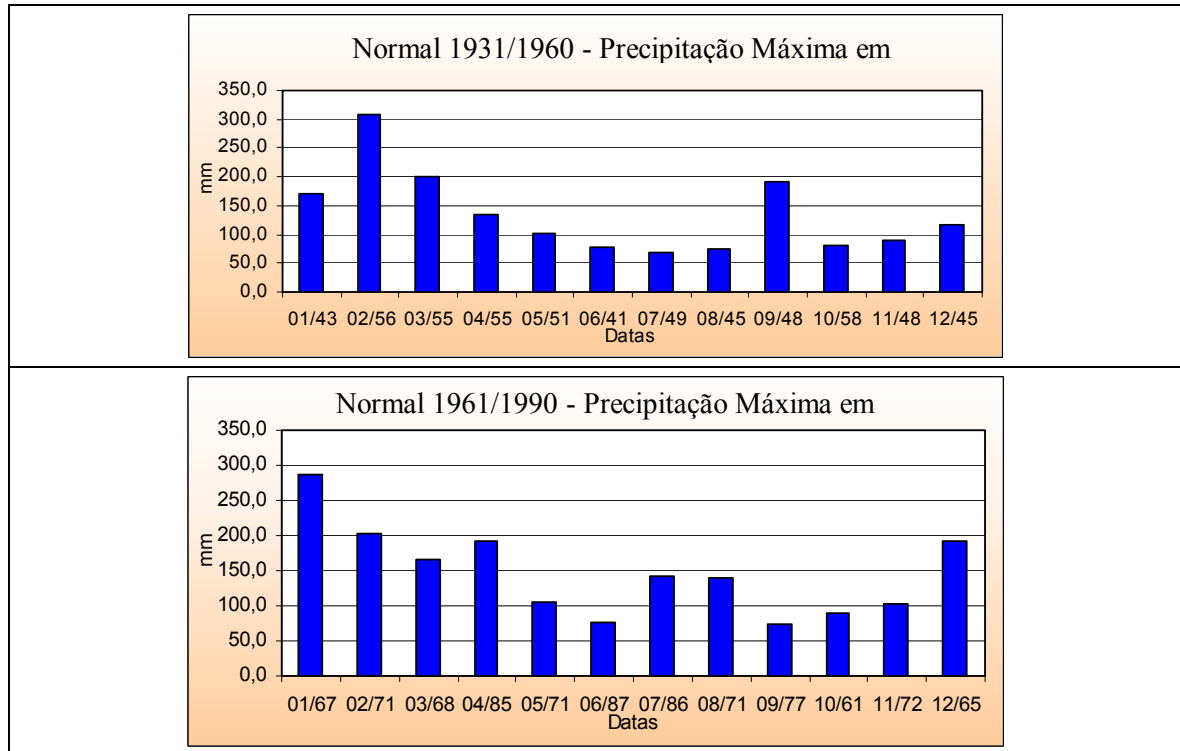


Figura 173 – Maiores precipitações diárias registradas entre os anos de 1931 e 1990 - Estação Meteorológica de Angra dos Reis.

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Na Tabela 32 encontram-se expostos os valores de pluviosidade total anual das estações pluviométricas operadas pela CPRM existentes na Área de Influência Indireta do empreendimento. Verifica-se, de imediato, uma pluviosidade total anual superior a 2.000 mm nas estações São Roque, Vila Mambucaba, Vila Perequê, Bracuí e Patrimônio, ratificando o comportamento observado na estação de Angra dos Reis, ocorrendo, porém, valores de precipitação significativamente inferiores nas estações Campo do Cunha, Ibicuí e Rialto, o que denota uma grande variabilidade espacial das chuvas na região.

Tabela 32 – Valores de média aritmética, desvio padrão, mediana e moda calculados a partir dos totais pluviométricos anuais das séries históricas das estações pluviométricas situadas nas áreas de influência do empreendimento

Estações	Média anual	Desvio padrão	Mediana	Moda
São Roque	2221,93	473,34	2089,45	2806,20
Vila Mambucaba	2254,90	386,29	2453,40	2297,00
Vila Perequê	2329,12	392,64	2239,90	2239,90
Bracuí	2319,38	303,07	2416,20	1984,80
Patrimônio	2102,04	381,90	2245,50	2361,60
Fazenda das Garrafas	1917,14	285,50	1899,10	1783,90
Alto Serra do Mar	1943,20	755,83	1675,30	2796,50
Campo do Cunha	1449,98	231,23	1465,35	1101,00
Ibicuí	1615,40	591,92	1540,70	2331,40
Rialto	1308,35	257,74	1302,50	1444,80

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os parâmetros estatísticos calculados para o conjunto de estações situadas dentro da AII evidenciam valores de desvio-padrão elevados, caracterizando, desse modo, uma grande variabilidade temporal da precipitação na área considerada. Os valores de desvio-padrão mais elevados são documentados nas estações Alto Serra do Mar (755), Ibicuí (591) e São Roque (473). Nessas, a moda é muito superior à média, demonstrando a maior frequência de anos extremamente chuvosos. De forma inversa, uma maior frequência de anos menos chuvosos ocorre nas estações Bracuí e Campo do Cunha, cujos valores de moda são significativamente inferiores a media. Essas estações, juntamente com a Fazenda das Garrafas e Rialto, apresentam desvios-padrão relativamente menores, indicando uma menor variabilidade temporal da precipitação. A variação espacial e temporal da precipitação documentada através desses dados denota a importância de se compreender os fatores associados à variabilidade das entradas de chuva na ocorrência de enxurradas e no aporte de sedimentos para as calhas fluviais, bem como nas estiagens prolongadas que interferem nas condições de abastecimento de água da região.

Na Figura 174 e na Tabela 33 são mostradas as frequências da precipitação diária nas estações pluviométricas Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba), Vila Mambucaba (baixo curso do Rio Mambucaba) e São Roque (próxima ao Rio Perequê-Açu). Observa-se, nas três estações, que as chuvas de 0-2,5 mm apresentam frequência superior a 68%, sendo a frequência das chuvas com valores acima de 25 mm, que correspondem a totais pluviométricos significativos para ocorrência de enchentes, bem inferior às primeiras.

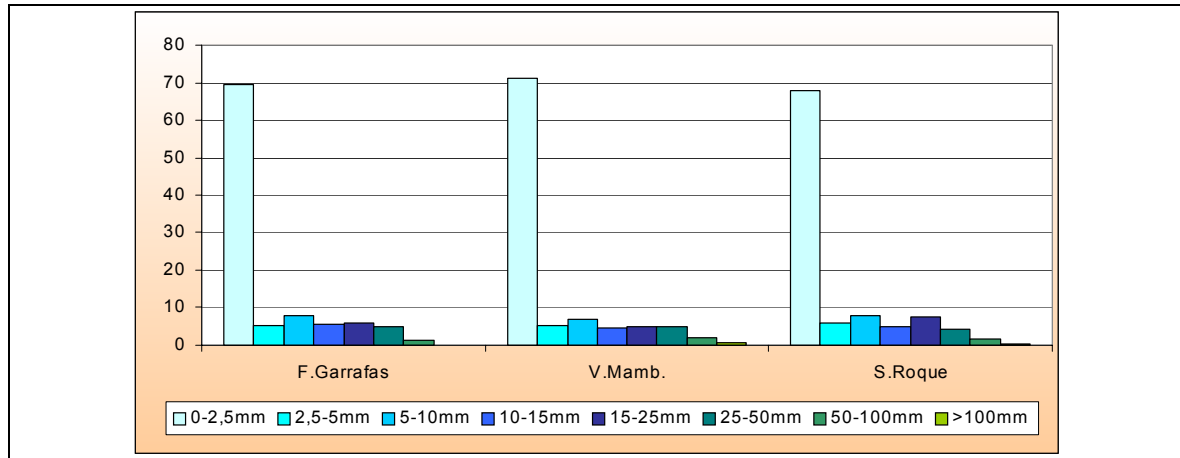


Figura 174 – Frequência relativa (%) da precipitação diária (classes definidas pelo INMET) para as estações Fazenda das Garrafas, Vila Mambucaba e São Roque.

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 33 – Frequência relativa de classes de precipitação diária para as séries históricas das estações analisadas

Estações Pluviométricas	Classes de precipitação (mm/dia)							
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-15	15-25	25-50	50-100	>100
Faz. das Garrafas	70	5	8	6	6	5	1	0
Vila Mambucaba	71	5	7	5	5	5	2	1
São Roque	68	6	8	5	7	4	2	0

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Na análise da série histórica dessas estações, verifica-se a ocorrência significativa de elevados totais pluviométricos diários, principalmente nas estações São Roque e Vila Mambucaba — respectivamente, 42 e 39 ocorrências de chuva acima de 100 mm em 24 horas —, sendo o maior total pluviométrico diário encontrado na estação São Roque de 250 mm, e na estação Vila Mambucaba, de 375 mm.

Na Figura 175 e na Tabela 34 pode-se visualizar o detalhamento da distribuição da frequência das precipitações diárias acima de 100 mm, em valores absolutos. Verifica-se que, nas estações Vila Mambucaba e São Roque, a frequência das chuvas entre 100 e 150 mm é significativa (respectivamente, 24 e 33 dias), contrastando com a Fazenda das Garrafas (três dias) e Vila Perequê. A ocorrência das demais classes mostra-se expressivamente menor, denotando a raridade dos eventos diários muito extremos nos intervalos de tempo considerados, que correspondem a 18 anos nas estações Fazenda das Garrafas e Vila Mambucaba, e 32 anos na São Roque. Destaca-se ainda a magnitude desses eventos, que

chegam a ultrapassar 200 mm em um único dia, valor comparável ao total mensal de um mês de verão.

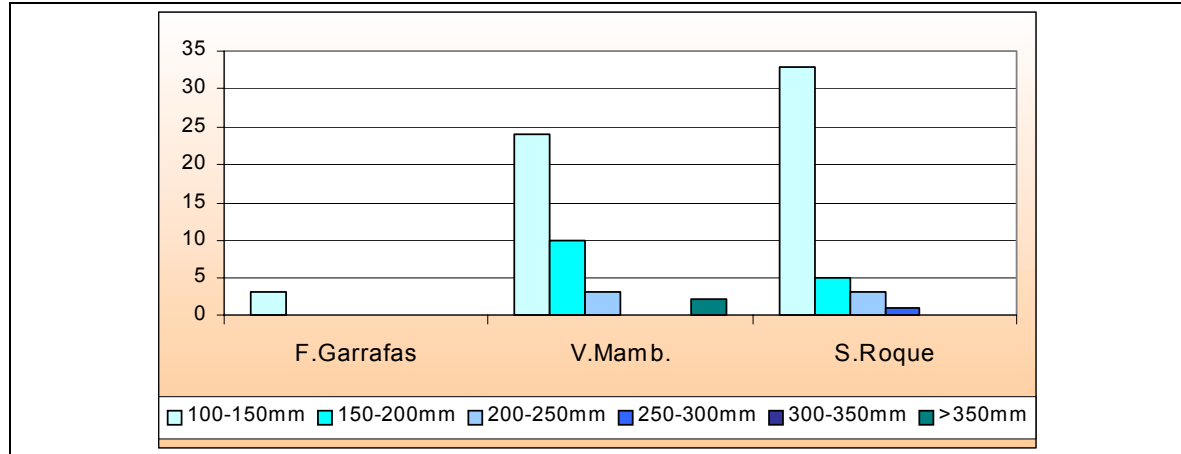


Figura 175 – Frequência absoluta (em dias), da precipitação para as estações Fazenda das Garrafas, Vila Mambucaba e São Roque.

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 34 – Frequência absoluta (em dias), de classes de precipitação para as séries históricas das estações analisadas.

Estações pluviométricas	Classes de precipitação (mm)					
	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	>350
Fazenda das Garrafas	3	0	0	0	0	0
Vila Mambucaba	24	10	3	0	0	2
São Roque	33	5	3	1	0	0

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

A análise de dias consecutivos de chuva para as três estações pluviométricas (Figura 176 e Tabela 35) mostra que seqüências de 2 a 5 dias de chuvas correspondem às situações mais comuns. A observação dos dados permitiu identificar que a ocorrência de períodos mais extensos de dias chuvosos se dá especialmente nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, enquanto entre maio e setembro as seqüências de dias com chuva são menores (geralmente de 2 a 3 dias) e muito mais escassas, aumentando de frequência a partir do mês de outubro. Foi possível identificar, ainda, a ocorrência de períodos de dias consecutivos de chuva separados por apenas 1 ou 2 dias sem chuvas, comportamento bastante comum nos meses de verão, sendo tais intervalos entre os períodos chuvosos progressivamente maiores de abril a outubro.

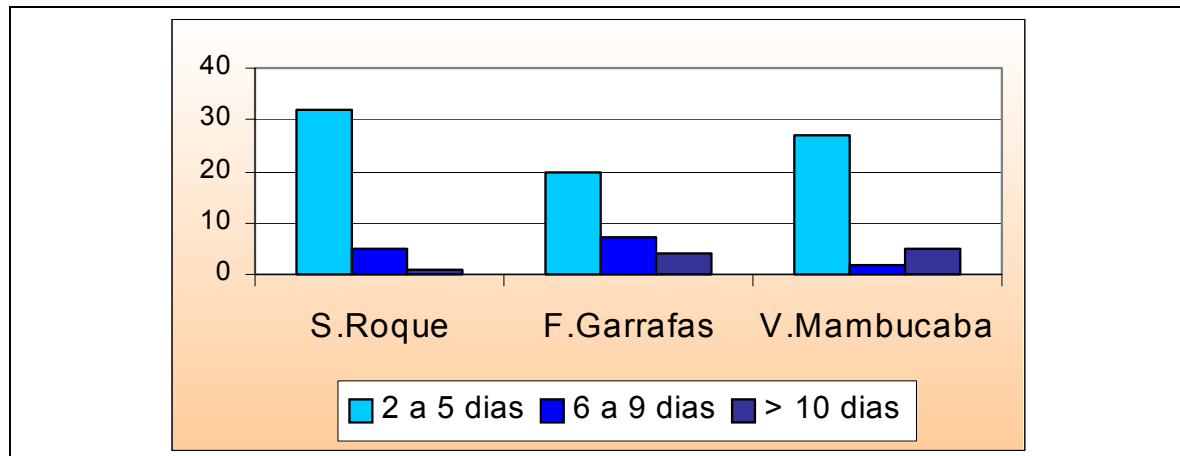


Figura 176 – Frequência relativa (%) das classes de dias consecutivos de chuva nas estações pluviométricas São Roque (Rio Perequê-Açu), Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba) e Vila Mambucaba (baixo curso do Rio Mambucaba).

Fonte: INMET / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 35 – Frequência absoluta de classes de dias consecutivos de chuva para os anos de 1985, 1990 e 1996.

Estações pluviométricas	Classes de dias consecutivos de chuva		
	2 a 5 dias	6 a 9 dias	> 10 dias
Fazenda das Garrafas	20	7	4
Vila Mambucaba	27	2	5
São Roque	32	5	1

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Para a estação São Roque, a análise pormenorizada dessas seqüências de dias com chuva evidenciou também que, apesar de períodos com mais de seis dias consecutivos de chuva se mostrarem menos freqüentes, as chuvas superam facilmente 20 mm/dia, havendo casos de valores superiores a 100 mm. Tal comportamento pode ser visualizado, por exemplo, no único período de 12 dias consecutivos de chuva, ocorrido em janeiro de 1985, cujos totais pluviométricos diários variaram de 2 a 30 mm, com exceção de um dia, que apresentou uma precipitação total de 233 mm.

A estação Vila Mambucaba apresenta menor incidência de seqüências de 2 a 5 dias chuvosos consecutivos e, por outro lado, uma maior freqüência de períodos chuvosos acima de 10 dias, em relação à estação São Roque, sendo registrados um período de 15 dias e um de 11 dias no ano de 1985, e dois períodos de 10 dias e um de 12 dias no ano de 1996. O comportamento da precipitação total diária nesses períodos chuvosos mais extensos variou

basicamente entre 0,8 mm e 40 mm, ocorrendo geralmente pelo menos um dia com precipitação muito superior a esse intervalo (209 mm em janeiro de 1985, 160 mm em fevereiro de 1996 e 106 mm em março de 1996).

Na estação Fazenda das Garrafas, cujos totais pluviométricos diários se mostram significativamente menores que os das demais estações estudadas (quadro 11, citado anteriormente), ocorre a menor incidência de seqüências de 2 a 5 dias chuvosos, destacando-se, no entanto, com freqüências relativamente elevadas, os períodos com 6 a 9 dias de chuva (especialmente no ano de 1990) e com mais de 10 dias consecutivos de chuva (em 1985 e 1996). De maneira análoga às estações anteriores, apresenta grande variação nos valores de chuva diária (de 0,2 a 50 mm), sendo que os totais pluviométricos máximos, nesta estação, não ultrapassam 64 mm.

Conjugando essa análise de dias consecutivos de chuva com a freqüência da pluviosidade diária, verifica-se que, embora os totais pluviométricos diários elevados (acima de 25 mm) sejam relativamente raros (em média, 18 dias por ano), encontram-se concentrados principalmente nos meses de verão, quando também ocorrem as maiores seqüências de dias chuvosos. Esse aspecto do comportamento das chuvas, conjugado às características geomorfológicas das bacias hidrográficas, especialmente no tocante ao elevado gradiente das encostas, muitas vezes constituídas de afloramentos rochosos e/ou solos rasos pouco permeáveis ou impermeáveis, resultam em condições propícias à produção de fluxos torrenciais geradores de enchentes no baixo curso dos rios.

Assim, valores intermediários de precipitação diária, apesar de apresentarem freqüência relativamente baixa, podem levar à ocorrência de inundações no baixo curso de alguns rios, especialmente quando combinados a dias de totais pluviométricos elevados, a intervalos maiores de dias consecutivos de chuva e/ou à maré alta. A tendência de ocorrência de eventos dessa natureza nos meses de verão, quando se dá um intenso aumento do número de visitantes, traz maiores transtornos e prejuízos à população e à administração pública.

Outro aspecto importante a ser considerado constitui a maior pluviosidade documentada nas duas estações que se situam a jusante dos rios Mambucaba (município de Angra dos Reis) e Perequê-Açu (Parati) — Vila Mambucaba e São Roque — em cujas planícies encontram-se instalados importantes núcleos de ocupação, que têm registrado com freqüência eventos de enchentes. A menor extensão do percurso das águas pluviais até os canais fluviais resulta em rápidas respostas nos cursos d'água, com picos pronunciados de vazão.

6.5.1.3.2. Ocorrência de enchentes e o comportamento das vazões

A relação entre a precipitação e a vazão, nos cursos fluviais dos rios Mambucaba e Perequê-Açu, pode ser avaliada através dos coeficientes de correlação entre essas duas variáveis (Tabela 36) para os anos de 1990 (ano representativo para a situação de menor vazão e precipitação), e 1985 e 1996 (anos representativos para condições de maiores vazões e precipitações).

Tabela 36 – Valores de correlação entre dados diários de precipitação e vazão de estações fluviométricas e pluviométricas mais próximas à CNAAA para os anos de 1990 (ano de menores vazões e precipitações), 1985 e 1996 (anos de maiores vazões e precipitações).

Localidades	1985	1990	1996
Alto curso do Rio Mambucaba	0,47	0,48	0,46
Baixo curso do Rio Mambucaba	0,73	0,49	0,41
Rio Perequê-Açu	0,54	0,44	0,17

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os valores de correlação apresentam-se moderadamente baixos, demonstrando que, apesar de haver uma tendência esperada de intensificação da vazão em função do incremento da precipitação (Figura 177), essa resposta é fortemente mediada por outras variáveis no ambiente considerado. Tal fato pode ser visualizado também através dos gráficos apresentados a seguir (Figura 177 a Figura 179) ilustrações 15 a 17, que permitem a análise detalhada do comportamento da precipitação e da vazão para os anos de 1985 e 1990. Verifica-se que determinados episódios de chuvas intensas registradas nas estações pluviométricas analisadas não resultam em aumentos significativos de vazão, tendo sido também documentadas elevações de vazão sem que haja registro de chuvas consideráveis nas estações pluviométricas analisadas. No entanto, quando se relacionam seqüências de dias chuvosos com os valores de vazão, observa-se que os aumentos significativos na descarga fluvial estão inseridos nesses períodos de dias consecutivos de chuva, mesmo que, em algumas seqüências, não haja totais pluviométricos muito elevados. Os valores baixos de correlação observados também estão relacionados à permanência, durante alguns dias, de vazões moderadamente altas após grandes picos de descarga, mesmo sem novas chuvas, assim como à grande variabilidade especial da precipitação que incide sobre essas bacias.

Esses aspectos podem ser visualizados no comportamento da relação entre vazão e precipitação diárias na bacia do Rio Perequê-Açu, em 1996, cujo coeficiente de correlação mostra-se extremamente baixo (0,17), e bastante distinto das demais estações. As séries históricas de chuva e descarga fluvial desse ano demonstram que totais de precipitação diária razoavelmente elevados (de 20 a 80 mm) registrados na estação pluviométrica São Roque, situada próximo à bacia do Rio Perequê-Açu, não tiveram correspondência no aumento da vazão durante a maior parte dos meses. Nos meses de fevereiro e março, por outro lado, quando ocorreram períodos de dias consecutivos de chuva com duração de 3 a 9 dias, houve o aumento da vazão e a permanência de valores moderadamente elevados por alguns dias (Figura 179).

O valor de correlação mais elevado observado para o alto curso do Rio Mambucaba no ano de 1985 (0,73), apesar de parecer coerente, a princípio, com a posição geomorfológica da

estação em relação à bacia hidrográfica, deve ser considerado com certo cuidado, uma vez que a série histórica de vazão apresenta ausência dos dados do período de março a junho. A análise efetuada demonstra, porém, que a boa correspondência entre os aumentos de vazão e a ocorrência de pluviosidades elevadas se dá especialmente quando se encontram inseridos em períodos de dias consecutivos de chuva, apesar da magnitude de a descarga não se mostrar diretamente proporcional aos totais de chuva diária.

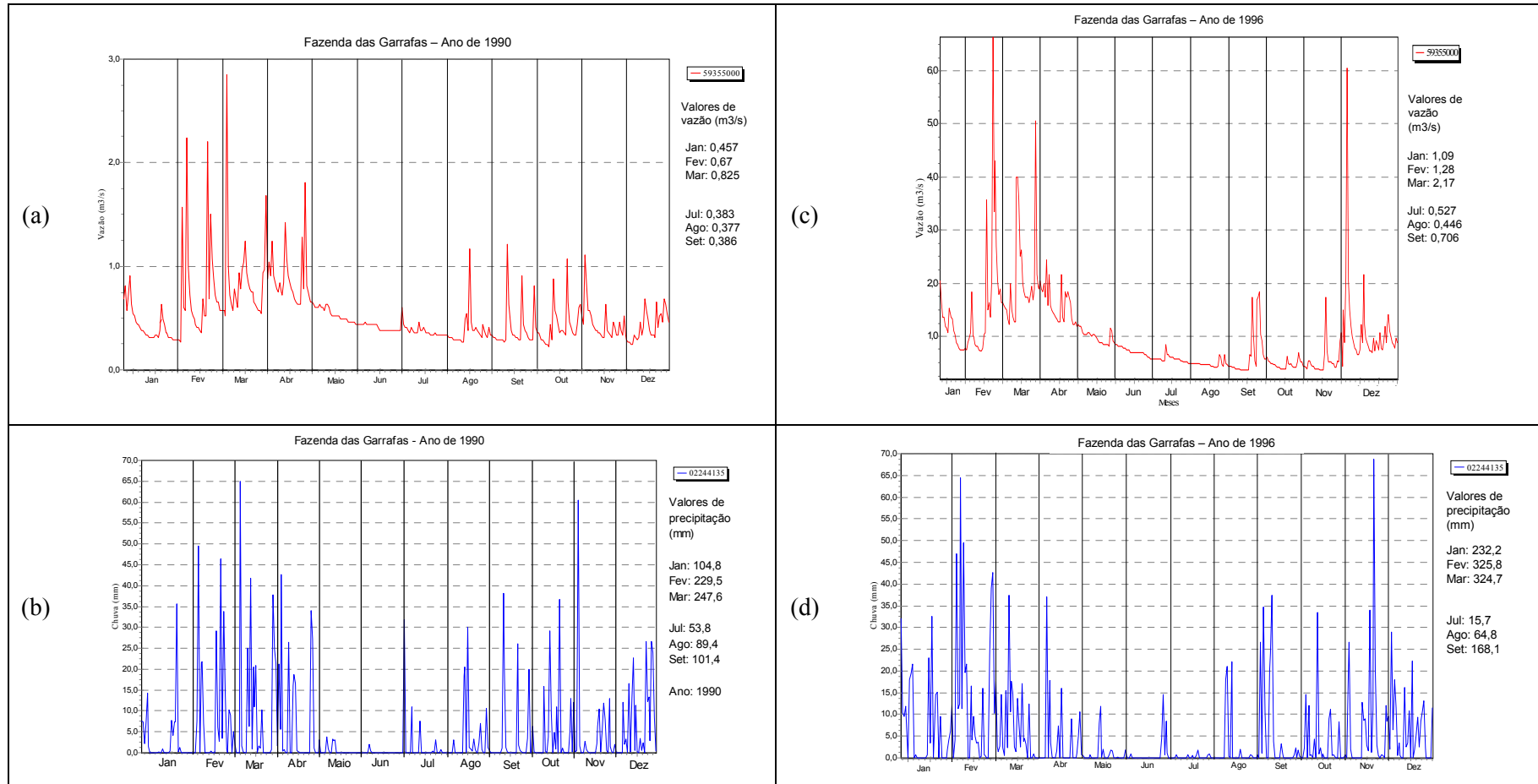


Figura 177 – Fluviograma (1990 (a) e 1996 (c)) e pluviograma (1990 (b) e 1996 (d)) para a estação Fazenda das Garrafas (alto curso do Rio Mambucaba) localizada no município de São José do Barreiro (SP), serra da Bocaina.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

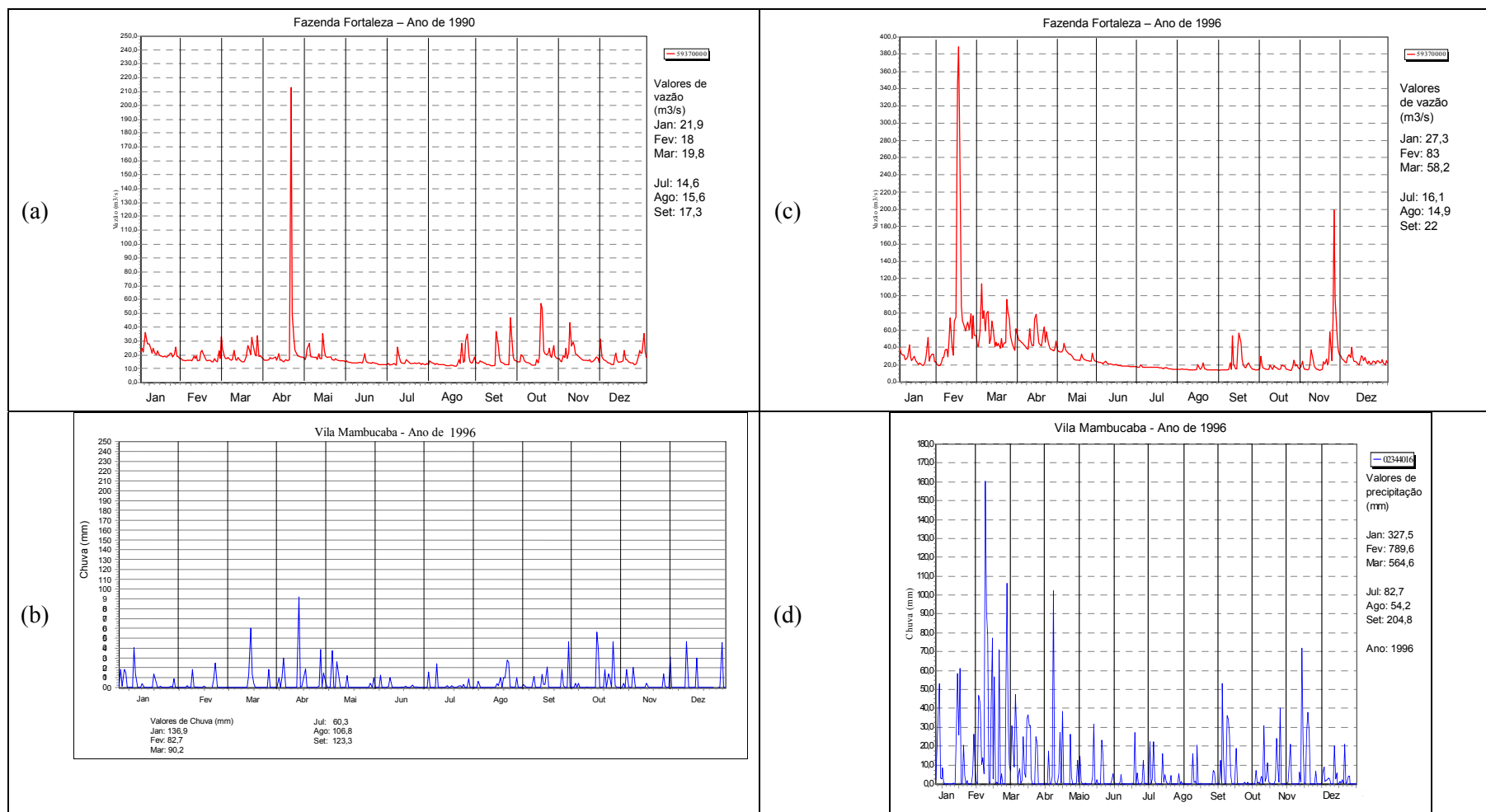


Figura 178 – Fluviograma (1990 (a) e 1996 (c)) e pluviograma (1990 (b) e 1996 (d)) para a estação Fazenda Fortaleza (baixo curso do Rio Mambucaba), localizada no município de Angra dos Reis (RJ).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

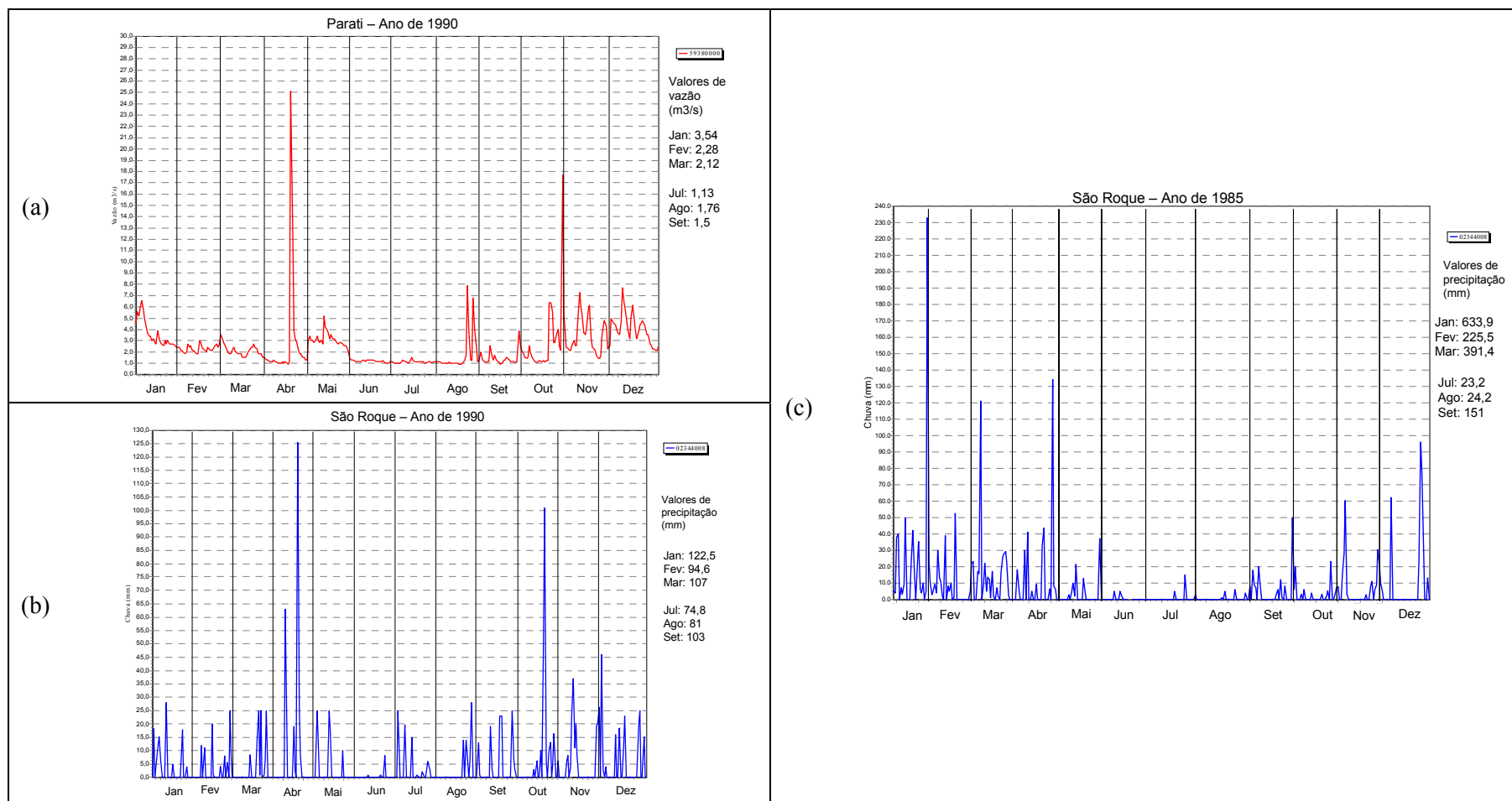


Figura 179 – Fluviograma (1990 (a)) para a estação Parati e pluviograma (1990 (b) e 1985(c)) para a estação São Roque

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os registros de ocorrências de problemas relacionados a chuvas intensas obtidos na Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis são mostrados na Tabela 37. Um aspecto importante a ser ressaltado quanto às informações obtidas nesse levantamento refere-se ao fato de que os registros dos atendimentos da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis só começaram a ser realizados a partir de 1991, não havendo uma discriminação precisa desses atendimentos. Uma parte das ocorrências levantadas diz respeito a episódios de enchentes e/ou subida significativa do nível da água, e outra se refere a ocorrências de escorregamentos e queda de barreiras, muros de arrimo, casas, etc. Desse modo, apesar de ter sido constatada a existência de um número relativamente reduzido de registros de enchentes e/ou escorregamentos, levando-se em conta a expressiva recorrência desses fenômenos, os registros encontrados foram considerados significativos para complementar a análise da relação precipitação/vazão.

Tabela 37 – Ocorrências levantadas na Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis (RJ).

Data	Registro/Descrição
Livro Didec Mambucaba 27/3/1995 a 28/5/1996	
12 e 13/11/95	Relato de chuva forte e ruas alagadas 19:10h. Rua Tancredo Neves, pessoas abrigadas no Colégio Frei Bernardo.
12/2/96	Temporal às 2:50h e enchentes com retirada de moradores.
14/2/96	Continuidade da enchente; desabrigados removidos para o Col. Frei Bernardo; rua Tancredo Neves; área do Rio Perequê foi atingida; rua Nova Divinéia, rua II e 05; 106 pessoas alojadas no Colégio Frei Bernardo.
Livro Didec Perequê 16/9/93 a 26/3/95	
2/3/94	Rio Perequê e Mambucaba – uma família desabrigada na escola Nova Perequê.
27/3/94	Enchente Rio Perequê.
08/12/94	Rio Mambucaba “botando para fora”.
12/02/95	Chuva deixa rios com nível crítico, mas sem transbordar.
Livro Didec Perequê – 24/6/92 a 14/9/93	
8/7/92	Rio Mambucaba aumenta de volume devido a chuvas (sem enchentes).
6/11/92	Rio Perequê transbordou em vários pontos.
28/11/92	Queda de barreiras perto de Itaorna impossibilitando passagem de carros.
19/1/93	Rios no Parque Perequê com pontos inundados.
4/2/93	Foi feito um UT sobre falta d’água no Perequê.
12/2/93	Alerta para os rios Perequê e Mambucaba com alguns pontos de transbordamento.
26/2/93	Mais de 13 pessoas desabrigadas perto do Perequê.
Didec do Frade 1/7/1998 – sem ocorrências	
Didec do Frade 18/9/1992 a 15/8/1993	

Data	Registro/Descrição
21/10/92	Deslizamento de barreira no morro da Constância, no. 324, às 15:00h devido ao uso (caixa d'água).
6/11/92	Vistoria no morro Constância – perigo de barreira – houve chuvas fortes.
16/11/92	Vistoria no colégio Cacique Cunhambebe perto do morro Constância, de onde estaria vindo muita lama e água.
18/11/92	Água removendo terra e expondo pedra.
21/12/92	Deslizamento no morro Constância sem perigo; pelo uso e muita chuva.
27/5/93	Vistoria no morro Constância perto da caixa d'água.
3/6/93	Interdição de terreno na rua Francisco Desoura s/nº.
Didec Frade – 1/3/92 a 17/9/92 – sem ocorrências	
Didec Frade – 29/11/95 a 21/3/97	
15/3/96	Vistoria na barreira em Piraquera (perto do Hotel do Frade) que teria deslizado.
Livro Didec Perequê 27/3/95 a 2000	
21/11/96	Rios Mambucaba com transbordamento e Perequê cheio, mas sem transbordar.
9/1/98	Pontos de alagamento no Mambucaba e Perequê, sendo quatro famílias removidas, devido a fortes chuvas.
12/3/98	(Perequê) Fortes chuvas alagaram pontos: rua 56 e fianl da 34, rua 36 próximo a rua 7, rua Tancredo Neves próximo ao depósito de gás, final da rua 34, rua 5 esquina com a rua 36.
01/12/00	(Ocorrências base) Vistoria num deslizamento atingindo uma residência no Frade.
Eventos em 12/2002	
Bairro do Areal	Rua do Sossego, rua Liberdade, rua Utopia, rua de Pedestre, rua 17 de Março, rua da Caixa D'água, rua dos Coqueirais, rua da Cachoeira. (189 áreas interditadas)
Bairro do Campo Belo	Rua da Vidéia, rua 21 de abril, rua da Glória, rua Guilhermina Conceição, BR-101 - km 95, rua do Campo Belo.
Vistorias – 1428	
Interdições – 396	
Desabamentos – 156	

Fonte: Defesa Civil Mun. Angra dos Reis (RJ) / “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Os gráficos de precipitação/vazão (Figura 180), relativos às estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do Rio Mambucaba, se referem às datas de ocorrência de enchentes com registro na Defesa Civil de Angra dos Reis, que abrangem fundamentalmente eventos documentados no baixo curso dos Rios Perequê (afluente do Mambucaba) e Mambucaba. Nesses gráficos, verifica-se que as respostas da vazão aos maiores picos de precipitação são mais efetivas quando ocorrem dentro de períodos com dias consecutivos de chuva,

permanecendo a vazão relativamente elevada durante vários dias, mesmo na ausência de novos eventos de chuva, ratificando o comportamento verificado anteriormente.

Confrontando-se os registros de enchentes com o comportamento da precipitação/vazão, verifica-se que o aumento da vazão para níveis acima de 50 m³/s geralmente leva ao alagamento de diferentes pontos do baixo curso do Rio Mambucaba, porém, encontrando-se situações em que, mesmo com vazões inferiores a esse valor, ocorreram registros de alguns locais alagados. Esse comportamento indica a importância das condições de maré na elevação do nível de base dos rios e na retenção do escoamento proveniente dos tributários e encostas, mesmo em situações de débitos fluviais não tão elevados. Desse modo, as planícies de inundação do baixo curso dos principais rios da região tornam-se áreas muito suscetíveis a inundações de porte variado, desde o alagamento de pontos localizados até enchentes generalizadas, inclusive em rios de pequeno porte que, em função da ocupação desordenada, têm gerado um número crescente de desabrigados e prejuízos materiais.

Através de curvas de permanência construídas para o alto e o baixo curso do Rio Mambucaba e para o Rio Perequê-Açu diagnosticou-se que a vazão do alto curso do Rio Mambucaba mostra-se extremamente reduzida em relação à das demais estações, chegando a quase zero em algumas épocas do ano, e estando abaixo de 0,3 m³/s durante 90% do tempo analisado. Vazões acima de 3 m³/s ocorrem em apenas em 2% do tempo. Já no baixo curso do Rio Mambucaba, os valores de vazão durante 90% do tempo são dificilmente inferiores a 5,3 m³/s e, em 50% do tempo, acima de 17 m³/s, ou seja, três vezes superior às vazões mais frequentes, sendo significativamente superiores aos verificados próximo à nascente, aspecto relacionado, indiscutivelmente, às dimensões desta bacia. Vazões de 50 m³/s correspondem a 7% do tempo de permanência, e picos acima de 115 m³/s são encontrados em aproximadamente 2% do tempo de permanência.

No Rio Perequê-Açu, o valor de vazão correspondente a 90% do tempo de permanência é da ordem de 1,4 m³/s, podendo-se encontrar valores 4 vezes superiores em 50% do tempo, superando 5 m³/s. Para tempos de permanência menores que 7%, a descarga aumenta drasticamente, variando entre 9 m³/s e valores acima de 22 m³/s.

Na Figura 181 encontram-se os gráficos confeccionados a partir das médias mensais das vazões, em conjunto com as médias dos valores máximos e mínimos. Verifica-se, de forma geral, que as maiores vazões ocorrem no período de verão, abrangendo especialmente os meses de janeiro, fevereiro e março, quando a média dos valores máximos de descarga fluvial é extremamente elevada em relação à vazão média e à vazão mínima. A partir do mês de abril, há uma diminuição significativa da descarga máxima, aproximando-se dos valores das demais médias. A partir de agosto ou setembro, observa-se um pequeno crescimento das vazões média e mínima e, por outro lado, um forte aumento da vazão máxima, relacionando-se à elevação dos totais pluviométricos diários e à ocorrência de maiores períodos consecutivos de chuva.

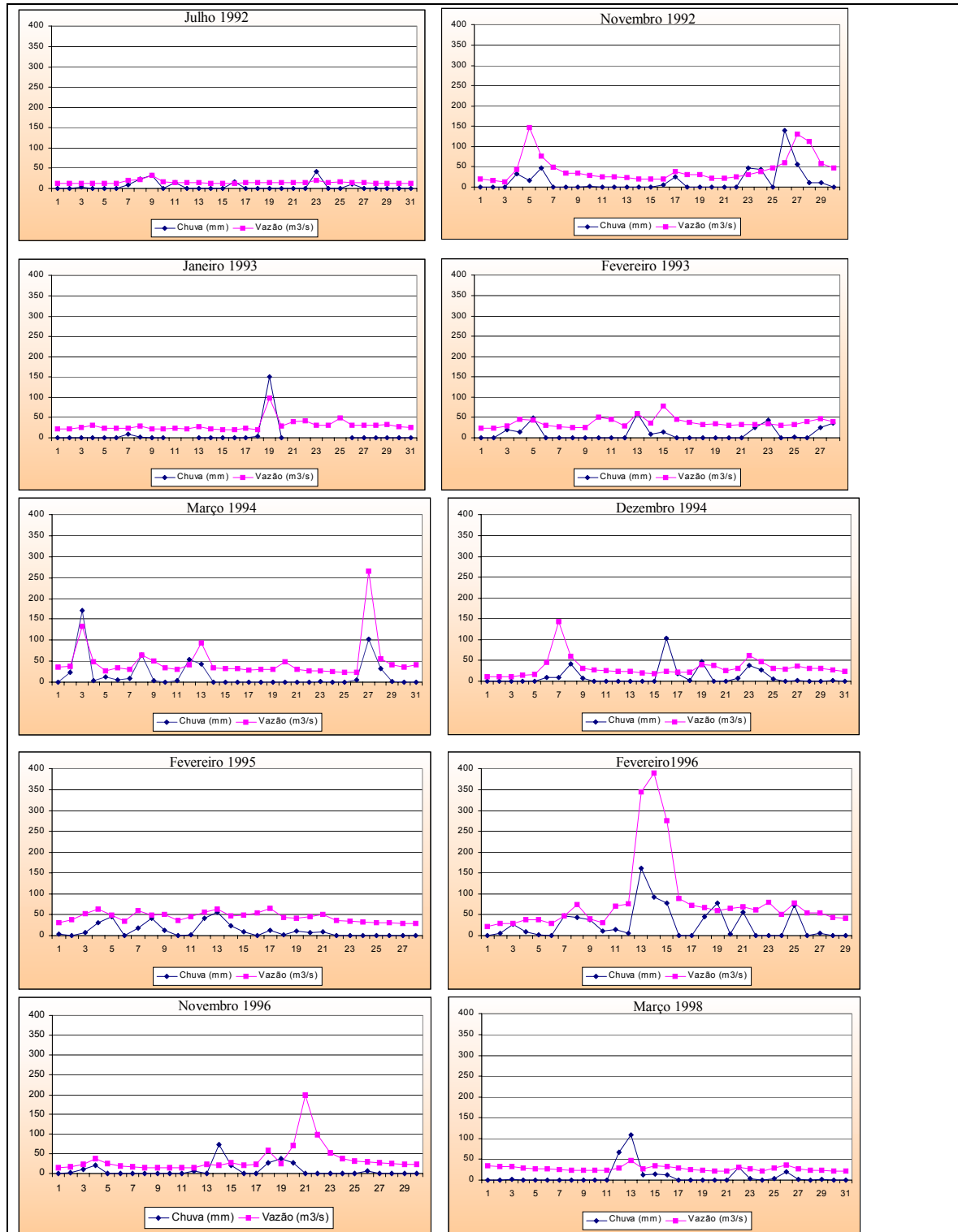


Figura 180 – Relação entre precipitação e vazão no baixo curso do Rio Mambucaba nos meses de registro de enchente no município de Angra dos Reis.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

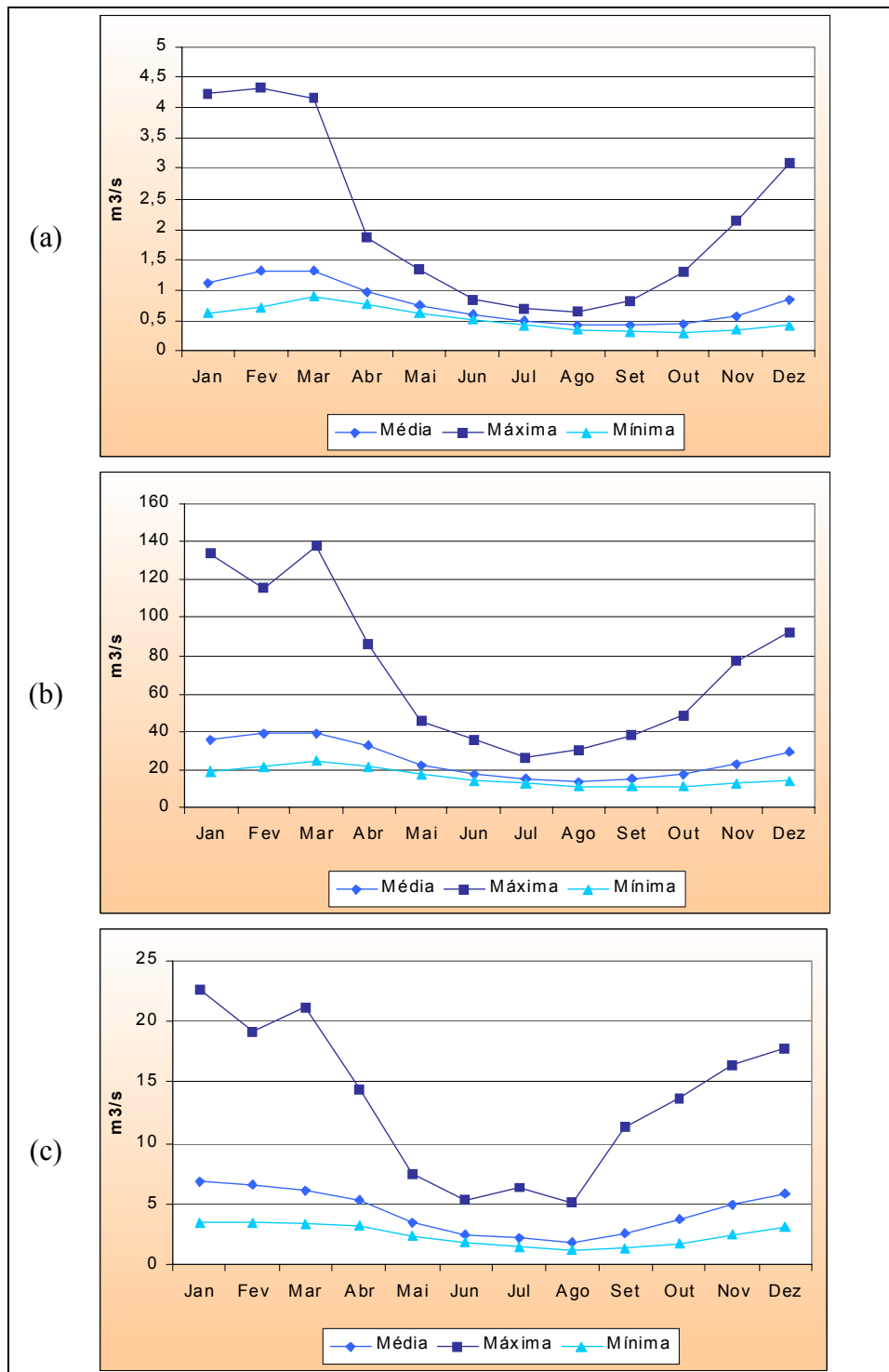


Figura 181 – Valores médios mensais de vazão das estações: (a) Fazenda das Garrafas - alto curso do Mambucaba (Série histórica 1978 a 1999), (b) Fazenda Fortaleza - baixo curso do Mambucaba (Série histórica 1935 a 1999) e (c) Parati - Rio Perequê-Açu (Série histórica 1963 a 1999).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

As análises efetuadas a respeito da variação espacial e temporal da precipitação e da ocorrência de enchentes e comportamento das vazões evidenciaram, assim, que os eventos de enchentes estão relacionados a duas condições principais: uma associada à frequência significativa de eventos extremos de chuva, e outra, à ocorrência de chuvas moderadas conjugadas à maré alta. A análise da precipitação se mostrou relevante para o estudo das condições propícias à ocorrência de enchentes, tendo sido verificado que períodos longos de dias consecutivos de chuva estão frequentemente associados a enchentes, mesmo com registro de chuvas moderadas. Tal fato demonstra a importância das condições antecedentes do sistema encosta/calha fluvial para o desencadeamento de processos erosivos/deslizamentos, principais processos responsáveis pelo aumento do aporte sedimentar para os corpos hídricos e de inundações nas áreas de planície.

6.5.1.3.3. Disponibilidade hídrica das bacias do Frade e Praia Brava

Foram desenvolvidos estudos com o objetivo de analisar a disponibilidade hídrica de superfície das bacias hidrográficas dos rios do Frade e da Praia Brava, mananciais que atualmente abastecem a CNAAA. Tiveram como foco principal a quantificação das vazões destes mananciais, buscando integrá-la a análises morfométricas das bacias e redes fluviais, com como a uma análise da série histórica de precipitação da Estação Pluviométrica CNAAA/Torre A, em um nível de detalhamento não executado anteriormente.

As análises efetuadas visaram, portanto, fornecer subsídios para a avaliação da disponibilidade hídrica de superfície das duas bacias hidrográficas mencionadas.

Além das mensurações de vazão efetuadas nestas bacias e das estimativas de vazão calculadas, foram realizadas análises morfométricas para um conjunto maior de bacias fluviais – aquelas cuja desembocadura encontra-se inserida no raio de Influência direta da CNAAA – de modo a fundamentar a avaliação das bacias do rio do Frade e de Praia Brava dentro do quadro regional.

A organização e análise dos dados de precipitação da Estação Pluviométrica da CNAAA/Torre A também visaram fornecer elementos para a avaliação do significado das mensurações de vazão realizadas em campo, bem como das condições pluviométricas do período de monitoramento dentro de uma série temporal mais ampla.

Análise do comportamento da pluviosidade na CNAAA

A análise de consistência dos dados pluviométricos da estação da CNAAA/Torre A demonstrou a semelhança com os totais de chuva das estações próximas (inseridas na área de influência indireta do empreendimento), tendo sido identificado, porém, em alguns anos, problemas de inconsistência de dados. No ano de 1999 há ausência de valores de precipitação em dois meses (maio e junho) e no mês de novembro de 2003 a estação da CNAAA apresentou uma precipitação total significativamente contrastante com os valores verificados nas outras estações (1.091mm na CNAAA, contra 388,1mm em Vila Perequê e 272,3mm em São Roque).

Verifica-se que, no período de 1988 a 1999, a precipitação anual na estação de Vila Mambucaba variou de 1.559mm (1990) a 2.513mm (1996), demonstrando uma expressiva variabilidade temporal da chuva. A análise de consistência dos dados da estação da CNAAA evidenciou a semelhança da precipitação anual desta com a da estação Vila Mambucaba. As pequenas diferenças observadas nos dados das referidas estações são decorrentes da grande variabilidade espacial da precipitação, devendo ser ressaltado, no entanto, que a discrepância mais significativa verificada no ano de 1999 deve-se à ausência de dados em dois meses, mencionada acima.

A análise do comportamento dos totais pluviométricos mensais das estações pluviométricas CNAAA, Vila Mambucaba e Vila Perequê, durante os últimos 3 anos evidencia também uma grande semelhança entre as três estações. Em 2001 os meses de junho e agosto destacam-se como os de menores totais pluviométricos mensais, e o de dezembro como o mais chuvoso.

No ano de 2002, diferenças significativas entre as estações são verificadas em alguns meses, como por exemplo maio e outubro. Novamente o mês de dezembro se destaca como o mais chuvoso, acompanhado pelo mês de fevereiro, enquanto os meses de julho e agosto registram os menores totais pluviométricos mensais neste ano.

Para o ano de 2003, verifica-se que os registros de precipitação na estação da CNAAA apresentam maior semelhança com a estação Perequê. Observa-se um elevadíssimo valor pluviométrico para o mês de novembro (1091mm) e, por outro lado, a insignificante pluviosidade no mês de fevereiro (12mm), que geralmente é um dos mais chuvosos, destacando-se assim como comportamentos atípicos. A comparação com as estações Vila Perequê e São Roque permite constatar que o mês de fevereiro realmente apresentou uma pluviosidade muito baixa, no entanto, o valor de precipitação do mês de novembro da estação CNAAA apresenta-se inconsistente em relação às demais (388,1mm em Vila Perequê e 272,3mm em São Roque).

A análise da distribuição da precipitação ao longo do ano permitiu caracterizar o regime tropical de chuvas. O período 1988-1999, demonstra que aproximadamente 40% da precipitação ocorre nos meses de janeiro, fevereiro e março (período de verão). Outro trimestre chuvoso compreende os meses de outubro, novembro e dezembro (período de primavera). Os períodos de estiagem correspondem ao outono e inverno, quando a pluviosidade praticamente não ultrapassa 30% da precipitação total anual.

Observa-se que houve desvios significativos em relação à média de precipitação anual do período analisado. Os anos de 1988, 1992, 1995, 1996, 2000 e 2002 apresentaram desvio positivo, alguns destacando-se com valores muito acima da média. Os desvios negativos, embora ocorressem em maior número (oito entre o total de 14 anos analisados), não foram tão expressivos quanto os positivos. Verifica-se ainda a tendência dos anos com desvios positivos apresentarem maior número de dias de chuva. Este fato demonstra que, de modo geral, os anos mais úmidos não estão relacionados a uma concentração significativa da pluviosidade.

A inexistência de precipitação marcadamente concentrada no período 1988-2002 pode ser confirmada pelas análises de frequência de classes de chuva diária. Os anos com desvios positivos em relação à média não apresentaram frequência mais expressiva de classes de chuva diária acima de 25mm. A classe pluviométrica mais freqüente para todos os anos é de 0,1-2,5mm, cuja frequência varia entre 25 e 40%. As classes inclusas no intervalo de 2,5mm a 50mm apresentam ocorrência muito variada, exibindo frequências de 6,5 a 22%. As classes a partir de 50mm possuem frequência significativamente menor (geralmente abaixo de 5%), não estando sua incidência diretamente relacionada aos anos mais chuvosos. As chuvas de maior magnitude registradas no ano de 2003, no entanto, podem estar relacionadas aos valores extraordinários de precipitação horária e diária no mês de novembro, como foi mencionado anteriormente.

A frequência de classes de precipitação horária para o período 1988-1999 evidenciam os graus de intensidade da chuva na região. As chuvas com intensidade de até 2,5mm/h são as mais freqüentes (em torno de 75% do total de chuvas), observando-se que as precipitações com intensidade moderada – entre 2,5 e 10mm/h – possuem uma ocorrência bem menor, variando entre 6 e 17%. As chuvas mais intensas – acima de 10mm/h – foram muito pouco freqüentes nos anos analisados, com valores que raramente ultrapassam 3%. Esses eventos de chuva, no entanto, têm um papel importante no desencadeamento de movimentos gravitacionais de massa e enchentes na região do empreendimento, especialmente quando inseridos em grandes seqüências de dias consecutivos de chuva.

Análises mais detalhadas de precipitação, abarcando dias consecutivos de chuva e intensidade de precipitação, foram realizadas para o período de 2000 a 2003, onde verifica-se a ocorrência predominante dos intervalos de 2 a 5 dias consecutivos de chuva. As demais classes, apesar de apresentarem frequências bem inferiores, merecem atenção especial considerando-se o fato de que, quando conjugadas a precipitações severas (chuvas diárias acima de 25mm), tendem a gerar rápido aporte de água para os canais fluviais.

Deve ser destacado, ainda, a partir dos dados expostos, que a precipitação ocorre em menos da metade dos dias do ano. Destaca-se em especial o ano de 2000, que apresentou um total pluviométrico anual de 2.126mm concentrado em 35,9% dos dias do ano. Em 2001, por outro lado, um total pluviométrico significativamente inferior (1.631mm) apresentou-se concentrado em 38,6% dos dias do ano.

A intensidade da precipitação nos meses em que os períodos de dias consecutivos de chuva são mais freqüentes é relativamente alta. Embora observe-se nos meses de novembro e dezembro e janeiro e fevereiro um franco predomínio de chuvas de até 2,5mm/hora, há uma ocorrência significativa de chuvas acima de 10mm/hora. Estas podem ter efeitos similares às chuvas de maior intensidade quando ocorrem durante longos períodos de dias consecutivos de chuva.

Os meses de novembro e dezembro do ano de 2002 representam bem a situação apontada. Estes meses se caracterizaram por uma sucessão de períodos chuvosos de 4 a 10 dias, quando a intensidade da precipitação chegou a superar 30mm/h (9 ocorrências), gerando

uma série de deslizamentos e inundações em diferentes bairros de Angra dos Reis, resultando inclusive em mortes.

Para ilustrar a relação entre intensidade da precipitação (mm/hora) e dias consecutivos de chuva, foram selecionados os meses de Janeiro e Fevereiro do ano 2000, ano este representativo de valores médios de precipitação dentro da série histórica analisada.

O mês de janeiro de 2000 apresenta um total pluviométrico de 390mm. Aproximadamente 74% deste volume de precipitação mensal concentra-se nos cinco primeiros dias do mês, com totais pluviométricos diários variando entre 21 e 99mm. No restante do mês os valores de precipitação mostram-se menores e ocorrendo, predominantemente, intercalados com dias sem chuva.

Analisando-se o comportamento horário da precipitação nos cinco dias iniciais e consecutivos de chuva de janeiro/2000, verifica-se que a precipitação teve início às 19:00h do dia 1º, com o total pluviométrico de 2mm, apresentando nas horas seguintes um grande aumento, principalmente às 21h, quando alcançou o valor máximo de 33mm. Nas horas posteriores do dia 1º e também durante os dias 2, 3, 4 e 5 de janeiro, os totais pluviométricos variam entre 1 e 14mm, mostrando-se significativamente inferiores ao pico inicial da chuva. Do dia 3 para o dia 5 de janeiro aumentam os intervalos de horas sem registro de chuva.

O comportamento da pluviosidade no início do mês de janeiro caracterizou-se, portanto, por uma chuva de intensidade extremamente elevada no primeiro dia, sucedida por precipitação menos intensa, embora persistente, durante 4 dias consecutivos.

Os demais dias com chuva do mês de janeiro de 2000 apresentaram totais pluviométricos menores, assim como intensidades reduzidas, refletidos na elevada frequência de chuvas fracas e moderadas (0,1mm/h a 10mm/h). Destacam-se, no entanto, os dias 19 e 26 de janeiro. No dia 19 de janeiro é registrada entre 14 e 21h uma precipitação de 27mm, cuja intensidade não ultrapassou 7mm/h. No dia 26 a precipitação teve início às 14h com uma intensidade de 13mm/h, diminuindo nas 6 horas seguintes para uma intensidade média de 4mm/h.

O mês de fevereiro de 2000 apresentou um total pluviométrico de 271mm. Esse valor relaciona-se basicamente à precipitação ocorrida entre os dias 5 e 19, quando os totais pluviométricos diários variaram entre 2 e 62mm, destacando-se os dias 16 e 17 de fevereiro com os maiores valores (em torno de 50mm).

A intensidade da chuva também se mostra muito variável para este mês, predominando valores abaixo de 8mm. Os dias 16 e 17 de fevereiro registram intensidades entre 8 e 16mm/h, intercaladas por intensidades menores (entre 7 e 1mm/h) ou por horas sem registro de precipitação.

Verifica-se o predomínio absoluto da classe de intensidade 0-5mm/h (97% das ocorrências) no mês de fevereiro, de modo análogo ao mês de janeiro do 2000. As classes com intensidade entre 5 e 20mm/h apresentam frequências extremamente baixas (de 1,58% a 0,14%), inexistindo precipitações com intensidade acima de 20mm/h.

Descargas fluviais nas bacias do rio do Frade e Praia Brava

Na bacia do rio do Frade há uma captação em operação situada no próprio rio do Frade, denominada captação ETN 1, e outra no córrego do Sacher, tributário do rio do Frade, denominada ETN 2. As áreas contribuintes para os locais de captação correspondem respectivamente, a 5,25 e 6,26 km² sendo, portanto, bem inferiores à área total desta bacia, em torno de 17,2 km².

Para a Vila de Praia Brava convergem duas bacias hidrográficas (denominadas Praia Brava A e B). Na bacia de Praia Brava A a área de contribuição da captação que abastece a Vila é de 1,49 km². Na bacia de Praia Brava B há uma captação mais antiga, fora de uso, onde, atualmente existe uma trilha ecológica, a trilha de Porã, encontrando-se a barragem bastante assoreada. A área de contribuição para esta captação é de 1,35 km².

Os resultados dos cálculos de vazão efetuados por método direto e indireto encontram-se expostos na Tabela 38.

Tabela 38 – Vazões calculadas por métodos direto e indireto nas captações ETN 1 (rio do Frade), ETN 2 (córrego Sacher) e Praia Brava (córrego Praia Brava A e Porã).

Bacias	Área *	Vazão por Método Direto (m ³ /s)		Vazão por Método Indireto (m ³ /s)				
		Dia 9/11/04	Dia 23/11/04	Vazão Média (Q _{mt})	Vazão Máxima	Vazão Mínima (Q ₉₅)	50% da Q ₉₅	80% da Q ₉₅
Frade	5,25km ²	0,330	0,230	0,192	0,244	0,0777	0,0388	0,0621
Sacher	6,26km ²	0,295	0,187	0,229	0,292	0,0927	0,0463	0,0741
Praia Brava A	1,49km ²	--	--	0,054	0,069	0,0220	0,0110	0,0176
Porã	1,35km ²	0,129	--	--	--	--	--	--

*Área contribuinte para o local de captação de água.

Os valores de vazão obtidos de forma direta nas captações ETN 1 e ETN 2 para o dia 9 de novembro de 2004 foram superiores aos medidos no dia 23 do mesmo mês. Refletem os maiores volumes precipitados nos dias anteriores à medição do dia 9, cujos totais em 9 dias alcançaram 150,7mm (Tabela 39). As chuvas neste período se concentraram entre os dias 6 e 7, apresentando intensidade muito elevada entre 21h e 23h do dia 6 – respectivamente 32mm/h, 19mm/h e 20mm/h – ocorrendo após essa intensidade máxima, intensidades em torno de 4mm/h no dia 7.

Os valores de vazão um pouco menores no dia 23 de novembro correspondem a uma precipitação total de 92,5mm/h entre os dias 13 e 23 deste mês (Tabela 39). Nesta seqüência de dias chuvosos a precipitação apresentou intensidade muito pequena em relação ao período

anterior (em torno de 0,5mm/h, alcançando no máximo 12 mm/h), resultando em volumes de escoamento bem inferiores.

Tabela 39 - Precipitação diária medida na Estação Pluviométrica da CNAAA nos períodos anteriores aos dias de medição direta de vazão.

Datas	Precipitação diária (mm)										
	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1-9/11/2004	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
	Precipitação	0,5	0,0	0,3	0,0	8,8	84,5	55,3	1,3	0,0	150,7
15-23/11/2004	Dias	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
	Precipitação	16,5	17,3	0,8	9,8	18,0	27,8	2,3	0,0	0,0	92,5

Verifica-se através da Tabela 38 que as vazões médias de longo termo mostram-se bem próximas às vazões do dia 23 de novembro de 2004, e, ainda, que os valores de vazão máxima de longo estão mais próximas das vazões do dia 9 de novembro de 2004 no rio do Frade e córrego do Sacher. Considerando que as condições de chuva expostas mostram-se muito frequentes durante o verão na região considerada, pode-se depreender que as vazões máxima e média calculadas mostram-se razoavelmente consistentes com o comportamento das vazões durante os meses chuvosos, para o período analisado.

É importante ressaltar que os valores de vazão obtidos por método direto correspondem aos volumes de escoamento dos canais mensurados nos vertedores, ou seja, já tendo sido descontados os volumes captados pela CNAAA, pelo SAAE/Angra dos Reis e pelo Condomínio do Frade, cujas captações estão situadas a montante da captação ETN2. A captação do SAAE na bacia do Frade está sendo transferida para a bacia do rio Grataú, porém não há informações sobre os volumes captados, nem tampouco na captação para o Condomínio do Frade.

O aspecto mais importante a ser avaliado no tocante à disponibilidade hídrica das bacias do Frade e Praia Brava consiste na relação entre as captações existentes e as vazões mínimas, obtidas através de métodos indiretos. Considerando o volume consumido na planta da usina, proveniente da Estação de Pré-Tratamento de Águas (EPTA) da Bacia do rio do Frade (que reúne os volumes captados na ETN1 e ETN2), como 2.040m³/dia, ou seja, 0,024m³/s, o volume total derivado das duas captações seria inferior a 50% da Q95 de cada captação, o que traduziria uma situação atual razoavelmente confortável frente ao consumo existente.

Analisando-se a vazão média de longo termo do córrego Praia Brava A (Tabela 38) no local da captação que abastece a Vila de Praia Brava, denota-se que este manancial não pode ser considerado uma alternativa para o abastecimento de Angra 3. Informações fornecidas sobre o volume captado neste manancial –65m³/h em média (0,018m³/s), demonstram uma

demanda atual muito próxima à vazão mínima estimada (0,022m³/s), indicando uma situação que torna desaconselhável qualquer aumento de captação neste manancial.

Os dados de medição de vazão fornecidos pela Eletronuclear sobre a captação Porã, na bacia de Praia Brava B, monitorados durante os meses de inverno de 2000 a 2003, mostram valores variando de 0,039 a 0,008m³/s. Representam, portanto, um indicador de vazões mínimas para esta bacia, demonstrando que as estimativas realizadas para a captação de Praia Brava A, com área de contribuição similar, mostram-se razoavelmente consistentes. A Q95 obtida a partir da curva de permanência elaborada com base nestes dados é de 0,0096m³/s.

A medição efetuada no Porã em 09/11/2004 resultou em uma vazão de 0,129m³/s, sendo um bom indicador de vazões máximas, considerando-se as condições de pluviosidade já apontadas para este período. Os dados existentes para o Porã demonstram que este manancial também não pode ser considerado uma alternativa para o abastecimento de Angra 3, ao menos isoladamente.

Obtenção de parâmetros morfométricos

As análises morfométricas efetuadas utilizaram, primeiramente, a base cartográfica, em escala 1:50.000, posteriormente, a base cartográfica em escala 1:25.000. A partir da base em escala 1:50.000 foi efetuada, inicialmente, a obtenção de alguns parâmetros morfométricos para o conjunto de bacias de drenagem litorâneas afluentes para o raio de 5 km da CNAAA.

Os parâmetros morfométricos obtidos buscaram identificar as características principais das bacias e suas redes hidrográficas quanto ao tamanho, forma, quantidade e extensão de canais, atributos relevantes para o comportamento hidrológico de sistemas fluviais:

- a) Área da Bacia (A) – área plana (projeção horizontal) inclusa entre os divisores topográficos da bacia;
- b) Hierarquia da Bacia – efetuada segundo ordenação de Strahler;
- c) Magnitude da Bacia – número de canais de 1^a. Ordem (segundo ordenação de Strahler) da bacia hidrográfica;
- d) Comprimento (C) ou Diâmetro da Bacia – distância horizontal em linha reta entre a foz e o ponto do perímetro da bacia interceptado pelo prolongamento do equivalente vetorial do segmento fluvial de 1^a. ordem do canal principal da bacia (adaptado de SCHUMM, 1956; GREGORY & WALLING, 1973; PEIXOTO, 1993);
- e) Largura Central (Lc) e Largura na Foz da bacia (Lf) – extensão medida perpendicularmente ao Comprimento da Bacia, respectivamente no ponto médio deste e na desembocadura do canal fluvial principal (adaptado de PEIXOTO, 1993 e LESSA *et al.*, 1995);
- f) Comprimento Total (Ct) de Canais Fluviais – extensão total dos canais fluviais temporários e permanentes da bacia hidrográfica;

- g) Amplitude Altimétrica da Bacia – diferença altimétrica entre a cota mais elevada do divisor de águas da bacia e a da sua foz;
- h) Relação de Relevo (Rr) – relação entre Amplitude Altimétrica e o Comprimento da Bacia (C);
- i) Densidade de Drenagem (Dd) – relação entre o Comprimento Total de Canais Fluviais e a Área da Bacia;
- j) Densidade Hidrográfica (Dh) – considerada para a presente análise como a relação entre o Número Total de Ligamentos Fluviais e a Área da Bacia;
- k) Índice entre o Comprimento e a Área da Bacia (ICo), calculado através da fórmula:

$$ICo = \frac{C}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

onde: C = Comprimento da Bacia e A = Área da Bacia

- l) Índice de Estrangulamento da Bacia (IE), calculado através da fórmula:

$$IE = \frac{Lc}{Lf} \quad (2)$$

onde: Lc = Largura Central e Lf = Largura na Foz da bacia

Ressalta-se que os índices acima visam diferenciar as bacias quanto à conformação, identificando bacias alongadas ($ICo > 1,0$), equidimensionais ($ICo \cong 1,0$) ou achatadas ($ICo < 1,0$) – e com graus maiores (IE elevado) ou menores (IE reduzido) de estreitamento na foz. Estes fatores exercem controle no tempo de resposta da vazão do curso principal destas bacias às entradas de chuva e na concentração dos fluxos d'água na sua desembocadura, aspectos relevantes para a compreensão da dinâmica hidrológica em pequenas bacias hidrográficas.

Análise dos dados da Estação Pluviométrica da CNAAA/Torre A

Os dados de precipitação da CNAAA/Torre A foram analisados com o intuito de caracterizar a distribuição anual e a intensidade das chuvas na área próxima ao empreendimento, onde se situam as bacias hidrográficas do Frade e da Praia Brava, mananciais hídricos que abastecem as usinas em Itaorna e a unidades de Vila de Praia Brava. Para tanto, foram realizadas as análises descritas a seguir.

- a) Análise de consistência dos dados pluviométricos mensais (dos anos de 2001 a 2003) e anuais (dos anos de 1988 a 1999). Para identificação de possíveis erros de registro, os

valores de precipitação da estação da CNAAA foram comparados aos das estações pluviométricas Vila Mambucaba, Vila Perequê (situadas dentro do município de Angra dos Reis) e São Roque (localizada no município de Parati), operadas pela CPRM. Estas estações já haviam sido utilizadas para a avaliação do comportamento das precipitações em escala regional (vide Relatório Final do Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA, Volume III/Eixo 3 – Geomorfologia e Solos). Não foi possível realizar esta análise para o ano de 2000 devido à inexistência de dados nas estações operadas pela CPRM para este ano.

- b) Análise da distribuição da precipitação mensal para caracterização do regime pluviométrico local.
- c) Cálculo do desvio da precipitação anual em relação à média do período e do total de dias com chuva para cada ano.
- d) Determinação da frequência das precipitações diárias, utilizando-se as classes de chuva diária propostas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): 0,1-2,5mm, 2,5-5mm, 5-10mm, 10-15mm, 15-25mm, 25-50mm, 50-100mm e >100mm.
- e) Avaliação da intensidade da chuva através do cálculo da frequência de classes de precipitação horária, utilizando-se as mesmas classes de chuva diária propostas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (0,1-2,5mm, 2,5-5mm, 5-10mm, 10-15mm, 15-25mm, 25-50mm, 50-100mm e >100mm). Esta análise foi realizada tanto para o período de 1988-1999 como para os meses de janeiro/fevereiro e novembro/dezembro dos anos de 2000 a 2003, neste último caso para avaliar o comportamento de meses mais chuvosos e com as maiores seqüências de dias consecutivos de chuva.
- f) Avaliação dos períodos de dias consecutivos de chuva e da intensidade da precipitação (dados horários) nesses intervalos, para os anos de 2000 a 2003. Para os meses de janeiro e fevereiro de 2000 foi realizada uma análise mais detalhada de dias consecutivos de chuva e intensidade da precipitação, considerando-o como ano representativo do comportamento médio da precipitação, dentro da série histórica analisada.

Ressalta-se que alguns anos foram analisados em separado ou excluídos de determinadas análises por apresentarem erros ou inconsistência de dados que comprometiam a avaliação dos resultados.

Quantificação da vazão dos rios nas bacias do Frade e Praia Brava

A determinação da vazão nos locais de captação de água situados no rio do Frade (ETN 1) e no córrego do Sacher (ETN 2), que fazem parte da bacia do rio do Frade, foi realizada por métodos direto e indireto. No primeiro caso, consistiu na medição da altura do nível d'água em relação à crista dos vertedores existentes nos locais de captação d'água, efetuada nos dias 9 e 23 de novembro de 2004, e cálculo utilizando fórmulas matemáticas específicas, de acordo com a geometria dos vertedores.

No caso do método indireto, foi efetuado o cálculo da vazão média de longo termo (Q_{mlt}), utilizando-se a série histórica de vazões da Estação Fluviométrica Fazenda das Garrafas, situada no alto curso do rio Mambucaba, para cálculo da vazão específica (q). A vazão média de longo termo para cada captação (ETN 1 e ETN 2) foi calculada multiplicando-se a vazão específica pelas áreas contribuintes dos respectivos pontos de captação.

A vazão da área de captação situada no córrego Praia Brava A foi calculada somente através do método da vazão média de longo termo (Q_{mlt}), por não haver condições de medição direta no local, devido às características do vertedor e a pequena altura da lâmina d'água existente. Na localidade denominada Porã, situada no córrego Praia Brava B, onde há uma captação que encontrava-se fora de uso durante o período de execução do Termo Aditivo, foi executada apenas uma medição de vazão.

A Estação Fluviométrica Fazenda das Garrafas foi selecionada como estação padrão, entre outras próximas, por apresentar características fisiográficas (declividade, densidade de cobertura vegetal, tipo de terreno) mais próximas às das bacias em análise, além de possuir série histórica bastante ampla, abrangendo o período de 1978 a 2002.

Considerando que os dados obtidos pela medição direta correspondiam a períodos com precipitação elevada, foi calculada a vazão máxima de longo termo com base nos meses mais chuvosos na região – novembro, dezembro, janeiro e fevereiro – para validação dos resultados de vazão média de longo termo das bacias em estudo.

A vazão mínima considerada foi a Q95, calculada com base na curva de permanência de vazões. Tal curva foi confeccionada a partir dos dados mensais construídos para cada bacia e consiste numa função hidrológica que fornece a frequência com que uma determinada vazão é igualada ou superada num período de tempo. Assim, a Q95 expressa um valor de vazão mínima que permanece por pelo menos 95% do tempo. A Q95 foi empregada no presente estudo por se tratar de um parâmetro que reflete bem a sazonalidade dos dados de vazão, sendo considerada bastante representativa. Os valores de 50% e 80% da Q95 foram calculados como margem de segurança necessária à manutenção da vazão ecológica dos rios, na análise comparativa com as demandas da CNAAA.

A localização geográfica das captações de água para abastecimento das usinas da CNAAA situadas na bacia do rio do Frade, assim como da captação que abastece a Vila de Praia Brava, situada na bacia de Praia Brava A e das Estações de Tratamento de Águas (ETAs) correspondentes, foi executada em levantamentos de campo utilizando GPS.

6.5.1.3.4. Qualidade das águas

Para a análise da qualidade das águas de superfície, foram levantados inicialmente os dados existentes para os municípios compreendidos parcial ou totalmente pelas bacias hidrográficas identificadas dentro das áreas de influência do empreendimento, através de

consulta à Agência Nacional de Águas (ANA). As estações de qualidade de águas levantadas encontram-se expostas na Tabela 20, no Anexo 19 e no Anexo 20, mostrada anteriormente.

As séries históricas das análises de qualidade de águas obtidas na ANA compreendem dados brutos dos seguintes parâmetros: temperatura da amostra, pH, turbidez (FTU), condutividade elétrica (uS/cm a 20° C), DBO (mg/l), OD (mg/l), detergentes (mg/l), fosfato total (mg/l), nitrogênio total (mg/l), nitratos (mg/l), cádmio (mg/l), chumbo (mg/l), cobre (mg/l), mercúrio (mg/l), zinco (mg/l), índice de fenóis (mg/l), coliformes fecais (NMP/100ml), óleos e graxas (mg/l) e cromo total (mg/l).

Verificou-se, no entanto, que muitos desses parâmetros não são analisados nas amostragens, o que dificultou sua interpretação e utilização na caracterização da qualidade de águas dos rios. Considerando-se o fato de que os locais de amostragem encontram-se em alguns tributários do rio Paraíba do Sul ou nele próprio, e que o enfoque dado neste estudo prendeu-se à análise das bacias litorâneas convergentes para a AID da usina, optou-se por priorizar a análise dos dados produzidos no presente estudo.

Foram executadas as seguintes etapas:

- Avaliação das características geomorfológicas/geológicas e de uso e cobertura do solo das bacias;
- Amostragem das águas de superfície em cursos fluviais selecionados como representativos dos padrões identificados;
- Envio para os laboratórios responsáveis pelo processamento de análises químicas, físico-químicas e microbiológicas;
- Comparação dos resultados obtidos com a legislação que regulamenta os limites de tolerância dos seres humanos aos contaminantes.

No contexto desses estudos, é importante destacar a existência de uma grande variedade de leis e regulamentações no que concerne à exposição máxima tolerável a substâncias químicas na água. Mesmo em países desenvolvidos, existem muitas controvérsias relacionadas à regulamentação desses limites, dada a incerteza, principalmente, devida ao sinergismo entre os contaminantes. No Brasil, as principais regulamentações referentes aos limites de exposição a contaminantes nas águas foram definidas por instituições como o Conama (através da Resolução 20/86), o Ministério da Saúde (através das portarias 36/90 – Potabilidade da Água Destinada ao Consumo Humano e 1469/00 – Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano), além de órgãos estaduais de meio ambiente, como a Cetesb e a Feema. Os valores fixados por essas instituições como limites de tolerância dos constituintes das águas considerados potencialmente tóxicos são bem próximos aos fixados pelas instituições internacionais.

Para controlar a poluição das águas de rios brasileiros, os padrões de qualidade utilizados para definir os limites de concentração a que cada substância presente na água não deve ultrapassar são estabelecidos segundo seus usos preponderantes, por legislação

específica, variando da Classe Especial, a mais nobre, até a classe 4, a menos nobre (Tabela 40). Na Tabela 41 são apresentados os limites de tolerância estabelecidos pela Resolução Conama 20/86 e Cetesb para vários parâmetros físicos, físico-químicos e biológicos.

Na seleção dos pontos de amostragem, considerou-se, além das características das áreas drenadas pelas redes fluviais de diferentes magnitudes, a existência de pontos de captação para abastecimento da população, tendo-se procurado efetuar coletas em, ao menos, dois pontos ao longo dos cursos fluviais escolhidos como representativos: no baixo curso/desembocadura e no médio curso e/ou próximo às nascentes.

As coletas de água superficial foram realizadas em duas campanhas de campo: uma realizada em outubro de 2002; e outra em janeiro de 2003. A programação das campanhas teve por objetivo considerar a variação sazonal no comportamento hidrológico dos cursos fluviais.

Em outubro de 2002 foram coletadas amostras nas bacias dos seguintes cursos fluviais: Rio Ambrósio, situado na localidade do Frade (amostras Ambrósio 1 Bica, em uma nascente utilizada para consumo humano; Ambrósio 2 Vala, a jusante da amostra Ambrósio 1 e das ocupações; e Ambrósio 3 Nascente, no local de captação de águas para abastecimento público pelo SAAE); Rio São Gonçalo, localizado próximo ao limite com o município de Parati (amostras São Gonçalo 1, no baixo curso do rio, fora do alcance da maré; e São Gonçalo 2, na foz do rio); Rio Mambucaba, próximo à estação fluviométrica do baixo curso deste rio (amostras Mambucaba 1 Direita, no ponto mais próximo à margem direita do rio; e Mambucaba 1 Esquerda na margem esquerda do rio), e também na foz desse rio (amostra Mambucaba 2 Foz); Rio Bracuí (amostra Bracuí 1). Nesta primeira campanha, foram coletadas 11 amostras em oito pontos de amostragem.

Em fevereiro de 2003 foram coletadas amostras nas seguintes bacias: do Rio Frade (amostra Frade 1, no ponto de captação de águas do SAAE/Angra dos Reis no Rio Sachet, tributário do Rio Frade; e amostra Frade 2, na foz do Rio Frade); Rio Japuíba-do-Meio (amostras Japuíba 1, coletada no ponto de captação de água do SAAE/Angra dos Reis, e Japuíba 2, na foz deste rio).

Tabela 40 – Classes de uso das águas segundo Resolução Conama.

Classes	Usos Preponderantes
Classe especial	Águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção.
Classe 1	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado.
Classe 2	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas e à alimentação humana.
Classe 3	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de culturas e à dessedentação de animais.
Classe 4	Águas destinadas à navegação.

Fonte: <http://www.Cetesb.sp.gov.br/Aguas/rios>.

Tabela 41 – Limites de tolerância segundo Resolução Conama 20/86 e Cetesb

Parâmetros	Classes					
	Especial	1	2	3	4	Cetesb
OD**		6	5	4	2	4
PH		6 a 9	6 a 9	6 a 9	-	-
DBO _{5,20} mg/L		3	5	10	-	10
Nitrogênio Nitrato**		10	10	10	-	≤10
Nitrogênio Nitrito**		1	1	1	-	≤1,0
Fósforo Total		0,025	0,025	0,025	0,025	≤0,025
Turbidez (UNT)		40	100	100	-	100
Cloreto Total* *		250	250	250	-	≤250
Alumínio**		0,1	0,1	0,1	-	≤0.1
Bário**		1	1	1	-	≤1
Cádmio**		0,001	0,001	0,01	-	≤0.01
Chumbo**		0,03	0,03	0,05	-	≤0.05
Cobre**		0,02	0,02	0,5	-	≤05
Níquel		0,025	0,025	0,025	-	≤0,025
Mercúrio**		0,0002	0,0002	0,002	-	≤0.002
Zinco**		0,18	0,18	5		-
Fenóis		0,001	0,001	0,3	1	-
Manganês		0,1	0,1	0,5	-	≤0.5
Coliformes Fecais***		200	1.000	4.000	-	-
Coliformes Totais***	Ausentes	1.000	5.000	20.000	-	-
Resíduo Filtrável		500	500	500	-	-
Tensoativos**		0,5	0,5	0,5	-	-

 Fonte: <http://www.Cetesb.sp.gov.br/Aguas/rios>.

*Quando para uso de abastecimento sem previa desinfecção

**mg/L

*** (NMP/100 mL)

As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Ambiental e Mineral (LAM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e ao laboratório Innolabe do Brasil Ltda. As análises realizadas e os métodos utilizados encontram-se descritos a seguir.

Análises

- Físico-Químicas: pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, dureza;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Determinação de Metais: sódio, potássio, magnésio, cálcio, alumínio, cromo; manganês, ferro, níquel, cobre, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e bário;
- Determinação de não-metais: cloreto, sulfato, fluoreto, nitrito, nitrato, arsênio, fósforo total e nitrogênio;
- Determinação de tensoativos;
- Determinação de Fenóis;
- Análise Bacteriológica.

A Cetesb, com base em um estudo realizado em 1970 pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu um índice, denominado IQA (Índice de Qualidade das Águas), a partir de nove parâmetros: coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fosfato total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido. Através desse índice, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, classifica-a para abastecimento público, segundo a graduação a seguir:

- Qualidade Ótima: $79 < \text{IQA} \leq 100$;
- Qualidade Boa: $51 < \text{IQA} \leq 79$;
- Qualidade Regular: $36 < \text{IQA} \leq 51$;
- Qualidade Ruim: $19 < \text{IQA} \leq 36$;
- Qualidade Péssima: $\text{IQA} \leq 19$.

Apesar de esse índice poder apresentar algumas limitações quanto à possibilidade de superestimar as condições reais de um corpo hídrico, uma vez que contempla somente nove parâmetros, por sua fundamentação tem sido aplicado em diferentes estudos de qualidade de águas.

6.5.1.3.5. Resultados dos estudos de qualidade das águas

A análise dos dados obtidos para a qualidade da água é apresentada, a seguir, com base nos diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

Nas próximas páginas (Figura 182 a Figura 185), apresenta-se a localização dos pontos de amostragem nas bacias hidrográficas analisadas.

Nos itens seguintes, encontra-se a descrição de forma sucinta dos principais parâmetros analisados e a discussão dos resultados expostos na Tabela 42, enfatizando-se as possíveis origens dessas substâncias, com base em Von Sperling (1996).

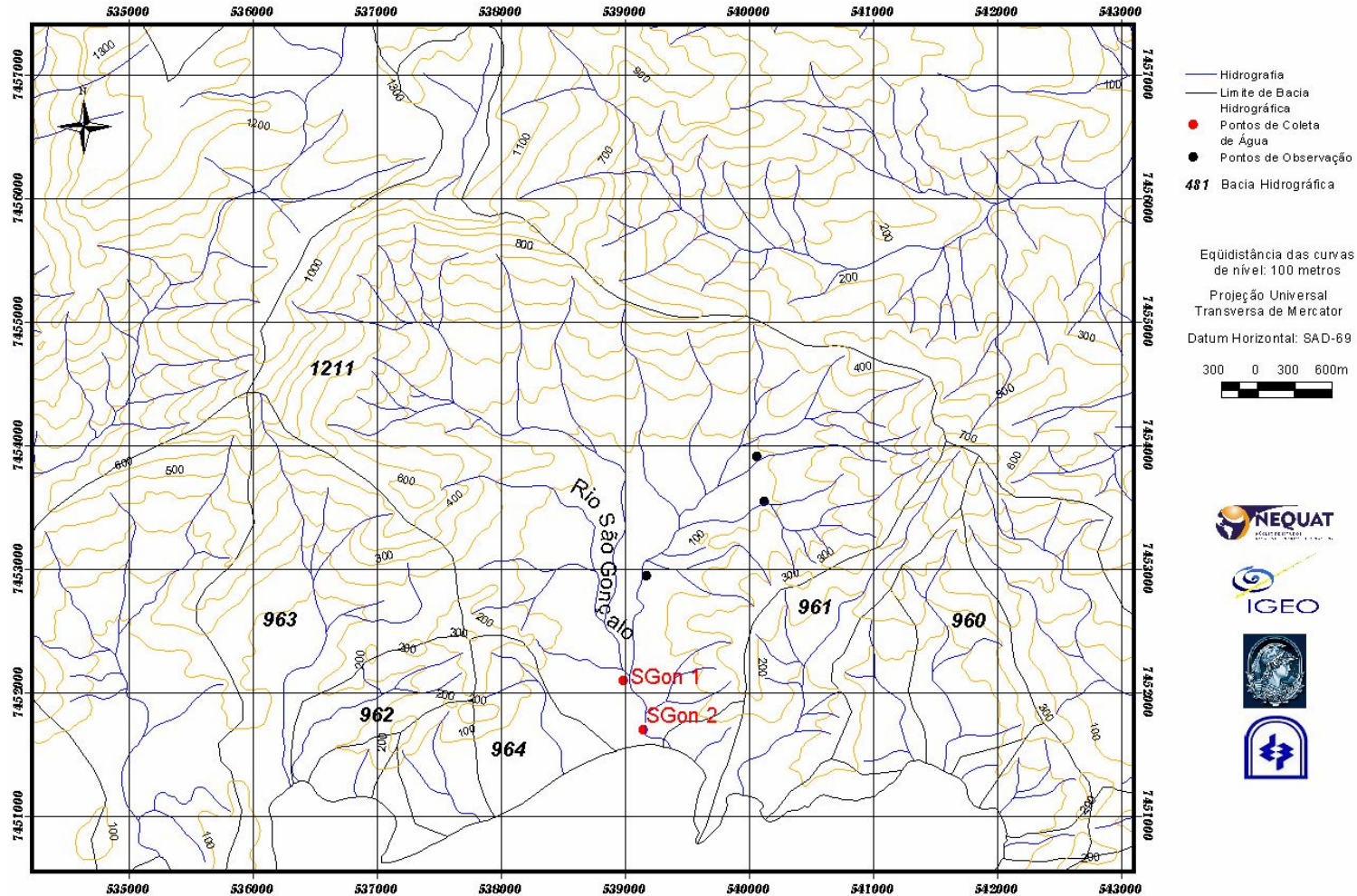


Figura 182 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio São Gonçalo, Angra dos Reis..

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

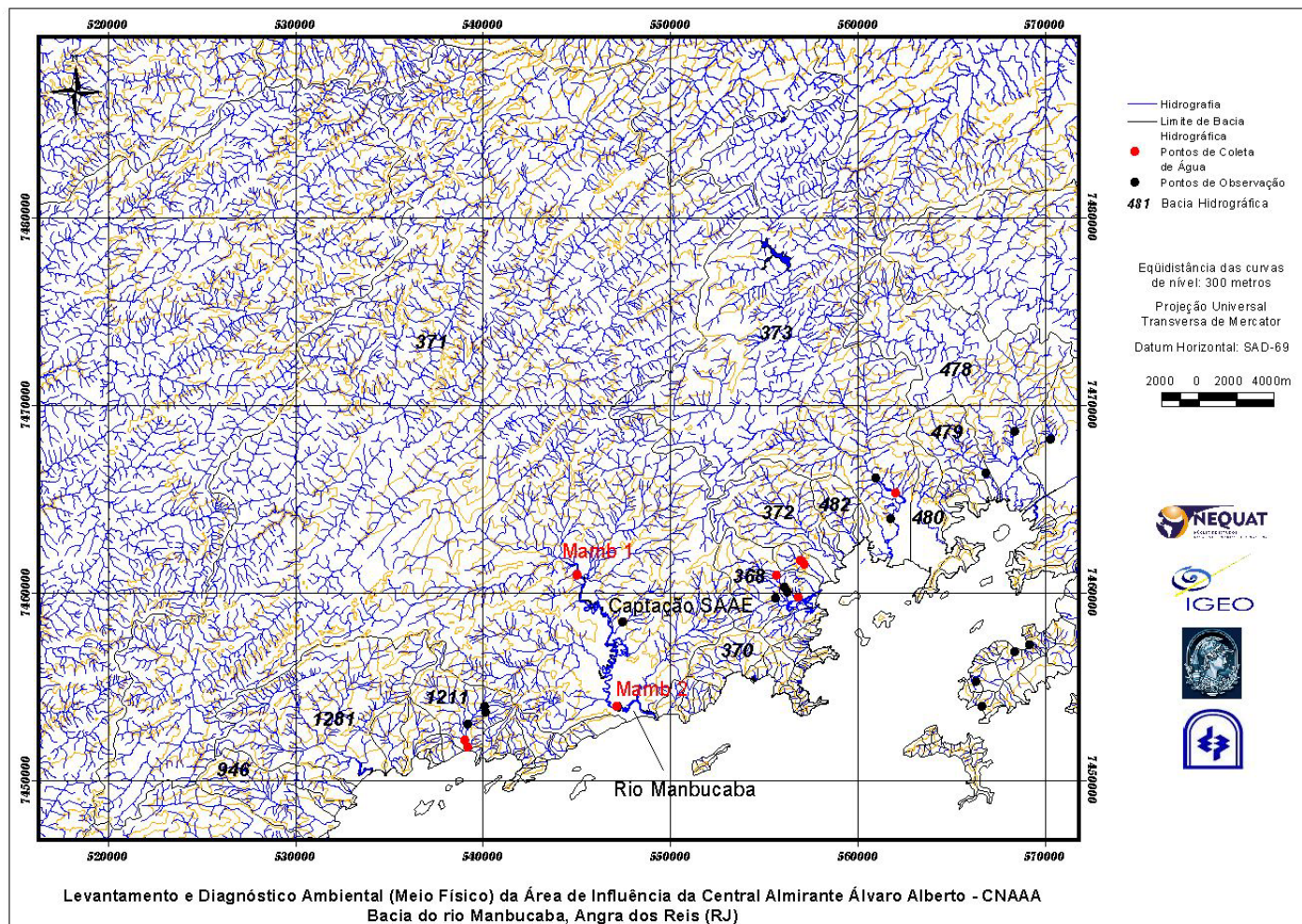


Figura 183 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Mambucaba, Angra dos Reis..

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

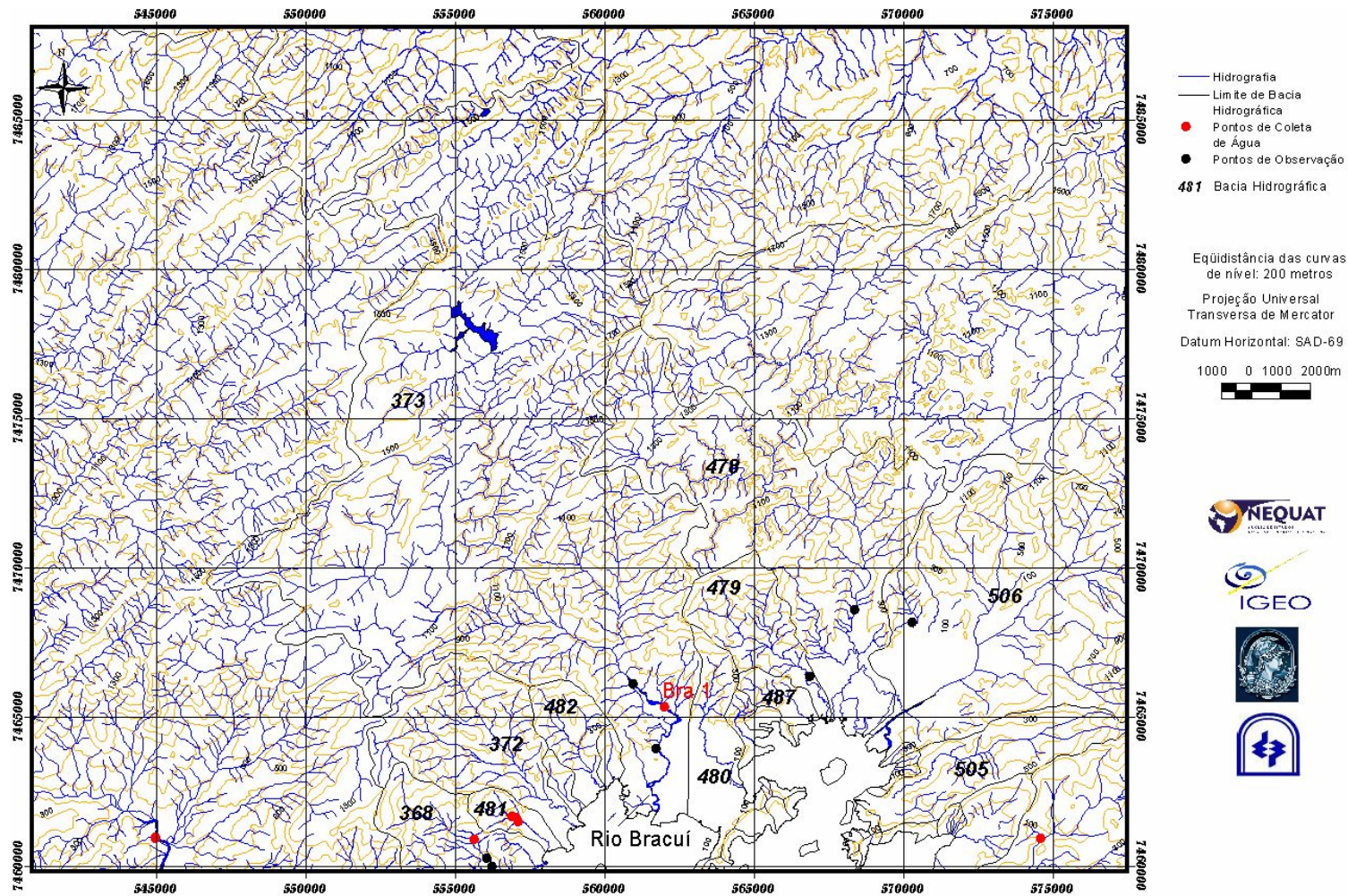


Figura 184 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Braçuí, Angra dos Reis..

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

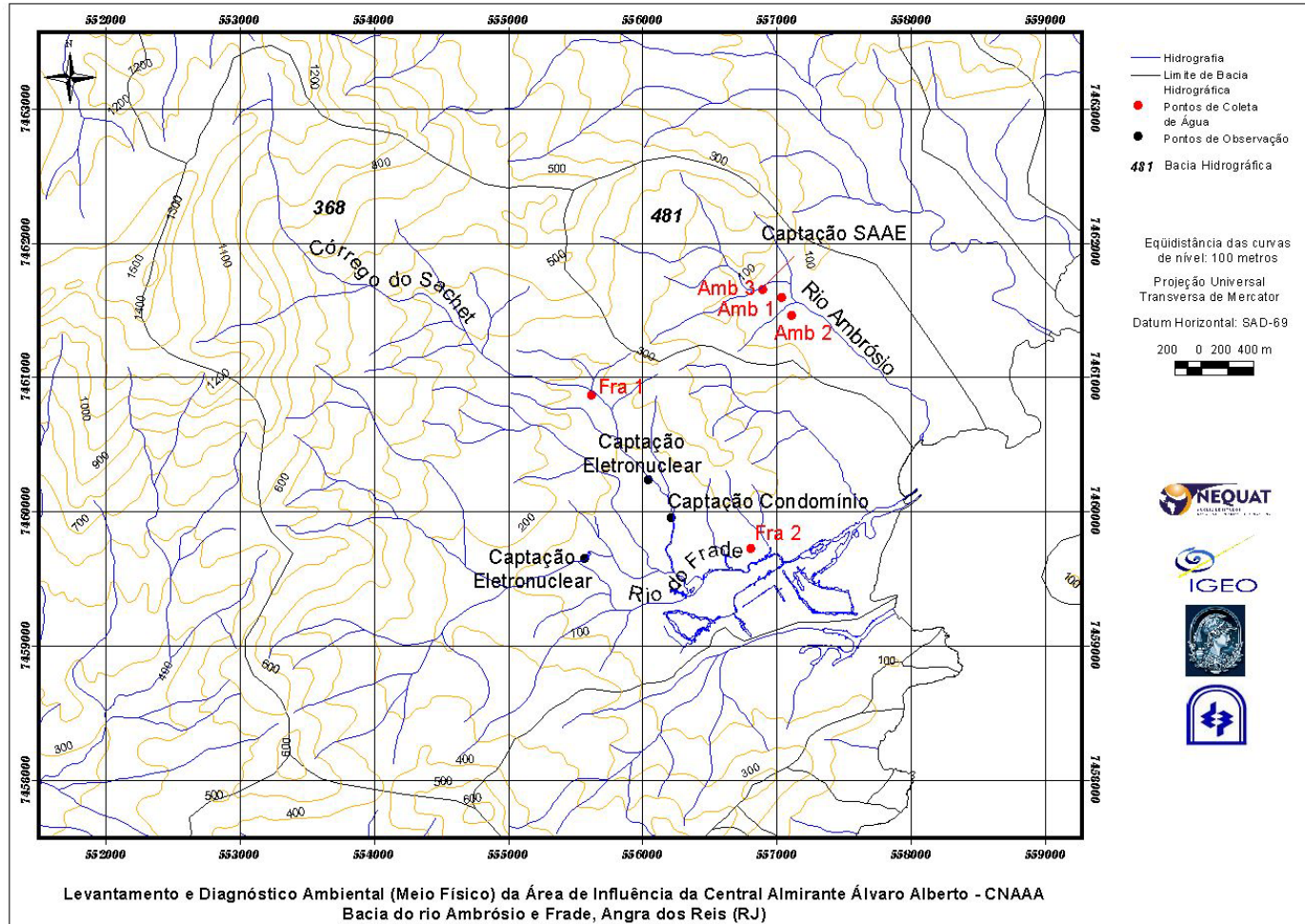


Figura 185 – Localização dos pontos de amostragem para a qualidade das águas na Bacia do Rio Ambrósio e Frade, Angra dos Reis..

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.



Tabela 42 – Resultados das análises físico-química, química inorgânica, química orgânica e bacteriológica para a qualidade das águas, realizadas nas campanhas de outubro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análises	Pontos amostrados*												Limites			
	Unidade	1	2	2	3	3	SGon 1	Mamb 1	Mamb 1	Mamb 2	SGon 2	Bra 1	Cetesb	Port.1.469/00 Min. Saúde	Classe 3 Conama	Feema
		Bica	Vala	Vala/Dupl.	Nasc.	Nasc./Dupl.		Dir.	Esq.	Foz	Foz					
LAM	LAM	Innolab	LAM	Innolab	LAM	LAM	LAM	LAM	Innolab	Innolab	Innolab					
Análise físico-química																
PH		4.9	6.2	6.6	6.6	6.7	6.1	8.1	8.2	6.74	7.51	5.89			6 a 9	6 a 9
Turbidez	NTU	0,4	5,6	25	7,5	6	3,1	11,1	4,3	3	6	7	100 UNT		100 UNT	
Sólidos em suspensão	mg/L	1.5	8.0		1.5		1.5	2.5	2.5							
Sólidos Totais	mg/L	45	75		40		30	25	20							
Oxigênio Diss.	mg/L O2	9.0	8.6	2.44	9.6	6.64	9.6	11.0	11.0	7.44	4.80	7.56	4		4	
DQO	mg/L	20	15		5		13	5	10							
DBO	mg/L O2	10	10	7	10	1	9	12	11	6	26	1	10		3	
Análise química inorgânica																
Alumínio Al	mg/L	<0.002	<0.002	nd	<0.002	0.03	0.026	0.066	0.063	nd	nd	0.09	≤0.1	0.2-2	0.1	



Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – ANGRA 3



Análises	Unidade	Pontos amostrados*											Limites			
		1	2	2	3	3	SGon 1	Mamb 1	Mamb 1	Mamb 2	SGon 2	Bra 1	Cetesb	Port.1.469/00 Min. Saúde	Classe 3 Conama	Feema
		Bica	Vala	Vala/Dupl.	Nasc.	Nasc./Dupl.		Dir.	Esq.	Foz	Foz					
LAM	LAM	Innolab	LAM	Innolab	LAM	LAM	LAM	LAM	Innolab	Innolab	Innolab					
Alumínio solução Al3+	mg/L															
Manganês	mg/L	<0.005	0.031	0.005	<0.005	nd	<0.005	0.006	0.013	0.052	nd	nd	≤0.5	0.1	0.5	
Manganês Sol: Mn2+	mg/L															
Cl-	mg/L	1.3	2.7	4,7	1.5	1,2	0.9	0.3	0.4	1680	15900	1.3	≤250	250	250	250
NO3-	mg/L	0.7	0.5	20.8	0.6	0.15	0.2	0.3	0.2	0.10	0.02	0.11	≤10		10	10
NO2-	mg/L	0.0032	0,008	0.009	0,003	0.003	0,016	0,033	0,015	0.003	0.003	0.003	≤1,0		1	
Fosfato Total	µg/L	14	325	80	29	110	18	13	17	20	nd	10	≤25		25	
Ni	µg/L	<5	<5	nd	<5	nd	<5	<5	<5	nd	nd	7	≤25		25	
Cu	µg/L	1	11	40	1	6	<1	1	1	nd	nd	3	≤500	2.000	500	
Ba	mg/L	0.005	0.033	nd	0.012	0.020	0.011	0.014	0.016	0.040	nd	nd	≤1	0.7	1	
Zn	µg/L	10	10	7	6	14	6	13	26	5	nd	8	≤5000	5000	5000	
Cd	µg/L	<1	<1	nd	<1	nd	<1	<1	<1	nd	nd	nd	≤10	5	10	



Análises	Pontos amostrados*												Limites			
	Unidade	1	2	2	3	3	SGon 1	Mamb 1	Mamb 1	Mamb 2	SGon 2	Bra 1	Cetesb	Port.1.469/00 Min. Saúde	Classe 3 Conama	Feema
		Bica	Vala	Vala/Dupl.	Nasc.	Nasc./Dupl.		Dir.	Esq.	Foz	Foz					
LAM	LAM	Innolab	LAM	Innolab	LAM	LAM	LAM	LAM	Innolab	Innolab	Innolab					
Pb	µg/L	<5	<5	nd	<5	nd	<5	<5	<5	nd	nd	nd	≤5	10	5	
Hg	µg/L			nd		nd				nd	nd	nd	≤2	1	2	
Análise química orgânica																
Detergentes	mg/L	0.1	0.4		0.3		0.1	0.2	0.3				≤0.3			
Fenóis	mg/L	0.003	0.007	0.003	0.160	nd	0.019	0.126	0.181	0.004	nd	nd	0.3		0.3	0.3
Análise bacteriológica																
Total coliformes	Col/100mL	70	10300		10110		2840	1090	1100				Até 20.000	Ausência em 100 mL	20 000	
Coliformes Fecais	Col/100mL	ND	9000		10000		2800	1000	130				Até 20.000		4 000	
Total de bactérias	Col/100mL															
IQA		61	40		53		54	59	59							

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

6.5.1.3.6. Parâmetros físico-químicos

Potencial Hidrogeniônico (pH): representa a concentração de íons hidrogênio H^+ em escala anti-logarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de variação do pH é de 0 a 14. Pode ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação, matéria orgânica, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos, despejos industriais, lavagem de tanques, etc).

O pH é importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle de corrosividade, remoção da dureza). O pH baixo está relacionado à corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento; pH afastado da neutralidade pode afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. A Resolução Conama (Tabela 41) recomenda pH na faixa de 6-9. Em uma das amostras analisadas (Ambrósio 1 - Bica), foi encontrado um pH de 4,9, abaixo do especificado pela legislação. Em se tratando de corpos d'água, esses valores de pH podem estar associados à proliferação de algas ou ao caráter ácido das rochas.

Turbidez: representa o grau de interferência à passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva a ela. Pode ter origem natural (partículas de rocha, argilas, silte ou algas e outros microorganismos) ou antropogênica (despejos domésticos, despejos industriais). Em todos os pontos amostrados, o parâmetro turbidez encontra-se dentro do limite especificado pela legislação (40-100 UNT).

Oxigênio Dissolvido (OD): é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude desse fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive peixes. O OD pode ter origem natural (dissolução do oxigênio atmosférico, produção pelos organismos fotossintéticos) ou antropogênica (introdução de aeração artificial). O limite de tolerância especificado pela Cetesb é de 4 mg/L de O_2 , e, pelo Conama, varia em uma faixa de 2-6 mg/L de O_2 .

Todas as amostras analisadas estão com o teor de oxigênio dissolvido acima do especificado pela legislação. É importante destacar que a solubilidade do OD nos corpos d'água varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/L. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese).

Fósforo: na água, o fósforo apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^{1-}$ e H_3PO_4) dependem do pH, sendo a mais comum, na faixa usual de pH 6-9, o HPO_4^{2-} . Os polifosfatos são moléculas mais complexas, com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de

menor importância. As origens naturais podem ser associadas à dissolução de compostos do solo ou decomposição da matéria orgânica, e as antropogênicas, aos esgotos domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. O limite de tolerância especificado pela Cetesb e pelo Conama é de 0,025 mg/L (25 µg/L).

Foi encontrado valor acima do especificado pela legislação para a amostra Ambrósio 2 (Vala), 325 µg/L, em razão, provavelmente, da contaminação tanto por esgotos domésticos e detergentes como principalmente excrementos de animais, observados nas imediações do ponto de coleta. Um outro local onde o valor de fósforo mostra-se um pouco acima do especificado pela legislação foi o Ambrósio 3 (Nascente). Nesse caso, é provável que se deva à dissolução de compostos do solo ou à decomposição da matéria orgânica. Todas as demais amostras analisadas estão com o teor de fósforo dentro do estabelecido pela legislação.

Cloretos: todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. São originados da dissolução de sais, tendo como origem natural a dissolução de minerais, intrusão de águas salinas, entre outros, e, como origens antropogênicas, os despejos domésticos e industriais. Foram encontrados valores altos de cloretos nos Rios Mambucaba e São Gonçalo, 1.680 e 15.900 mg/L, respectivamente, creditada à mistura proveniente da penetração da maré na foz dos rios. As outras amostras estão dentro do estabelecido pela legislação (250 mg/L).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microorganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica de origem natural (matéria orgânica vegetal e animal) ou de origem antropogênica (despejos domésticos e industriais). A presença de matéria orgânica é responsável pelo consumo, pelos microorganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água; assim, a DBO retrata, de uma forma indireta, não apenas o teor de matéria orgânica contido nos corpos líquidos — fornece, também, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido.

A DBO vem sendo utilizada como um dos parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. Nos esgotos domésticos a concentração média é de 300 mg/L, enquanto nas águas tratadas é função do nível e do processo de tratamento. A água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento convencional e à irrigação de culturas (Classe 3 - Conama) tem como limite de tolerância 3 mg/L. Já a Cetesb considera como limite 10 mg/L.

Todas as amostras analisadas apresentam DBO acima de 3 mg/L, mas abaixo de 10 mg/L, com exceção da amostra do Rio Bracuí (1 mg/L). Os valores acima de 10 mg/L — Mamb.1A, Mamb. 1B e S Gon.2 (Foz) — devem estar relacionados ao aporte de matéria orgânica vegetal e/ou animal.

6.5.1.3.7. Parâmetros inorgânicos

Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos é tóxica. Entre esses, têm especial destaque os metais pesados. Entre os metais pesados que se dissolvem na água, incluem-se o arsênio, o cádmio, o cromo, o chumbo, o mercúrio e a prata. Vários desses metais se concentram na cadeia alimentar, resultando em grande perigo para o organismo humano. Normalmente as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são bem pequenas.

Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros.

Ferro e manganês: estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) numa grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido (ex: água subterrânea ou fundo de lagos), eles se apresentam na forma solúvel (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico, o ferro e o manganês se oxidam, voltando às suas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}), o que pode causar a coloração da água. Sua origem natural pode ser devida à dissolução de compostos do solo, e a antropogênica, devida a despejos industriais.

Em todos os pontos amostrados, o ferro e o manganês encontram-se dentro do limite especificado pela legislação.

6.5.1.3.8. Parâmetros biológicos

Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos bioquímicos. Um outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água refere-se à possibilidade de transmissão de doenças.

A determinação da potencialidade da água em transmitir doenças pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminações fecais, pertencentes principalmente ao grupo dos coliformes. O limite de tolerância especificado pelo Conama corresponde ao intervalo de 200 a 4000 NMP/100 ml para coliformes fecais, e desde ausentes até 20.000 NMP/100 ml para coliformes totais. Considerando os usos especificados para as águas de classe 2 (abastecimento doméstico após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas e alimentação humana), têm-se valores-limite de 1.000 para coliformes fecais e 5.000 para coliformes totais.

Foi encontrado valor acima do especificado pela legislação para a classe 2 na amostra Ambrósio 2 (10.300 coliformes fecais e 10.000 coliformes totais), fato creditado ao despejo de esgotos domésticos no rio, tanto individual (várias residências situadas próximo às linhas de drenagem possuem tubulações que despejam esgotos *in natura*) como proveniente do sistema filtrante existente nessa localidade, situado a montante do ponto de coleta.

Na amostra Ambrósio 3 (Nascente), a contaminação identificada também se deve, provavelmente, a algum lançamento de esgoto, uma vez que foi relatado pela população local

o rápido crescimento de moradias nos morros situados próximos ao ponto de captação de águas pelo SAAE. A água do ponto Ambrósio 1 (Bica), proveniente da nascente utilizada pela população como água potável (água mineral), acha-se dentro do especificado pela legislação. As demais amostras também estão dentro dos padrões de qualidade.

Aplicando-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA) para os resultados obtidos nas análises efetuadas, verifica-se que as águas dos rios monitorados podem ser consideradas boas ($51 < IQA \leq 79$), com exceção da amostra Ambrósio 2, que pode ser considerada regular ($36 < IQA \leq 51$).

Segundo os limites utilizados pela Cetesb, Portaria 1.469/00 do Ministério da Saúde, Conama (classe 3) e Feema, todos os parâmetros estão dentro do estabelecido por essas legislações, com exceção dos parâmetros fosfato, oxigênio dissolvido, nitrito, detergentes e coliformes fecais da amostra Ambrósio 2, que se encontram fora dos padrões de qualidade.

6.5.2. Hidrogeologia

6.5.2.1. Metodologia

Este estudo específico foi realizado com base no relatório “Levantamento e Diagnóstico (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Volume II – Eixo 2 (Geologia e Recursos Hídricos)” de autoria do IGEO da UFRJ, como já dito anteriormente.

O IGEO/UFRJ dividiu, basicamente, seus esforços em três etapas distintas:

- pesquisa bibliográfica sobre dados hidrogeológicos (Eletronuclear, CPRM, DRM e IBGE);
- pesquisa de campo;
- caracterização hidrogeológica.

6.5.2.1.1. Inventário de dados hidrogeológicos

Os dados obtidos na Eletronuclear constituíram-se, basicamente, de relatórios técnicos de hidrogeologia ou contendo informações hidrogeológicas, resultados de análises químicas em águas subterrâneas e nascentes, dados meteorológicos, base cartográfica digitalizada, em escala 1:5.000, imagem Landsat (TM) em escala 1:100.000 e mapas temáticos (geologia e solos), também na escala 1:100.000.

A base cartográfica foi obtida a partir das cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000: rio Mambucaba, Cunhambebe, Parati e Angra dos Reis. Através da CPRM foram obtidos: um cadastro de poços da região, com suas localizações, dados construtivos e analíticos, fotos aéreas USAF, 1966 escala 1:60.000. No DRM obtiveram-se as cartas geológicas Cunhambebe, Campos da Cunha/Rio Mambucaba, Parati e Angra dos Reis, em escala 1:50.000, necessárias ao cumprimento da segunda fase da pesquisa.

6.5.2.1.2. Trabalhos de campo

Foram executadas inspeções de campo, que podem ser divididas em duas etapas:

- 1) Localização dos poços existentes na região de Angra dos Reis - RJ, que constam de um cadastro cedido pela CPRM, bem como o cadastramento de novos poços, permitindo medições em campo de parâmetros físicos e químicos. Esses dados foram utilizados na caracterização hidrogeoquímica..
- 2) Coleta de amostras de águas subterrâneas através de poços e de água superficial de nascentes e fontes, escolhidos estrategicamente, para análise em laboratório de sua composição química, o que também forneceu dados para a caracterização hidrogeoquímica..

6.5.2.1.3. Caracterização hidrogeológica

A caracterização hidrogeológica, tanto da AID-5 km (Área de Entorno Imediato - AEI), como da AID-15 km, foi realizada segundo uma metodologia composta por vários passos e que pode ser subdividida conforme os estudos específicos que a compõem: balanço hídrico; caracterização hidrogeoquímica, hidrodinâmica, isotópica e de favorabilidade hidrogeológica.

6.5.2.2. Dados hidrogeológicos pré-existent

6.5.2.2.1. Relatório BP-3-6502-850100 – RI: Volume 1

O relatório consiste nas investigações geológicas e geotécnicas no morro de Ponta Grande e na baixada sedimentar de Saco Fundo e Itaorninha, visando a uma avaliação da área de Ponta Grande como local apropriado para a instalação da Unidade 3 da CNAAA - Angra 3.

O documento considerou os aspectos litológicos, estruturais e estratigráficos, variações do nível do mar, além análise de ensaios de perda d'água e variações do nível do lençol freático.

•Ensaio de perda d'água

A análise dos resultados obtidos indica que de 61 ensaios de perda d'água realizados em Ponta Grande, 40 deles não indicam perda alguma; sete, pequenas perdas (perda d'água específica) inferior a 1l/min/m/kgf (cm²) e apenas 14 tiveram perda d'água considerável.

Verificou-se ainda que as perdas d'água registradas são bastante compatíveis com o grau de fraturamento encontrado nos trechos ensaiados. Em trechos sem fraturas, foram registradas pequenas perdas d'água que podem ser atribuídas a uma eventual deficiência da vedação do obturador.

Sendo assim, pode-se considerar que o maciço rochoso de Ponta Grande está em boas condições, pois a maior parte dos ensaios apresenta nenhuma ou pequena perda d'água, e que

as perdas d'água registradas são bastante compatíveis com o grau de fraturamento encontrado nos trechos ensaiados.

- Variação do nível da água

Para avaliação do nível do lençol freático na baixada sedimentar de Saco Fundo e Itaorninha, foram consideradas as medições de nível d'água realizadas durante a execução das sondagens e as leituras dos medidores de nível d'água (MNA) instalados no local.

Na área de Saco Fundo as leituras de MNA têm indicado flutuação do nível d'água entre as cotas 0,0 e +1,0 m (CNG). Considerando, entretanto, que as leituras de MNA foram iniciadas somente a partir de maio de 1989, e que todas as sondagens da série SM foram efetuadas no período de julho a agosto, justamente o período de estiagem, flutuações do lençol freático acima da cota +1,0 m (CNG) podem ocorrer.

Na área de Itaorninha, as leituras de MNA têm indicado flutuação do nível d'água entre as cotas – 0,27m + 1,0m (CNG).

6.5.2.2.2. Relatório ER 1579: Autorização de Serviços - Village do Frade, Angra dos Reis - Ensaio de Bombeamento em Poço de Pesquisa – 2.107/81 (20.2)

O relatório consiste na avaliação da potencialidade do aquífero local do Village do Frade, em Angra dos Reis, a partir da análise de resultados de ensaios de bombeamento de um poço alocado com a finalidade de garantir o abastecimento de água dos alojamentos de Village do Frade.

O poço foi instalado perpendicularmente à falha vertical de direção EW, com uma inclinação de 45°.

Obteve-se um coeficiente de permeabilidade (5.10^{-2} cm/s) a partir da aplicação da Lei de Darcy, com base em inferências sobre o gradiente hidráulico e área de fluxo no poço. Segundo os autores, esses dados são indicativos de um aquífero de permeabilidade adequada para exploração definitiva. A característica atípica da forte inclinação do furo com respeito ao prumo, de modo a cortar deliberadamente uma fratura vertical, reporta a um fato de grande interesse hidrogeológico, haja vista a considerável vazão obtida no poço. Segundo informações esse poço foi abandonado e nunca chegou a operar plenamente.

6.5.2.2.3. Relatório Promon FR01H, no R11103F0662: considerações sobre a hidrogeologia da região de Angra dos Reis

Este relatório foi elaborado com o objetivo de fornecer informações sobre a hidrogeologia da região de Angra dos Reis, visando o suprimento de água subterrânea para a CNAAA.

Inicialmente o documento indica que as encostas dos morros da região de Angra dos Reis apresentam ocorrências restritas de águas subterrâneas, relacionadas às estruturas geológicas e solos locais.

Segundo relatório sobre a enseada sedimentar de Itaorna, e supondo-se não haver problemas de salinidade, mesmo no caso de se instalar uma bateria de poços, a vazão obtida seria inferior à demanda, e as reservas seriam rapidamente esgotadas. O esgotamento das reservas necessitaria de um longo período de recarga, a qual ficaria na dependência das chuvas.

6.5.2.2.4. EIA de Angra 2

O EIA de Angra 2 (NATRONTEC, 1999a) apresenta informações sobre as águas superficiais e os registros sobre águas subterrâneas, importantes na compreensão do meio físico e da distribuição dos recursos hídricos, tanto da AID quanto da AII.

Quanto aos aspectos hidrogeológicos entende-se que os mananciais respectivos encontram-se razoavelmente conservados, com exceção dos localizados junto aos aglomerados que não dispõem de nenhuma forma aceitável de saneamento básico.

Assim sendo, os principais problemas detectados de qualidade da água estão associados às cargas orgânicas da população urbana que não dispõe de esgotamento sanitário e aos depósitos não controlados de lixo. Adicionalmente, apesar dos dispositivos de tratamento de efluentes do Tebig, a grande movimentação de derivados de petróleo por esse terminal tem causado alguns vazamentos, que vêm sendo controlados e provocam impactos normalmente reversíveis.

- Águas subterrâneas

- a) Caracterização global

Indica a grande predominância de aquíferos livres, localmente restritos a zonas fraturadas, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo. As rochas possuem permeabilidade relativamente baixa, o que proporciona aquíferos de boa qualidade química, mas de pouca importância hidrogeológica.

Há dois aquíferos livres contínuos na região de Barra Grande (Parati) e outro na região de Cunhambebe (Angra dos Reis), correspondentes a formações de sedimentos não consolidados, possivelmente propícios à exploração de poços rasos (inferiores a 50 m), com importância hidrogeológica razoavelmente grande e boa qualidade química.

A produtividade é de média a fraca, o que corresponde a poços com capacidade específica entre 0,13 e 1 m³/h/m e vazão entre 3,25 e 25 m³/h, para um rebaixamento do nível d'água de 25 m.

- b) Caracterização hidrogeológica no Sítio da Usina

O fluxo de água subterrânea está de acordo com a superfície topográfica, no sentido de Itaorna. O nível freático está em torno de 2 m abaixo da superfície, com gradiente de cerca de

0,5%, seguindo com um aumento da declividade na direção do mar, até alcançar o gradiente de 1%.

c) Sistema de juntas e falhas e preenchimento

Dois sistemas de juntas verticais, aproximadamente perpendiculares entre si, ocorrem nas rochas do local (gnaisses, migmatitos, granitos e dioritos) e um sistema de juntas subhorizontais, ou de alívio. Apesar de a maioria das juntas estar aberta nas proximidades das superfícies das rochas, estas são fechadas no interior do maciço rochoso.

As falhas também ocorrem em dois sistemas verticais perpendiculares entre si. Os planos e falhas são preenchidos com material de falha moído ou material de origem secundária, o que dificulta a percolação da água.

d) Perda d'água

Em todas as perfurações na rocha, o nível do lençol estava contido dentro ou pouco acima da superfície da rocha, onde existiam juntas de alívio locais, com juntas mais abertas. Em maiores profundidades, os testes registraram menores perdas d'água, onde as juntas são mais fechadas. As fissuras superficiais do maciço rochoso possuem boa intercomunicação nesta região.

e) Artesianismo

Numa perfuração, que interceptou uma junta a 7 m abaixo do contato solo/rocha, verificaram-se características de artesianismo, e uma vazão de 1.000 L/h foi observada nos primeiros momentos do teste de bombeamento aí realizado, decrescendo após algumas horas, até se tornar insignificante em poucos dias. Caracterizou-se assim a pequena capacidade de armazenamento associada às rochas cristalinas, nas quais poços com vazões próximas a 4.000 L/h geralmente não existem, sendo mais comuns aqueles com descarga nula ou de produção insignificante.

f) Águas subterrâneas no entorno da cidade de Angra dos Reis

Indica que, com exceção do centro, os demais bairros (Sapinatuba, Bonfim, Praia Grande e Vila Velha) seriam os mais propícios à exploração de água subterrânea, por apresentarem estruturas geológicas favoráveis à infiltração e armazenamento de água, além de uma boa cobertura vegetal, o que favoreceria a infiltração das águas de chuva que escoam pelas encostas, mesmo estas sendo íngremes e, conseqüentemente, a recarga dos aquíferos a serem explorados.

Além disso, a baixa densidade demográfica desses locais favoreceria a implantação de poços longe de possíveis contaminações antrópicas, mesmo que os poços se situassem em cotas pouco elevadas. Por outro lado, alertou-se sobre a atitude da foliação da geologia local, que, por ser contrária à declividade da encosta, representaria uma possibilidade real de contaminação pela infiltração oriunda de fossas e sumidouros, através desses planos de descontinuidade.

Ao final conclui que a região estudada pode ser considerada de boa capacidade para exploração de águas subterrâneas, restando a determinação do grau de fraturamento dos maciços a serem perfurados, de modo a se obterem volumes compatíveis com a necessidade da comunidade.

g) Principais usos das águas subterrâneas

A única captação de água subterrânea para abastecimento doméstico executada por órgãos oficiais encontra-se no bairro do Bonfim; contudo, esse poço só é operado para complementar o abastecimento do manancial superficial. A existência de outros poços em toda a região em estudo é devida às captações individuais, e não estão mapeadas oficialmente.

i) Qualidade das águas subterrâneas

Apenas um ponto foi avaliado: o poço de 60 m de profundidade no bairro do Bonfim, único que serve de abastecimento urbano. Para sua caracterização, foram empreendidas duas campanhas de coleta de água: uma, de verão (21/3/97), e outra, de inverno (17/8/97). A Tabela 43 apresenta os resultados das análises.

Tabela 43 - Resultados das análises de qualidade da água do poço no Bairro Bonfim – Angra dos Reis

Parâmetro	Unidade	Padrão	Campanha	
			Verão	Inverno
Coliformes fecais	NMP/100 ml	1000	>	Zero
PH		6,0 a 7,0	8,0	7,0
DBO	mg/l	5	1	19
Nitrogênio total	mg/l		0,47	<0,10
Fosfato total	mg/l		0,04	<0,10
Turbidez	UNT	40	0,3	1
Resíduo total	mg/l		172	115
Oxigênio dissolvido	mg/l		3,6	4,2
Coliformes totais	NMP/100 ml	5000	>1600	Zero
DQO	mg/l		10	100
Mercúrio	mg/l	0,002	0,0004	<0,01
Índice de fenóis	mg/l		0,02	0,071

Fonte: NATRONTEC (1999a)

6.5.2.2.5. Final Safety Analysis Report – Angra II (Ver. 5, June 01)

A caracterização da água subterrânea da área do empreendimento, segundo este relatório, evidencia a superfície do lençol freático como seguindo a superfície do terreno, localizada alguns poucos metros abaixo desta. O gradiente tem um valor de aproximadamente 1% desde a praia até uma distância de 200 m da praia, onde passa a ser de 0.5%.

6.5.2.2.6. Programa de Monitoramento Ambiental Radiológico Operacional (PMARO)

- Água de rio - os resultados obtidos em 2001 não apresentaram quaisquer atividades de radionuclídeos naturais e artificiais, utilizando-se a análise de espectrometria gama para o radionuclídeo ^{40}K , cuja média foi abaixo da atividade mínima detectável.
- Água subterrânea - os resultados obtidos em 2001 não apresentaram quaisquer atividades de radionuclídeos naturais e artificiais. Foi analisado o radionuclídeo ^{40}K , e o valor encontrado foi abaixo da atividade mínima detectável.
- Precipitação - Nas amostras de precipitação, as médias para todos os pontos no ano de 2001 apresentaram, para a atividade de beta total, valores normais. A maior média anual por ponto foi encontrada no ponto Rio-Santos E (6,04 E - 0,2Bq/L). Não foi detectada a presença de trício nessas amostras, bem como de qualquer outro radionuclídeo natural ou artificial.

6.5.2.3. Caracterização Hidrogeológica

Para a caracterização hidrogeológica foram consideradas:

- AID-5 km, também chamada de Área de Entorno Imediato (AEI).
- AID-15 km.

6.5.2.3.1. Balanço Hídrico

Este estudo compreende o desenvolvimento de um modelo de balanço hídrico a ser aplicado na AID-5 km (ou AEI), em Itaorna, para analisar as trocas de águas subterrâneas e as disponibilidades hídricas do período analisado, bem como aspectos relacionados com o escoamento superficial.

Esta região possui as seguintes características hidrometeorológicas: clima tropical úmido, com pluviometria anual média igual a 1.817 mm, com máximas precipitações ocorrendo principalmente nos meses de outubro a março, e a hidrografia formada por rios perenes de pequeno porte e curso. A temperatura média anual é de 21,4°C, segundo dados do período entre 1982-2001.

Para avaliar as trocas de águas subterrâneas, o modelo aplicado baseou-se na determinação mensal do saldo de fluxo do balanço hídrico, durante o período selecionado

para a realização do balanço, de janeiro/1991 a dezembro/2001. Os componentes do saldo de fluxo do balanço hídrico, definidos no contexto do estudo, constituem a recarga profunda no sistema. Foi utilizado o programa Balan 10, idealizado por Samper e García-Vera (1999) para realizar balanços hídricos de aquíferos.

Resultados do balanço hídrico

Os resultados da metodologia aplicada para os componentes do balanço hídrico estão apresentados em tabelas a seguir (Tabela 44 e Tabela 45), com uma síntese de informações da disponibilidade hídrica e escoamento superficial.

Tabela 44 - Resultados gerais do balanço hídrico utilizando-se o Balan 10

Valores médios anuais (mm)	
Precipitação média anual	1.984,27 mm
Chuva útil total	905,53 mm
Chuva útil (fluxo direto)	231,24 mm
Evapotranspiração potencial anual	1.008,62 mm
Evapotranspiração real anual	460,19 mm
Escoamento superficial	621,24 mm
Fluxo hipodérmico	0
Recarga ao aquífero	905,53 mm

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 45 - Resultados do balanço hídrico de Itaorna: resumo das médias mensais*

Mês	REC.TOT. (mm)	REC.DIR. (mm)	PRECIP. (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DOTR. (mm)
1	95,6	26,3	236,0	99,2	52,2	0
2	97,2	28,7	241,0	96,7	48,0	0
3	115,0	30,7	290,0	106,0	61,0	0
4	60,6	16,6	136,0	93,8	32,1	0
5	49,5	12,6	99,2	84,2	29,5	0
6	37,9	10,8	79,7	72,9	21,2	0
7	38,3	8,64	72,4	71,7	26,4	0
8	30,2	7,23	57,0	68,0	21,1	0
9	92,2	19,5	174,0	69,2	36,7	0

Mês	REC.TOT. (mm)	REC.DIR. (mm)	PRECIP. (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DOTR. (mm)
10	101,0	20,6	197,0	74,8	41,3	0
11	109,0	28,9	242,0	77,0	43,7	0
12	78,9	20,7	160,0	95,2	47,0	0

(*) Rec. Tot. – Recarga total; Rec. Dir. – Recarga direta; ETP – Evapotranspiração potencial; ETR – Evapotranspiração real; DOTR. – Irrigação

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Para que o cálculo do balanço hídrico pudesse ser viabilizado, resolveu-se por utilizar, mesmo que de forma representativa, os dados de precipitação e de temperatura fornecidos pela Eletronuclear no período de 1982 a 2001 (Ver item 6.1 Meteorologia deste relatório). Em razão de falhas nas séries, optou-se por realizar o balanço em um intervalo de nove anos (de 1992 a 2000), tendo sido as séries preenchidas artificialmente, utilizando-se o método das duplas-massas. Isso resultou em pequenas diferenças com respeito ao valor da precipitação média anual calculada, um pouco maior na última década (1.984 mm).

Os resultados do balanço indicaram que, para haver um bom ajuste com os dados de nível do aquífero superficial obtido pela Eletronuclear nos piezômetros de controle das encostas, trata-se necessariamente de um aquífero com pequeno armazenamento, rápida resposta à recarga, com trânsito veloz pelas fraturas. Também é notável o alto percentual de chuva útil estimada (cerca de 45% da precipitação total, correspondendo a 906 mm/ano), com elevadas taxas de infiltração profunda, o que não surpreende dadas às características de clima e vegetação locais, praticamente sem déficit hídrico e pluviosidade abundante. Deve-se salientar alguns fatores que diminuem a precisão do estudo:

- o valor de recarga resultante é demasiadamente alto quando se levam em conta as estimativas de recarga obtidas em locais semelhantes, mormente em zonas de encostas íngremes como é o caso na área de estudo, o que o modelo utilizado não leva em conta;
- os dados utilizados para a calibração (variação de níveis piezométricos obtidos de levantamentos da ELETRONUCLEAR) apresentam uma grande variabilidade segundo a profundidade ou local de tomada das medidas.
- não foi levada em conta a existência de um fluxo hipodérmico significativo, aquele que pode representar o escoamento no limite físico entre o material friável, inconsolidado e a rocha e que, nas condições geoambientais locais pode representar um grande percentual da recarga que não atinge o aquífero profundo, fraturado.

Com relação à variação de nível dos piezômetros, tais dados aportam interessantes informações sobre a recarga aos aquíferos:

- os piezômetros que registram a variação de nível piezométrico na interface colúvio-solo residual em geral têm variações menores, da ordem de 2 a 2,5 m (Figura 186). Foram esses valores que se utilizaram para a calibração do modelo de simulação da recarga (BALAN 10), pois retratam a recarga do aquífero mais raso, que é a simulada pelo referido modelo (embora, como já dito, se possa ter em conta um possível fluxo hipodérmico, não se chegou a utilizar essa opção);
- os piezômetros que registram a variação de níveis no horizonte entre o solo residual e rocha alterada têm o comportamento mais errático, os níveis em geral são mais profundos, mas em vários casos chegam inclusive a aflorar à superfície, o que pode refletir a grande gama de situações hidráulicas no aquífero fraturado (Figura 186). Além disso, a variação tem uma amplitude muito maior. Esse fato também reflete a ocorrência do fluxo em fraturas (dupla porosidade, com pequena porosidade total, e um pequeno armazenamento). O estudo das curvas de esgotamento dos piezômetros permitiu também obter parâmetros para o modelo, tornando-o uma representação mais próxima da realidade.

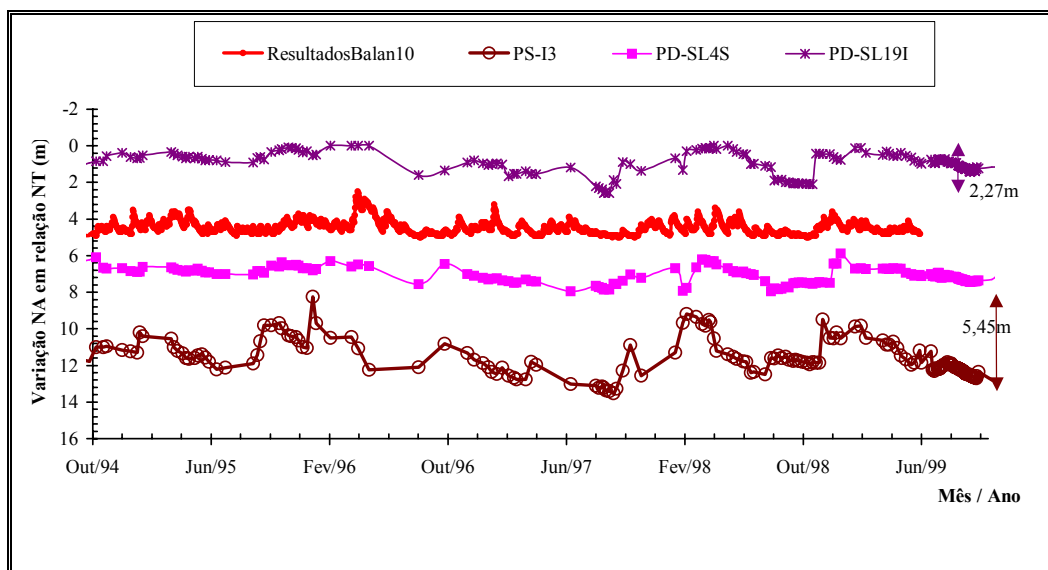


Figura 186 – Comparação da variação piezométrica obtida com o Programa BALAN10 e dos piezômetros instalados no contato entre o colúvio e o solo residual (PD-SL4S) e entre o solo residual e a rocha alterada (PD-SL19I e PS-I3) na encosta a jusante da BR-101.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Como consequência do exposto, reforça-se a hipótese de que existem dois subsistemas aquíferos, um mais raso, com maior armazenamento (meio poroso), que responde diretamente às variações meteorológicas, compreendendo a fração de solo vegetal/húmico mais o solo residual subjacente, e outro mais profundo, com as fraturas interconectadas hidráulicamente

interagindo a partir da interface solo residual-rocha alterada para baixo. O sistema inferior apresenta um caráter bastante errático, quanto às variações piezométricas e ao tipo de resposta aos pulsos de recarga, típico desse tipo de aquífero.

Ainda como resultado desta avaliação, obteve-se uma estimativa da recarga ao aquífero mais raso que deve ser contrastada com outras técnicas para comprovação do ajustamento da simulação.

6.5.2.3.2. Caracterização hidrogeoquímica

A caracterização hidrogeoquímica dos principais sistemas aquíferos é de fundamental importância, por dois motivos principais:

- 1) é necessário conhecer a qualidade das águas subterrâneas antes da instalação do empreendimento, de modo a estabelecer as condições iniciais;
- 2) as características químicas ou físico-químicas podem ser favoráveis ao transporte de eventuais contaminantes que entrem em contato com o sistema subterrâneo e, portanto, conhecendo-se previamente essas características, medidas preventivas podem ser tomadas.

A caracterização hidrogeoquímica da AID foi realizada, inicialmente, com base no cadastro geral de poços e utilizando dados físico-químicos obtidos por ocasião da visita aos pontos d'água. Esta campanha, realizada nos dias 17 e 18 de outubro de 2002, procurou cumprir o planejamento inicial dos 11 poços selecionados previamente (ANG-11, ANG-24, ANG-32, ANG-33, ANG-35, ANG-41, ANG-42, ANG-43, ANG-51, F-1, F-2). A Figura 187 mostra a distribuição de todos os pontos visitados.

Posteriormente, foram empreendidas campanhas de amostragem, em poços selecionados, a partir do cadastro principal, de modo a permitir uma avaliação das características e comportamento hidrogeoquímico das águas subterrâneas na área de estudo. Foram coletadas também amostras de referência, como: água de chuva; água do mar; água da lagoa onde será implantada a usina Angra 3; e uma amostra fora da área de estudo, mas com características litológicas semelhantes.

Características físico-químicas dos pontos d'água cadastrados

a) Distribuição estatística e espacial

Baseou-se nas informações de distribuição espacial dos pontos d'água e respectivos parâmetros físico-químicos (pH e CE), determinados por ocasião do cadastramento.

A Tabela 46 apresenta os valores estatísticos para as principais características físico-químicas dos pontos d'água cadastrados nos sistemas aquíferos locais (sedimentos, fraturas superficiais, fraturas profundas). Considerando-se o pequeno número de pontos d'água cadastrados, do ponto de vista estatístico, não foi possível separar por tipos de pontos de água.

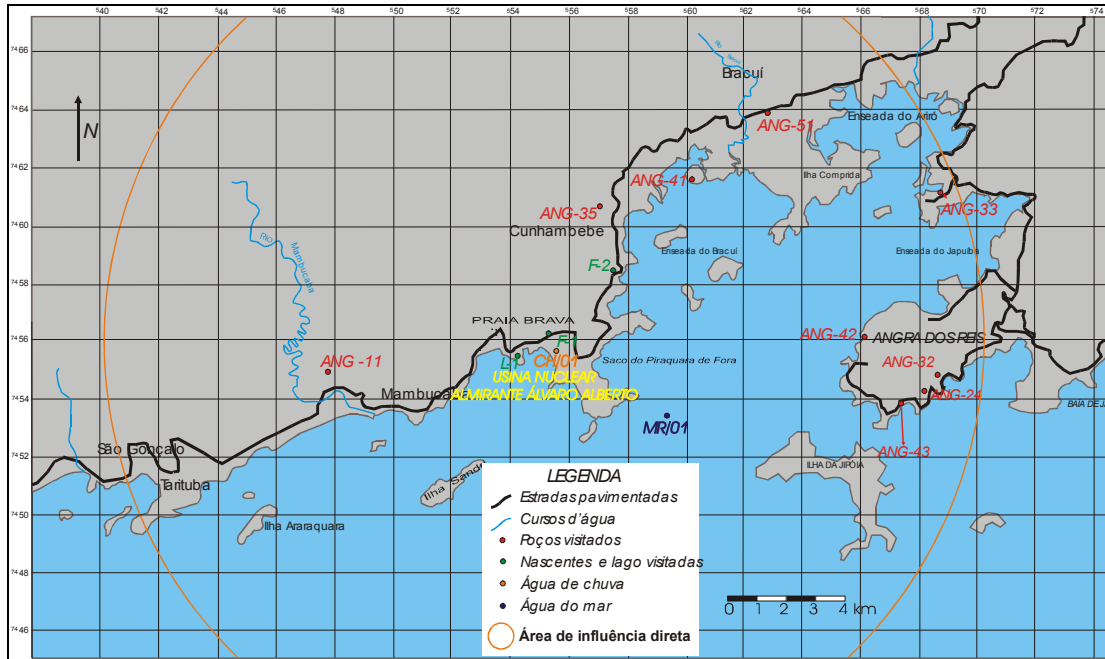


Figura 187 – Localização dos pontos selecionados para amostragem de caracterização hidrogeoquímica.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 46 - Variáveis estatísticas calculadas para os parâmetros físico-químicos dos pontos d’água cadastrados (fontes naturais, poços tubulares domésticos, cacimbas e poços tubulares profundos)

	Unidade	Numero de determinações	Média	Mínima	Máxima	Faixa	Desvio-padrão
Profundidade	m	44	66.3	6.9	235.0	228.2	46.7
Vazão	m ³ /h	27	4.5	0.5	15.0	14.5	5.0
pH	PH	19	6.5	5.4	8.8	3.4	.9
CE	μS/cm	16	149.4	20.3	406.0	385.7	112.9
Eh corr	MV	9	395.6	315.0	440.0	125.0	48.4
Temp	°C	15	24.5	21.8	26.0	4.2	1.1

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Observa-se que, em geral, quase todos os parâmetros obedecem a uma distribuição normal ou próxima, com exceção do potencial redox (Eh), tendo em vista o pequeno número de determinações.

b) Potencial de hidrogênio – pH

Segundo Langmuir (1997), o pH das águas subterrâneas naturais está entre 4 e 9 — o que reflete a dinâmica natural entre os ácidos e as bases, sendo que os valores extremos ocorrem quando um dos dois é dominante.

O pH observado nos pontos d'água cadastrados variou entre 5.4 e 8.8, apresentando valor médio de 6.5 e moda de 6.0. Portanto, pode-se estimar que as águas subterrâneas na AID são neutras a levemente ácidas. Os menores valores de pH (entre 5.5 e 6.0) foram encontrados nas fontes naturais e em alguns poços tubulares profundos com até 70.0 m de profundidade. O maior valor de pH, 8.8, foi verificado num poço tubular doméstico com cerca de 9.0 m de profundidade, instalado num sedimento próximo à praia — resultado, provavelmente do tamponamento por algum mineral carbonático.

c) Condutividade elétrica – CE

A condutividade elétrica (CE) é uma medida indireta do total de sólidos dissolvidos (TDS) de uma amostra de água. Alguns autores sugerem que:

$$\text{TDS (mg/L)} = 0.5 \text{ a } 0.8 \times \text{CE } (\mu\text{S/cm})$$

Portanto, conhecendo essa relação para uma determinada região, é possível, a partir da CE, estimar o TDS e avaliar um dos parâmetros de potabilidade da água, definido como 500 mg/L pelo Ministério da Saúde (Funasa, 2000).

A CE observada no conjunto de poços cadastrados variou entre 20 e 406 $\mu\text{S/cm}$, apresentando uma média de 150 $\mu\text{S/cm}$. O conjunto de dados, apresentou dois valores máximos: um, entre 50 e 100 $\mu\text{S/cm}$, e outro, entre 150 e 200 $\mu\text{S/cm}$. Os menores valores de CE observados foram relativos às fontes naturais (20 a 55 $\mu\text{S/cm}$); entretanto, cabe destacar que um poço tubular profundo com 68 m de profundidade e próximo à praia apresentou CE de 29 $\mu\text{S/cm}$.

d) Seleção dos poços para amostragem

Em função da localização espacial, proximidade com o complexo das usinas de Angra, utilização das águas para consumo doméstico e valores de pH e CE obtidos por ocasião do cadastramento dos poços, selecionaram-se os pontos para amostragem (Tabela 47). Foram amostradas duas fontes naturais, uma cacimba, dois poços tubulares domésticos e 6 poços tubulares profundos.

Observando-se a Figura 187, mostrada anteriormente, é possível notar que a grande maioria dos poços amostrados está localizada a leste do empreendimento. Isso se justifica, já que a direção preferencial dos ventos que poderiam transportar e depositar radionuclídeos atua nessa direção e porque a maior concentração populacional também é encontrada nesta área.

Tabela 47 - Relação dos pontos d'água amostrados, por tipo de captação

No. de ID	UTM N	UTM E	Prof. m	NE m	Vazão (m ³ /h)	Tipo de captação	pH	C.E. uS/cm	Eh mV	Temp. °C
ANG-11	7454837	547869	60		12	Tub. Prof.	6.7	191.3		24.3
ANG-24	7454235	568183	110		15	Tub. Prof.	6.51	176.9	393	24.8
ANG-32	7454800	568599	94	7	14.6	Tub. Prof.	6.8	406	316	24.3
ANG-33	7461120	568720	68	1.14		Tub. Prof.	5.44	29.1	431	25.4
ANG-35	7460595	557049	20	3.35		Cacimba	5.4	65.6	433	24.8
ANG-41	7461600	560174	15		3.75	Tub. Dom	7.1	52.1		
ANG-42	7456176	566206	100			Tub. Prof.	6.21	107.1	399	23.8
ANG-43	7453935	567265	150	7.71		Tub. Prof.	6.39	134.3	402	24
ANG-51	7463852	562883	9			Tub. Dom	8.8	382		
F-1	7456038	555237				Fonte	5.68	54.9	431	21.8
F-2	7458299	557514				Fonte	5.54	20.3	440	23.3

Fonte: "Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)", IGEO/UFRJ.

Características físico-químicas e químicas dos pontos d'água amostrados

a) Análises químicas

As análises químicas de laboratório foram realizadas pela Innolab, um laboratório credenciado pela Feema no estado do Rio de Janeiro, dispondo ainda de certificado ISO 9002 e ISO 17025. A Tabela 48 mostra os parâmetros determinados nas análises de laboratório e respectivos limites de detecção e métodos de análise.

Tabela 48 - Relação dos parâmetros e elementos determinados nas análises de laboratório realizadas pela Innolab e respectivos limites de detecção e métodos de análise

Parâmetro/elemento	Limite de detecção	Método de análise utilizado
PH	PH	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
CE	□S/cm	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
Ca ²⁺	0,1 mg/L	EN ISO 14911 E34
Mg ⁺	0,1 mg/L	EN ISO 14911 E34
Na ⁺	0,1 mg/L	EN ISO 14911 E34
K ⁺	0,1 mg/L	EN ISO 14911 E34

Parâmetro/elemento	Limite de detecção	Método de análise utilizado
HCO ₃ ⁻	1 mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
Cl ⁻	0,1mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
SO ₄ ²⁻	1 mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
NO ₃ ⁻	0,01 mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
Fe total	0,01mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water - 20th ed.
Mn total	0,005 mg/L	EN ISO 11885 E22
Al total	0,03 mg/L	EN ISO 11885
F	0,1 mg/L	EN ISO 10304-1 D19
Si	0,05 mg/L	EN ISO 11885
Sr	0,05 mg/L	EN ISO 11885
As	0,0001mg/L	EN ISO 11969
Cd	0,0001 mg/L	EN ISO 5961 E19
Cr	0,001 mg/L	DIN EN 1233 E10
Pb	0,003 mg/L	DIN 38406 E6
Zn	0,005 mg/L	EN ISO 11885 E22

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Observa-se que os cátions apresentam limite de detecção da ordem de 0,1 mg/L e os ânions apresentam limites entre 0,1 e 1,0 mg/L, para o SO₄²⁻ e HCO₃⁻ respectivamente. Esse tipo de diferença pode ocasionar problemas no balanço iônico em amostras muito diluídas, como algumas das encaminhadas ao laboratório (ANG-33 e F-2) que apresentaram CE entre 20 e 30 µs/cm. Os outros limites de detecção, metais e elementos traços, estão na ordem de 0,1 a 0,0001 mg/L para o flúor e cádmio, respectivamente.

b) Qualidade da amostragem

Chegou-se à avaliação da qualidade da amostragem, partindo-se da comparação dos valores de pH de campo e dos valores de pH obtidos no laboratório. Caso a amostragem tenha sido mal realizada ou tenha havido problemas durante o transporte e preservação das amostras, seriam observadas diferenças significativas entre os respectivos valores.

Os valores de pH medidos no campo e os medidos no laboratório da Innolab foram comparados e observou-se que os valores de pH de laboratório são cerca de 0,2 unidades de pH maiores que os valores de campo. Como essa diferença apresentou uma variação aproximadamente constante para todo o conjunto de amostras, atribui-se a uma diferença de equipamentos, eletrodos e soluções-padrão utilizadas do que à amostragem propriamente dita — pois se sabe que o desprendimento de CO₂ ocorre de maneira diferenciada para diversos

tipos de amostra, isto é, em função da pressão parcial PCO₂. Portanto, pode-se considerar que tanto a amostragem quanto a preservação das amostras foram de alta qualidade.

A mesma comparação foi realizada com os valores de CE. Observou-se uma excelente concordância entre os dois conjuntos de valores, confirmando, mais uma vez, a qualidade da amostragem e preservação.

c) Distribuição dos parâmetros físico-químicos de campo

Durante a amostragem, foram determinados os valores de pH, CE, Temp e Eh de todas as amostras. Apresenta-se aqui uma avaliação estatística desses parâmetros do conjunto de amostras analisadas. Os valores de pH dos pontos amostrados variaram entre 5.4 e 8.8, mostrando valor médio de 6.5, de modo que esse subconjunto amostrado, em termos de pH, é representativo do conjunto maior de poços cadastrados. Os valores de CE variaram de 20 a 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$, registrando valor médio de 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, isto é, valores bem próximos aos do conjunto maior de poços cadastrados, do mesmo modo que no pH. Essas observações permitem considerar que as amostras selecionadas são representativas para a área de estudo, cobrindo todo o espectro de pH e CE do conjunto.

Quanto ao parâmetro temperatura, observou-se que a água subterrânea variou de 21.8 a 25.4 °C, apresentando valor médio de 24.3°C. Em geral, a temperatura das águas subterrâneas reflete a temperatura média anual ou a temperatura da formação, no caso de uma circulação mais profunda. Uma variação significativa da temperatura ao longo do ano pode representar uma água jovem, com pequeno tempo de residência e provavelmente mais vulnerável a contaminação. Uma temperatura mais constante ao longo do ano representa uma água com circulação mais lenta e mais profunda.

Verificou-se que o potencial redox apresenta uma variação muito pequena: entre 315 e 440 mV, com valor médio de 402 mV. Esses valores são representativos de águas subterrâneas oxidadas. Valores elevados de Eh, baixos valores de CE em geral e da temperatura, em alguns casos, levam a crer que as águas subterrâneas da AID-15 km apresentam rápida circulação e, portanto, extremamente vulneráveis a contaminação.

d) Avaliação da qualidade das análises químicas

Uma das melhores maneiras de avaliar a qualidade das análises químicas é através do cálculo do balanço iônico, isto é, o somatório de cátions e ânions em equivalentes deve ser igual para uma amostra de água.

O balanço iônico realizado para o conjunto de amostras analisadas na Innolab demonstrou que, de modo geral, as análises apresentaram uma boa qualidade com erro iônico menor que 10%. Em geral, as amostras apresentam uma maior concentração de ânions do que de cátions. Somente duas amostras apresentaram erros maiores que 10%: amostra F-1, com erro de 37%, e F-2, com erro de -16%. No caso de uma amostra apresentar erros iônicos muito maiores que 10%, é possível saber se o erro foi na determinação dos cátions ou nos ânions. Appelo e Postma (1999) recomendam utilizar a CE de campo *versus* o somatório de cátions e ânions para identificar o erro analítico.

A amostra F-1 apresentou um erro de 37% de cátions a mais que ânions, indicando a ocorrência de problemas analíticos na determinação dos ânions. É possível explicar que, provavelmente, o erro foi na determinação do íon SO_4^{2-} , pois o relatório apresentou-o como não-detectável. A amostra F-2 apresentou um erro de -16 %. Nesse caso, provavelmente, os cátions foram subestimados, uma vez que a amostra, apresentou concentrações de cátions, principalmente Ca^{2+} e Mg^{+} , bem próximas ao limite de detecção do método utilizado.

Com os argumentos acima, foi possível corrigir as concentrações desses íons nas amostras F-1 e F-2, de modo a minimizar o erro do balanço iônico. Para a amostra F-1, uma concentração de 11.5 mg/L (0.12 mmol/L) de SO_4^{2-} é suficiente para minimizar o erro no balanço iônico. Para a amostra F-2, uma concentração de 1.0 mg/L (0.025 mmol/L) de Ca^{2+} e de 0.35mg/L (0.014 mmol/L) de Mg^{+} foi suficiente para minimizar o erro do balanço iônico dessa amostra.

e) Classificação das águas

Os diagramas de Piper, apresentados nas Figura 188, Figura 189 e Figura 190, apresentam a classificação das águas a partir dos elementos maiores: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} . Observa-se que existem três grupos distintos de águas. O primeiro grupo é formado pelas águas com características Na-Cl (cloretadas sódicas), assemelhando-se às características das águas de chuva. Existe um outro subgrupo de amostras, bem próximo ao primeiro, entretanto, com concentrações relativas de cálcio um pouco maiores, formando as águas Ca^{2+} - Na^{+} - Cl^{-} , provavelmente, resultantes de alguma interação de troca de elementos, ou alteração da matriz sólida. O segundo grupo de amostras, que pode ser facilmente identificado, são as amostras dos poços tubulares profundos (ANG-24, ANG-32, ANG-33, ANG-42, ANG-43), com características Ca^{2+} - Na^{+} - HCO_3^{-} - Cl^{-} (bicarbonatadas, cloretadas, cálcico-sódicas), resultantes de uma interação mais efetiva das águas com a zona não saturada e a matriz sólida. Um terceiro grupo, formado por uma única amostra, apresentou características bem diferentes das anteriores, amostra ANG-51, Ca - HCO_3 (bicarbonatada-cálcica), sugerindo uma evolução mais acentuada, com substituição do sódio pelo cálcio nas argilas e, provavelmente, dissolução de calcita, de modo que os íons predominantes foram o cálcio e bicarbonato.

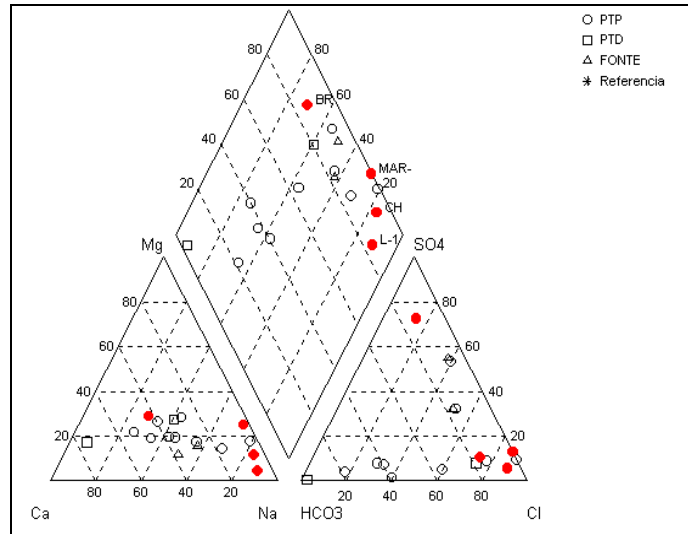


Figura 188 - Diagrama de Piper para as amostras de referência $\text{Ca}^{2+}\text{-Cl}^-$: BR (branco, coletada em Paty de Alferes); e $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$: MAR (água do mar, coletada em Angra dos Reis), L-1 (lago de Angra 3), CH (chuva, coletada no Horto do complexo de Angra).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

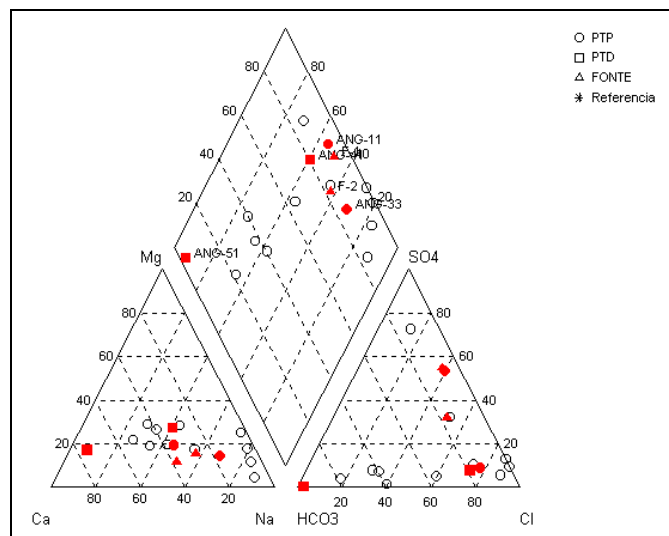


Figura 189 - Diagrama de Piper para as amostras dos poços tubulares profundos, com água $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ (F-2 e ANG-33), passando a $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-Cl}^-$ (F-1, ANG-11, ANG-40) e para a amostra ANG-51, $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

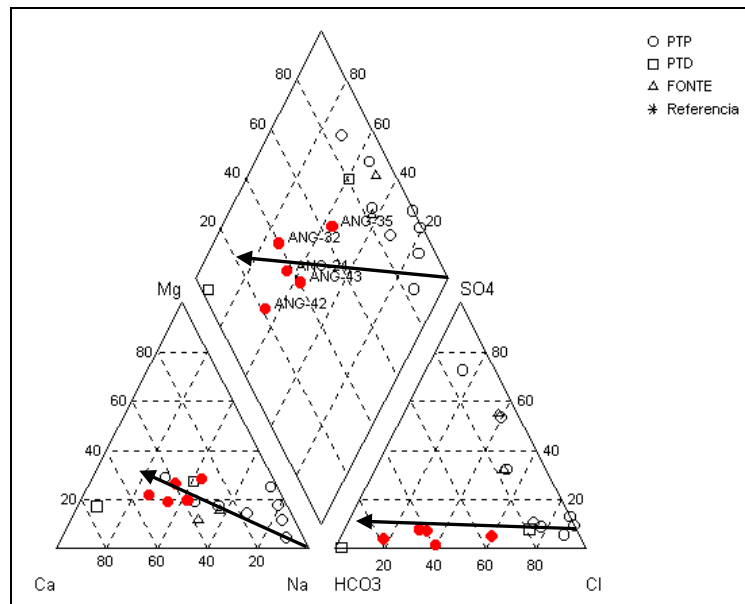


Figura 190 - Diagrama de Piper para as amostras dos poços tubulares profundos, com água $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^{+}\text{---HCO}_3\text{--Cl}^-$.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

De modo geral, observa-se que as águas mais leves apresentam características bem semelhantes às da água de chuva, ao passo que as águas mais concentradas vão apresentando maiores concentrações de cálcio e bicarbonato.

As figuras abaixo (Figura 191 a Figura 194) apresentam as assinaturas das diversas amostras de água, utilizando o diagrama de Schoeller.

Observa-se, na Figura 191 que as amostras de referência da água do mar (linhas superiores) e água de chuva (linha inferior) apresentaram assinaturas semelhantes, com exceção das concentrações relativas de bicarbonato, o que é perfeitamente justificável, uma vez que o pH da água de chuva (4,4) é bem menor que o pH da água do mar (8,0). A assinatura (linha) intermediária é da amostra BR (branco), apresentando características bem distintas das demais. É interessante notar que a concentração de cloreto dessa amostra é bem próxima da concentração de cloreto da água de chuva, sugerindo que, provavelmente, essa amostra não sofreu nenhuma concentração evaporativa. Desse modo, a diferença entre os dois diagramas pode ser considerada como excesso, resultante das interações químicas da água com a matriz sólida. Observa-se, portanto, um enriquecimento significativo dos íons sulfato, cálcio e magnésio nessa amostra. Tendo em vista essa diferença significativa, na distribuição dos íons maiores e, certamente, no comportamento geoquímico dessa amostra, recomenda-se não utilizá-la como referência.

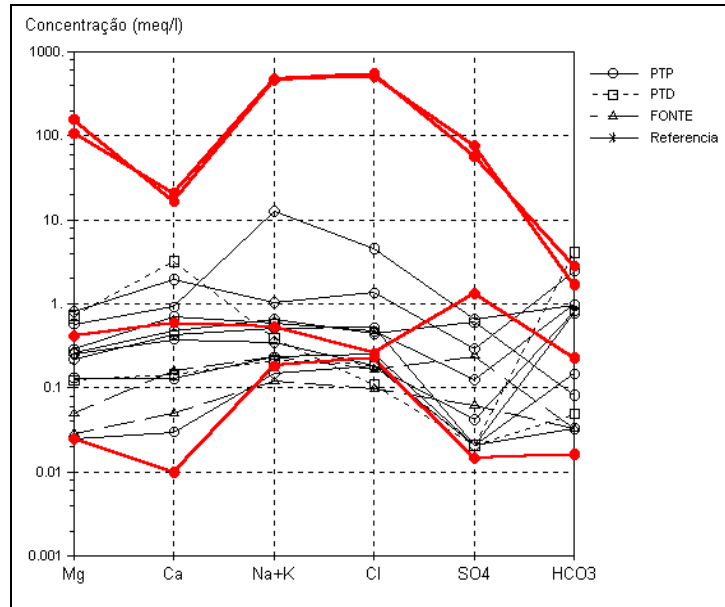


Figura 191 - Diagrama de Schoeller para comparação da assinatura das amostras de referência para as amostras de referência: BR (branco, coletada em Paty de Alferes); MAR (água do mar, coletada em Angra dos Reis), L-1 (lago de Angra 3), CH (chuva, coletada no Horto do complexo de Angra).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

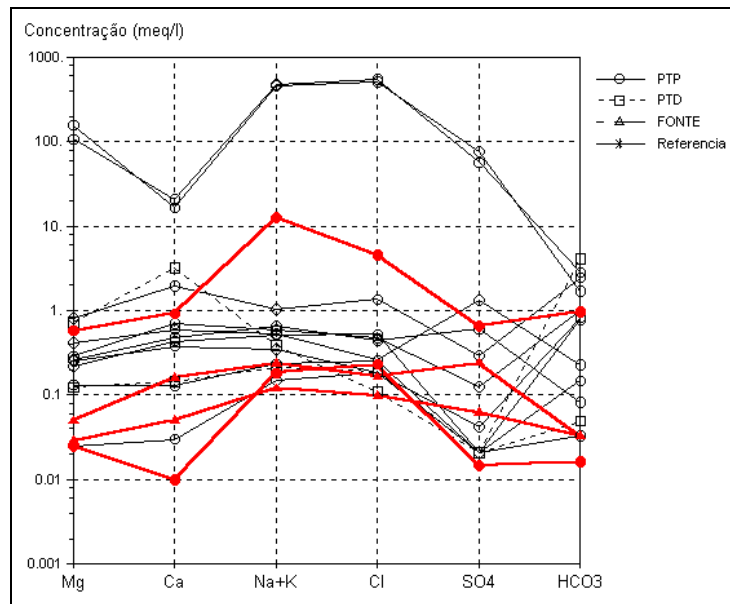


Figura 192 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com as água das fontes (F-1 e F-2) e do lago (L-1).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Observa-se na Figura 192 a comparação da assinatura das amostras de água das fontes (F-1 e F-2) e do lago (L-1) com a água de chuva. Com relação às fontes, observa-se que essas águas não sofreram nenhum tipo de concentração evaporativa, uma vez que as concentrações dos íons cloreto e sódio são bem próximas. A principal diferença está nas concentrações dos íons sulfato e cálcio. A amostra do lago é resultante de uma mistura da água de chuva com a água do mar, que entra diretamente no lago, através das fraturas do maciço rochoso, mais algumas reações biogeoquímicas no interior do lago, impulsionadas pela fauna e flora que se desenvolveu no local, posteriormente.

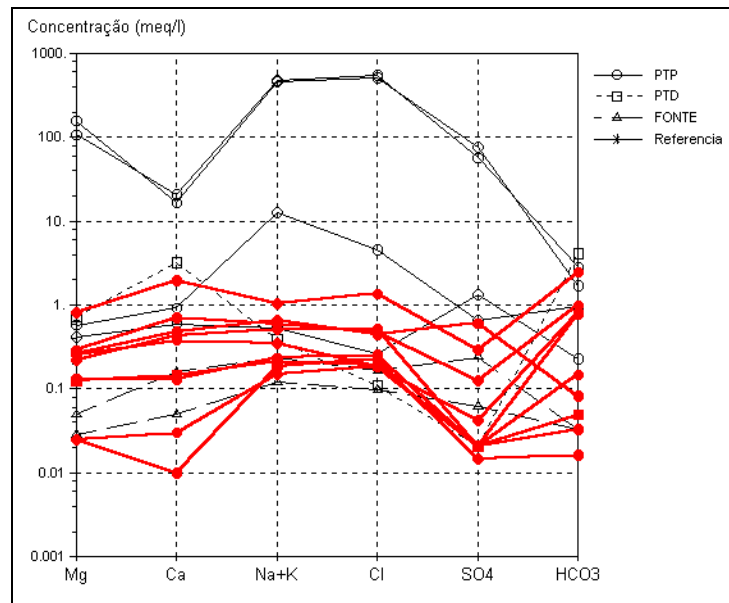


Figura 193 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com as água dos poços profundos (ANG-11, 24, 32, 33, 42, 43).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Observa-se na Figura 193 a comparação da assinatura das amostras de água dos poços profundos com a água de chuva. Alguns poços apresentam concentrações de cloreto e sódio semelhante às da água de chuva; portanto, não sofreram concentração evaporativa. Em outros poços, observa-se uma concentração evaporativa de até 10 vezes, pois as concentrações do íon cloreto e sódio são cerca de 10 vezes maiores. Entretanto, em ambos os casos, verifica-se um tamponamento das amostras, com aumento da concentração do íon bicarbonato e do pH, bem como um aumento da concentração relativa dos íons cálcio e magnésio, resultante do processo de alteração das rochas encaixantes. Não se observa uma variação significativa do íon sódio em relação ao cloreto que possa justificar uma troca iônica com o cálcio; sendo assim, provavelmente, todo o cálcio presente na água deve ser resultante de reações de dissolução ou alteração.

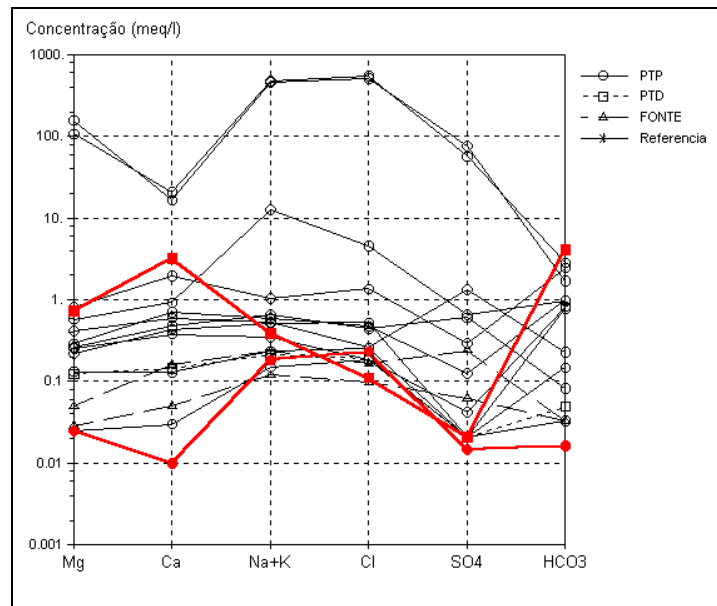


Figura 194 - Diagrama de Schoeller: comparação da assinatura da água de chuva com a água do poço ANG-51.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

No gráfico da Figura 194, apresenta-se o diagrama de Schoeller para a amostra ANG-51 e a água de chuva. Observa-se que as concentrações de sódio, cloreto e sulfato são bem próximas às das águas da chuva, apresentando, porém, um pouco mais de sódio e um pouco menos de cloreto do que a água de chuva — o que sugere, portanto, que não houve concentração evaporativa nessa amostra. Observa-se, entretanto, um enriquecimento extremamente acentuado, cerca de duas ordens de grandeza maiores que as iniciais, nas concentrações de cálcio, magnésio e bicarbonato, sugerindo equilíbrio com rochas carbonáticas, como calcitas, dolomitas ou calcitas magnesianas.

As amostras Na-Cl apresentam características bem semelhantes às da água da chuva obtida por De Mello (2001) em Niterói, indicando que são águas bem jovens e com muito pouca interação com os solos e rochas percolados. A amostra ANG-35 é de uma cacimba com 20 m de profundidade escavada num sedimento arenoso no Cunhambebe. Essa amostra é a que apresenta a maior concentração relativa de bicarbonato, resultado de uma maior interação com o ambiente na zona não saturada, ou em virtude da dissolução de calcita, eventualmente presente no sedimento.

A amostra ANG-33 é de um poço profundo muito próximo à praia e é a que apresenta a maior concentração de sódio, provavelmente, resultante do processo de alteração dos feldspatos no perfil de alteração durante a infiltração ou nas fraturas da rocha durante a percolação. A amostra F-1 é a que apresenta a maior concentração relativa de sulfato, provavelmente, devido ao ajuste feito para corrigir o balanço iônico. No item anterior,

chamou-se atenção para possíveis problemas devidos ao limite de detecção do sulfato e bicarbonato na qualidade dos resultados das amostras muito diluídas.

No diagrama de Schoeller, as amostras desse grupo apresentam boa concordância entre si e com a amostra de referência, a água de chuva. Além das diferenças iônicas, entre os dois grupos de amostras, observa-se, qualitativamente, a partir do diagrama de Schoeller, que as amostras Na-Cl apresentaram os menores valores de TDS.

As amostras Na-Ca-HCO₃ apresentam-se mais agrupadas, ou mais homogêneas, tanto no diagrama de Piper quanto no diagrama de Schoeller. De modo geral, pode-se dizer que a principal diferença entre as amostras de água deste grupo é o total de sólidos dissolvidos. Admitindo uma evolução dessas águas a partir do primeiro grupo Na-Cl, observa-se um enriquecimento dos íons bicarbonato e cálcio (ver direção da seta indicada Figura 195).

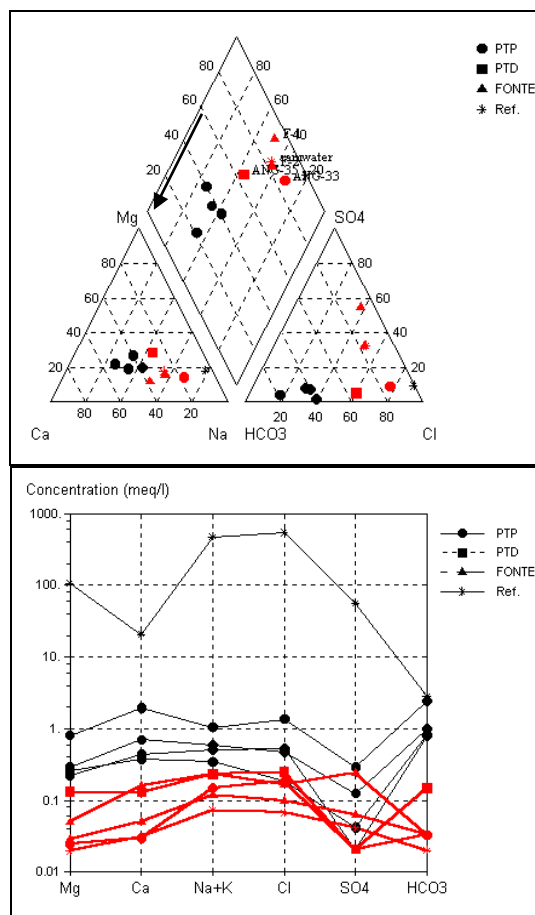


Figura 195 - Diagrama de Piper e Schoeller para o conjunto de oito amostras de água.

As amostras em vermelho são as Na-Cl-(SO₄=) e as em preto são as Na-Ca-HCO₃-. As amostras com asterisco são de referência, água de chuva (De Mello, 2001) e água do mar (PHREEQC). A seta sugere a evolução das águas subterrâneas a partir da água de chuva.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

É importante observar que os dois grupos de amostras (Na-Cl e Na-Ca-HCO₃) apresentam faixas de valores de pH e CE específicas também, isto é, as amostras Na-Cl, com hidroquímica semelhante à das águas de chuva, apresentam pH mais baixos, menores que 6.0 e CE menores que 100 µS/cm (Figura 196). Por outro lado, as amostras Na-Ca-HCO₃ registram valores de pH maiores que 6.0 e CE maiores que 100 µS/cm. Esse comportamento do diagrama pH x CE também sugere diversas fases da evolução das águas subterrâneas.

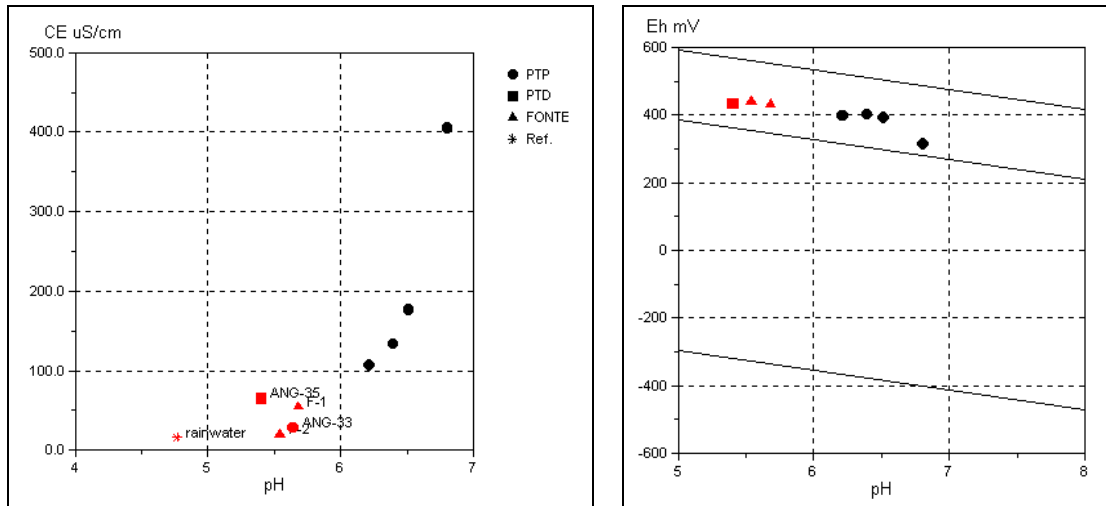


Figura 196 - Relação entre o pH, CE e Eh para os dois grupos de amostras (Na-Cl e Na-Ca-HCO₃). O * asterisco é uma amostra de referência de água de chuva (De Mello, 2001).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

O diagrama pH x Eh também permite diferenciar as amostras; em geral, as amostras Na-Cl são mais oxidadas e apresentam valores de Eh maiores que 400 mV. Nesse caso, observa-se que as amostras apresentam um caminho de evolução das águas, acompanhando uma linha de estabilidade intermediária para a seguinte reação:



admitindo que $q = p\text{O}_2/(\text{H}_2\text{O}_2) = 1$ a 10^6 – para as duas linhas superiores. A linha inferior é relativa ao diagrama de estabilidade da seguinte reação:



a seta indica a direção da evolução das águas, passando de Na-Cl a Na-Ca-HCO₃.

f) Metais e elementos-traço

- Geoquímica da sílica

Observa-se na Figura 197 que a concentração de SiO₂ nas amostras Na-Cl são menores que 10mg/L, ao passo que, nas amostras Na-Ca-HCO₃, as concentrações são maiores que 10 mg/L. É possível observar uma relação direta entre os valores de pH e concentrações

crecentes de SiO_2 , enquanto que, para o Eh, observam-se concentrações decrescentes para maiores valores de Eh.

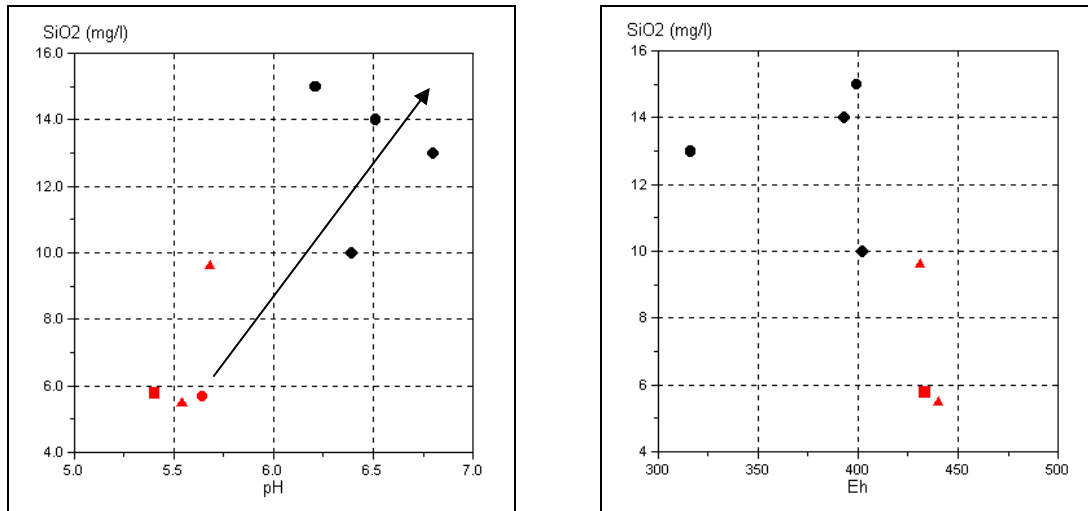


Figura 197 - Relação entre a concentração de SiO_2 , pH e o Eh para o conjunto de pontos amostrados. A seta indica a direção provável da evolução geoquímica das águas Na-Cl para Na-Ca- HCO_3 .

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Entende-se essa relação crescente entre o pH e a concentração de SiO_2 , uma vez que os valores mais elevados de pH são das amostras com maiores valores de TDS, e portanto, tiveram maior tempo de contato com a fase sólida, permitindo a dissolução da sílica amorfa. Os valores de Eh não são diretamente correlacionáveis às concentrações de SiO_2 , pois não interferem no seu equilíbrio geoquímico. Mas, como o Eh está fortemente correlacionado ao pH, e este está controlando a concentração de SiO_2 , pode-se entender a correlação indireta entre o Eh e as concentrações de SiO_2 . O diagrama de estabilidade da SiO_2 (quartzo e amorfa) da Figura 198 permite visualizar que as concentrações de sílica observadas nas amostras de água subterrânea indicam que não há equilíbrio com nenhuma das duas fases; pode-se dizer, porém, que as concentrações estão mais próximas da SiO_2 (quartzo) do que da SiO_2 (amorfa).

Outra observação importante é que, como as concentrações de Al em todas as amostras foram muito baixas (menores que o limite de detecção), pode-se considerar que a sílica contida nas águas subterrâneas é proveniente do quartzo presente nas rochas encaixantes, e não da alteração dos alumino-silicatos, como feldspatos e micas.

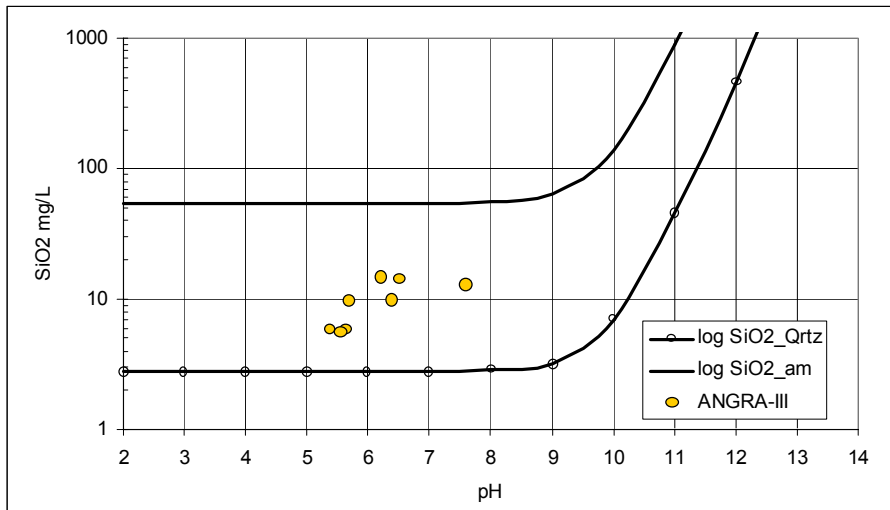


Figura 198 - Diagrama de estabilidade da SiO₂ (quartzo) e da SiO₂ (amorfa).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

- Geoquímica do Fe

Tendo em vista os estados de oxidação do Fe²⁺ e Fe³⁺, é de esperar que o comportamento geoquímico do ferro nas águas subterrâneas seja função tanto das condições redox quanto do pH. De modo geral, as concentrações de ferro são muito baixas, não sendo possível observar uma relação muito forte entre o pH ou o Eh e o ferro total dissolvido. As setas da Figura 199 representam apenas uma tendência geral de evolução do Fe, a partir das águas mais dissolvidas do tipo Na-Cl.

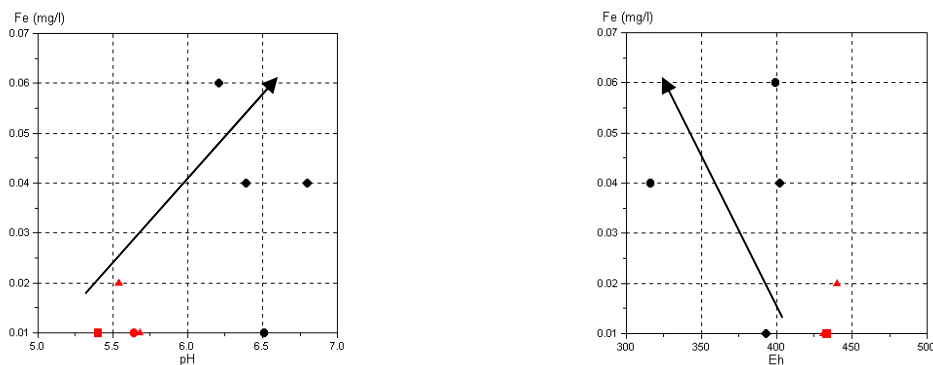


Figura 199 - Variação na concentração de Fe dissolvido em função do pH e Eh.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

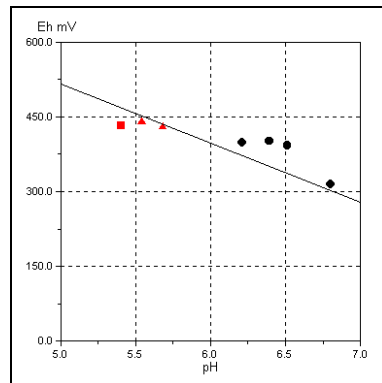
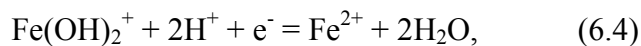


Figura 200 - Diagrama de estabilidade Eh-pH a 25°C admitindo as espécies Fe-O₂-H₂O a baixas concentrações.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

A linha traçada na Figura 200 representa a reação:



que, resolvida para a condição Eh, pH e respectivas constantes termodinâmicas, pode ser reescrita como:

$$\text{Eh} = 1.105 - 118 \text{ pH} \quad (6.5)$$

Os pontos que caírem acima da reta apresentam as espécies principais na forma de $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ e os pontos abaixo da reta apresentam as espécies principais na forma de Fe^{2+} . É interessante notar que as amostras Na-Cl, com menores valores de pH e de TDS e as Na-Ca-HCO₃, também, apresentam características semelhantes com relação às espécies do ferro dissolvido.

6.5.2.3.3. Caracterização hidrodinâmica

Para avaliação das características hidrodinâmicas dos aquíferos, foram utilizados, inicialmente, dados preexistentes, como cadastros de poços e relatórios técnicos. Posteriormente, realizaram-se três ensaios de bombeamento.

Foram avaliados os dois sistemas principais: aquíferos sedimentares arenosos; e aquíferos fissurais.

Aquíferos sedimentares porosos: segundo os dados do relatório de investigações geológico-geotécnicas na Praia de Itaorninha, existem duas camadas de areia distintas. A areia da camada superior, aqui denominada de areia I, possui peso específico saturado de 18,5 kN/m³. A areia da camada inferior, aqui denominada de areia II, possui peso específico saturado de 19,0 kN/m³. A partir desses valores, admitindo uma densidade dos grãos de 2,64 e

grau de saturação de 100%, pode-se calcular a porosidade ou armazenamento específico das duas camadas de areia.

A areia I possui uma porosidade média de 45% e a areia II, uma porosidade média de 48%. Isso significa que 1,0 m³ de areia é capaz de armazenar entre 450 e 480 litros de água. Para um aquífero livre, o armazenamento pode ser avaliado a partir da porosidade do aquífero.

A permeabilidade da areia pode ser avaliada a partir dos ensaios de bombeamento e rebaixamento realizados por ocasião das escavações da fundação de Angra 1, tendo sido obtidos valores de permeabilidade da ordem 8.10⁻³ cm/s (Velloso, 1988).

Aquíferos fraturados: o estudo das características hidráulicas dos maciços fraturados (aquíferos fissurais) foi levado a cabo em dois níveis:

- 1) local (AEI), com o uso de ensaios de perda d'água (EPA) realizados nas fundações das unidades;
- 2) a Área de Influência Direta (AID), com a avaliação de dados preexistentes ou gerados especificamente para o presente trabalho em poços na AID.

A avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos dos maciços fraturados de fundação das usinas foi efetuada partindo dos ensaios de perda d'água realizados na área da fundação de Angra 3 e com base em resultados de testes de bombeamento em poços profundos construídos na AID.

Os ensaios de perda d'água na área das fundações da usina Angra 3 foram relatados em relatório da Promon (descrito no item 6.5.2.2.1 Relatório BP-3-6502-850100 – RI: Volume 1). As perdas d'água observadas foram muito pequenas, isto é, menores que 0,1 Lugeon, ou menores que 1,0 (L/min)/(m.kgf/cm²). Nesses casos, pode-se atribuir as perdas d'água verificadas ao vazamento no obturador e não às fraturas. Pode-se dizer que as perdas d'água registradas foram bastante compatíveis com o grau de fraturamento encontrado nos trechos ensaiados.

Para o nível da AID, através da avaliação de dados preexistentes dos poços, a partir do tratamento e interpretação dos dados de rebaixamento, vazão e profundidade disponíveis em cadastros, foi possível avaliar alguns parâmetros hidrodinâmicos dos maciços: vazão específica e coeficiente de transmissividade.

A Tabela 49 apresenta os dados obtidos nos cadastros dos poços e a Tabela 50 mostra os valores médios, máximos, mínimos e desvio-padrão para o conjunto de dados.

Tabela 49 - Vazão, rebaixamento e parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir dos poços cadastrados

Cod. ID	PROF. m	NE m	ND m	Vazão m³/h	S' m	Q/S m²/h	T = 100Q/S m²/dia
ANG-4	50,2	0,9	30,0	8,5	29,1	0,29	7,86
ANG-5	57,0	12,0	45,0	1,3	33,0	0,04	1,06
ANG-7	50,0	5,0	42,0	0,7	37,0	0,02	0,47
ANG-8	90,0	22,0	53,0	0,7	31,0	0,02	0,61
ANG-9	40,0	1,0	18,0	2,6	17,0	0,16	4,19
ANG-12		7,0	38,0	12,0	31,0	0,39	10,5
ANG-26	74,0	15,3	42,4	1,6	27,1	0,06	1,59
ANG-27	70,0	18,9	61,2	1,0	42,3	0,02	0,64
ANG-28	72,0	5,3	51,6	7,0	46,3	0,15	4,08
ANG-29	121,0	4,4	114,8	0,6	110,5	0,01	0,15
ANG-30	100,0	4,0	59,0	5,0	55,0	0,09	2,43
ANG-31	100,0	19,0	45,0	12,0	26,0	0,46	12,5
ANG-32	94,0	7,0	22,0	14,6	15,0	0,97	26,3

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 50 - Variáveis estatísticas calculadas para os valores médios de vazão, rebaixamento e outros parâmetros hidrodinâmicos para o conjunto de poços cadastrados

	Nº. casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
PROF (m)	12	76,5	40	121	24,77
NE (m)	13	9,4	0,9	22	7,23
ND (m)	13	47,8	18	114,8	23,95
Q (m ³ /h)	13	5,2	0,6	14,6	5,08
S (m)	13	38,5	15,0	110,5	24,3
Q/S (m ³ /h/m)	13	0,2	0,005	0,97	0,27
T (m ² /s)	13	5,56	0,15	26,28	7,42

PROF: profundidade, NE: nível estático, ND: nível dinâmico, S: rebaixamento, Q/S: vazão específica, T: transmissividade, Q: vazão.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Foram realizados, também, três ensaios de bombeamento em poços selecionados na área do projeto, conforme as recomendações da norma NB-1290.

Os poços foram bombeados, com apenas uma vazão de exploração, mantida constante durante 12 a 24 horas. Foram registrados os rebaixamentos dos níveis d'água, durante o período de bombeamento e recuperação do poço. Para interpretação dos ensaios de bombeamento, foi utilizado o programa *AquiferTest*, da WHI (2000).

A Tabela 51 apresenta os valores dos coeficientes de transmissividade, calculados pelos métodos de Theis, Theis-recuperação, Theis-retroanálise e Cooper & Jacob.

Observa-se que os valores dos coeficientes de transmissividade para o poço ANG-038 e ANG-052 foram bem próximos, para os três métodos de cálculo utilizados, e da ordem de 10^{-4} m²/s. O poço ANG-011 (ponto de amostragem química WP/01), localizado na bacia aluvionar do Rio Perequê, apresentou um rebaixamento e recuperação muito rápidos, de modo que não foi possível acompanhar o rebaixamento e a recuperação com muita precisão. Portanto, o melhor método para estimar a transmissividade desse aquífero foi realizar uma retroanálise do rebaixamento com um tempo de estabilização conhecido, através do método de Theis. Com esse procedimento, foi possível calcular um coeficiente de $1,7 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Tabela 51 - Resumo dos ensaios de bombeamento realizados, e respectivos valores de transmissividade, calculados por Theis, Theis recuperação e Cooper & Jacob

ID poço	Local	Prof	NE	Q _{max}	ND	S	Q/S	T _{Theis}	T _{Jacob}	T _{TheisRec}	Sistema
	referencia	m	m	m ³ /h	m	m	m ³ /h/m	m ² /s	m ² /s	m ² /s	
ANG-038	Corsário	110	4,8	9,31	8,21	3,41	2,73	6,4E-4	3,1E-4	2,4E-4	fraturado
ANG-052	H,Angra In	60	10,53	5,13	22,73	12,2	0,42	1,4E-4	1,3E-4	8,0E-5	fraturado
ANG-011	CIEP Pereque	60	1,85	11,47	3,63	1,78	6,44	1,7E-3	3,1E-2	1,4E-2	poroso

NE: nível estático, Q_{max}: vazão de bombeamento, ND: nível dinâmico, S: rebaixamento, Q/S: vazão específica, T_{Theis}: transmissividade pelo método de Theis, T_{Jacob}: transmissividade pelo método de Cooper & Jacob, T_{TheisRec}: transmissividade pelo método de Theis recuperação.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Considerando todo o conjunto de poços, pode-se observar que os valores médios de vazão estão em torno de 5,2 m³/h, variando entre 0,6 e 14,0 m³/h, isto é, cerca de uma ordem de grandeza de variação. Esses valores são compatíveis com os verificados em maciços cristalinos no estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000). Os valores de rebaixamento observados nos poços apresentam médias de 38,5 m, registrando grande variação: entre 15 e 110 metros.

A vazão específica Q/S é definida pela razão entre a vazão (Q) e o rebaixamento necessário para atingir essa vazão (S), diferença entre o nível estático e o nível dinâmico. A

vazão específica dá uma avaliação do acréscimo de vazão obtida para cada metro de rebaixamento do nível d'água. Observa-se uma variação de várias ordens de grandeza, entre 0,005 e 0,97 m³/h/m de rebaixamento e um valor médio de 0,2 m³/h/m. Observa-se que, de modo geral, existem dois grupos bem definidos de poços — o primeiro, com menor produtividade, apresentando vazão de até 2,6 m³/h e Q/S menor que 0,16 m²/h, e o segundo, com maior produtividade, apresentando Q maior que 5,0 m³/h e Q/S maior que 0,1 m²/h.

Conclui-se que os poços na área de influência do empreendimento apresentam características hidrodinâmicas típicas dos sistemas cristalinos do estado do Rio de Janeiro, o que permite classificá-los como pertencentes a um aquífero pobre, de poucos recursos e pequenas vazões.

6.5.2.3.4. Características Isotópicas

Os traçadores podem ser genericamente classificados em:

- ambientais (ou naturais) — aqueles que ocorrem naturalmente no ciclo hidrológico;
- artificiais — injetados pelo homem para estudos.

Entre os traçadores ambientais, estão os isótopos pesados dos átomos constituintes da molécula da água. Os isótopos ambientais oxigênio-18 (¹⁸O), deutério (²H) e trício (T) apresentam uma enorme vantagem sobre outros tipos de traçadores da água pelo fato de formarem parte da molécula da água e, por isso, ficam minimizados os efeitos de retardo, reações químicas, adsorção, etc.

De fato, a composição isotópica do oxigênio e do hidrogênio praticamente não muda na água subterrânea durante a interação água/rocha, a temperaturas inferiores a uns 80°C (Gat & Gonfiantini, 1981; Cheng, 1996). Pode-se, portanto, obter informações muito úteis para a compreensão do funcionamento hidrogeológico de sistemas naturais através dessa ferramenta, como, por exemplo:

- altitude média da área de recarga;
- tempos de residência/trânsito.

Pretendeu-se, com este estudo, a melhoria do conhecimento do fluxo e recarga dos aquíferos com a utilização da isotopia ambiental. Para isso, levou-se a cabo uma campanha de amostragem de isótopos conjuntamente com a amostragem química. Selecionou-se um conjunto de fontes, poços e piezômetros e também da chuva com o objetivo de verificar as possíveis variações isotópicas levando em conta a altitude e a posição geográfica com respeito à CNAAA.

Os dados isotópicos obtidos especificamente para este estudo, procedentes de uma amostragem simultânea a uma das campanhas de reconhecimento hidroquímico, constituem uma informação restrita, com um total de apenas cinco amostras, nas quais foram realizadas análises de oxigênio-18, deutério e trício (Tabela 52).

Tabela 52 - Resultados das análises de isótopos ambientais realizadas em amostras na área de estudo pela Hydroisotop gmbh.

Nome/equiv. cadastro	Data da amostragem	d ¹⁸ O (‰)	d ² H (‰)	Excesso (‰)	Trício (TU)
WP 2/X (ANG-24?)	17.10.2002	-4.68	-29.9	7.5	
WP 2/01 (ANG-34)	17.10.2002	-3.8	-26.3	4.1	3.0 ± 0.9
WP-F/1 (Fonte)	17.10.2002	-3.81	-23	7.5	4.0 ± 1.1
WP-3/08 (ANG-42)	18.10.2002	-4.53	-32.1	4.1	2.0 ± 0.9
WP-014 (ANG-33)	18.10.2002	-4.33	-22	12.6	2.1 ± 0.8
L1/01 (Lago AIII)	18.10.2002	0.59	-9.5	-14.2	19.0 ± 1.3
BR 1/01 (Branco)	21.10.2002	-6.16	-47.6	1.7	
CH /1 (chuva)	24.10.2002	-1.39	-11.4	-0.3	16.2 ± 1.4

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Com relação a dados anteriores dispõe-se de algumas análises de trício de outras campanhas realizadas na área de estudo, porém a resolução é insuficiente para o estudo em curso. A falta de dados anteriores é um fator que prejudica a interpretação isotópica com o uso do modelo de parâmetros agregados que é apresentada a seguir, haja vista que diminui a resolução/acuidade do modelo.

Avaliação de Características Hidrogeológicas a Partir de Dados Isotópicos Ambientais

a) Os isótopos ambientais estáveis ¹⁸O e ²H:

A estimativa da altitude da zona de recarga, ainda que grosseira, é de grande utilidade para entender o funcionamento de aquíferos fraturados em zonas de alta complexidade geológica e de relevo acidentado. Para utilizar ¹⁸O e ²H como traçadores da recarga, é necessário que suas concentrações na precipitação sejam conhecidas, proporcionando um sinal característico. Tal sinal, contudo, varia no espaço e no tempo. Portanto, caracterizar a distribuição dos isótopos estáveis em águas meteóricas é importante para a determinação dessa função de entrada.

A Linha Meteórica Local (LML) proporciona uma base de partida para o estudo das águas subterrâneas (Clark & Fritz, 1997). No presente estudo, apenas se obtiveram pontos isolados para essa interpretação, que, ainda assim, foi de grande utilidade para uma avaliação preliminar.

O estudo isotópico da chuva limitou-se a uma amostra, para avaliação das características da água que se infiltra na área de estudo.

Os isótopos ambientais estáveis na precipitação: dispõe-se de dados de ^{18}O , ^2H e ^3H na precipitação em vários pontos do Planeta, inclusive Rio de Janeiro, Brasília e Buenos Aires, na base GNIP da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA, IAEA na sigla em língua inglesa), conforme se pode observar em IAEA/WMO (1998). No presente caso, obteve-se a assinatura isotópica da chuva na estação de Buenos Aires, que tem uma série mais completa, de alguns anos, transformando-a através de um fator de correção na chuva do Rio de Janeiro, pois a estação da AIEA nessa região teve pouco mais de um ano de dados no início da década de 1960.

Pode-se observar que a precipitação pluviométrica apresenta grande variação de valores sazonalmente (Figura 201), como é normal, com água isotopicamente mais leve no outono e mais pesada na primavera austral. Porém, observa-se um *trend* de enriquecimento em ^{18}O entre 1987 e 1999, a que não se atribuiu significado maior que uma variação climática plurianual, de ocorrência habitual.

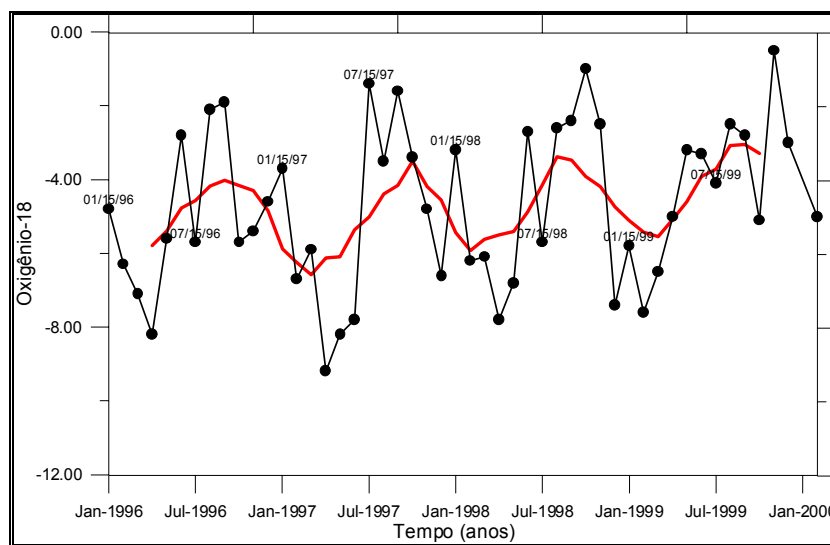


Figura 201 - Variação do oxigênio-18 da chuva em Buenos Aires.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

A Figura 202 é uma demonstração da variação do oxigênio-18 e o deutério da chuva em Buenos Aires, a estação mais próxima com dados de chuva, corrigida para os valores médios no Rio de Janeiro, conforme explicado no parágrafo anterior. O número de dados obtido neste estudo não permite traçar a LML (Linha Meteórica Local), porém observa-se que a reta representativa da regressão linear de todos os dados (correspondente à Linha Meteórica Local – LML) tem uma tendência que varia pouco da Linha Meteórica Mundial (excesso de deutério +10).

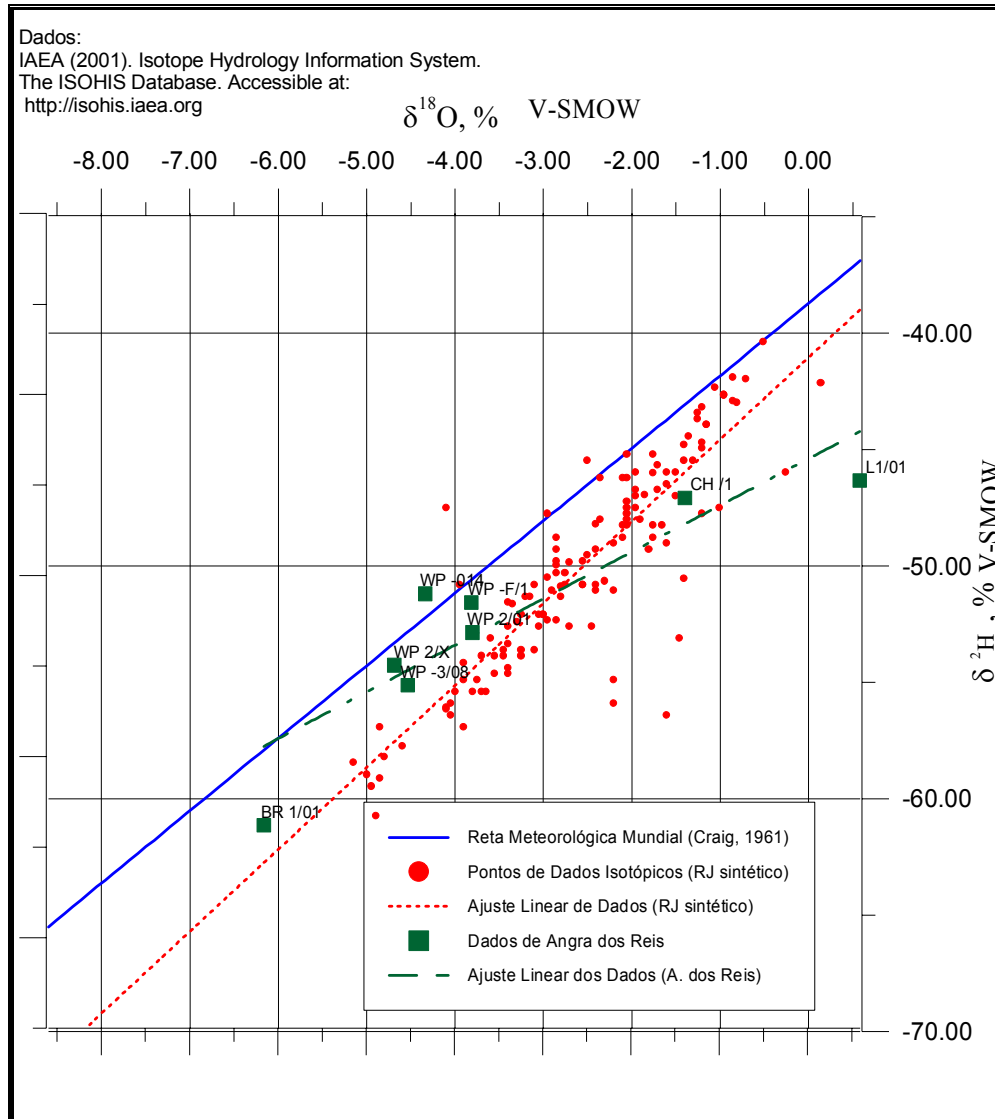


Figura 202 - Diagrama de ^{18}O e ^2H das amostras de chuva na área de estudo (quadrados verdes), e na série sintética obtida a partir de correlação com a precipitação pluviométrica em Buenos Aires.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

A grande dispersão observada nos resultados dos dados de amostras entre a Linha Meteorológica Local e a Mundial, com tendência a que as águas mais leves estejam mais próximas à segunda e as mais pesadas àquela, pode estar relacionada a evaporação da chuva no ar ou — não se pode descartar esta possibilidade — no coletor de chuva.

Outro fato de grande transcendência é que as próprias características físicas do setor estudado impedem que o comportamento isotópico das precipitações obedeça a padrões normais em outras circunstâncias. As chuvas obedecem a pautas espacial e temporalmente erráticas, de modo que os amostradores refletem características muito particulares e locais

dentro de uma variedade de microeventos meteorológicos na serra. Evidentemente, há um padrão de comportamento geral e esse pode ser detectado e estudado, mas seria necessário adensar e organizar a amostragem, de modo que cada ponto seja analisado nas mesmas datas e de modo regular.

Os isótopos ambientais estáveis na água subterrânea: Para o estudo dos isótopos nas águas subterrâneas do setor de estudo da área, optou-se pela amostragem e análise de águas-tipo representativas de cada sistema hídrico local: fontes (aqüífero raso); poços tubulares (aqüífero profundo); água da chuva; e o lago que se formou nas fundações de Angra 3. Adicionalmente, tomou-se uma amostra de aqüífero raso na região serrana sul fluminense para calibração e branco.

O efeito de altitude pode ser avaliado com o exame da amostra tomada na serra, a uma cota de 400 m (Mendes - RJ). O resultado indica uma pendente (gradiente de altitude) de $-0,425 \delta^{18}\text{O}\text{‰}/100\text{m}$. Esse valor não está em desacordo com o intervalo de variação mundial, que se situa entre $-0,15\text{‰}/100\text{m}$ e $0,50\text{‰}/100\text{m}$, segundo Clark & Fritz (1997).

Em relação aos resultados apresentados, é importante o fato de que a inclinação observada está baseada em um número pequeno de dados e que a dispersão é muito grande. É evidente a grande dispersão dos resultados de dados correspondentes a diversas situações representadas (aqüífero raso, profundo, etc.). Isso indica que há evaporação da água de recarga dos aqüíferos da serra, cuja origem está claramente situada na Linha Meteorica Mundial (águas de caráter regional, oceânico).

Os isótopos ambientais radiativos (^3H): O isótopo radiativo de hidrogênio de massa 3 (^3H , ou trício) tem uma meia-vida de aproximadamente 12,32 anos e uma meia-vida biológica (a quantidade de tempo que o corpo exige para excretar a metade do trício absorvido) de 10 dias a 2 anos (Brucecentre, 2001)..

Por sua facilidade de coleta e análise, o trício é, provavelmente, o isótopo mais comumente usado para datar água subterrânea, e pode ser considerado um traçador conservador para a maioria dos estudos hidrológicos. Possui uma abundância natural, que foi transbordada através de produção de trício antropogênico durante os testes de armas nucleares dos 1950 e 1960. Dada a natureza de sua produção, o trício tem uma função de entrada muito complicada, e também está sujeito a variações geográficas importantes. Porém, um número grande de medidas de trício na precipitação está disponível e pode ser usado para obter funções de contribuição (IAEA, 1981).

A água superficial e mesmo subterrânea, bem como a chuva no entorno dos reatores, apresenta níveis de trício acima do *background* local ou regional, sem que isso, obviamente, signifique que esteja ocorrendo uma contaminação perigosa ou inaceitável.

Neste trabalho, o trício foi analisado em uma amostra de chuva, do lago das fundações de Angra 3 e em fontes e poços tubulares (aqüífero raso e aqüífero profundo, fraturado). O resultado dessas análises permitiu avaliar a recarga e circulação de água subterrânea nos sistemas aqüíferos locais, ainda que de forma preliminar. A falta de séries históricas impediu

a obtenção de resultados mais conclusivos, porém foi possível obter importantes elementos para a interpretação e elaboração do modelo hidrogeológico local.

A Figura 203 mostra os resultados das análises de trício na região do estudo. Os valores das águas analisadas, em geral, são típicos da primavera austral, oscilando entre 2,0 e 4,0 UT. Observa-se, contudo, que as amostras correspondentes à chuva (CH/1) e do lago das fundações de Angra 3 (L1/01) registram valores bastante superiores à média dos outros pontos e também ao *background* esperado. Porém todos os resultados demonstram que não há contaminação ambiental significativa.

O decaimento radiativo do trício no Hemisfério Sul pode ser ajustado a uma função exponencial cujos valores previstos no ano 2002 guardam uma boa coincidência com os valores obtidos em Angra dos Reis, com as exceções já descritas.

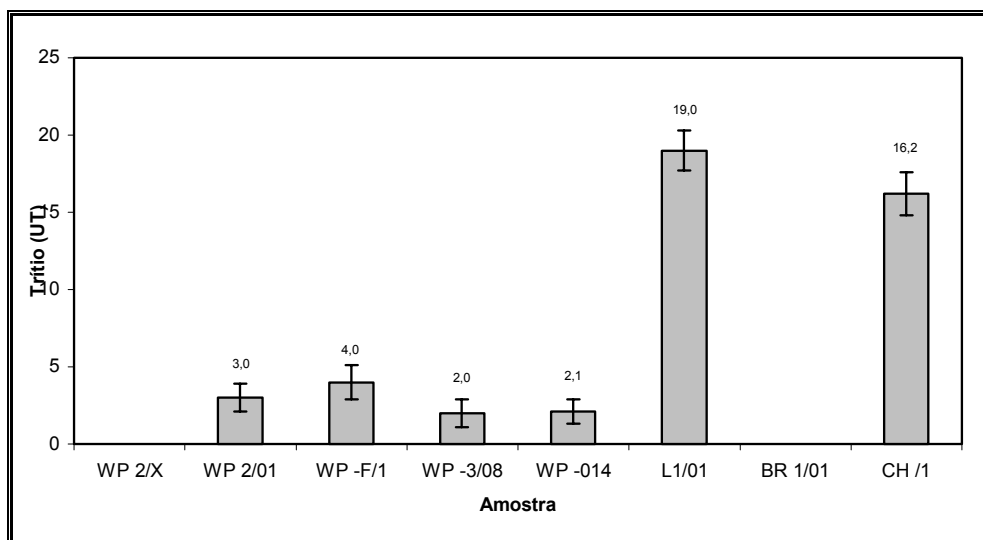


Figura 203 - Resultado das análises de trício realizadas nas amostras da área de estudo.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Quanto à modelagem com o trício para fins de avaliar o tempo de residência das águas subterrâneas rasas, empregou-se o modelo FLOWPC, desenvolvido por Maloszewski & Zuber (1996) para a AIEA, visando à definição do tempo médio de residência do aquífero raso. O FLOWPC é um código que utiliza a abordagem dos parâmetros agregados na interpretação de traçadores ambientais, permitindo a estimativa de tempos de trânsito da água subterrânea no aquífero e de parâmetros hidrológicos.

Conseguiu-se definir, com razoável precisão, a função de entrada do trício na chuva nos arredores da CNAAA.

A Figura 204 mostra a saída do modelo FLOWPC, considerando-se como função de entrada a concentração do trício na chuva em Buenos Aires, a precipitação média mensal em Angra dos Reis e, para efeito de calibração, os dados obtidos com as análises de trício

efetuadas nas proximidades da CNAAA. O tempo médio de residência estimado com base no modelo é bastante variável, mas os melhores ajustes (menores valores de Sigma) e erros pequenos, não ultrapassando 3 a 4 anos com o uso de um modelo de mescla exponencial (águas subterrâneas rasas, recarregadas no solo residual) associado a um fluxo pistão (fluxo em fraturas com a água recarregada na montanha), com concentração de trício nula, é considerado como uma componente significativa de recarga — cerca de 20%.

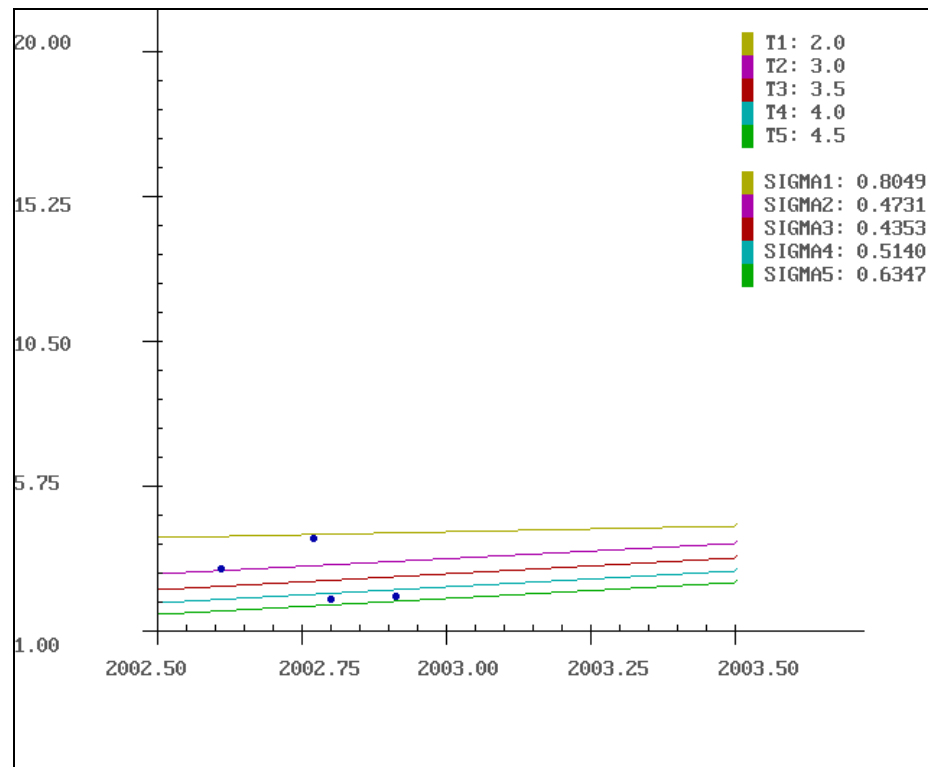


Figura 204 - Resultados da simulação com o programa FLOWPC, indicando o melhor ajuste (menor Sigma) para tempos de residência (Tn) entre 3 e 4 anos.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

6.5.2.3.5. Favorabilidade hidrogeológica

As Áreas de Influência do empreendimento são compostas por terrenos cristalinos de origem metamórfica e ígnea, cuja principal característica do ponto de vista hidrogeológico é a de constituírem aquíferos fraturados. Esse tipo de aquífero se caracteriza por possuir porosidade secundária, armazenando água em fraturas e falhas existentes na rocha, sendo esse armazenamento dependente da intensidade e da interconectividade dos sistemas de fraturamento presentes. São, portanto, aquíferos limitados do ponto de vista do potencial de exploração, mas, em alguns casos, podem assumir um papel relevante na falta de outros recursos.

São sistemas livres, hidraulicamente conectados com as coberturas superficiais que capeiam as rochas cristalinas. As coberturas exercem um papel preponderante, uma vez que são os meios de captação e acumulação das águas meteóricas, fazendo com que essas águas sejam transferidas às fraturas subjacentes.

As áreas também se caracterizam por terrenos de alta declividade, onde o sistema formado pelas coberturas e pelas rochas cristalinas descarrega suas águas nos vales dos rios e drenagens locais, sendo de extrema importância para o seu regime de base. As altas declividades condicionam o desenvolvimento de solos pouco espessos e a ocorrência de fluxo nas superfícies de contato de solo/rocha.

A obtenção do mapeamento dos índices de favorabilidade à ocorrência de água subterrânea da AID-5 km ocorreu através da combinação ponderada do tema litologia (peso 40%) e densidade de fraturas (peso 60%). As classes utilizadas nos dois temas e suas respectivas notas se encontram na Tabela 53 e Tabela 54.

A densidade de fraturas é definida como o comprimento total de fraturas existente em uma área, dividido por essa própria área. O mapa de densidade de fraturas (Anexo 3), que indica as áreas em estudo com maior intensidade de fraturamento, possuindo oito classes (Tabela 53).

Tabela 53 - Densidade de fraturas

Classes (km-1)	Número	Notas
0.0	1	0
0.1	2	3
2.0	3	6
4.0	4	7
6.0	5	8
8.0	6	9
10.0	7	10

Classes (km-1)	Número	Notas
12.0	8	10

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

Tabela 54 - Tipos litológicos identificados na AID-15 km

Litologias	Número	Notas
Aluvião	1	10
Aluviões flúvio-marinhos	2	9
Cordões de praia	3	8
Gnaise cataclástico	4	6,5
Gnaise com xisto e quartzito	5	7
Gnaise c/ porções granitóides	6	5
Gnaise migmatítico	7	6
Granito	8	1
Mangue	9	1
Migmatito	10	

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

O Anexo 4 – Mapa de Favorabilidade à Ocorrência de Água Subterrânea – AID-5 km, apresenta as seguintes classes:

- Muito alta;
- Alta;
- Moderada;
- Baixa;
- Muito baixa;
- Desprezível.

Sendo naturalmente as áreas mais favoráveis, aquelas com maior intensidade de fraturamento e com ocorrência de coberturas aluvionares.

6.5.2.4. Modelo Hidrogeológico regional e local

A abordagem das características hidrogeológicas da área de estudo tomou como base a hierarquia que se estabeleceu segundo a escala de trabalho, ou seja, a subdivisão em Área de Influência Direta (AID) e a Área de Entorno Imediato (AEI), conforme descrito anteriormente. Para as duas áreas observa-se o modelo descrito a seguir e mostrado esquematicamente na Figura 205.

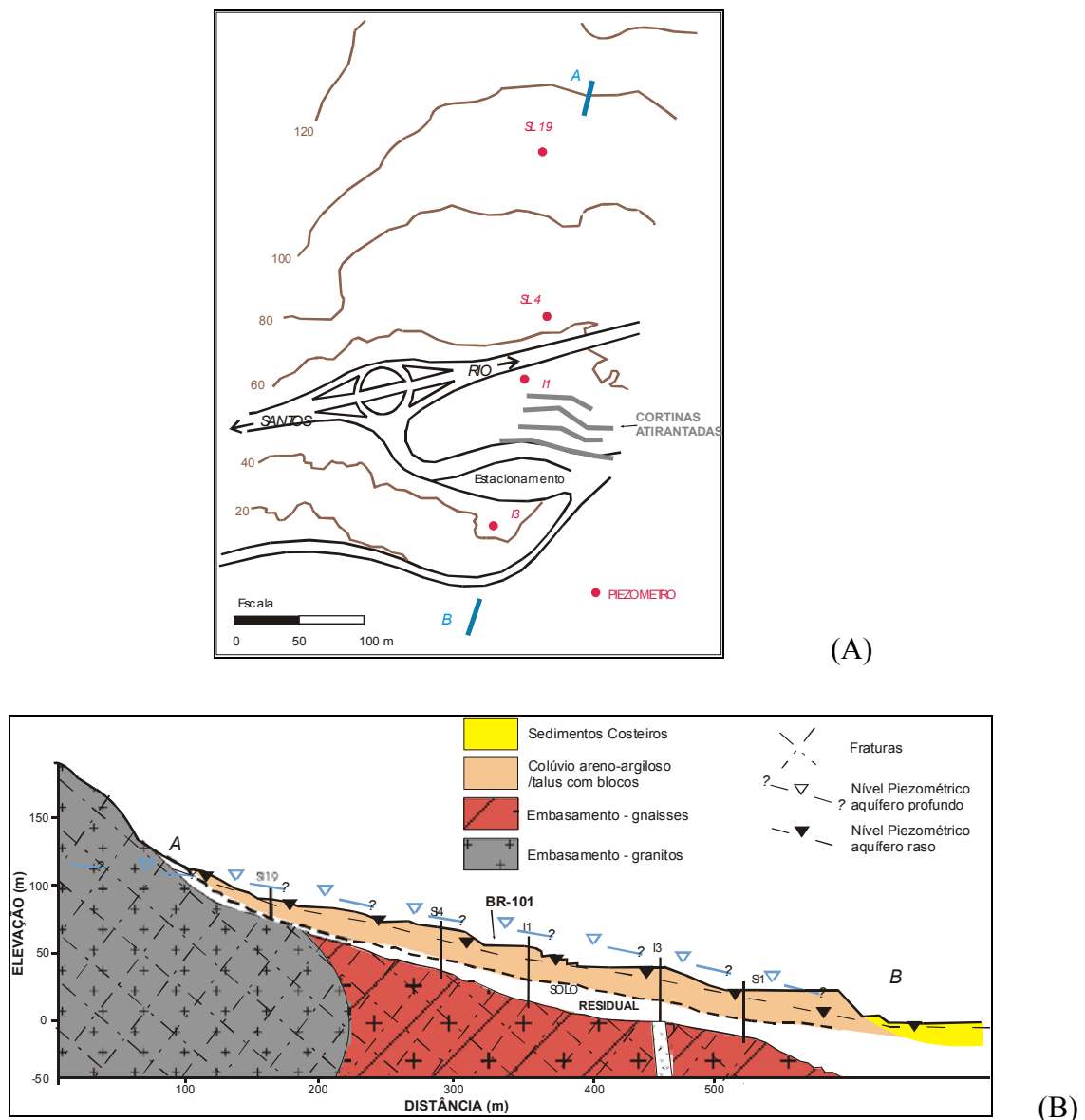


Figura 205 - Modelo hidrogeológico esquemático, onde (A) representa a localização da seção geológica mostrada em (B).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAIA – Vol II (Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos)”, IGEO/UFRJ.

- Zona não-saturada

As encostas consistem basicamente de solos transportados (coluviões e depósitos de tálus) com espessura variável, entremeados a zonas com exposições de rocha. Devido aos elevados índices pluviométricos locais, a espessura da zona não-saturada varia bastante, havendo abundantes fontes em todas as encostas. Nas áreas de baixada (enseadas, praias, pequenas planícies costeiras), o nível freático apresenta-se em geral muito raso, com tipicamente não mais que 1 a 2 m de profundidade. Geralmente, são materiais de relativamente alta permeabilidade vertical, por serem granulares de alta porosidade (areias de baixada) ou por consistirem no *litter*, com restos de vegetais, troncos apodrecidos, tocas de animais etc. que facilitam muito a infiltração (encostas).

- Aquífero superior (livre)

Consiste, nas encostas, em materiais geralmente inconsolidados, como a porção saturada dos solos residuais ou sedimentos superficiais (depósitos de tálus e colúvios) mais a alteração de materiais rochosos (saprolito, solo residual jovem). Nas baixadas, são compostos pelos mesmos sedimentos fluviomarinhas citados anteriormente. Este aquífero tem boa permeabilidade e apresenta rápida recarga e circulação de água.

Em conexão com as discontinuidades da porção mais superficial do maciço rochoso — geralmente mais abertas e interconectadas que em maiores profundidades — este aquífero provê a água que flui pelas fontes e pequenos riachos que são abundantes em todas as encostas da região. Não obstante, apresenta em geral baixa capacidade de armazenamento, pois a espessura é pequena e a descarga, muito rápida — razão do rápido esgotamento das fontes e mananciais que minam de fraturas na rocha e da interface solo/rocha ao cabo de períodos de chuva.

- Aquífero profundo (semiconfinado)

Este aquífero, em verdade, é constituído pela trama de fraturas com maior abertura e persistência do maciço, por onde flui alguma água subterrânea. A característica marcante é um tempo mais longo de trânsito, levando a uma maior mineralização.

Os gradientes e a carga hidráulica são elevados, pois a recarga se dá freqüentemente na parte alta da encosta, e esta água encontra-se hidráulicamente equilibrada com a porção alta da encosta. Um certo grau de confinamento deste aquífero, provocado pela cobertura de colúvio/tálus, de natureza em geral pelítica, leva a ocorrência de um caráter semiconfinado a este aquífero.

Apesar de ser um aquífero fraturado (“fissural”, segundo alguns autores), este corpo hídrico é o que tem melhores possibilidades de exploração de grandes vazões na região. O esgotamento da reserva por sobrebombeamento é, contudo, sempre uma ameaça ao executarem-se poços neste aquífero, sendo necessário realizar testes de bombeamento apropriados para uma gestão adequada.

Em resumo, trata-se de um sistema hídrico de circulação rápida, forte escoamento superficial pelos canais naturais formados nos talwegues da encosta, em função muito mais da alta declividade que das características do solo.

O fraturamento exerce um papel muito importante na transmissão de água subterrânea e superficial nas encostas, mas de um modo que ainda não se conhece satisfatoriamente. O regime de inúmeras fontes e cursos de água superficial, perenes ou não são controlados pelo sistema de fraturas. A conexão com o aquífero sedimentar costeiro é evidente e, acredita-se, predominantemente subterrânea. As características químicas do lago das fundações de Angra 3, surpreendentemente pouco mineralizadas, são uma comprovação disso. O aquífero profundo, semiconfinado pode por vezes ter seu nível piezométrico aflorante ou acima da superfície do terreno, mas essa característica é muito variável. A extrema variabilidade de algumas propriedades e parâmetros-chave do ponto de vista hidrogeológico ressalta o caráter típico de maciços fraturados, onde sobressaem a heterogeneidade e a anisotropia. É bastante difícil fazer previsões viáveis quanto ao potencial hídrico e mesmo quanto ao comportamento de eventuais contaminantes nessas condições.

6.5.3. Oceanografia

6.5.3.1. Levantamento Batimétrico

A baía de ilha Grande apresenta um litoral bastante recortado e morfologia típica de área de submersão, com algumas “rias” (Sacos do Mamanguá e de Parati-Mirim) e depósitos quaternários pouco desenvolvidos. Essa conformação é característica da Unidade V da divisão feita por Suguio e Martin (1978) para o litoral norte de São Paulo e sul do Rio de Janeiro (Figura 206).

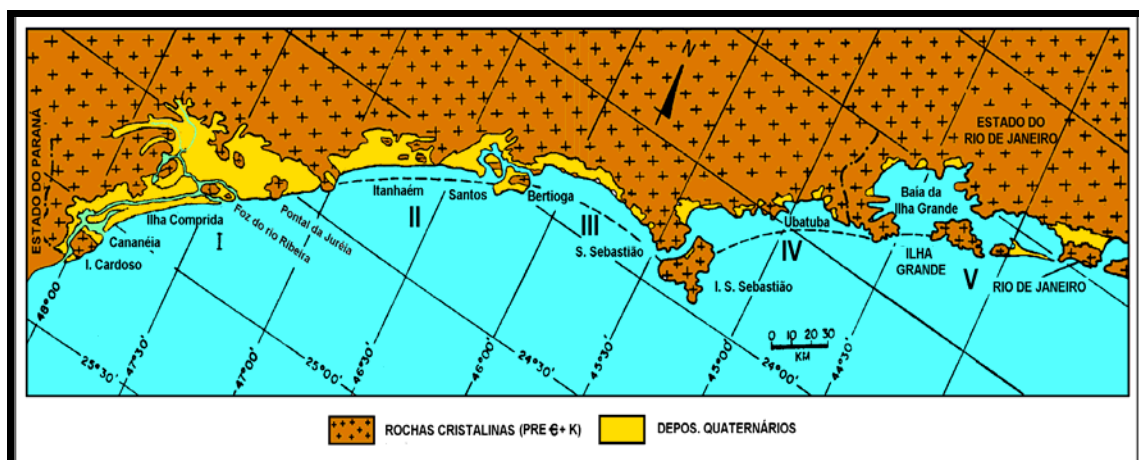


Figura 206 - Mapa mostrando a divisão do Litoral do Estado de São Paulo e Sul do Estado do Rio de Janeiro (modificado de Martin & Suguio, 1978).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Segundo Mahiques (1987), a Baía da ilha Grande, com aproximadamente 14 x 102 km² (Ikeda *et al.*, 1989b), divide-se em dois corpos menores: parte leste e parte oeste, unidas por um canal central. Em seu interior estão localizadas diversas ilhas, além de lajes submersas, e seu litoral é composto por praias, costões rochosos e manguezais.

A baía apresenta uma morfologia de fundo bastante variada, com a presença de canais fluviais submersos, oriundos de períodos de nível de mar mais baixos e um canal central, entre a ilha Grande e o continente, com acentuada depressão batimétrica, atingindo a profundidade de 55 m. As maiores profundidades na porção oeste ao canal central estão entre 20 e 30 m, ao passo que no lado este, é de 10 a 25 m (Ceccopieri, 2001).

A plataforma continental nesta região, segundo Zemruski (1979), tem aproximadamente 90 km de largura, com sua quebra ocorrendo a cerca de 140 m de profundidade. O mesmo autor identifica um canal raso e estreito que parte da entrada oeste da baía e segue até a quebra da plataforma. O gradiente é suave, aproximadamente 1:900, tornando-se acentuado próximo ao maciço cristalino da ilha Grande, atingindo um gradiente de 1:50 (Dias *et al.*, 1990).

No período Glacial 18.000 AP, com o nível do mar mais baixo, a baía de ilha Grande encontrava-se emersa. Nela, havia uma rede de drenagem fluvial, proveniente da baía de Sepetiba, no sentido E–W. Com a elevação do nível do mar (10.000 a 11.000 AP), a porção oeste da baía (a mais profunda) foi inundada pelo mar. Com uma subsequente elevação do nível do mar (8.000 AP), a porção leste (a mais rasa) também foi inundada, formando a morfologia de costa e fundo atual da baía de ilha Grande (Mahiques, 1987).

O padrão hidrodinâmico costeiro atual foi estabelecido a partir do evento de 2.500 A.P., que corresponde à estabilização do nível do mar a níveis próximos ao atual (Martin *et al.*, 1984).

6.5.3.1.1. Metodologia

A área de estudo total que engloba o Saco Piraquara de Fora e região adjacente, até as ilhas do Brandão e Paquetá (DHN, 1980), foi dividida em três sub-áreas, a saber:

- a) Área 1 – localizada próximo à saída da descarga de água das usinas até a distância aproximada de 400 m;
- b) Área 2 – engloba a enseada desde o limite externo da Área 1 até a boca da enseada;
- c) Área 3 – da boca da enseada até as Ilhas do Brandão e Paquetá.

O processamento seguiu metodologia descrita por Villena (1999) e deu-se em duas etapas distintas, descritas a seguir.

- Fase 1 – dados existentes

Foi analisada uma série de plantas batimétricas, dentre as quais foram selecionadas as que atendiam aos critérios de densidade de dados mínima para o processamento utilizando o programa Geosoft 5.1. Foram aproveitadas as plantas da área próxima à desembocadura da

descarga d'água, elaboradas pela Encal (1981), apresentada no Datum Sad69 e projeção UTM 23S, e Oceanotécnica (1985), cujo Datum não se achava especificado na planta, sendo informado tratar-se de SAD69 que é utilizado em todas as plantas da Eletronuclear, e projeção UTM 23S. Essas plantas foram escolhidas em função da data de levantamento (antes e depois do deslizamento da encosta), área de abrangência e da densidade dos dados batimétricos.

O processamento foi feito separadamente para cada mapa (1981 e 1985), gerando-se os seguintes produtos para a Área 1:

a) Mapa 1 - Posicionamento (1981) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde se pode ver a localização dos dados batimétricos utilizados no processamento (Anexo 21).

b) Mapa 2 - Contorno Batimétrico (1981) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, na qual tem-se o *grid* batimétrico exibido por tabela de cores, cuidando-se para que fosse utilizada a mesma escala de cores para que pudessem ser distinguidas as diferenças no relevo de fundo e as isolinhas de batimetria (Anexo 22).

c) Mapa 3 - Relevo Sombreado (1981) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde se tem o *grid* batimétrico exibido na forma de relevo sombreado colorido (Anexo 23).

d) Mapa 4 - Gradiente (1981) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde é mostrado o *grid* de gradiente, gerado a partir da variação da profundidade com a distância (Anexo 24).

e) Mapa 5 - Posicionamento (1985) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde pode ser vista a localização dos dados batimétricos utilizados no processamento (Anexo 25).

f) Mapa 6 - Contorno Batimétrico (1985) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, na qual se tem o *grid* batimétrico exibido por tabela de cores, cuidando-se para que fosse utilizada a mesma escala de cores para que pudessem ser distinguidas as diferenças no relevo de fundo e as isolinhas de batimetria (Anexo 26).

g) Mapa 7 - Relevo Sombreado (1985) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde se tem o *grid* batimétrico exibido na forma de relevo sombreado colorido (Anexo 27).

h) Mapa 8 - Gradiente (1985) na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde é mostrado o *grid* de gradiente, gerado a partir da variação da profundidade com a distância (Anexo 28).

i) Mapa 9 - Comparação Batimétrica na escala original de 1:2000, mostrada em tamanho A3, onde se tem a diferença entre a batimetria de 1981 e 1985, gerando um *grid* de assoreamento/erosão, onde os valores positivos representam assoreamento e os valores negativos, erosão (Anexo 29).

- Fase 2 – dados atuais

Foi realizado levantamento batimétrico entre os dias 18 e 26 de agosto de 2002, levantando-se as três áreas do estudo com espaçamento de linhas de aproximadamente 10 m na Área 1; 20 m na Área 2 e 50 m na Área 3.

Para a coleta de dados, foi utilizado um sistema digital de batimetria, composto por posicionamento DGPS submétrico marca CSI, modelo LGBX-PRO, com correção diferencial por satélite de comunicação, ecobatímetro hidrográfico marca ODEC, modelo Bathy 500MF, operando na frequência de 208Khz com saída de dados analógica (ecograma)/digital e um computador *laptop* com *software* Hypack para navegação e armazenamento dos dados digitais.

Durante o levantamento batimétrico, a estação maregráfica da marina da Piraquara foi guarnecida, sendo realizada a leitura da maré na régua instalada e nivelada a cada 15 minutos.

Os dados digitais foram analisados, confrontando-se com o registro analógico, sendo cortados os dados espúrios. Procederam-se às reduções ao zero da obra, retirando-se o valor de maré lida na régua e acrescentando-se a cota de nivelamento entre o zero da régua e o zero da obra. Dessa forma todos os dados batimétricos são apresentados como cotas negativas em relação ao zero da obra.

Seguiu-se o processamento no programa Geosoft 5.1, realizando-se a importação dos dados e gerando-se os mapas propostos, à exceção do mapa de comparação batimétrica entre 1985 e 2002. A não-realização dessa comparação deu-se em função de discrepância de referência, provavelmente relacionada a erro de Datum nos dados existentes, visto que todos os dados estão referenciados ao Datum SAD69, mas os dados de 1981 e 1985 não casam com os do levantamento realizado e com a linha de costa, os quais se ajustam perfeitamente.

O processamento foi feito separadamente para cada mapa (Área), gerando-se, os seguintes produtos:

a) Mapa 10 - Posicionamento (2002) na escala original de 1:2000 para a Área 1, mostrada em tamanho A3, onde se vê a localização dos dados batimétricos utilizados no processamento (Anexo 30).

b) Mapa 11 - Contorno Batimétrico (2002) na escala original de 1:2000 para a Área 1, mostrada em tamanho A3, na qual se tem o *grid* batimétrico exibido por tabela de cores, cuidando-se para que fosse utilizada a mesma escala de cores para que pudessem ser distinguidas as diferenças no relevo de fundo e as isolinhas de batimetria (Anexo 31).

c) Mapa 12 - Relevo Sombreado (2002) na escala original de 1:2000 para a Área 1, mostrada em tamanho A3, onde se tem o *grid* batimétrico exibido na forma de relevo sombreado colorido (Anexo 32).

d) Mapa 13 - Gradiente (2002) na escala original de 1:2000 para a Área 1, mostrada em tamanho A3, onde é mostrado o *grid* de gradiente, gerado a partir da variação da profundidade com a distância (Anexo 33).

e) Mapa 14 - Posicionamento (2002) na escala original de 1:6000 para a Área 2, mostrada em tamanho A3, onde é possível ver a localização dos dados batimétricos utilizados no processamento (Anexo 34).

f) Mapa 15 - Contorno Batimétrico (2002) na escala original de 1:6000 para a Área 2, mostrada em tamanho A3, na qual se tem o *grid* batimétrico exibido por tabela de cores, cuidando-se para que fosse utilizada a mesma escala de cores para que pudessem ser distinguidas as diferenças no relevo de fundo e as isolinhas de batimetria (Anexo 35).

g) Mapa 16 - Relevo Sombreado (2002) na escala original de 1:6000 para a Área 2, mostrada em tamanho A3, onde se tem o *grid* batimétrico exibido na forma de relevo sombreado colorido (Anexo 36).

h) Mapa 17 - Gradiente (2002) na escala original de 1:6000 para a Área 2, mostrada em tamanho A3, onde é exibida o *grid* de gradiente, gerado a partir da variação da profundidade com a distância (Anexo 37).

i) Mapa 18 - Posicionamento (2002) na escala original de 1:10000 para a Área 3, mostrada em tamanho A3, onde se vê a localização dos dados batimétricos utilizados no processamento (Anexo 38).

j) Mapa 19 - Contorno Batimétrico (2002) na escala original de 1:10000 para a Área 3, mostrada em tamanho A3, na qual se mostra o *grid* batimétrico exibido por tabela de cores, cuidando-se para que fosse utilizada a mesma escala de cores para que pudessem ser distinguidas as diferenças no relevo de fundo e as isolinhas de batimetria (Anexo 39).

l) Mapa 20 - Relevo Sombreado (2002) na escala original de 1:10000 para a Área 3, exibida em tamanho A3, onde é mostrado o *grid* batimétrico exibido na forma de relevo sombreado colorido (Anexo 40).

m) Mapa 21 - Gradiente (2002) na escala original de 1:10000 para a Área 3, mostrada em tamanho A3, onde se vê o *grid* de gradiente, gerado a partir da variação da profundidade com a distância (Anexo 41).

6.5.3.1.2. Resultados

O relevo de fundo, segundo a batimetria de 1981 (Anexo 22 e Anexo 23), mostra a maior parte da área com profundidades acima de 5 m, com profundidade máxima entre 10 e 11 m. Há um “molhe” submerso a aproximadamente 70 m da saída d’água e, entre essa estrutura e a boca de deságüe, há uma depressão com profundidade máxima acima de 9 m.

Em termos de gradiente (Anexo 24) tem-se, conforme os dados de 1981, uma região dominada, em sua maior parte, por declives suaves (< 2 graus), com valores acima desse patamar (> 20 graus) nas áreas próximas à costa, seguindo o contorno desta, e nos flancos do molhe submerso.

Observando-se os mapas 6 (Anexo 26) e 7 (Anexo 27) nota-se a alteração do relevo de fundo da área em função do deslizamento de terra ocorrido no ano de 1985. Grande parte da

área apresenta-se com menos de 5 m de profundidade, com máximas entre 10 e 11 m. O molhe submerso perdeu muito de sua expressão vertical, o mesmo acontecendo com a depressão próxima à saída d'água. É notável a presença do leque de deposição do material escorregado da encosta, bem como a rugosidade do fundo.

O Mapa 9 (Anexo 29) mostra a comparação batimétrica entre os dois levantamentos utilizados (1981 e 1985), ficando evidente o leque de deposição do material deslizado em 1985. Grande parte da área teve assoreamento superior a 3,0 metros, com áreas localizadas com mais de seis metros de variação batimétrica. O volume de assoreamento calculado na Área 1 (GRIDVOL - Geosoft 5.1) foi de 509.967 m³. O estudo mostrou ainda que, para a mesma área, houve 761 m³ de erosão, comparando-se as batimetrias de 1981 e 1985.

Em relação aos dados levantados neste trabalho, pode-se notar nos mapas de contorno batimétrico e relevo sombreado – mapas 11 (Anexo 31) e 12 (Anexo 32) - o reaparecimento de um baixo batimétrico próximo à saída da água de descarte da usina, o que confirma a intervenção ali realizada através de dragagem. Os canais ao norte e sul do cone do deslizamento parecem ter sido acentuados, com um alargamento do canal norte.

A maior parte da área tem profundidades entre 2 e 6 m, com máxima em torno de 10 m, podendo ser notada, também, uma inflexão das isolinhas em direção à costa no cone de deposição de forma mais evidente que em 1985.

O gradiente pode ser visto no mapa 13 (Anexo 33), evidenciando uma tendência de suavização em relação ao mesmo mapa de 1985. De forma geral, embora com gradientes menos acentuados em relação a 1981, a área tende novamente à suavização em sua porção mais profunda, com maiores valores relacionados às margens ou à borda do leque de deposição do desmoronamento.

A topografia de fundo da Área 2, que se estende desde a boca da enseada até a saída da água de descarte das usinas, pode ser vista nos mapas de contorno (mapa 15 - Anexo 35) e relevo sombreado (mapa 16 - Anexo 36). Deve ser ressaltada a presença de áreas em branco nos mapas, nas quais o *grid* foi mascarado por falta de dados de sondagem pela impossibilidade de navegação.

Pode-se notar que a maior parte da enseada tem profundidades variando entre 8 e 14 m, sendo observadas algumas elevações topográficas (coordenadas 557484/7455335; 558044/7455356; 558482/7454785), sempre relacionadas a afloramentos rochosos. As inflexões das isolinhas de batimetria parecem relacionar-se com padrão de refração, difração de ondas nesses altos do fundo, principalmente na laje mais a SE.

O gradiente nesta área (mapa 18 - Anexo 38) assemelha-se muito ao observado para a Área 1 em 1981, com predominância de baixos valores de inclinação na porção das profundidades dominantes (8 a 14 m) e altos valores junto às elevações do fundo, lajes, ilha e margens da enseada. Isso é característico de regiões de encosta, com baixo suprimento de sedimento local. Nesse mapa observa-se, pela gradação de azul para verde no extremo W, que

a influência do deslizamento de 1985 se estende por mais de 150 m além dos limites definidos para a Área 1.

A Área 3, que se estende desde as proximidades das ilhas do Brandão e de Paquetá até a saída de água das usinas, em termos de batimetria (mapas 19 - Anexo 39 - e 20 - Anexo 40), pode ser dividida em três áreas. A primeira seria a faixa até 5 m de profundidade, que se restringe às proximidades da margem e das elevações do fundo marinho; a segunda abrange o restante do saco Piraquara de Fora e a porção N da Área 3, destacada no mapa pelo predomínio da coloração verde, com profundidades entre 9 e 14 m e, por fim, a porção S/SE da Área 3, com predominância da coloração azul e profundidades entre 14 e 19 m.

O gradiente da região (mapa 21 - Anexo 41) é semelhante ao da Área 2, com predomínio de ampla região de baixos valores de gradiente, com os valores mais elevados relacionando-se à margem da enseada, ilhas, elevações batimétricas, cone de deposição do deslizamento de 1985, saída d'água da usina.

Próximo do limite externo da enseada pode-se ver uma estreita faixa de coloração verde, mostrando a transição da área mais profunda, descrita pouco acima, para a faixa intermediária de profundidade descrita no mesmo parágrafo.

Com base no estudo executado, foi possível afirmar que:

- o Saco Piraquara de Fora possui topografia de fundo característica de enseadas localizadas em áreas próximas a encosta, com pequena planície sedimentar e pequeno aporte de sedimentos. A parte rasa está nas margens e próxima a elevações batimétricas e afloramentos;
- o gradiente acompanha a mesma distribuição citada acima;
- a topografia de fundo fica mais rasa da parte S/SE da Área 3 em direção ao fundo da enseada, local da saída d'água das usinas;
- o relevo de fundo da, especialmente a Área 1 e início da Área 2, foi duramente afetado pelo deslizamento de encosta ocorrido em 1985, com variações de profundidade de aproximadamente 8 m;
- o volume total do assoreamento da área submersa é da ordem de 509.000 m³;
- com o deslizamento, foi criado um grande leque deposicional, no qual, de acordo com os dados sedimentológicos, encontra-se uma frente de sedimentos grossos compostos por cascalho com areia com lama (Pereira, 2002). Nesse leque, a topografia ficou bastante irregular;
- os dados batimétricos atuais apontam para um possível retrabalhamento do sedimento, com suavização das pequenas irregularidades batimétricas, alargamento do canal localizado a N do leque e individualização de um pequeno canal de pouca expressão de relevo no topo do leque de deposição;
- a intervenção feita na saída d'água gerou um aprofundamento no local, embora, pelo observado nos mapas de 1981 e 2002 para a Área 1, não tenha retornado ao mesmo padrão de área e profundidade anterior ao escorregamento.

6.5.3.2. Levantamento de composição granulométrica

A determinação das propriedades físicas de tamanho das partículas e a classificação dos depósitos de sedimentos são parâmetros fundamentais no estudo da geologia marinha.

A composição granulométrica dos sedimentos de plataforma depende, em grande parte, do material fornecido pelo continente, especialmente através de rios. A distribuição granulométrica dessas partículas está intimamente ligada à interação de vários fatores, principalmente condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físico-químicos.

O presente estudo caracteriza os sedimentos que cobrem o Saco Piraquara de Fora, que se localiza na Área de Influência Direta - AID do Empreendimento.

6.5.3.2.1. Metodologia

Campo

Durante os meses de agosto e setembro de 2002, foram coletadas 122 amostras em pontos previamente determinados (mapa 22 - Anexo 42) e distribuídos pelas Áreas I (10 amostras), II (70 amostras) e III (42 amostras).

Para as coletas, foram utilizados uma embarcação de pequeno porte e um amostrador de fundo tipo *Van Veen*, que apresenta boa recuperação em águas rasas.

Os sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados e mantidos sob refrigeração até o início da análise granulométrica no laboratório de Oceanografia Geológica da Uerj.

Laboratório

O procedimento inicial foi a lavagem da amostra para a retirada dos sais solúveis. Após isso, as amostras foram pesadas em balança analítica e secas em estufa com temperatura média de 40°C, para não favorecer o endurecimento da amostra nem a alteração de alguns minerais de argila, possibilitando a obtenção do peso inicial seco. Em seguida foram acondicionadas em *bechers* de 1 litro para tratamento com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 10%, sob uma placa aquecedora a 80°C para a degradação da matéria orgânica e, após lavagem, levadas a estufa para secagem e, posteriormente, pesadas para obtenção do percentual de matéria orgânica. Na etapa seguinte, as amostras foram tratadas com ácido clorídrico (HCl) a 30%, para eliminação de carbonatos presentes na amostra, procedendo-se em seguida à mesma operação de lavagem e secagem em estufa. As amostras foram então pesadas para cálculo do percentual de carbonatos.

Após essas etapas iniciais, as amostras sofreram um peneiramento a úmido, em peneira com abertura de malha de 0,062 mm (limite inferior da classe areia muito fina pela escala de Wentworth), para a separação da fração grossa (diâmetro > 0,062) e fração fina (diâmetro < 0,062). A fração areia foi então levada à estufa para secagem e posterior pesagem, para obtenção do peso inicial e do valor percentual de sedimentos grosseiros.

As amostras foram submetidas aos processos de análise granulométrica segundo Krumbein & Pettijohn (1938), Loring and Rantala (1992) e Ponzi (1995). A fração grosseira (grãos maiores do que 0,062 mm) sofreu tamização a seco, utilizando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. Para a classificação de tamanho de grão, utilizou-se a escala de Wentworth. A fração lamosa foi analisada aplicando-se o método de pipetagem (Suguio, 1973), onde as amostras foram colocadas em provetas de 1.000 ml com silicato de sódio (antifloculante) para, então, serem coletadas frações de 20 ml de acordo com o intervalo de tempo e profundidade de introdução da pipeta.

As amostras, resultantes da pipetagem, foram secas em estufa e pesadas, obtendo-se os pesos relativos de cada intervalo de classe de um phi (como na Tabela 55), e posteriormente usados para o cálculo dos valores percentuais desses intervalos.

Tabela 55 - Tabela de pipetagem segundo Suguio (1973)

Diâmetro dos grãos		Profundidade de introduzida da pipeta(cm)	Cronometragem da pipetagem para diversas temperaturas				Tipo de sedimento
(Phi)	(mm)		16 °C	20 °C	24 °C	28 °C	
4	0,062	20	20s	20s	20s	20s	Finos totais
5	0,031	10	2m09s	1m57s	1m46s	1m37s	Silte grosso
6	0,0156	10	8m29s	7m40s	6m58s	6m22s	Silte médio
7	0,0078	10	34m	31m	28m	25m	Silte fino
8	0,0039	10	2h15m	2h03m	1h51m	1h42m	Sil.muito fino
9	0,0020	5	4h18m	3h53m	3h32m	3h14m	Argila grossa
10	0,00098	7	25h05m	22h41m	20h37m	18h50m	Argila fina

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

6.5.3.2.2. Resultados

Teor de matéria orgânica

De modo geral, as maiores porcentagens de matéria orgânica (entre 10% e 20%) encontram-se próximo à costa, diminuindo em direção às maiores profundidades (3% a 5%) e aumentando novamente ao largo (Área 3). Nas camadas onde predominam os sedimentos lamosos, o teor de matéria orgânica aumenta no sentido oposto ao do carbonato.

Teor de carbonato de cálcio

As porcentagens estão, normalmente, em torno de 5%, não ultrapassando os 20%. Apresentam maiores concentrações (19-25%) em profundidades médias (1-2 m), adjacente à costa na Área 2 e ao largo na Área 3.

Granulometria

Considerando-se os resultados das análises granulométricas, efetuou-se a classificação segundo o diagrama triangular de Shepard (1954), que se tem mostrado de grande valia para a distribuição textural dos sedimentos.

O Saco Piraquara de Fora é composto, principalmente, por sedimento arenoso, com sedimento lamoso em um bolsão próximo à costa e ao largo (Área 3).

Área 1

A Área 1 do estudo, localizada no Saco Piraquara de Fora até a isóbata de 6 m, apresentou-se dividida em quatro classes texturais, como mostra o mapa 23 (Anexo 43):

- cascalho com areia com lama;
- areia;
- areia com lama;
- lama.

No local onde ocorre a descarga da água que refrigera a usina, não houve recuperação de sedimentos.

Com base nas amostras analisadas (Tabela 56), observa-se que a Área 1 apresenta uma textura predominantemente arenosa, com presença de sedimento lamoso em um único local a leste da área.

Com base nos mapas de tipo de sedimento (mapa 23, Anexo 43), teores de carbonato (mapa 24, Anexo 44) e teores de matéria orgânica (mapa 25, Anexo 45), pode-se concluir que:

- a. no centro da área encontra-se um local de cascalho com areia com lama, formado por areia de granulometria grossa a cascalho, com mais de 50% de carbonato de cálcio e pouca matéria orgânica;
- b. na área adjacente à linha de costa, observou-se a presença de areia, composta de areia grossa a muito grossa, com pouco carbonato de cálcio e matéria orgânica;
- c. no centro da Área 1 encontra-se um bolsão de areia com lama, representado por uma granulometria de areia muito fina a fina com algum carbonato de cálcio e pouca matéria orgânica;

- d. uma região de lama encontra-se a leste da área e é texturalmente constituída por siltes com algum carbonato e pouca matéria orgânica.

O maior percentual de areia (Anexo 46) localizado adjacente à costa, onde aconteceu o deslizamento em 1985, indica que os depósitos de sedimento mais grossos que ocorrem na área têm sua origem no material proveniente desse episódio.

Área 2

A Área 2, localizada no Saco Piraquara de Fora, até a isóbata de 12 m, apresentou-se dividida em cinco classes texturais (Anexo 47):

- cascalho com areia com lama;
- areia;
- areia com lama;
- lama;
- lama com areia.

Com base nas amostras analisadas (Tabela 56), há uma predominância de areia (Anexo 47) na área, texturalmente constituída por areia de fina a grossa com pouco carbonato (Anexo 48) e pouca matéria orgânica (Anexo 49).

Tabela 56 - Resultado das análises granulométricas

Amostra	% de Areia	% de carbonatos	% de Mat. orgânica	Classificação Shepard	Classe numérica
ELT 01	78,6	2,78	0,21	areia	2
ELT 02	73,23	9,1	0,77	areia com lama	3
ELT 03	78,44	3,43	0,34	areia	2
ELT 04	62,05	37,23	0,94	areia com lama	3
ELT 05	65,37	6,75	0,75	areia com lama	3
ELT 06	89,26	28,98	0,3	areia	2
ELT 09	5,02	12,37	3,45	lama	4
ELT 10	50,93	52,51	0,65	casca areia lama	1
ELT 11	56,91	17,25	1,74	areia com lama	3
ELT 12	81,99	0,57	0,23	areia	2
ELT 13	85,52	85,36	0,41	areia	2
ELT 14	7,76	12,5	25,93	lama	4

Amostra	% de Areia	% de carbonatos	% de Mat. orgânica	Classificação Shepard	Classe numérica
ELT 15	5,7	13,73	4,73	lama	4
ELT 16	5,87	17,09	3,64	lama	4
ELT 17	3,61	16,06	4,79	lama	4
ELT 18	18,56	24,36	3,09	lama	4
ELT 19	93,57	27,4	0,26	areia	2
ELT 20	97,3	24,88	0,25	areia	2
ELT 21	22,93	28,35	3,42	lama	4
ELT 22	13,37	22,85	5,07	lama	4
ELT 23	21,66	17,76	2,14	lama	4
ELT 24	29,82	10,42	2,69	lama com areia	5
ELT 25	17,8	10,6	3,59	lama	4
ELT 26	7,82	3,97	3,15	lama	4
ELT 27	54,2	45,56	1,64	areia com lama	3
ELT 28	84,32	48,49	0,46	areia	2
ELT 29	77,87	15,14	8,79	areia	2
ELT 30	99,34	9,64	0,25	areia	2
ELT 31	5,61	17,8	3,91	lama	4
ELT 32	19,32	14,61	3,68	lama	4
ELT 33	62,39	7,03	1,36	areia com lama	3
ELT 34	76,33	6,16	1,07	areia	2
ELT 35	70,82	65,51	0,83	areia com lama	3
ELT 36	35,9	3,22	1,68	lama com areia	5
ELT 37	63,13	1,09	0,9	areia com lama	3
ELT 38	75,21	18,64	0,82	areia	2
ELT 39	94,14	40,53	0,52	areia	2
ELT 40	89,04	73,92	0,48	areia	2
ELT 41	81,55	79,17	0,64	areia	2
ELT 42	80,76	93,35	0,37	areia	2

Amostra	% de Areia	% de carbonatos	% de Mat. orgânica	Classificação Shepard	Classe numérica
ELT 43	58,87	21,06	7,19	areia com lama	3
ELT 44	75,28	9,42	1,01	areia	2
ELT 45	79,15	8,66	0,89	areia	2
ELT 46	83,72	9,03	0,75	areia	2
ELT 47	88,03	6,36	0,72	areia	2
ELT 48	61,32	87,27	0,61	areia com lama	3
ELT 49	96,96	67,77	0,23	areia	2
ELT 50	92,22	79,86	0,28	areia	2
ELT 51	92,57	30,61	0,69	areia	2
ELT 52	73,58	8,76	0,77	areia com lama	3
ELT 53	93,18	7,66	0,47	areia	2
ELT 54	93,46	10,59	0,42	areia	2
ELT 55	92,49	22,55	0,47	areia	2
ELT 56	83,65	20,28	0,65	areia	2
ELT 57	78,11	19,18	0,6	areia	2
ELT 58	79,53	12,31	0,47	areia	2
ELT 61	94,8	41,31	0,28	areia	2
ELT 62	68,14	16,42	0,79	areia	2
ELT 63	72,84	17,57	0,89	areia	2
ELT 64	88,42	10,58	0,59	areia	2
ELT 65	95,81	11,79	0,35	areia	2
ELT 66	98,65	30,09	0,56	areia	2
ELT 67	98,2	22,57	0,36	areia	2
ELT 68	97,33	24,25	0,42	areia	2
ELT 69	97,07	38,05	0,47	areia	2
ELT 70	91,62	41,14	0,47	areia	2
ELT 71	90,95	5,83	0,39	areia	2
ELT 72	94,26	10,91	0,31	areia	2

Amostra	% de Areia	% de carbonatos	% de Mat. orgânica	Classificação Shepard	Classe numérica
ELT 73	94,64	9,01	0,41	areia	2
ELT 74	72,4	98,36	0,51	areia com lama	3
ELT 75	73,58	42,18	2,79	areia com lama	3
ELT 76	87,43	14,76	1,06	areia	2
ELT 77	90,24	10,87	0,83	areia	2
ELT 78	86,83	13,2	0,79	areia	2
ELT 80	82,81	38,75	0,97	areia	2
ELT 81	88,37	14,94	0,67	areia	2
ELT 82	94,52	4,71	0,42	areia	2
ELT 83	89,15	6,91	1,09	areia	2
ELT 84	75,92	57,93	0,4	areia	2
ELT 85	82,36	12,18	1,64	areia	2
ELT 86	80,52	14,91	1,24	areia	2
ELT 87	91,77	26,15	0,47	areia	2
ELT 88	80,98	63,06	0,17	areia	2
ELT 89	89,61	45,89	0,35	areia	2
ELT 90	78,17	11,04	0,73	areia	2
ELT 91	57,71	67,25	0,33	areia com lama	3
ELT 92	84,38	27,98	0,85	areia	2
ELT 93	89,25	7,34	0,58	areia	2
ELT 94	72,01	12,49	1,24	areia com lama	3
ELT 95	68,86	13,67	1,16	areia com lama	3
ELT 96	73,07	12,23	0,77	areia com lama	3
ELT 97	60,93	12,83	1,21	areia com lama	3
ELT 98	60,57	14,53	1,55	areia com lama	3
ELT 99	60,45	17,09	1,47	areia com lama	3
ELT 100	32	22,67	2,92	lama com areia	5
ELT 101	4,53	27,33	3,74	lama	4

Amostra	% de Areia	% de carbonatos	% de Mat. orgânica	Classificação Shepard	Classe numérica
ELT 102	4,42	23,27	4,83	lama	4
ELT 103	8,74	24,6	3,89	lama	4
ELT 104	7,83	24,68	3,51	lama	4
ELT 105	13,01	24,79	3,44	lama	4
ELT 106	8,42	25,1	3,91	lama	4
ELT 107	13,15	25,61	3,06	lama	4
ELT 108	31,17	26,5	2,36	lama com areia	5
ELT 109	27,77	45,33	1,08	lama com areia	5
ELT 110	4,33	25,57	4,03	lama	4
ELT 111	1,64	24,96	4,7	lama	4
ELT 112	1,85	26,12	2,9	lama	4
ELT 113	1,82	22,99	4,64	lama	4
ELT 114	1,42	23,34	5,6	lama	4
ELT 115	1,3	13,58	5,09	lama	4
ELT 116	2,67	20,07	4,23	lama	4
ELT 117	56,92	94,94	0,34	areia com lama	3
ELT 118	2,12	22,58	4,95	lama	4
ELT 119	1,55	20,23	4,66	lama	4
ELT 120	0,83	15,17	4,83	lama	4
ELT 121	1,27	22,25	4,13	lama	4
ELT 122	2,12	25,84	3,93	lama	4

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Pode-se perceber a presença de um bolsão de lama (Anexo 47), composto por silte, a oeste da área. Verificou-se a presença de muito carbonato de cálcio (mais de 50%) na área adjacente à costa, ao norte e ao sul; e na área central (Anexo 48), sendo que nesta última ocorre, também, um maior percentual de matéria orgânica (Anexo 49).

Adicionalmente à Área 1, foram encontrados mais cinco locais compostos de areia com lama, representados por silte, com carbonato de cálcio em torno de 40% e pouca matéria orgânica.

No centro da área analisada, observaram-se dois locais compostos de lama com areia, texturalmente constituídos por silte com pouco carbonato de cálcio e pouca matéria orgânica.

Pode-se observar, ainda, um local (Anexo 50), a leste da enseada, com percentual de areia mais elevado, além do observado na Área 1. Nesse caso, o sedimento mais grosso poderia ser de origem externa ao Saco Piraquara de Fora.

Área 3

A Área 3, localizada ao largo do Saco Piraquara de Fora, até a isóbata de 50 m, apresentou-se dividida em cinco classes texturais (Anexo 51):

- cascalho com areia com lama;
- areia;
- areia com lama;
- lama;
- lama com areia.

Com base nas amostras analisadas (Tabela 56), pôde-se perceber um predomínio de sedimento tamanho areia na área, texturalmente constituída por areia de fina a grossa, com algum carbonato de cálcio (Anexo 52) e pouca matéria orgânica (Anexo 53).

Pode-se observar a ocorrência de lama (Anexo 51), a oeste e a leste da área, composta por siltes com pouco carbonato de cálcio e muita matéria orgânica.

Além das classes texturais principais, areia e lama, encontram-se nove áreas compostas por areia com lama, com pouco carbonato de cálcio e alguma matéria orgânica; quatro áreas compostas por lama com areia, com pouco carbonato de cálcio e alguma matéria orgânica, e, uma área composta por cascalho com areia com lama, com mais de 50% de carbonato de cálcio e pouca matéria orgânica.

Um maior percentual de areia ocorre no centro da área e adjacente à costa, devido às correntes que atuam no local (Anexo 54).

Com o presente estudo ficou evidenciado que:

- os sedimentos encontrados na área estudada são predominantemente arenosos.
- os depósitos atuais de sedimentos que ocorrem à leste da área são oriundos do material proveniente do deslizamento ocorrido em 1985.
- As maiores percentagens de carbonato de cálcio estão localizadas nas áreas adjacentes à costa e no centro da área. As maiores percentagens de matéria orgânica concentram-se, de acordo com o esperado, nos locais onde há uma predominância de sedimentos lamosos.
- Esse padrão de distribuição é principalmente decorrente do regime de correntes na enseada, com o transporte de sedimentos mais grosseiros nas áreas central e

adjacente à costa, e deposição de sedimentos mais finos ao largo, onde são menores as velocidades de correntes.

6.5.3.3. Geofísica rasa e estratigrafia

O estudo foi dividido em cinco partes:

- 1) Atividades Pré-Levantamento;
- 2) Atividades Pós-Levantamento Geofísico;
- 3) Atividades Pós-Sondagens;
- 4) Resultados e Interpretações; e
- 5) Conclusões e Recomendações.

6.5.3.3.1. Metodologia

Atividades pré-levantamento

Com base nas informações existentes (dados, mapas, relatórios), foi digitalizada e confeccionada uma série de mapas temáticos com o objetivo de entender a geologia e geomorfologia da região de interesse. Tais mapas encontram-se georreferenciados e mostraram-se fundamentais para o planejamento do levantamento geofísico, enfocando principalmente a área adjacente ao desmoronamento ocorrido em 1985.

O estudo identificou na estruturação da Baía da Ribeira a presença de uma série de falhas, fraturas, lineamentos estruturais e diques de diabásio, orientados principalmente na direção NE–SW. Além disso, nota-se o forte condicionamento tectônico da linha de costa, condicionada por essas estruturas.

Através de uma análise das bacias e sub-bacias de drenagem adjacentes à Baía da Ribeira notou-se que as bacias de drenagem principais são fortemente condicionadas pela estruturação geológica da área, com um padrão dentrítico e de captura de drenagem.

Atividades pós-levantamento geofísico

O levantamento geofísico foi realizado de 17 a 19 de agosto de 2002, utilizando-se um perfilador de fundo na frequência de 10 kHz. Esse método, conhecido como Sísmica Rasa de Alta Resolução, permite o imageamento de 40-50 m do pacote sedimentar, em regiões costeiras, com resolução de 5 cm. A navegação foi efetuada com posicionamento DGPS-Raccal, de alta precisão, através do *software* Hipack Max V. 5.0. Já as imagens digitais, relativas ao perfilador de subfundo (10 kHz), foram obtidas com o Stratabox V. 2.14 da Odec, Inc. Com base no levantamento geofísico, foram realizadas diversas etapas, fundamentais para a interpretação sísmo-estratigráfica.

Na etapa de georreferenciamento dos dados, foram integradas as informações digitais relativas à Navegação e à Sísmica Rasa. A integração desses dados foi realizada por meio de processamento digital, apoiado em uma série de *softwares* de geoprocessamento, utilizando-se

técnicas de importação e exportação de *rasters* e vetores. Com isso, foi possível obter os dados sísmicos georreferenciados para posterior interpretação.

Após a integração dos dados, produziu-se um mapa de posicionamento das linhas geofísicas obtidas. As linhas foram separadas em DIP (longitudinais) e Strike (transversais). As linhas Strike foram utilizadas para o controle dos horizontes sísmo-estratigráficos (Anexo 55).

Os perfis sísmicos obtidos foram montados de forma digital para interpretação sísmo-estratigráfica, de modo a tornar compatíveis as informações das linhas regionais e locais.

A interpretação sísmo-estratigráfica dos perfis sísmicos foi efetuada a partir do mapeamento das megasseqüências sedimentares, com base em seus padrões de ecocaráter, que são dependentes da impedância acústica dos sedimentos. Neste processo, o dado bruto é interpretado, digitalizado e posteriormente rasterizado gerando perfis sísmo-estratigráficos.

Após a interpretação sísmo-estratigráfica dos perfis, os horizontes sísmicos foram georreferenciados, gerando diferentes mapas temáticos.

O mapa de contorno estrutural (Anexo 56) mostra a profundidade do embasamento cristalino e sua orientação geral NE–SW. Nota-se a presença de dois baixos estruturais na porção norte e na porção central da enseada, com 18 m de profundidade. As porções elevadas do embasamento localizam-se próximo à costa e na porção intermediária dos baixos.

O mapa de isópacas da megasseqüência 1 (mapa 37, Anexo 57) representa a espessura das areias depositadas imediatamente acima do embasamento. Tal megasseqüência é provavelmente composta por sedimentos relíquias, talvez pleistocênicos. Percebe-se o forte condicionamento estrutural na deposição desse horizonte sendo, suas maiores espessuras da ordem de 5 m encontradas na porção central e norte da enseada.

O mapa de isópacas da megasseqüência 2 (Anexo 58) representa a espessura de uma seqüência de lama-arenosa, provavelmente transgressiva, com um máximo em torno de 3 m de espessura. Observa-se que sua distribuição concentra-se preferencialmente na direção NE–SW.

O mapa de isópacas da megasseqüência 3 (Anexo 59) representa as espessuras de uma seqüência de sedimentos, provavelmente regressivos, que se concentram preferencialmente na porção norte da enseada. Suas espessuras máximas são da ordem de 7 metros.

O mapa de isópacas da Lama (Anexo 60) representa a espessura das lamas recentes, dentro da enseada. Nota-se que as maiores espessuras de lama, da ordem de 1 m, localizam-se na porção central em um alinhamento N–S, com maior concentração na porção sul. A presença de lamas nesta região relativamente rasa pode estar associada a um baixo hidrodinamismo e/ou a uma frente de progradação gerada pelo desmoronamento.

O mapa de isópacas total (Anexo 61) mostra-se como um espelho do mapa do contorno estrutural, ou seja, as maiores espessuras, da ordem de 15-18 m, encontram-se nas regiões de baixos estruturais (porção norte e central da enseada). De forma análoga, as

menores espessuras, da ordem de 2 a 5 m, são verificadas nas regiões elevadas do embasamento (próximo à costa e na porção intermediária dos baixos).

Atividades pós-sondagens

Com base nas interpretações sísmo-estratigráficas e nos mapas gerados a partir destas (mapas 36 a 41), foram definidos cinco locais estratégicos para as sondagens, visando contemplar especificamente:

- 1) os maiores depocentros, visando amostrar o maior número de megasseqüências; e
- 2) as extremidades do Saco Piraquara, visando amostrar seus diferentes padrões de deposição.

O mapa de localização das sondagens pode ser observado no Anexo 55.

As sondagens foram realizadas de 20 à 22 de novembro de 2002, com posicionamento DGPS de alta precisão, através de mergulho autônomo, onde se utilizaram duas técnicas distintas: Jet-Probe e Testemunho.

O Jet-Probe amostrou a coluna sedimentar a cada metro e/ou nas mudanças faciológicas, utilizando a perfuração por jato d'água. Foram amostrados em média 10 m de coluna sedimentar. Já o testemunho foi realizado com um testemunhador a pistão e amostrou-se em média 4 m de coluna sedimentar. A utilização de ambas as técnicas mostrou-se importante já que o “jateamento” de água produz perturbações na coluna sedimentar, principalmente no primeiro metro, as quais puderam ser recuperadas através do testemunho.

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Oceanografia Geológica da Uerj, efetuando-se primeiramente uma descrição macroscópica e posteriormente um refinamento microscópico, com captura das imagens dos sedimentos representativas de cada megasseqüência.

6.5.3.3.2. Estratigrafia

As colunas estratigráficas interpretadas para os cinco pontos de sondagens encontram-se representadas nas figuras a seguir (Figura 207 a Figura 211). De um modo geral, a estratigrafia da enseada é composta por:

- 0-1 m: camada superficial de lama recente, com baixo teor de carbonato – Lama;
- 1-2 m: lama com baixo teor de carbonato e presença de siliciclásticos muito finos/Megasseqüência 1;
- 2-4 m: lama com alto teor de carbonato, sem presença de siliciclásticos, presença de conchas de moluscos inteiras (concheiro)/Megasseqüência 2^a;
- 4-7 m: lama com médio teor de carbonatos, sem presença de siliciclásticos, presença de conchas de moluscos fragmentadas/Megasseqüência 2b;

7-10 m: areia-lamosa com baixo teor de carbonato, alta presença de siliciclásticos, com feldspatos oxidados e granada (Areia Relíquia)/Megassequência 3.

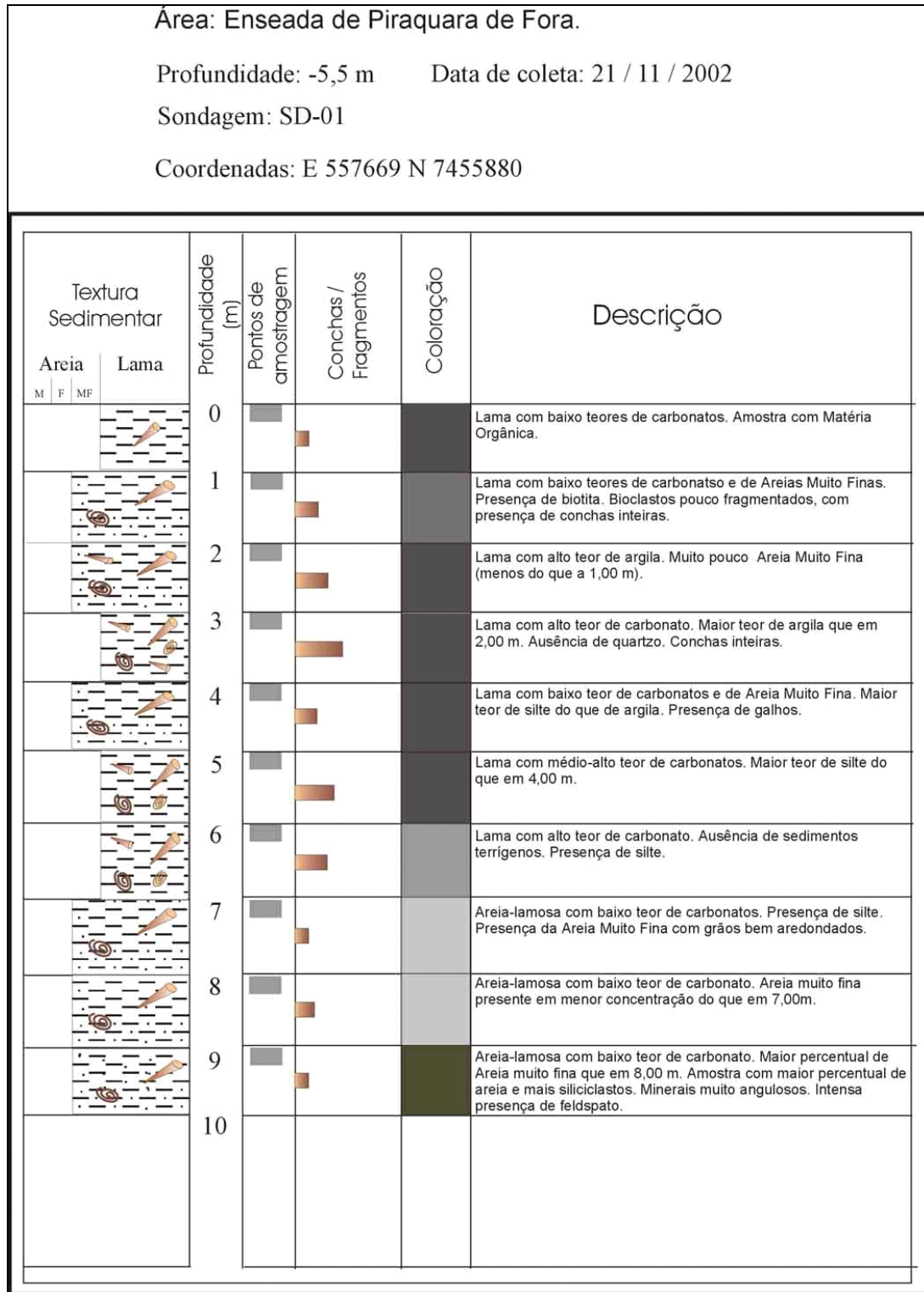


Figura 207 - Colunas estratigráficas (Prancha 1).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Área: Enseada de Piraquara de Fora.

Profundidade: -5,0m

Data de coleta: 21 / 11 / 2002

Sondagem: SD-02

Coordenadas: E 557585 N 7455202

Datum: WGS 84

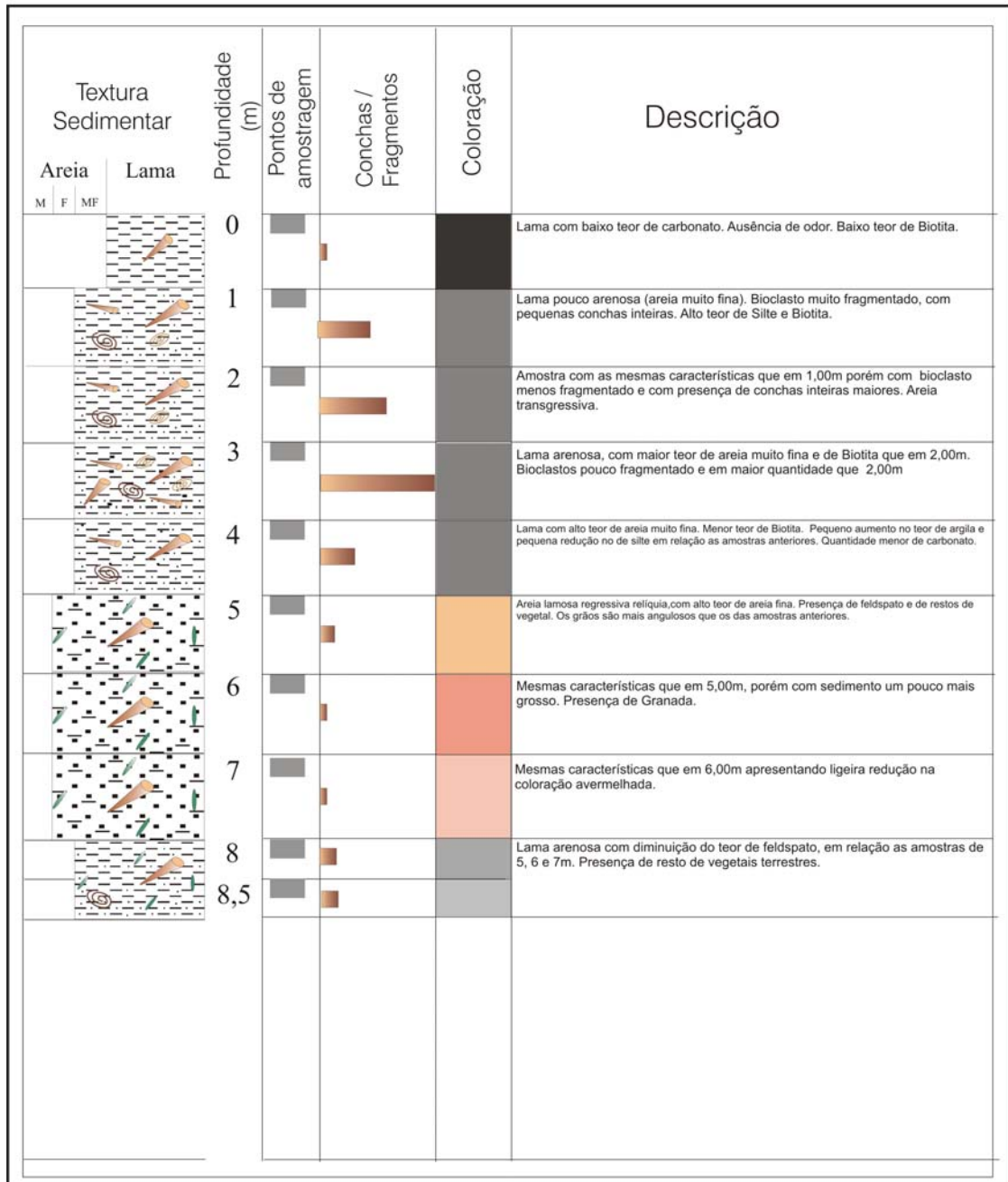


Figura 208 - Colunas estratigráficas (Prancha 2).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

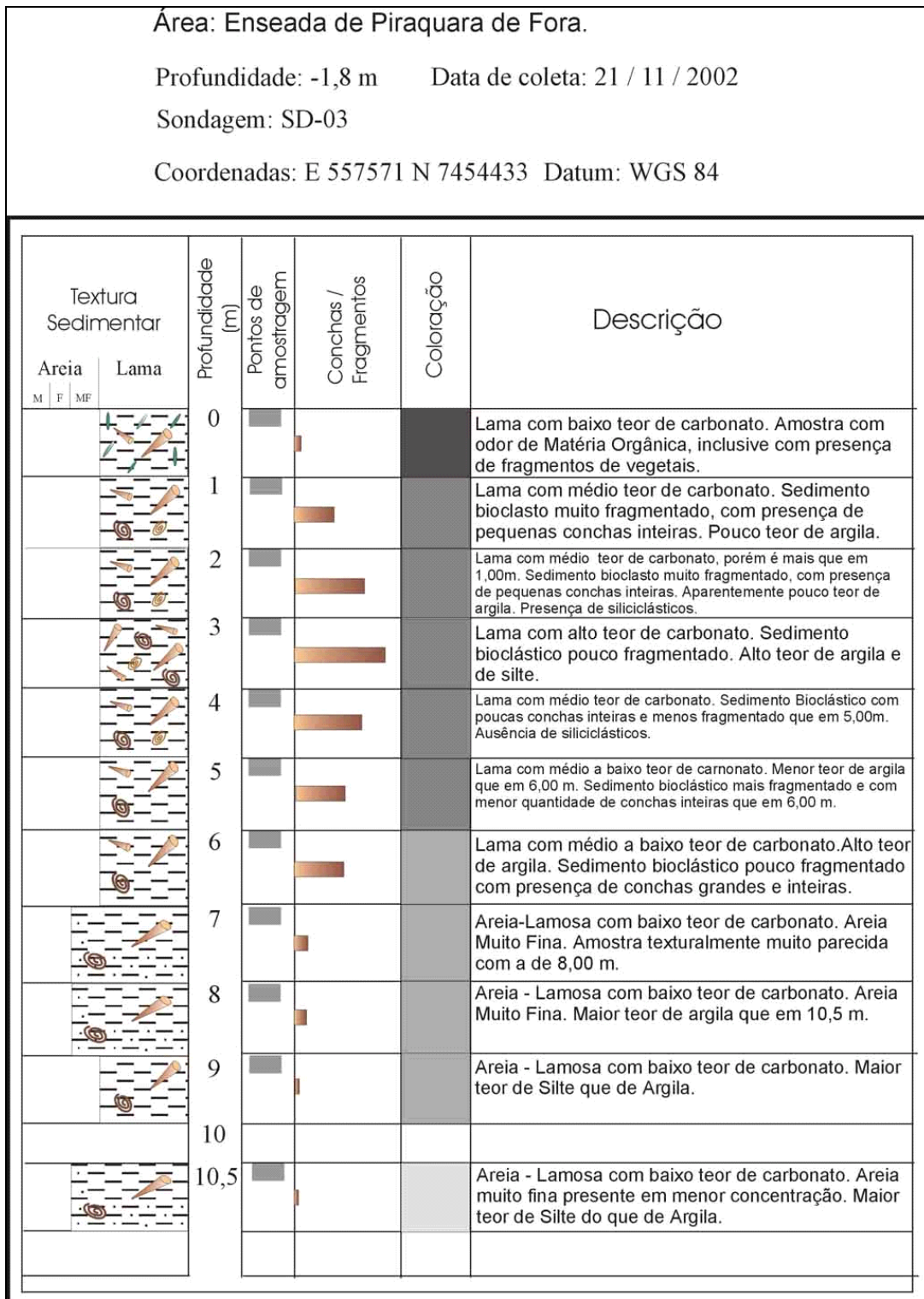


Figura 209 - Colunas estratigráficas (Prancha 3).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

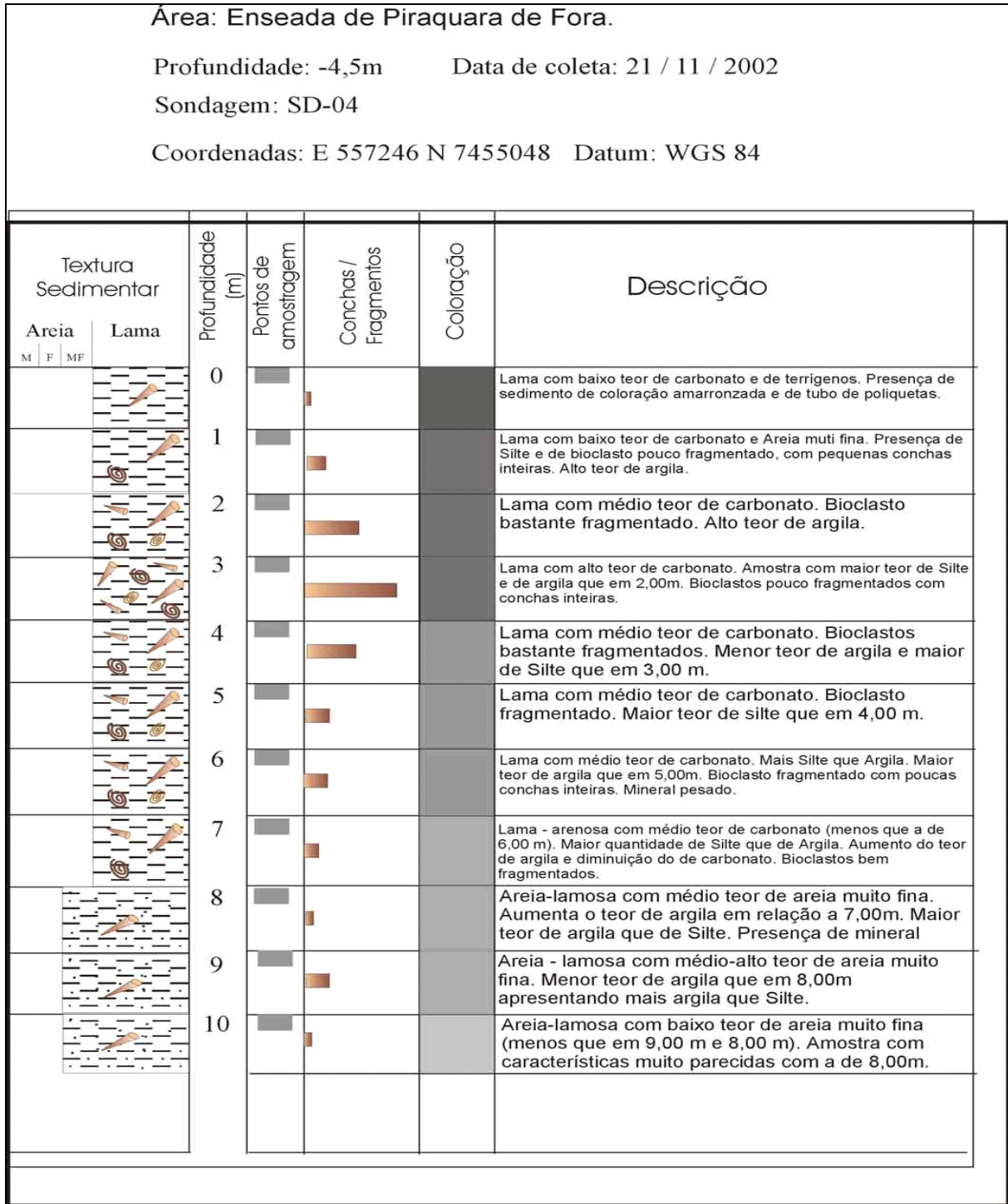


Figura 210 - Colunas estratigráficas (Prancha 4).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

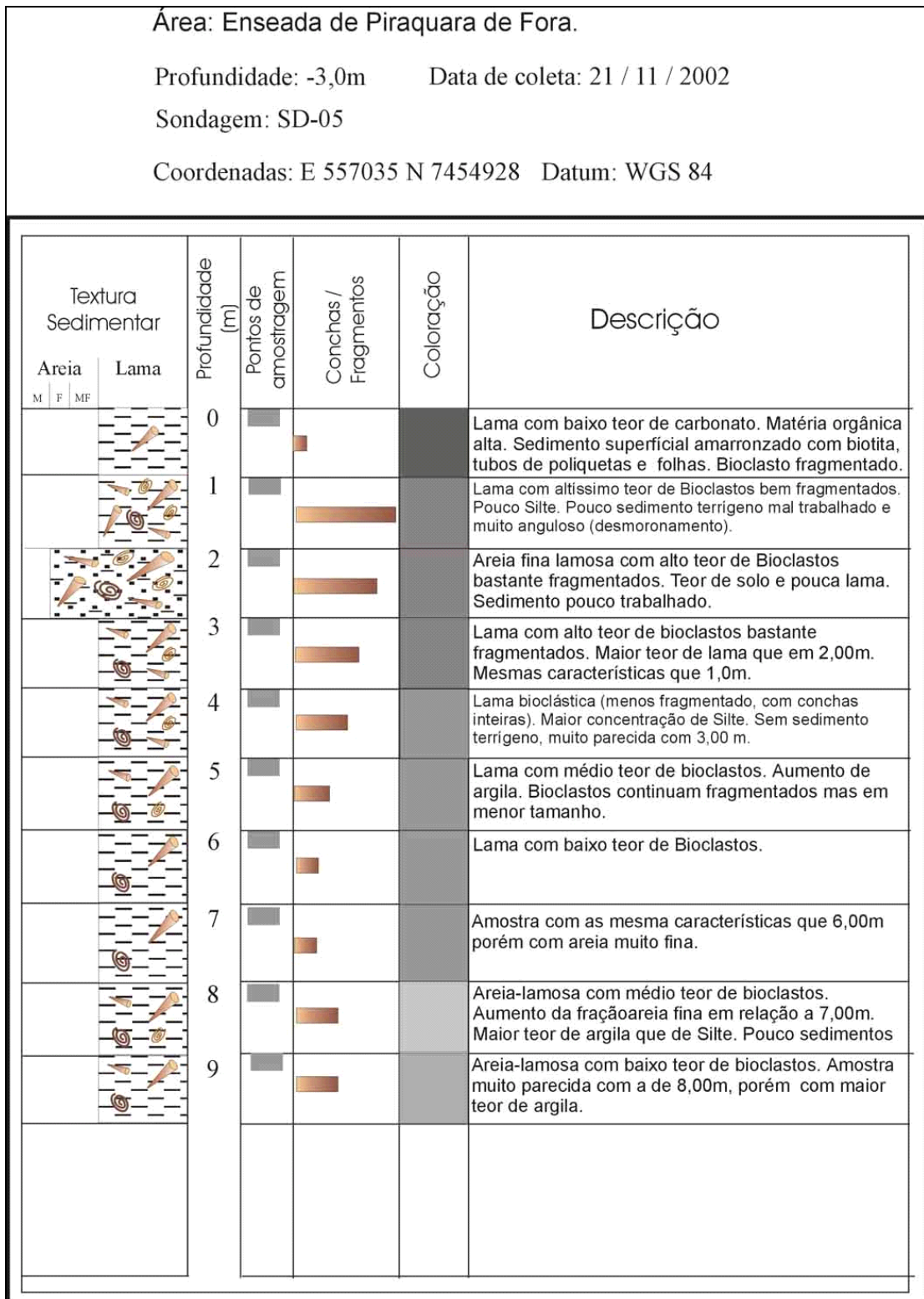


Figura 211 - Colunas estratigráficas (Prancha 5).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

6.5.3.3.3. Resultados e interpretações

Os seguintes resultados podem ser fornecidos com base na interpretação dos mapas confeccionados (Anexo 56 a Anexo 61) e nas colunas estratigráficas das sondagens (Figura 207 a Figura 211). Enfoca-se principalmente a estratigrafia regional da enseada e da área adjacente ao desmoronamento ocorrido em 1985. Foi possível verificar, em escala de detalhe, as principais feições estratigráficas e estruturais de interesse nesta região, destacando-se:

Megasseqüências sismo-estratigráficas

Foram observadas cinco megasseqüências, através da sismo-estratigrafia e das sondagens, acima do embasamento acústico:

- 1) Lama – (Recente/Desmoronamento);
- 2) Lama-Arenosa (Areia Muito Fina);
- 3) Lama-Arenosa Bioclástica (“Concheiro”);
- 4) Areia-Lamosa (Relíquia);
- 5) Desmoronamento (1985).

Tais seqüências são apresentadas na Figura 212, que representa as linhas DIP 40 (regional) e DIP 14 (local).

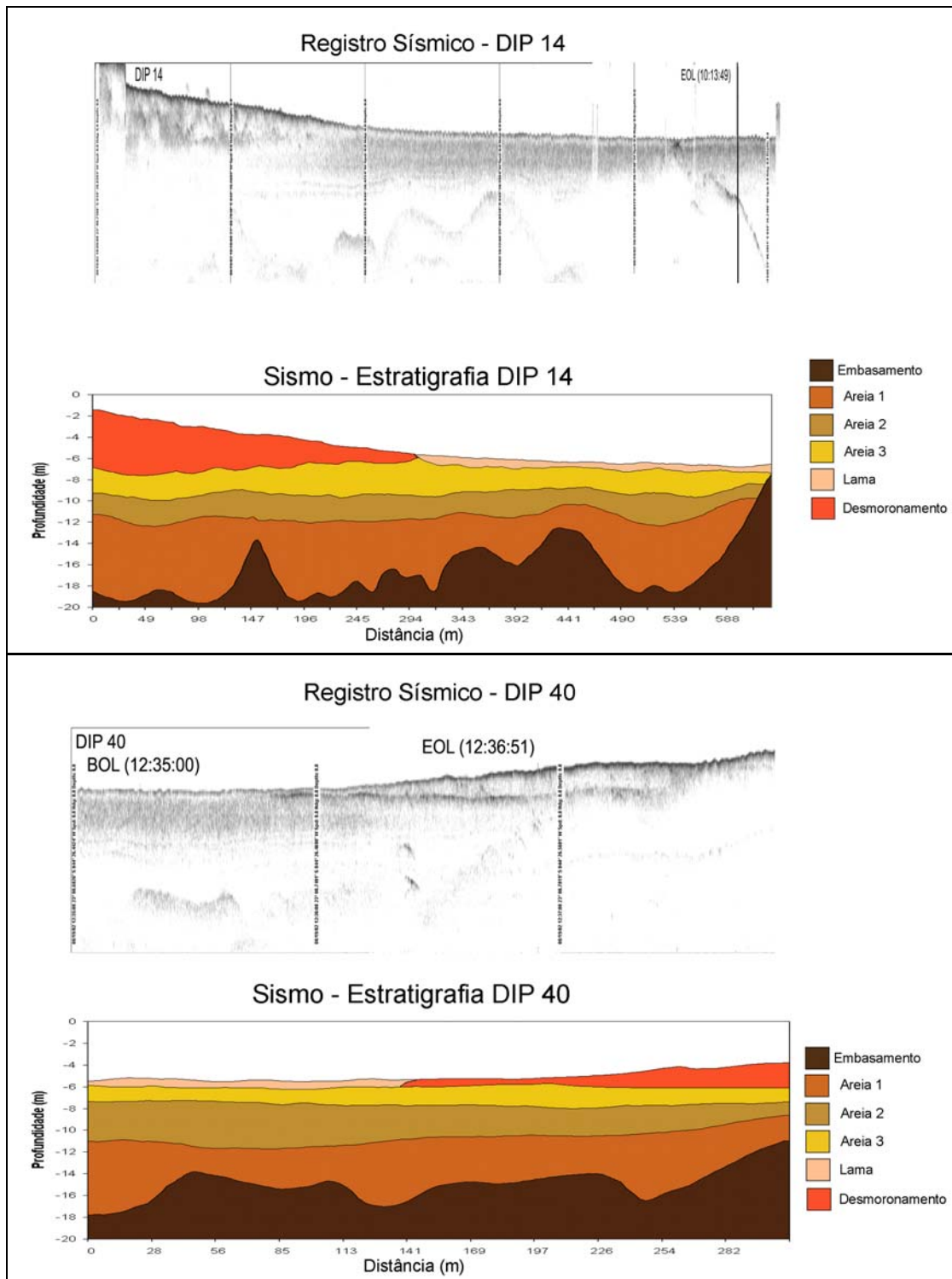


Figura 212 - Sismo-estratigrafia das principais megassequências sedimentares, observadas acima do embasamento acústico.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Com base nos mapas estruturais e de isópacas das megassequências estratigráficas, observou-se que:

- o embasamento é bastante fraturado/falhado, com alinhamento NE–SW, seguindo o padrão estrutural regional da baía da Ribeira.
- existe um baixo estrutural, na porção central-rasa da enseada, que concentra as maiores espessuras sedimentares em todos os horizontes sismo-estratigráficos. Isso é indicativo de que esta região vem sendo um depocentro preferencial ao longo do Quaternário.
- existe um forte condicionamento estrutural que controla a deposição das lamas e areias, oriundas da rede de drenagem fluvial, ao longo do Quaternário.
- a deposição das lamas recentes se dá em faixa, preferencialmente no eixo central N–S da enseada, indicando um baixo hidrodinamismo nesta região. A porção central desta faixa pode estar relacionada a uma frente de progradação oriunda do desmoronamento.

Com base nas informações geológicas e geofísicas discutidas anteriormente, pode-se verificar que o Saco Piraquara de Fora encontra-se localizado em uma região com alta instabilidade de encosta. Tal instabilidade tem origem na inter-relação de três fatores:

- 1) forte estruturação geológica regional da Baía da Ribeira e adjacências;
- 2) geomorfologia costeira extremamente escarpada; e
- 3) alto grau de intemperismo das rochas.

A estruturação geológica da área revela estruturas de falhas e fraturas que cruzam o Saco Piraquara de Fora na direção NE–SW. Tal estruturação condiciona o padrão de drenagem em vales encaixados e paleocanais, que possuem forte gradiente topográfico (talwegues), devido à presença da serra do Mar.

Associado a isso se observa uma sedimentação quaternária bastante condicionada por esses paleo-canais (estruturais), que mostra um padrão episódico, provavelmente relacionado a eventos catastróficos climáticos ao longo do Quaternário.

Além desses fatos, deve-se ressaltar que, regionalmente, verifica-se a ocorrência de sismos rasos — relacionados ao descolamento das rochas granito-gnaíssicas — e forte intemperismo das rochas (gerando solos); fatores que podem intensificar a instabilidade dos taludes na região.

6.5.3.4. Oceanografia química

O Saco Piraquara de Fora foi o local escolhido, à época de projeto da CNAAA, para o lançamento da água do mar, captada em Itaorna, do sistema aberto de resfriamento das usinas. Os estudos realizados abrangeram não só a enseada em si, como também a área adjacente, até

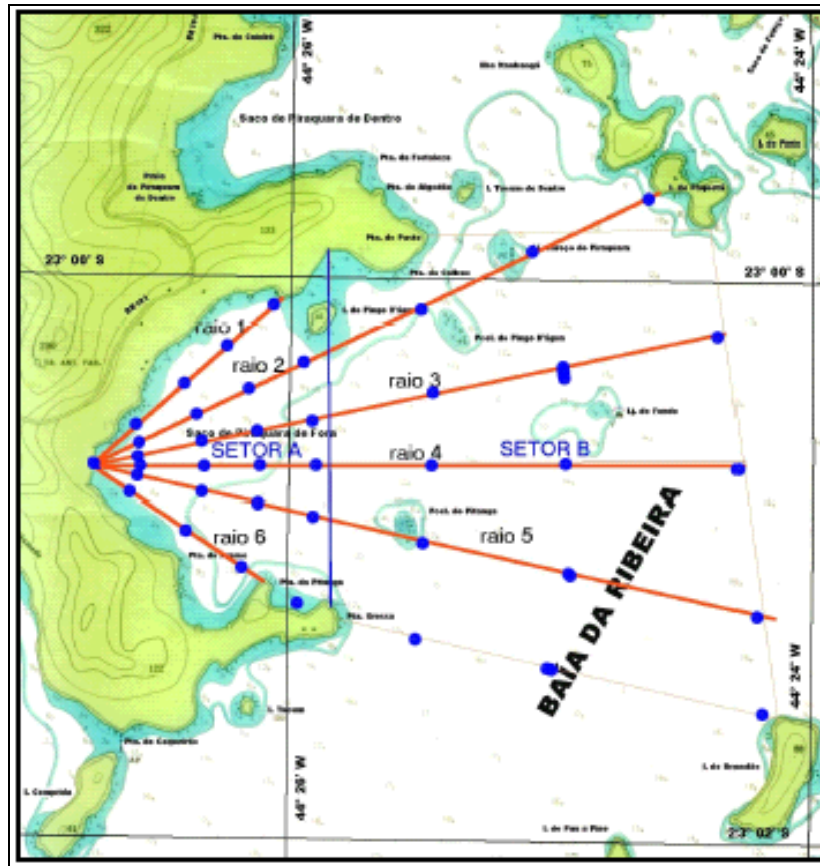


Figura 214 - Localização dos pontos de coleta de amostras de água.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A primeira campanha de coleta de amostras de água foi realizada entre os dias 20 e 23 de agosto de 2002, quando ocorreu uma lua cheia (entre os dias 21 e 22), o que corresponde a uma maré de sizígia. Nesse período registraram-se as maiores amplitudes de maré na região para o mês de agosto (dados verificados no Extrato da Tábua de Marés, publicada pela DHN para o Porto de Angra dos Reis).

As radiais 2, 4 e 6 da área B foram amostradas no dia 20, durante a maré vazante; as radiais 1, 3 e 5 da área A foram amostradas no dia 21, durante a maré enchente; as radiais 3 e 5 da área B foram amostradas no dia 22, durante a maré enchente e as radiais 2, 4 e 6 da área A, durante a maré vazante, ressaltando que, nesta campanha, foi inserida uma estação de coleta a 200 m da origem em cada radial.

A segunda campanha de coleta de amostras de água foi realizada entre os dias 17 e 20 de novembro de 2002, quando ocorreu uma lua cheia (entre os dias 18 e 19), o que corresponde a uma maré de sizígia, ou seja, nesse período registraram-se as maiores

amplitudes de maré na região para o mês de novembro (dados verificados no Extrato da Tábua de Marés, publicada pela DHN para o Porto de Angra dos Reis).

As radiais 2, 4 e 6 na área A foram amostradas no dia 17, enquanto a área B foi amostrada no dia 18, ambas durante a maré vazante; as radiais 1, 3 e 5 na área A foram amostradas no dia 19, enquanto a área B foi amostrada no dia 20, ambas durante a maré enchente.

A terceira campanha foi realizada entre os dias 15 e 18 de fevereiro de 2003, dentre os quais ocorreu a lua cheia entre os dias 15 e 16. E finalmente, a quarta campanha de coleta de amostras de água foi realizada entre os dias 14 e 17 de maio de 2003, dentre os quais ocorreu uma lua cheia entre os dias 15 e 16. A ocorrência de período de lua cheia provoca a ocorrência de uma maré de sizígia, ou seja, neste período ocorreram as maiores amplitudes de maré na região, evidenciando assim as maiores movimentações de água dentro da área estudada.

As coletas foram realizadas com garrafas de Niskin, e após a medição de parâmetros como temperatura e pH, e retiradas alíquotas para oxigênio dissolvido, amônia e salinidade, foram armazenados 5 litros de amostra, em garrafas de polietileno, para posterior filtração em terra (material em suspensão e clorofila). Desses 5 litros de água, 1 litro foi armazenado e congelado para posterior análise nos Laboratórios da OCN/Uerj.

Tabela 57 – Parâmetros determinados para coleta

Equipamento/Método	Resultados
GPS Eagle Explorer	Posição dos pontos de amostragem
Sonda Eagle SupraPro I.D.	Profundidade das amostras a 1 m do fundo
Condutivímetro WTW LF92	Temperatura das amostras
pHmetro Orion 210A com eletrodo Orion combinado Ag/AgCl 910600	pH
Método titulométrico de Winkler (1888), segundo Grasshoff (1983)	Oxigênio dissolvido
Método colorimétrico do azul de indofenol FAO (1975), tendo sido as alíquotas lidas em espectrofotômetro Perkim Elmer – Lambda 12	Amônia

Equipamento/Método	Resultados
Sistema elétrico portátil de vácuo com membranas HA em ester de celulose, 0,45µm de poro, 47 mm Ø, Millipore HAWP04700	Filtração

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Em laboratório, foram determinados os seguintes parâmetros:

Tabela 58 – Parâmetros determinados em laboratório

Equipamento	Método
Nitrito (NO ₂ ⁻)	Método colorimétrico de diazotação de Grasshoff (1983)
Nitrato (NO ₃ ⁻)	método colorimétrico de diazotação de Grasshoff (1983), após redução em coluna de cádmio recoberto por cobre
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	Método colorimétrico do azul de fosfomolibdato de Grasshoff (1983)
Silicato (SiO ₃)	Método colorimétrico de azul silicomolibdato de Strickland e Parsons (1972)
Clorofila A	Método colorimétrico Scor/Unesco segundo Strickland e Parsons (1972)
Boro (B)	Método colorimétrico do Carmim segundo Apha/Awwa/Wef (1992)
Surfactantes	Surfactantes aniônicos como substâncias ativas ao azul de metileno (método colorimétrico) segundo Apha/Awwa/Wpcf (1965) modificado por Kantin (1980)

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Todas as análises colorimétricas executadas no Laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia e Hidrologia da Uerj utilizaram espectrofotômetro uv/visível Micronal B382 ou Camspec M330 com caminho ótico de 5 cm ou maior. Todas as metodologias utilizadas para a determinação dos parâmetros desejados estão de acordo com as normas internacionais para análise de água do mar. São as técnicas comumente utilizadas para este tipo de análise e mundialmente reconhecidas e testadas, devendo ainda, utilizarem-se

padrões internacionais para controle de qualidade das análises realizadas, caso estejam disponíveis.

6.5.3.4.1. Análise gráfica e estatística dos dados coletados

A Eletronuclear mantém um monitoramento dos parâmetros físico-químicos de águas salinas em 3 pontos desde outubro de 1987. Dois dos pontos estão localizados na enseada de Piraquara de Fora e o outro ponto na região em frente das instalações do complexo nuclear em Itaorna, pontos estes respectivamente denominados Z4 e 047B e o Z3 (Figura 215). As coletas são realizadas sem nenhuma preocupação de se manter um padrão amostral quanto a horário de coleta, condição climática ou posição relativa ao ciclo da maré, sendo coletada somente água de superfície. Assim sendo toda a análise dos resultados levantados será feita tendo por base uma coleta de forma aleatória.



Figura 215 - Localização os Pontos de Monitoramento para dados pretéritos

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Os dados obtidos sofreram uma avaliação quanto a sua qualidade, buscando-se os relatórios específicos que deram origem aos dados do banco de dados da Eletronuclear e que foi fornecido como base para este levantamento. Assim foram obtidos os dados de temperatura de superfície (tomadas a 0,5 m de profundidade), salinidade, nitrito, nitrato,

fosfato, silicato, oxigênio dissolvido e teores de clorofila A, B e C, com uma periodicidade mensal desde outubro de 1987 até março de 2002. Após a tabulação dos dados estes foram conferidos a partir dos relatórios fornecidos pela Eletronuclear para o levantamento do fitoplâncton na região estudada, e feitas às correções necessárias. Posteriores a este controle de qualidade foram calculados os valores de grau de saturação de oxigênio, para que os valores pudessem ser comparados diretamente, e efetuadas as médias mensais (Tabela 59, Tabela 60 e Tabela 61) durante o período do levantamento para cada ponto de coleta, ou seja de outubro de 1987 a março de 2002.

Tabela 59 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto Z3.

MÊS	T _{0,5}	S	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	O ₂	O ₂	CLOROFILA (mg.m ⁻³)		
	°C		μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	% sat	A	B	C
Jan	26,4	35,3	0,03	3,25	0,29	3,14	5,36	74,8	1,22	0,07	1,75
Fev	27,2	35,1	0,06	2,39	0,23	2,49	6,71	96,2	0,95	0,09	0,41
Mar	26,9	35,2	0,02	1,40	0,25	3,61	6,89	100,6	1,39	0,07	0,43
Abr	25,7	35,9	0,02	2,14	0,33	4,13	6,34	90,9	0,97	0,30	0,87
Mai	24,1	35,6	0,05	5,41	0,26	5,61	6,48	87,9	0,86	0,09	0,12
Jun	23,0	35,7	0,06	2,04	0,39	6,42	6,43	88,6	0,87	0,13	0,62
Jul	21,9	35,9	0,06	1,42	0,27	6,38	6,87	96,7	0,93	0,52	0,49
Ago	21,9	35,5	0,07	2,77	0,33	6,57	6,53	91,2	0,77	0,09	0,13
Set	22,2	35,3	0,08	3,20	0,43	5,36	6,37	76,7	0,63	0,20	0,38
Out	23,0	35,6	0,01	1,35	0,37	3,47	6,33	90,6	1,03	0,09	0,71
Nov	23,5	35,3	0,03	3,01	0,26	2,97	6,09	76,1	1,29	0,67	1,06
Dez	23,9	35,9	0,03	5,02	0,26	2,84	6,18	84,4	1,01	0,06	0,46
Média	24,1	35,5	0,05	2,78	0,31	4,41	6,38	87,9	0,99	0,20	0,62
Desvio Padrão	1,9	0,3	0,02	1,32	0,06	1,55	0,41	8,4	0,22	0,20	0,45

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 60 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto Z4.

MÊS	T _{0,5}	S	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	O ₂	O ₂	CLOROFILA (mg.m ⁻³)		
	°C		μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	% sat	A	B	C
Jan	25,9	35,4	0,05	1,56	0,25	3,63	5,45	72,9	1,18	0,08	0,92
Fev	28,2	35,0	0,07	2,20	0,26	3,15	6,77	98,3	1,23	0,12	0,60
Mar	27,4	35,3	0,03	4,27	0,31	4,97	6,88	102,5	1,66	0,05	0,61
Abr	26,0	35,9	0,05	1,70	0,38	5,81	6,24	90,1	1,05	0,15	0,66
Mai	24,4	35,5	0,10	5,61	0,28	7,01	6,14	78,1	1,08	0,10	0,17
Jun	23,3	36,2	0,07	2,98	0,42	7,11	6,24	84,6	0,94	0,31	1,33
Jul	22,5	35,9	0,07	3,27	0,35	7,49	6,31	89,8	0,88	0,66	0,25
Ago	22,3	35,5	0,10	2,73	0,35	5,80	6,64	94,0	0,63	0,07	0,20
Set	22,3	35,0	0,09	2,58	0,42	5,58	6,19	80,5	0,92	0,12	0,67
Out	23,4	35,2	0,01	1,50	0,39	3,27	6,30	90,8	0,90	0,11	0,54
Nov	24,0	35,5	0,08	1,92	0,24	3,07	6,04	81,5	0,80	0,16	0,32
Dez	24,8	35,9	0,02	1,88	0,31	3,35	6,09	84,2	1,27	0,06	0,62
Média	24,5	35,5	0,06	2,68	0,33	5,02	6,27	87,3	1,04	0,17	0,57
Desvio padrão	2,0	0,4	0,03	1,23	0,07	1,68	0,37	8,6	0,27	0,17	0,33

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 61 – Valores Médios Mensais de Temperatura, Salinidade, concentração de Nitrito, Nitrato, Fosfato, Silicato, Oxigênio Dissolvido, Clorofila A, B e C, e Grau de Saturação de Oxigênio do ponto 047B.

MÊS	T _{0,5}	S	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	O ₂	O ₂	CLOROFILA (mg.m ⁻³)		
	°C		μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	% sat	A	B	C
Jan	26,4	35,0	0,01	1,71	0,23	2,91	5,93	79,9	1,09	0,05	0,83
Fev	28,0	35,5	0,06	1,57	0,25	2,90	6,67	96,8	0,84	0,15	0,49
Mar	27,3	35,4	0,02	1,57	0,26	4,08	6,84	101,6	1,64	0,11	0,84
Abr	26,0	35,6	0,02	2,24	0,35	4,54	6,44	92,4	0,84	0,10	0,70
Mai	24,5	35,7	0,07	4,95	0,28	5,98	6,23	79,5	0,74	0,07	0,22

MÊS	T _{0,5}	S	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si	O ₂	O ₂	CLOROFILA (mg.m ⁻³)		
	°C		µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	% sat	A	B	C
Jun	23,1	36,2	0,04	2,40	0,38	7,40	6,31	85,2	0,82	0,13	0,34
Jul	22,6	35,7	0,08	2,33	0,36	6,74	6,72	95,9	0,85	0,53	0,31
Ago	22,3	35,5	0,07	1,63	0,33	5,55	6,54	92,3	0,46	0,04	0,19
Set	22,4	35,1	0,08	2,71	0,38	5,25	6,31	76,3	0,71	0,20	0,58
Out	23,4	35,3	0,02	1,34	0,36	3,14	6,41	92,5	0,72	0,11	0,58
Nov	23,9	35,8	0,03	1,31	0,26	3,46	6,01	75,9	0,65	0,16	0,37
Dez	24,4	35,9	0,02	4,57	0,29	3,52	6,24	85,9	0,86	0,06	0,42
Média	24,51	35,5	0,04	2,36	0,31	4,62	6,39	87,8%	0,85	0,14	0,49
Desvio padrão	1,96	0,3	0,03	1,21	0,06	1,54	0,27	8,6%	0,29	0,13	0,22

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Para uma melhor visualização dos valores médios de cada mês, em cada estação de monitoramento, foram elaborados gráficos a seguir para cada parâmetro observado e que apresentam o valor mediano e o percentil de 25% e 75% dos dados.

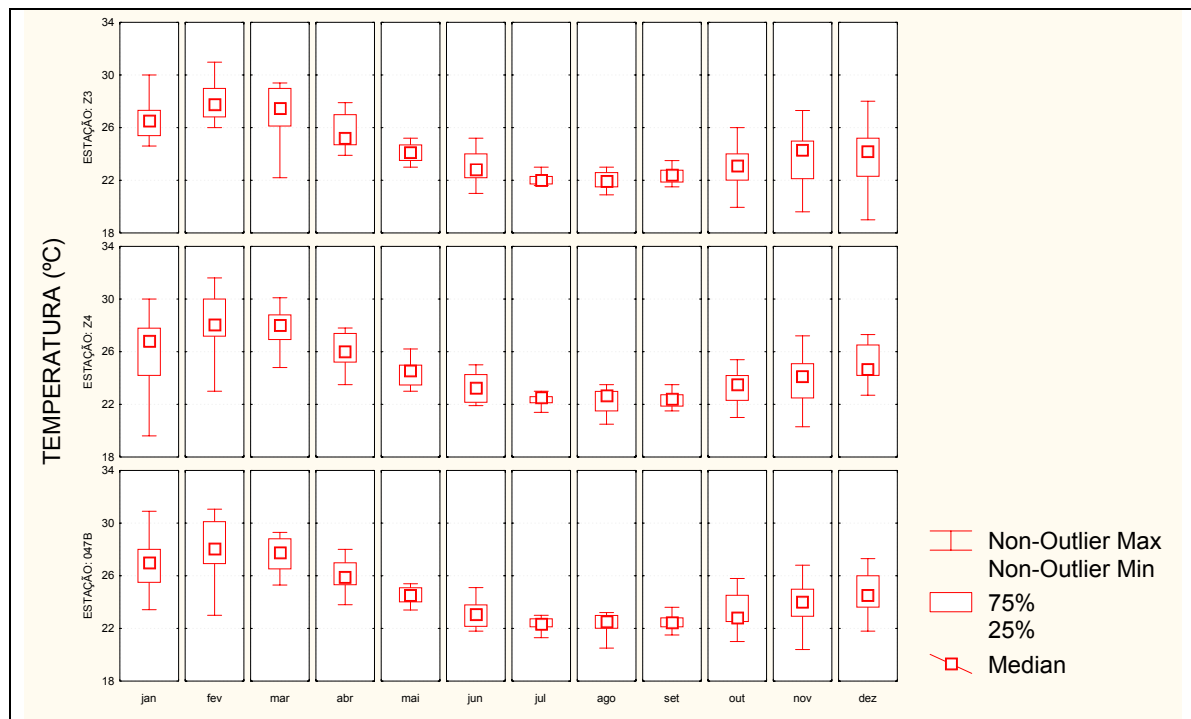


Figura 216 - Médias mensais de temperatura por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

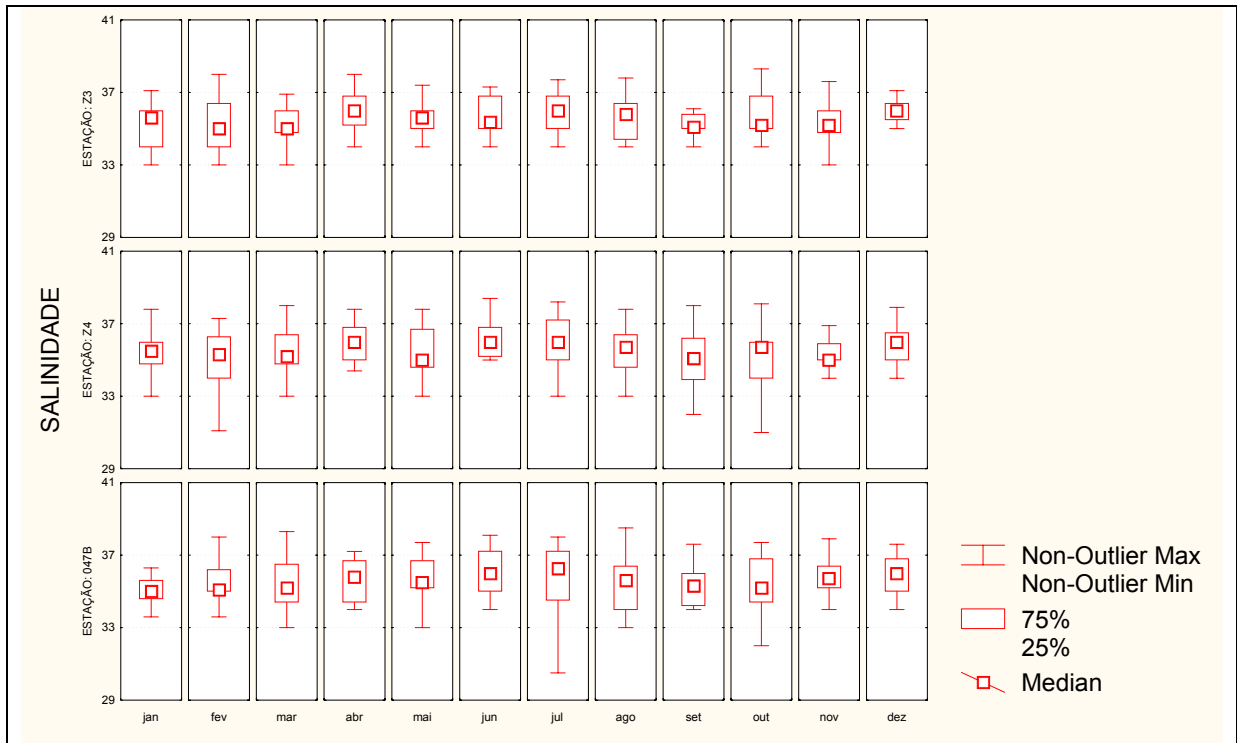


Figura 217 - Médias mensais de salinidade por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

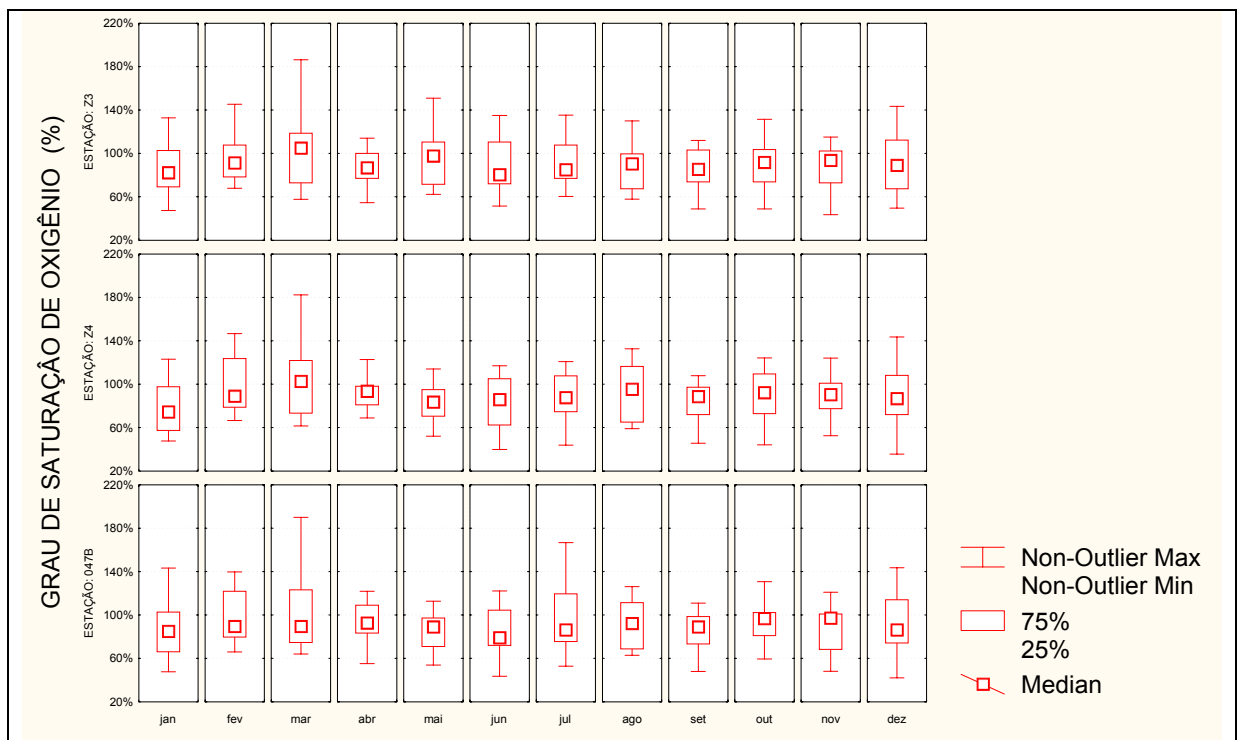


Figura 218 - Médias mensais de grau de saturação de oxigênio por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

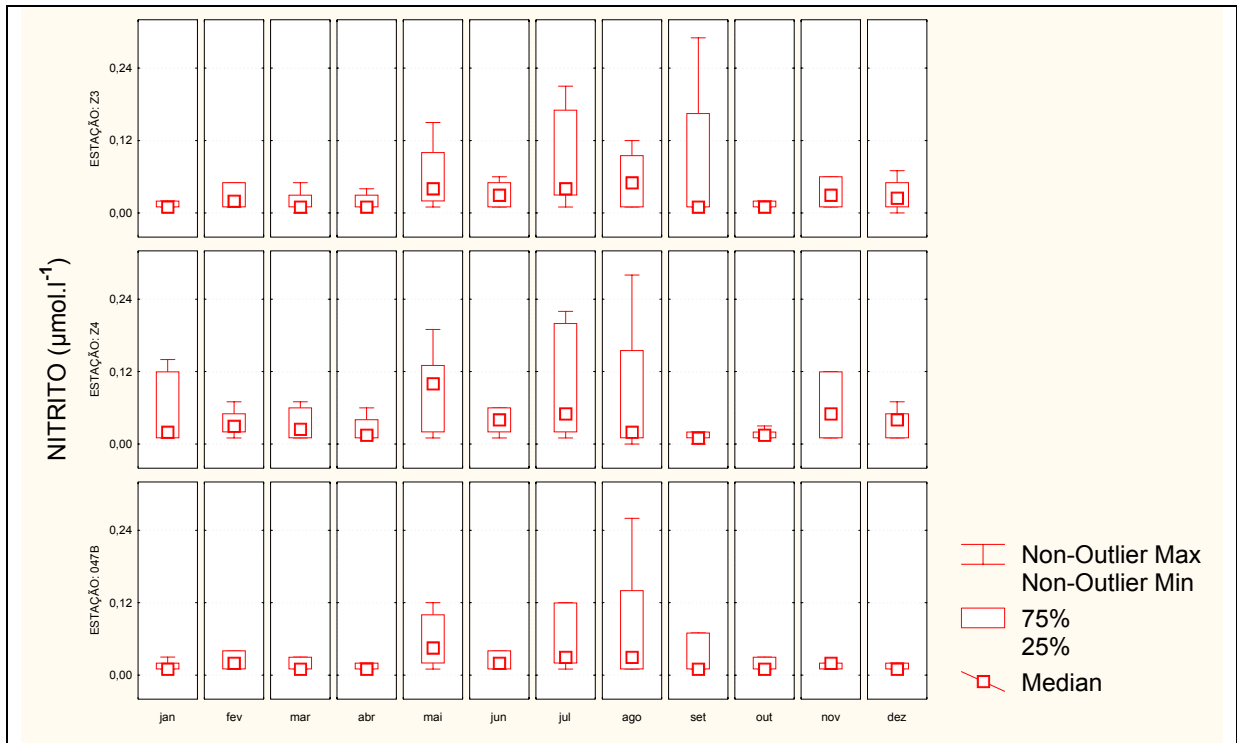


Figura 219 - Médias mensais da concentração de nitrito por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

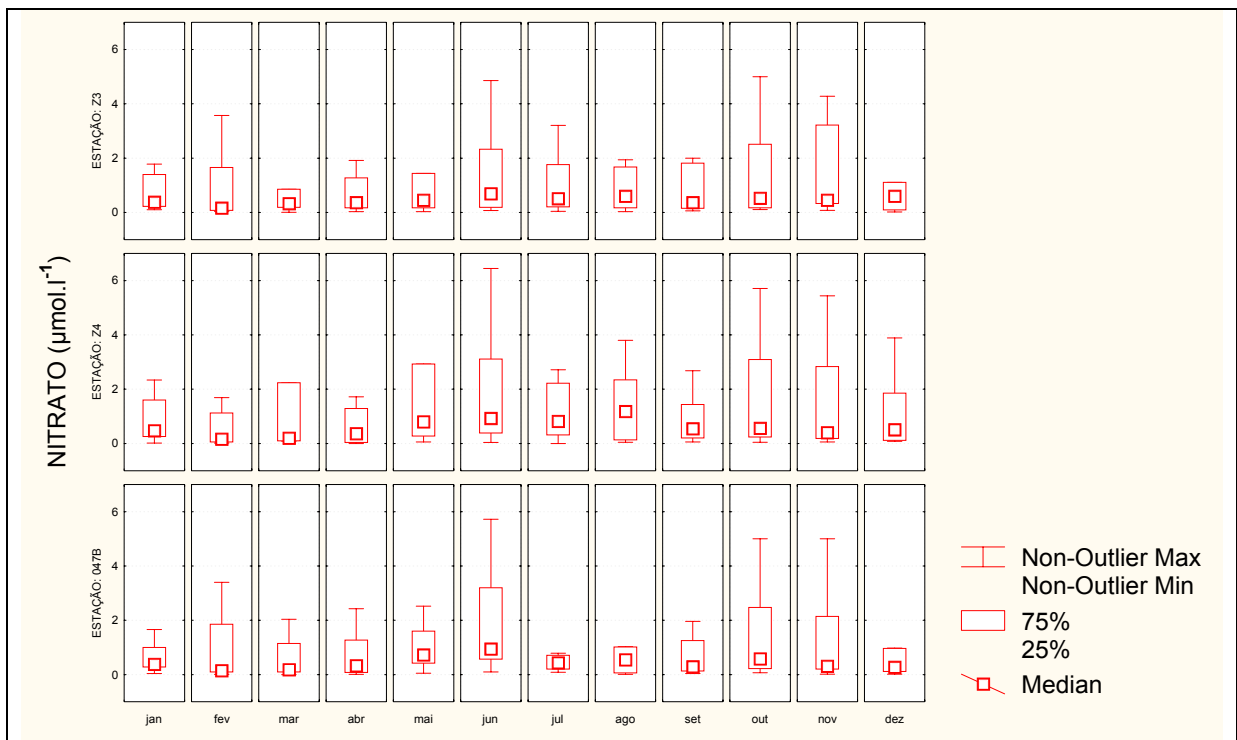


Figura 220 - Médias mensais da concentração de nitrato por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

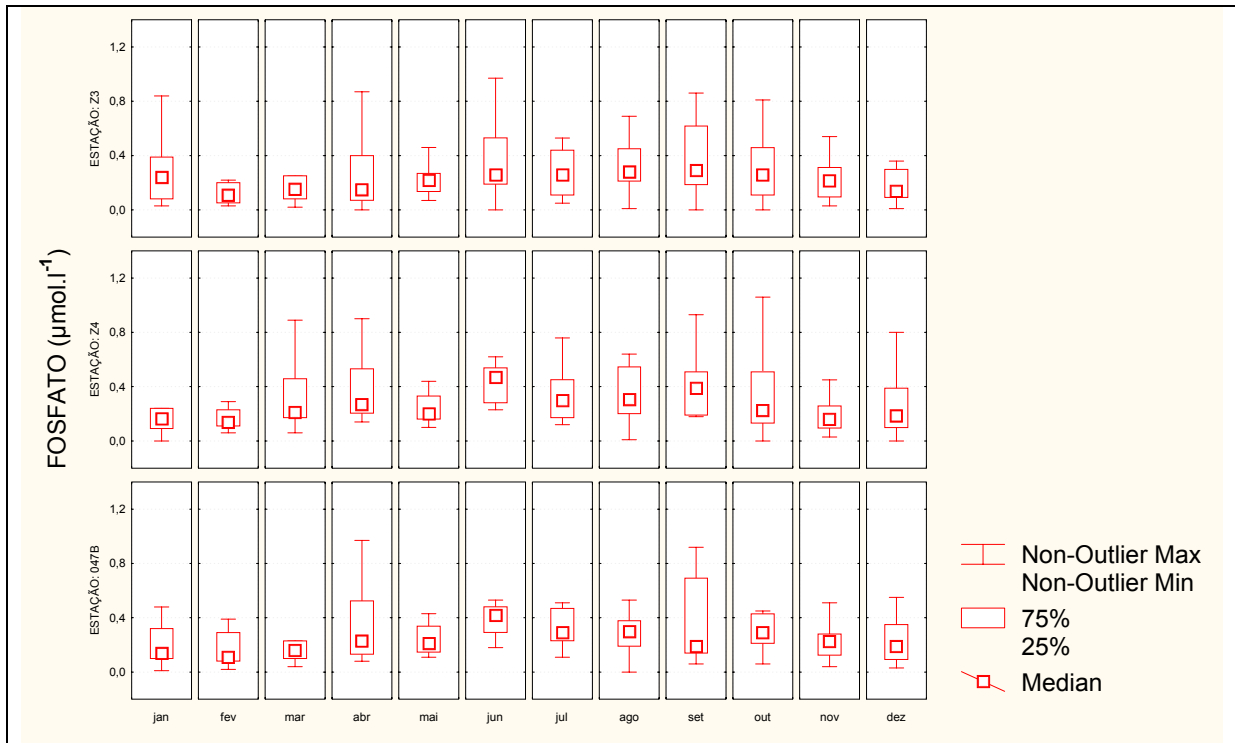


Figura 221 - Médias mensais da concentração de fosfato por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

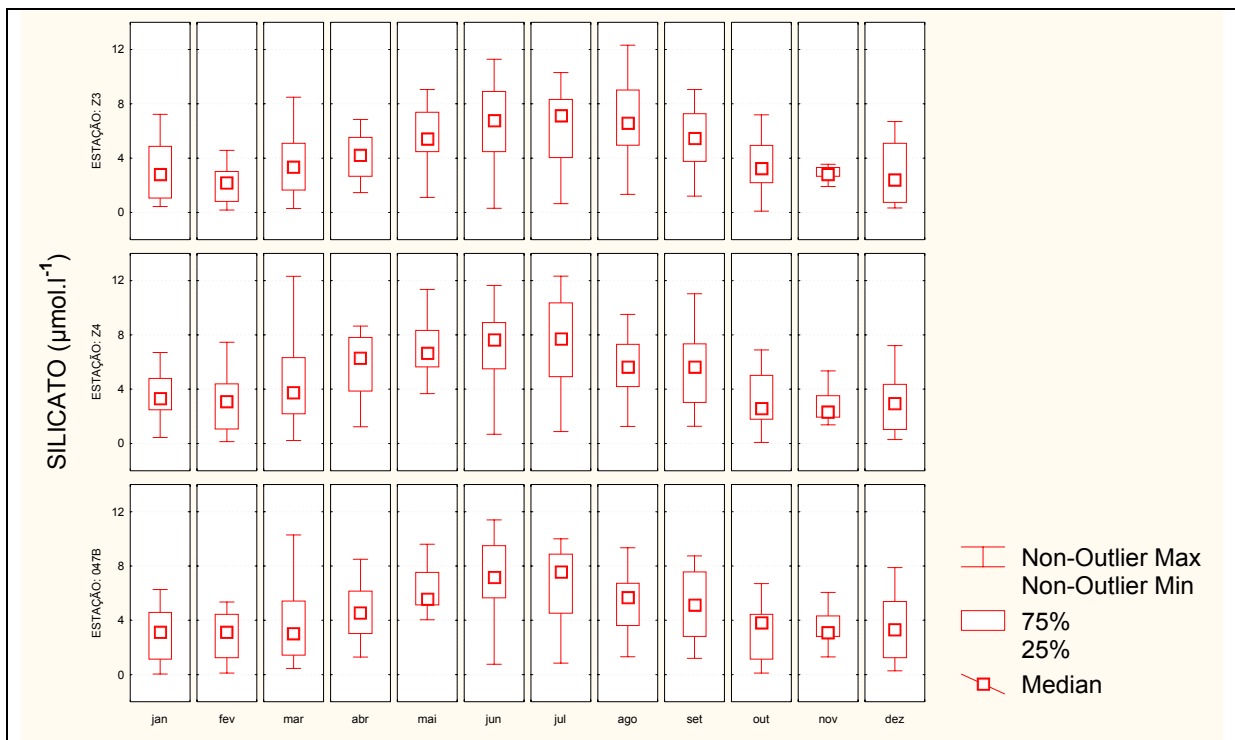


Figura 222 - Médias mensais da concentração de sílica por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

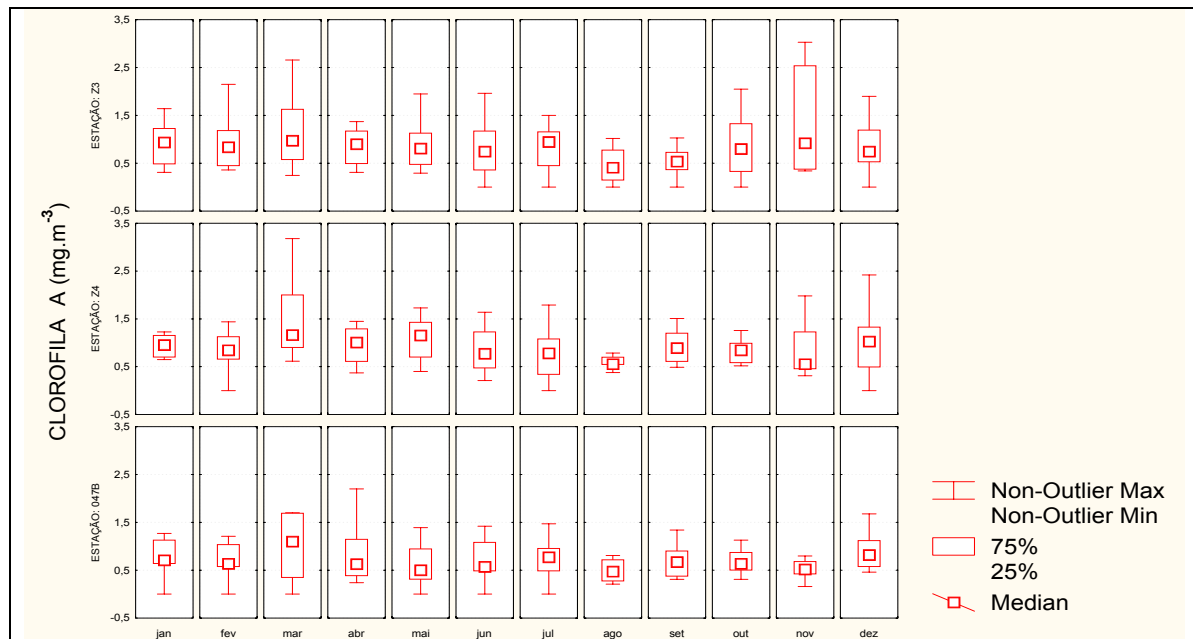


Figura 223 - Médias mensais da concentração de clorofila A por ponto de monitoramento.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Através de análise dos gráficos (Figura 216 a Figura 223), confirmados por análises estatísticas de comparação de amostras, pode-se concluir que pouca variação significativa dos parâmetros ocorre entre as estações ao longo do ano, podendo ser afirmado que as concentrações são homogêneas ao longo do ano. Exceção a este comportamento é a temperatura e as concentrações de silicatos e clorofila A, que apresentam notadamente uma variação sazonal acentuada e em menor escala a variação do grau de saturação de oxigênio. Nota-se uma forte alteração dos valores de temperatura e concentrações de sílica associadas aos períodos de inverno e verão, apresentando comportamentos inversos, mas que de forma alguma estão associados entre si e sim correlacionados a situação climática.

Outra análise que pode ser feita é a comparação direta entre as temperaturas da estação Z3 e Z4, uma vez que sendo a água utilizada para arrefecimento do sistema de refrigeração das usinas, pode-se verificar qual a variação média histórica entre a água captada em Itaorna e a água lançada na Enseada de Piraquara de Fora. Este análise pode ser facilmente observada no gráfico que retrata a diferença de temperatura entre as duas estações ao longo do período de coleta de dados (Figura 224). As variações encontradas podem estar relacionadas às questões já levantadas de amostragem. Pois como o monitoramento de parâmetros físicos bem mostrou, existe uma alteração dos padrões de correntes na região interna da enseada de Piraquara de Fora, que se alterna com entrada de águas vindas da parte mais de fora da baía e águas vindas da Baía da Ribeira, variando de acordo com a maré e as condições climáticas. Assim o ponto de amostragem na Enseada de Piraquara de Fora (Z4), pode ter suas condições físico-químicas, em dado instante, alterada por influência de águas mais quentes ou mais frias dependendo da situação reinante no momento da coleta, e que não são possíveis de serem inferidas na presente análise.

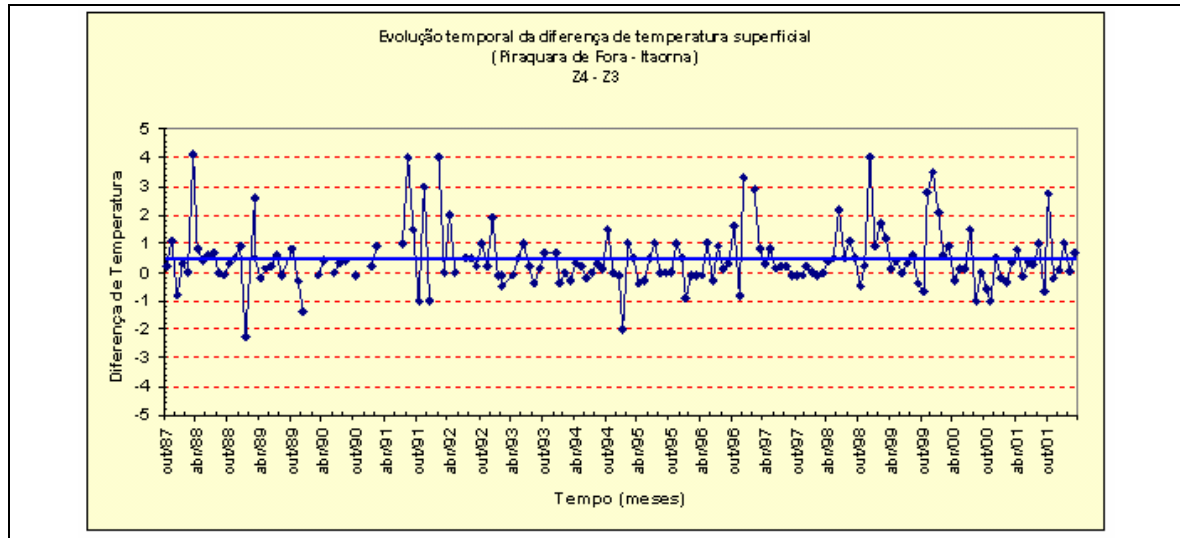


Figura 224 – Diferença de temperatura entre as estações Z4 e Z3 ao longo do período coleta de dados.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A partir dos dados foi feita uma análise da média histórica mensal, ou seja, a média dos meses durante todo o período amostral, o que resultou na Figura 225. Verifica-se que a média, ao longo de todo o tempo do monitoramento, da temperatura da água descarregada em Piraquara de Fora se mantém próximo da temperatura da água de Itaorna, sendo a diferença média menor que 0,5 °C.

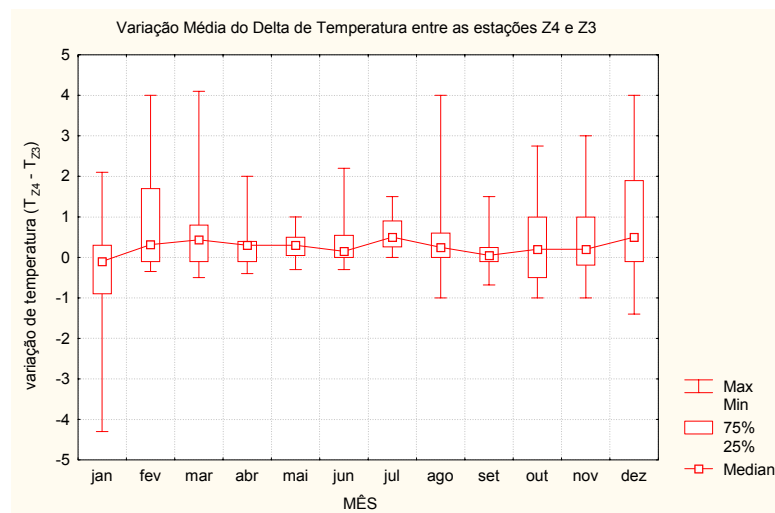


Figura 225 – Variação média da diferença de temperatura nas estações Z4 e Z3 ao longo do ano.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

6.5.3.4.2. Resultados Observados:

A partir dos dados básicos obtidos nas análises, efetuou-se um tratamento estatístico onde a estatística descritiva de cada campanha é apresentada da Tabela 62 a Tabela 69, a seguir.

Tabela 62 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de agosto de 2002.

PARÂMETRO	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
Temperatura (°C)	139	25.16	24.60	22.60	32.10	9.50
Salinidade	139	34.17	34.18	34.03	34.33	0.30
PH	139	8.07	8.06	7.84	8.31	0.47
O ₂ (ml/L)	139	4.93	4.91	3.63	5.96	2.34
O ₂ (mg/L)	139	7.04	7.02	5.18	8.52	3.34
O ₂ (% saturação)	139	103.96	102.84	75.25	134.57	59.33
NO ₂ (µmol/L)	138	0.63	0.61	0.32	0.99	0.67
NO ₃ (µmol/L)	32	0.38	0.30	0.01	1.06	1.05
NH ₃ (µmol/L)	41	0.09	0.07	0.01	0.29	0.28
PO ₄ (µmol/L)	136	0.33	0.31	0.04	0.86	0.82
Si (µmol/L)	138	0.29	0.28	0.09	0.65	0.56
Si (µg at/L)	138	8.23	7.79	2.62	18.31	15.68
Clorof. A (mg/M ³)	125	0.20	0.14	0.02	0.96	0.94
Mat. Susp. (mg/L)	138	5.36	4.53	2.87	17.09	14.22
Boro (mg/L)	139	5.67	5.52	3.67	8.03	4.37
Surfact. (mg LSS/L)	133	0.04	0.04	0.01	0.08	0.07

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 63 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de agosto de 2002.

PARÂMETRO	CONFID.	CONFID.	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Temperatura (°C)	24.820	25.491	3.997	1.999	0.170	-
Salinidade	34.155	34.176	0.004	0.062	0.005	-
pH	8.052	8.094	0.016	0.126	0.011	-

PARÂMETRO	CONFID.	CONFID.	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
O ₂ (ml/L)	4.874	4.987	0.114	0.337	0.029	-
O ₂ (mg/L)	6.962	7.124	0.232	0.482	0.041	-
O ₂ (% saturação)	102.332	105.578	93.672	9.678	0.821	-
NO ₂ (µmol/L)	0.602	0.661	0.030	0.173	0.015	0.006
NO ₃ (µmol/L)	0.277	0.476	0.076	0.276	0.049	0.319
NH ₃ (µmol/L)	0.066	0.110	0.005	0.069	0.011	0.047
PO ₄ (µmol/L)	0.306	0.348	0.016	0.125	0.011	0.016
Si (µmol/L)			4.219	2.054	0.175	0.003
Si (µg at/L)	3.941	4.286	0.005	0.073	0.006	0.083
Clorof. A (mg/M ³)	0.169	0.225	0.025	0.158	0.014	-
Mat. Susp. (mg/L)	4.950	5.776	6.009	2.451	0.209	-
Boro (mg/L)	5.513	5.820	0.839	0.916	0.078	66.583
Surfact. (mg LSS/L)	0.034	0.039	0.000	0.014	0.001	0.002

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 64 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de novembro de 2002.

	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
Temperatura (°C)	138	27.32	28.20	20.40	33.10	12.70
Salinidade	138	33.08	32.89	31.17	35.15	3.98
pH	138	8.11	8.10	8.00	8.24	0.24
O ₂ (ml/L)	138	4.93	4.97	3.81	6.18	2.37
O ₂ (mg/L)	138	7.05	7.10	5.44	8.83	3.39
O ₂ (% saturação)	138	107.34	108.52	74.81	142.18	67.38
NO ₂ (µmol/L)	137	0.49	0.40	0.20	1.33	1.14
NO ₃ (µmol/L)	127	0.60	0.37	0.01	4.08	4.07
NH ₃ (µmol/L)	137	1.31	1.24	0.71	2.23	1.52
PO ₄ (µmol/L)	104	0.37	0.28	0.10	1.01	0.91
Si (µmol/L)	137	0.19	0.18	0.10	0.35	0.25
Si (µg at/L)	137	5.24	5.06	2.77	9.79	7.02

	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
Clorof. A (mg/M ³)	133	0.26	0.16	0.02	1.80	1.78
Mat. Susp. (mg/L)	136	6.26	4.82	2.75	33.50	30.75
Boro (mg/L)	138	2.60	2.58	1.23	4.15	2.92
Surfact. (mg LSS/L)	135	0.06	0.05	0.01	0.60	0.59

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 65 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de novembro de 2002.

PARÂMETRO	INT.CONF. - 95%	INT.CONF. + 95%	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Temperatura (°C)	26.824	27.810	8.572	2.928	0.249	-
Salinidade	32.911	33.241	0.961	0.980	0.083	-
pH	8.102	8.121	0.003	0.058	0.005	-
O ₂ (ml/L)	4.876	4.993	0.120	0.347	0.029	-
O ₂ (mg/L)	6.966	7.133	0.245	0.495	0.042	-
O ₂ (% saturação.)	105.404	109.277	132.394	11.506	0.979	-
NO ₂ (µmol/L)	0.449	0.539	0.070	0.265	0.023	0.027
NO ₃ (µmol/L)	0.480	0.716	0.451	0.672	0.060	
NH ₃ (µmol/L)	1.255	1.371	0.117	0.341	0.029	0.225
PO ₄ (µmol/L)	0.324	0.413	0.054	0.231	0.023	0.078
Si (µmol/L)	0.178	0.195	0.002	0.049	0.004	0.046
Si (µg at/L)	5.003	5.467	1.884	1.373	0.117	0.002
Clorof. A (mg/M ³)	0.206	0.318	0.107	0.328	0.028	-
Mat. Susp. (mg/L)	5.610	6.916	14.832	3.851	0.330	-
Boro (mg/L)	2.520	2.679	0.223	0.472	0.040	57.446
Surfact. (mg LSS/L)	0.052	0.071	0.003	0.057	0.005	0.002

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 66 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de fevereiro de 2003

PARÂMETRO	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
Temperatura (°C)	141	29.26	30.00	19.80	35.60	15.80
Salinidade	141	33.50	33.39	31.29	35.36	4.07

PARÂMETRO	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
pH	141	8.18	8.20	7.77	8.42	0.65
O ₂ (ml/L)	141	4.66	4.82	1.90	5.67	3.76
O ₂ (mg/L)	141	6.66	6.88	2.72	8.10	5.38
O ₂ (% saturação)	141	105.34	109.50	36.89	133.22	96.33
NO ₂ (µmol/L)	140	0.45	0.40	0.23	1.95	1.72
NO ₃ (µmol/L)	118	0.60	0.49	0.04	2.40	2.35
NH ₃ (µmol/L)	138	0.49	0.40	0.23	1.69	1.46
PO ₄ (µmol/L)	140	0.44	0.30	0.12	2.69	2.57
Si (µmol/L)	141	0.21	0.17	0.00	0.80	0.80
Si (µg at/L)	141	5.79	4.77	0.00	22.37	22.37
Clorof. A (mg/M ³)	140	0.42	0.31	0.04	1.91	1.87
Mat. Susp. (mg/L)	141	8.64	6.85	4.40	26.50	22.10
Boro (mg/L)	135	5.34	5.42	1.06	7.92	6.86
Surfact. (mg LSS/L)	122	0.07	0.05	0.00	0.29	0.29

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 67 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de fevereiro de 2003.

PARÂMETRO	INT.CONF. - 95%	INT.CONF. + 95%	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Temperatura (°C)	28.713	29.806	10.773	3.282	0.276	-
Salinidade	33.353	33.639	0.739	0.860	0.072	-
pH	8.161	8.208	0.020	0.142	0.012	-
O ₂ (ml/L)	4.541	4.777	0.500	0.707	0.060	-
O ₂ (mg/L)	6.488	6.824	1.020	1.010	0.085	-
O ₂ (% saturação.)	102.159	108.519	364.796	19.100	1.608	-
NO ₂ (µmol/L)	0.421	0.486	0.038	0.196	0.017	0.0
NO ₃ (µmol/L)	0.513	0.686	0.226	0.476	0.044	0.046
NH ₃ (µmol/L)	0.442	0.530	0.069	0.262	0.022	0.225
PO ₄ (µmol/L)	0.362	0.516	0.214	0.463	0.039	0.025
Si (µmol/L)	0.185	0.227	0.016	0.126	0.011	0.046
Si (µg at/L)	5.199	6.376	12.487	3.534	0.298	0.002

PARÂMETRO	INT.CONF. - 95%	INT.CONF. + 95%	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Clorof. A (mg/M ³)	0.363	0.480	0.122	0.349	0.029	-
Mat. Susp. (mg/L)	7.914	9.371	19.154	4.376	0.369	-
Boro (mg/L)	5.129	5.557	1.584	1.259	0.108	57.446
Surfact. (mg LSS/L)	0.058	0.073	0.002	0.043	0.004	0.023

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 68 – Estatística descritiva básica dos dados da campanha de maio de 2003.

	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	AMPLITUDE
Temperatura (°C)	144	26.88	26.30	25.10	33.10	8.00
Salinidade	144	34.53	34.54	33.35	34.84	1.49
pH	144	8.12	8.10	8.00	8.28	0.28
O ₂ (ml/L)	143	4.36	4.32	3.79	5.00	1.21
O ₂ (mg/L)	143	6.23	6.18	5.41	7.14	1.73
O ₂ (% saturação)	143	94.87	93.15	80.22	119.85	39.62
NO ₂ (µmol/L)	141	0.47	0.41	0.11	1.19	1.08
NO ₃ (µmol/L)	140	0.32	0.31	0.16	0.84	0.68
NH ₃ (µmol/L)	143	0.84	0.79	0.48	2.09	1.60
PO ₄ (µmol/L)	144	0.44	0.39	0.10	1.15	1.04
Si (µmol/L)	144	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03
Si (µg at/L)	144	0.37	0.38	0.02	0.76	0.75
Clorof. A (mg/M ³)	130	0.07	0.03	0.00	0.90	0.91
Mat. Susp. (mg/L)	143	6.98	6.11	4.00	22.77	18.77
Boro (mg/L)	144	5.13	5.13	2.90	6.85	3.95
Surfact. (mg LSS/L)	143	0.06	0.05	0.03	0.15	0.12

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 69 – Continuação da estatística descritiva básica dos dados da campanha de maio de 2003.

	INT.CONF. - 95%	INT.CONF. + 95%	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Temperatura (°C)	26.588	27.178	3.215	1.793	0.149	-

	INT.CONF. - 95%	INT.CONF. + 95%	VARIÂNCIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	L. D.
Salinidade	34.499	34.564	0.039	0.197	0.016	-
pH	8.111	8.132	0.004	0.064	0.005	-
O ₂ (ml/L)	4.329	4.396	0.041	0.202	0.017	-
O ₂ (mg/L)	6.185	6.280	0.083	0.288	0.024	-
O ₂ (% saturação.)	93.725	96.009	47.738	6.909	0.578	-
NO ₂ (µmol/L)	0.437	0.496	0.032	0.179	0.015	0.001
NO ₃ (µmol/L)	0.308	0.340	0.009	0.096	0.008	0.046
NH ₃ (µmol/L)	0.797	0.874	0.055	0.235	0.020	0.225
PO ₄ (µmol/L)	0.403	0.468	0.039	0.196	0.016	0.025
Si (µmol/L)	0.012	0.014	0.000	0.005	0.000	0.005
Si (µg at/L)	0.345	0.395	0.022	0.150	0.012	0.002
Clorof. A (mg/M ³)	0.046	0.094	0.019	0.137	0.012	-
Mat. Susp. (mg/L)	6.515	7.443	7.873	2.806	0.235	-
Boro (mg/L)	5.015	5.239	0.464	0.681	0.057	57.446
Surfact. (mg LSS/L)	0.057	0.064	0.000	0.021	0.002	0.023

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

6.5.3.4.3. Análise dos Resultados – Avaliação da Sazonalidade:

Através do tratamento estatístico efetuou-se a análise dos resultados em uma forma gráfica, onde o principal objetivo é a visualização do comportamento dos parâmetros analisados. Para tanto construiu-se gráficos de caixas (Box-Whiskers) que representassem os valores medianos, os percentis 25% e 75% e os valores mínimos e máximos de cada parâmetro, agrupados por profundidade de amostragem, por período de maré em cada uma das campanhas realizadas. Esses gráficos são apresentados nas figuras que se seguem, correspondentes a cada parâmetro determinado durante este monitoramento. Neste tipo de gráfico observa-se que os valores têm uma distribuição não normal e assim o motivo da anormalidade deve ser buscado em um estudo estatístico mais aprofundado, o que no momento não se faz necessário tendo em vista ser uma avaliação menos detalhada que objetiva visualizar a variação sazonal e não as variações internas entre as amostras. Pela variação da caixa de percentis chega-se com muita definição na distribuição dos valores agrupados, propiciando a caracterização do grau de dispersão dos valores dentro do grupo amostral estabelecido na faixa dos valores máximos e mínimos que também são representados no gráfico apresentado.

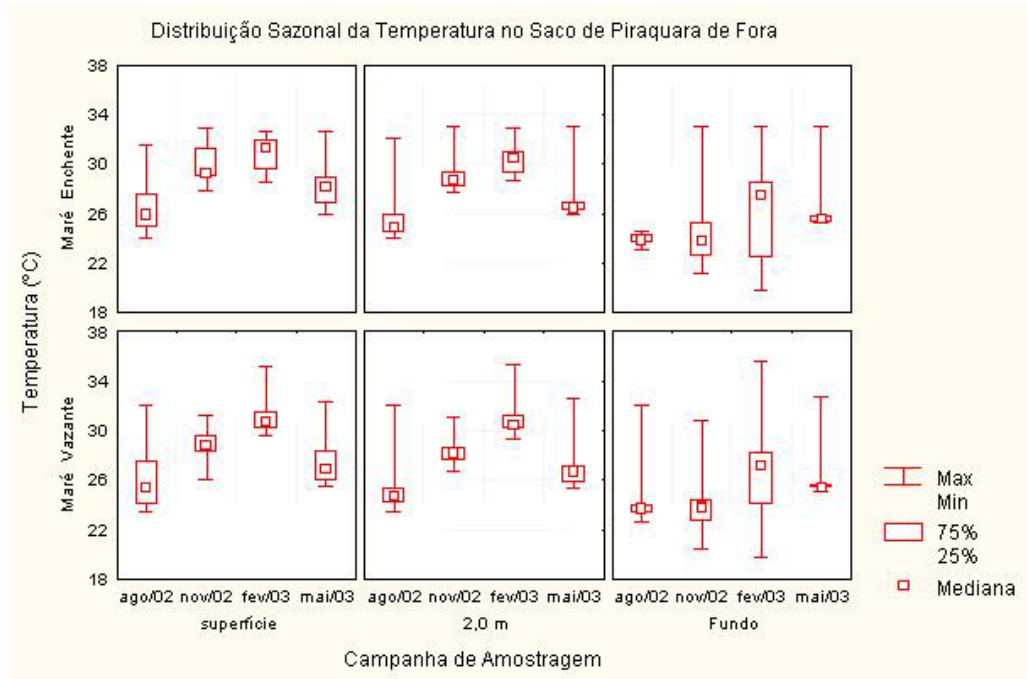


Figura 226 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Temperatura no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

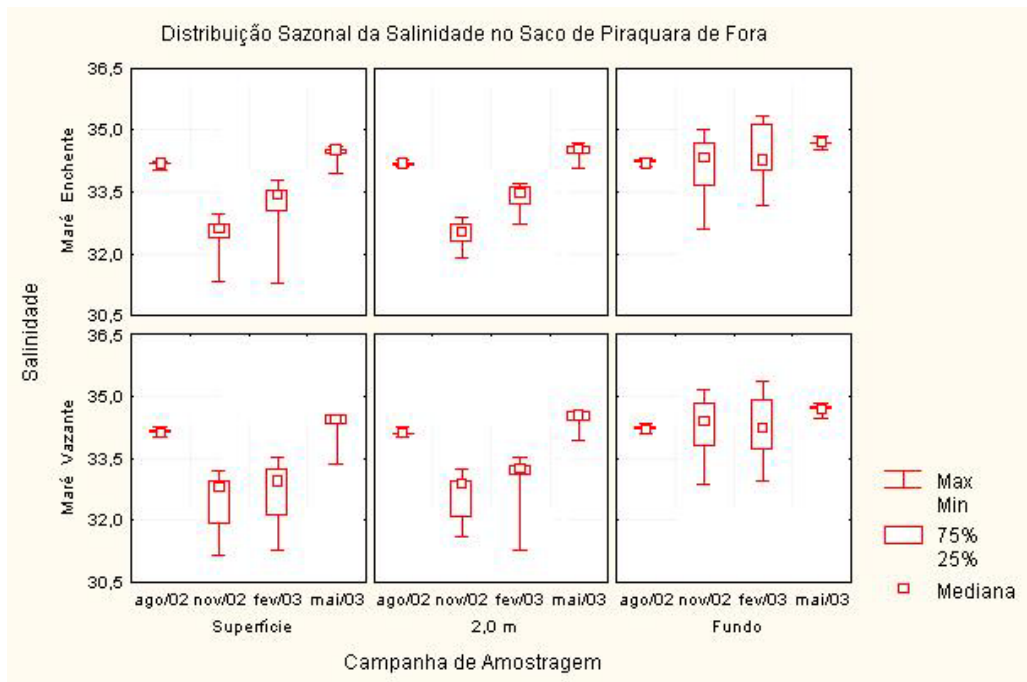


Figura 227 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Salinidade no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

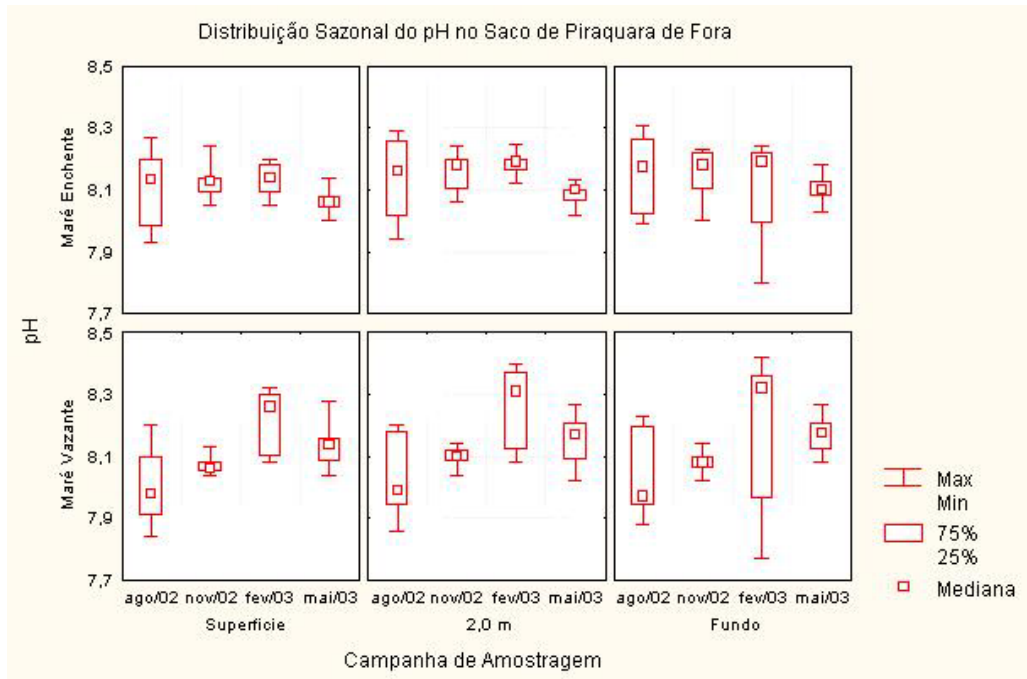


Figura 228 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, do pH no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

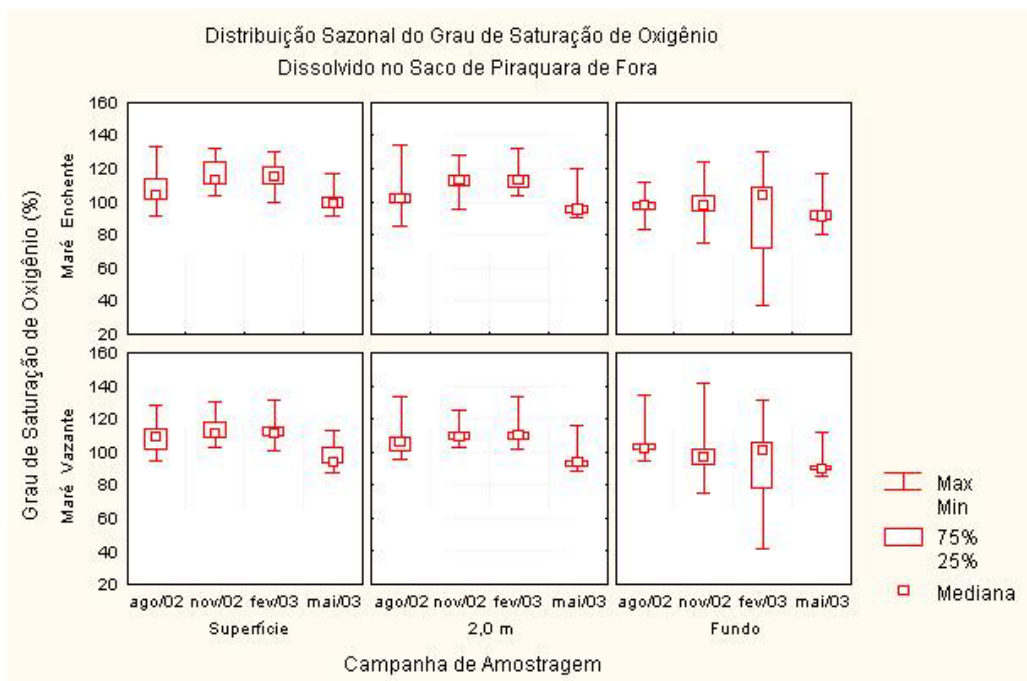


Figura 229 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, do Grau de Saturação de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

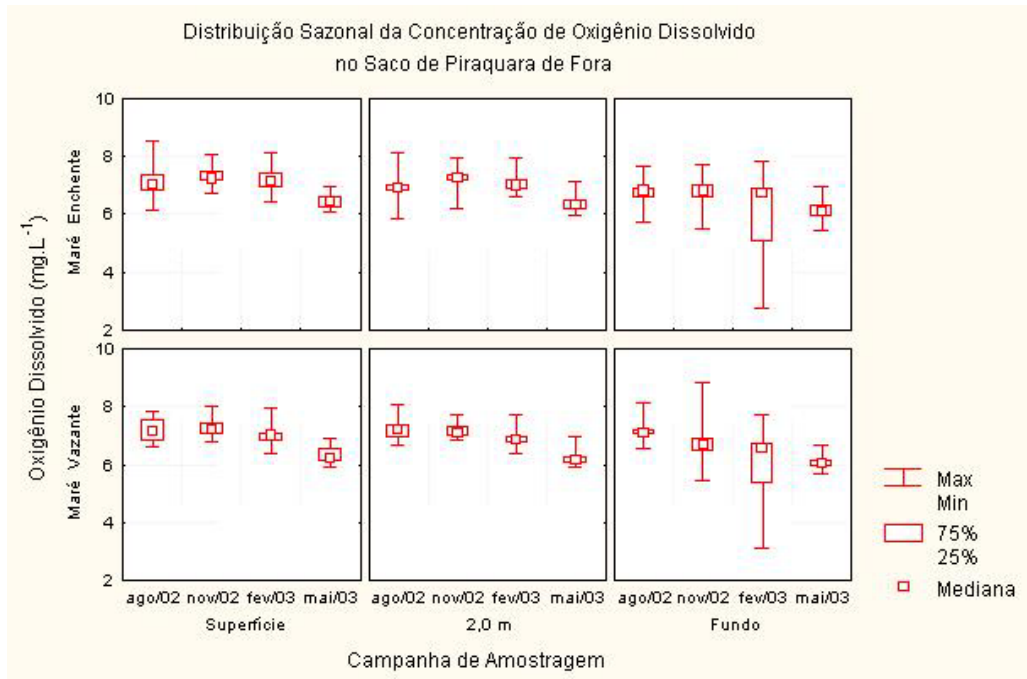


Figura 230 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

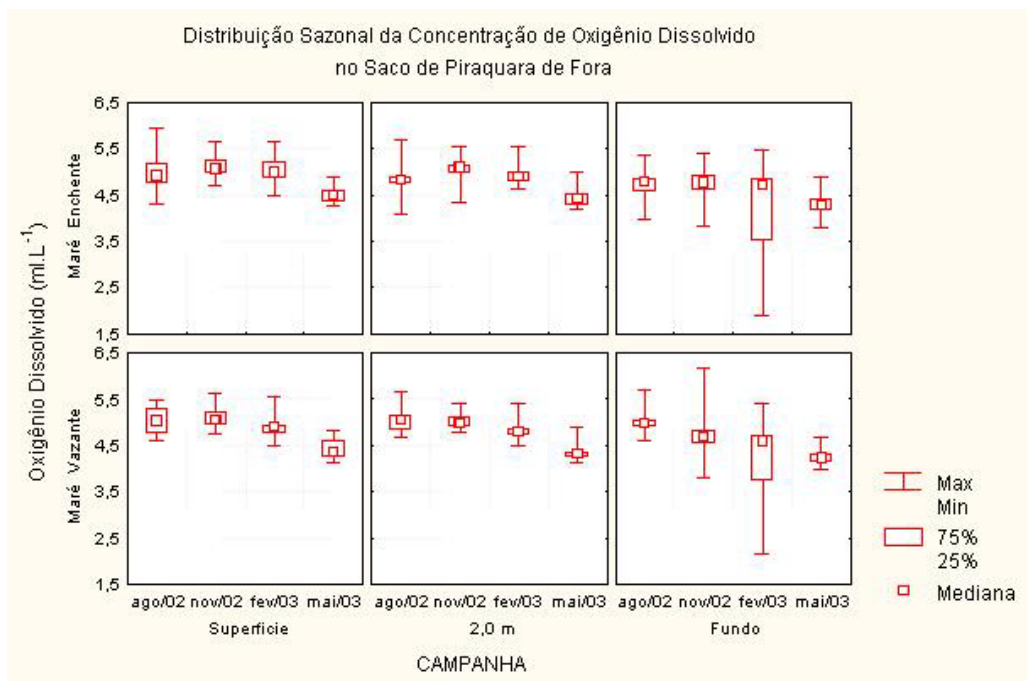


Figura 231 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

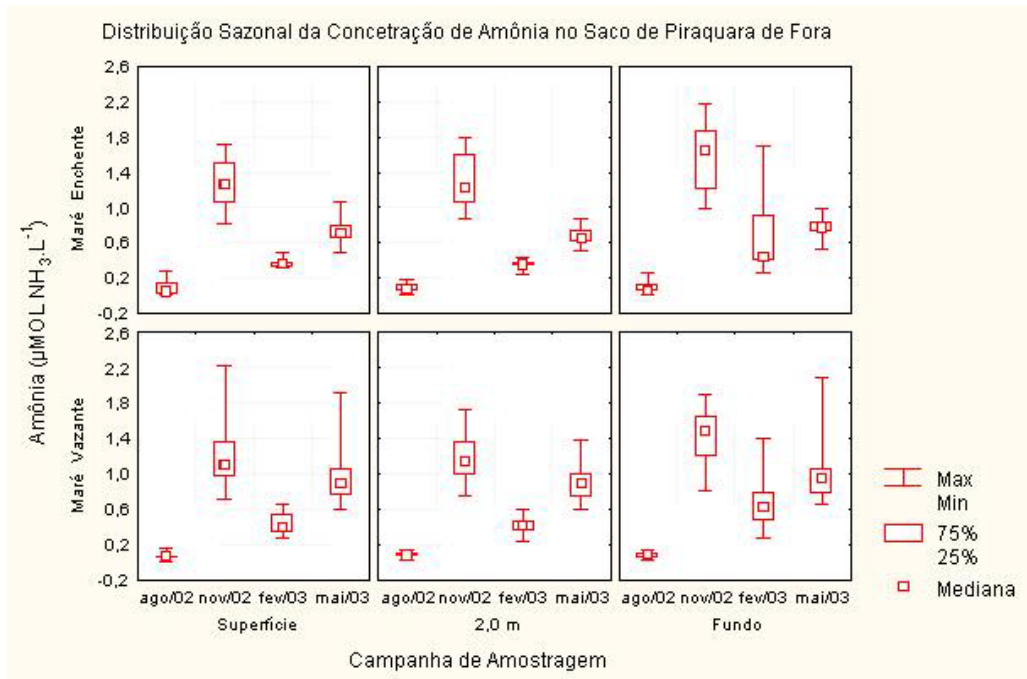


Figura 232 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Amônia no Saco de Piraguara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraguara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

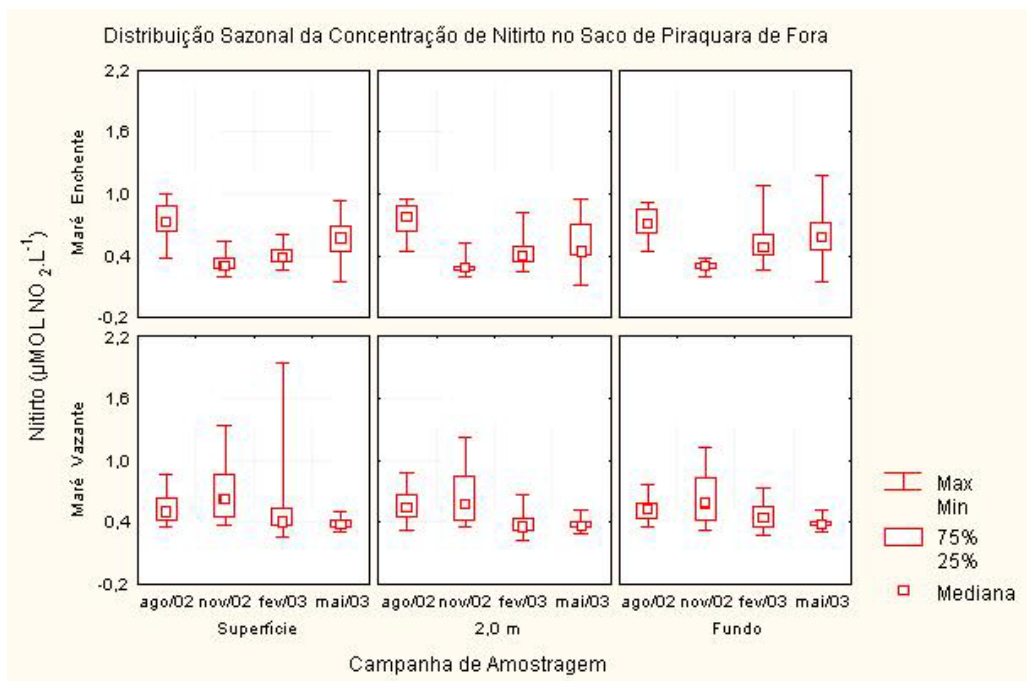


Figura 233 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Nitrito no Saco de Piraguara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraguara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

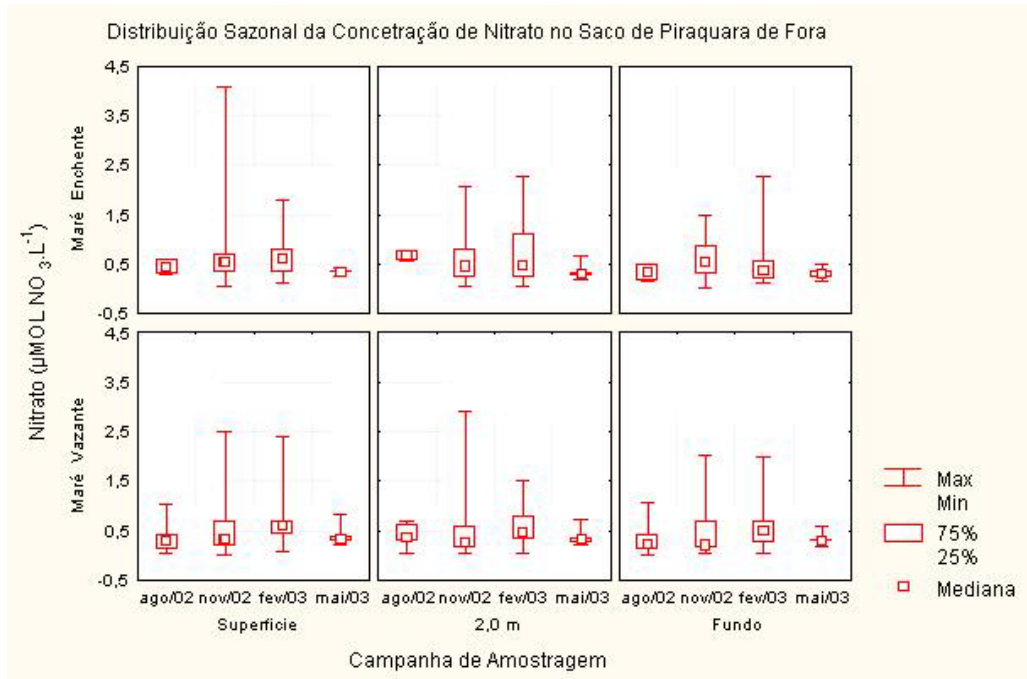


Figura 234 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Nitrato no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

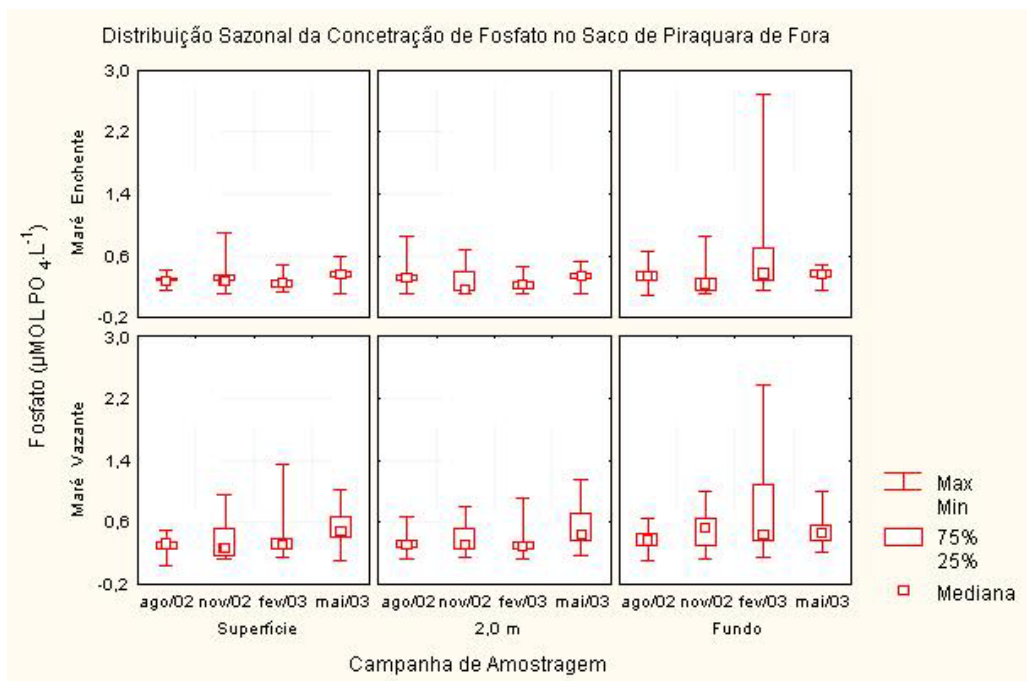


Figura 235 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Fosfato no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

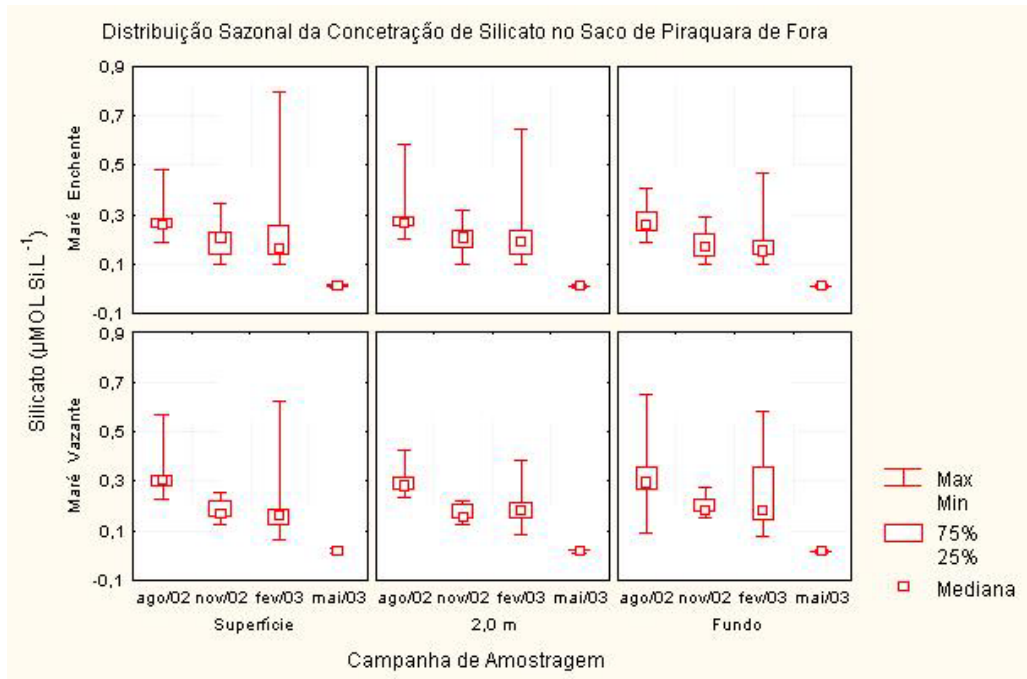


Figura 236 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Silicato no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

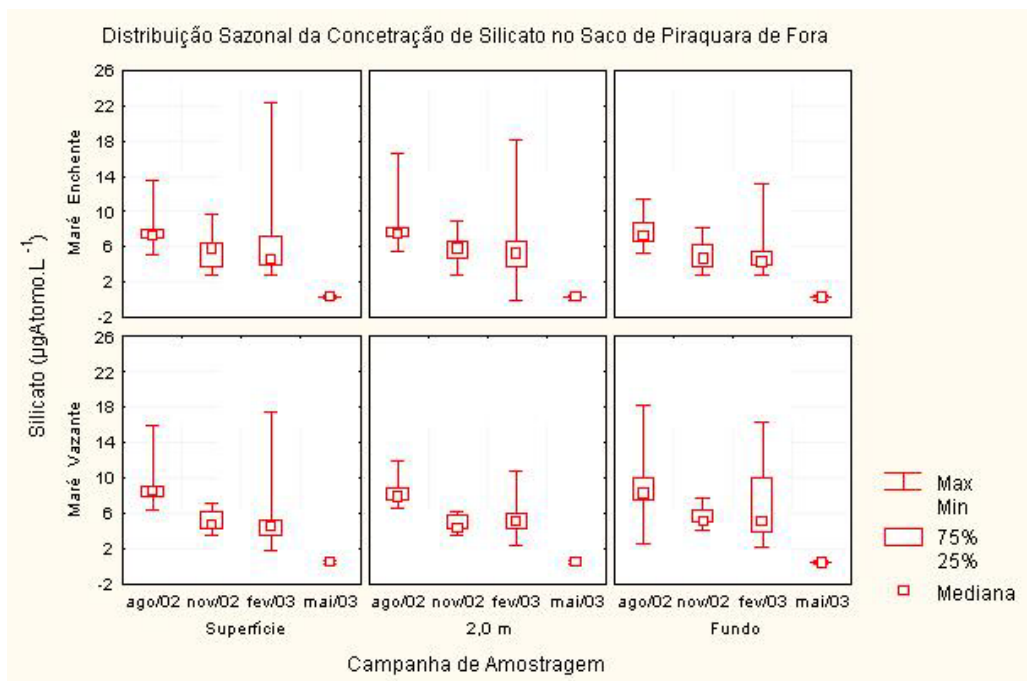


Figura 237 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Silicato no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

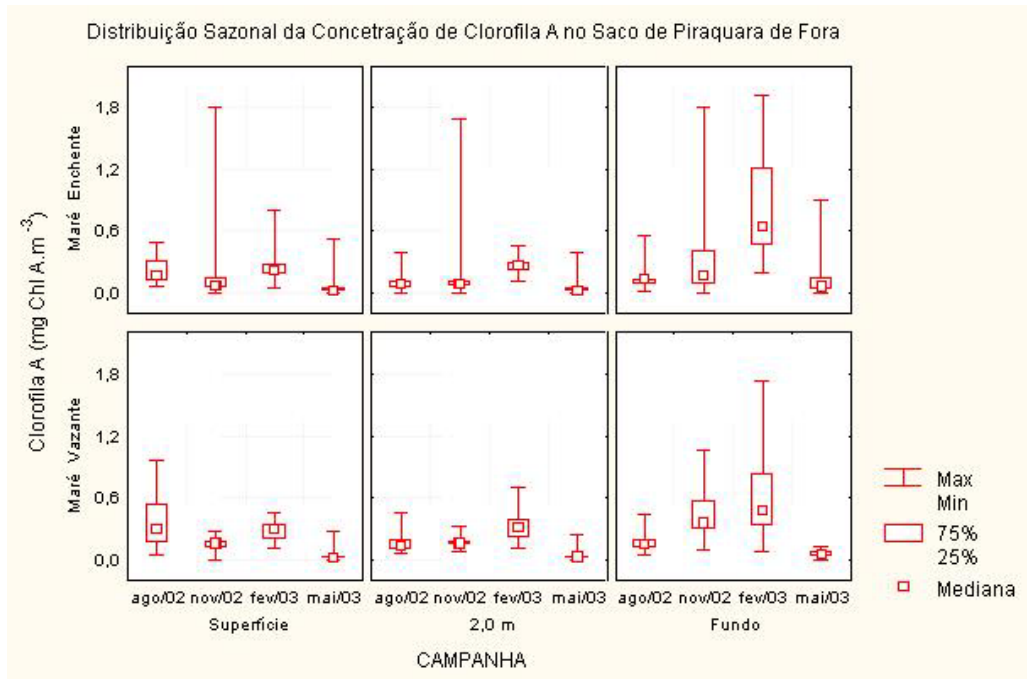


Figura 238 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Clorofila A no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

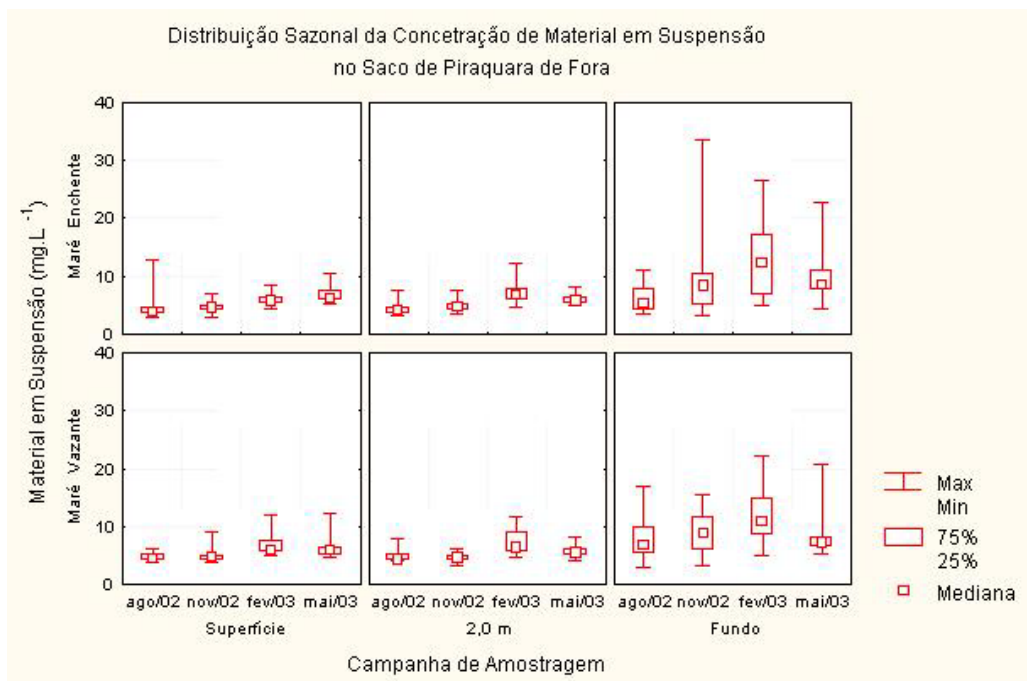


Figura 239 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Material em Suspensão no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

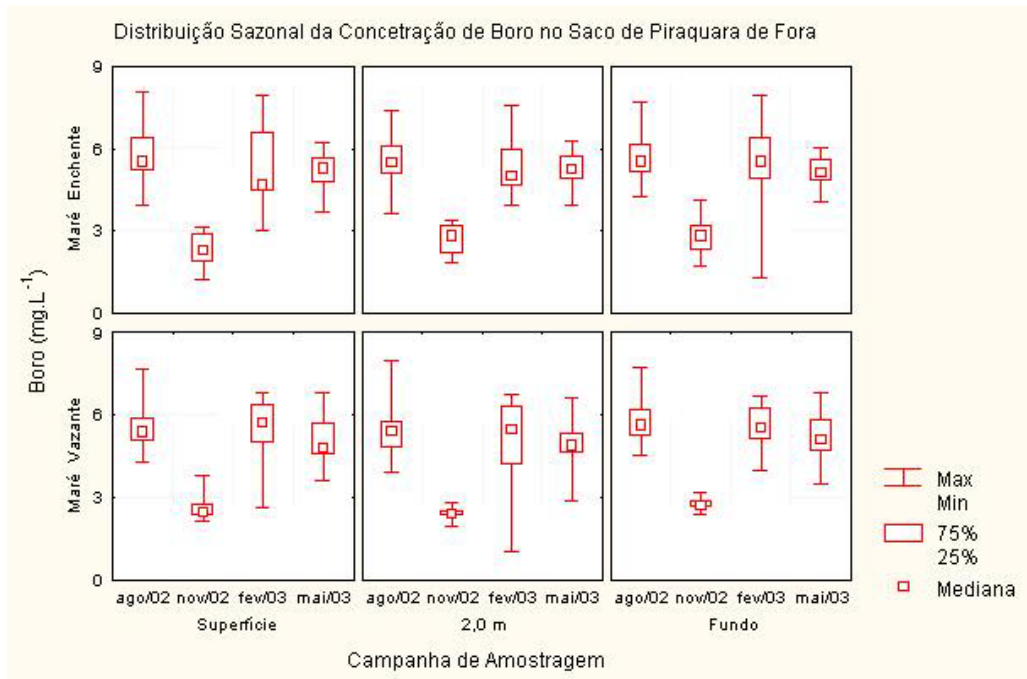


Figura 240 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Boro no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

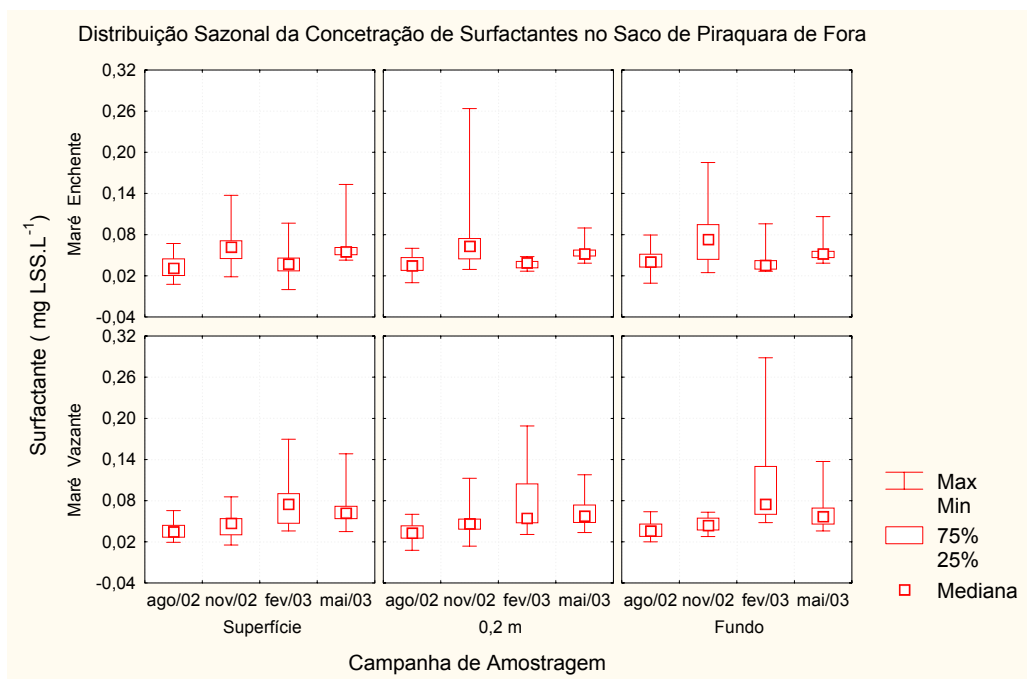


Figura 241 - Gráfico de Distribuição Sazonal, classificados por maré e profundidade, da Concentração de Surfactantes no Saco de Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A simples análises dos dados é muito difícil, pois o agrupamento abrange uma área muito grande com influências diversas, ou seja, com contribuições de águas da Baía da Ribeira e da Baía da Ilha Grande, que se dá até mesmo entre a camada superficial e a camada profunda, e este fato pode ser confirmado pela grande dispersão dos valores em alguns grupamentos. Assim, de uma forma geral o comportamento dos resultados ficou dentro de uma normalidade de ocorrência para o ambiente considerado, ou seja, de águas costeiras.

6.5.3.4.4. Avaliação dos Resultados – Comparação com os Limites Legais:

De forma a facilitar as comparações entre os valores determinados e a tabulação dos valores estabelecidos na Resolução Conama nº20 de 18 de junho de 1986, que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, seus usos e características aceitáveis, os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos estabelecido pela norma NT-202.R-10 de 07 de outubro de 1986 e os critérios de qualidade de água para preservação de fauna e flora marinhas naturais estabelecidos na norma NT-319 do ano de 1979, os valores das respectivas normas e dados de média, mediana, mínimo e máximo obtidos durante o monitoramento são mostrados na Tabela 70 à Tabela 73, a seguir.

A comparação com os dados pretéritos ficou prejudicada aqui, pois se considerarmos os dados pretéritos como valores históricos e sendo a média dos dados pretéritos nas estações Z4 e 047B para cada mês amostrado no levantamento histórico entre 1987 e 2002, esses valores somente apresentam dados de águas de superfície não podendo então ser comparados com os valores obtidos durante o monitoramento face estes conterem valores de superfície, 2 metros e fundo (a um metro do fundo).

Tabela 70 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 01).

Campanha 01 AGOSTO/02	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
Temperatura (°C)	139	25.16	24.60	22.60	32.10		< 40.0	
Salinidade	139	34.17	34.18	34.03	34.33			
pH	139	8.07	8.06	7.84	8.31	6.5 a 8.5	5.0 a 9.0	6.5 a 8.5
O ₂ (ml/L)	139	4.93	4.91	3.63	5.96	> 4.20		
O ₂ (mg/L)	139	7.04	7.02	5.18	8.52	> 6.00		≥ 4

Campanha 01 AGOSTO/02	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
NO ₂ (µmol/L)	138	0.63	0.61	0.32	0.99	< 71.4		≤ 0.02
NO ₃ (µmol/L)	32	0.38	0.30	0.01	1.06	< 714		≤ 0.16
NH ₃ (µmol/L)	41	0.09	0.07	0.01	0.29	< 23.5	< 357	≤ 0.02
PO ₄ (µmol/L)	136	0.33	0.31	0.04	0.86			
Si (µmol/L)	138	0.29	0.28	0.09	0.65			
Clorof. A (mg/m ³)	125	0.20	0.14	0.02	0.96			
Mat. Susp. (mg/L)	138	5.36	4.53	2.87	17.09			
Boro (mg/L)	139	5.67	5.52	3.67	8.03	< 5.0	< 5.0	≤ 0.05
Surfact. (mg LSS/L)	133	0.04	0.04	0.01	0.08	< 0.5	< 2.0	≤ 0.05

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 71 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 02).

Campanha 02 NOVEMBRO/02	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
Temperatura (°C)	138	27.32	28.20	20.40	33.10	-	< 40.0	
Salinidade	138	33.08	32.89	31.17	35.15	-	-	
PH	138	8.11	8.10	8.00	8.24	6.5 a 8.5	5.0 a 9.0	6.5 a 8.5
O ₂ (ml/L)	138	4.93	4.97	3.81	6.18	> 4.20	-	
O ₂ (mg/L)	138	7.05	7.10	5.44	8.83	> 6.00	-	≥ 4
NO ₂ (µmol/L)	137	0.49	0.40	0.20	1.33	< 71.4	-	≤ 0.02

Campanha 02 NOVEMBRO/02	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
NO ₃ (µmol/L)	127	0.60	0.37	0.01	4.08	< 714	-	≤ 0.16
NH ₃ (µmol/L)	137	1.31	1.24	0.71	2.23	< 23.5	< 357	≤ 0.02
PO ₄ (µmol/L)	104	0.37	0.28	0.10	1.01	-	-	
Si (µmol/L)	137	0.19	0.18	0.10	0.35	-	-	
Clorof. A (mg/M ³)	133	0.26	0.16	0.02	1.80	-	-	
Mat. Susp. (mg/L)	136	6.26	4.82	2.75	33.50	-	-	
Boro (mg/L)	138	2.60	2.58	1.23	4.15	< 5.0	< 5.0	≤ 0.05
Surfact. (mg LSS/L)	135	0.06	0.05	0.01	0.60	< 0.5	< 2.0	≤ 0.05

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 72 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 03).

Campanha 03 FEVEREIRO/03	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
Temperatura (°C)	141	29.26	30.00	19.80	35.60	-	< 40.0	
Salinidade	141	33.50	33.39	31.29	35.36	-	-	
pH	141	8.18	8.20	7.77	8.42	6.5 a 8.5	5.0 a 9.0	6.5 a 8.5
O ₂ (ml/L)	141	4.66	4.82	1.90	5.67	> 4.20	-	
O ₂ (mg/L)	141	6.66	6.88	2.72	8.10	> 6.00	-	≥ 4
NO ₂ (µmol/L)	140	0.45	0.40	0.23	1.95	< 71.4	-	≤ 0.02
NO ₃ (µmol/L)	118	0.60	0.49	0.04	2.40	< 714	-	≤ 0.16
NH ₃ (µmol/L)	138	0.49	0.40	0.23	1.69	< 23.5	< 357	≤ 0.02

Campanha 03 FEVEREIRO/03	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
PO ₄ (µmol/L)	140	0.44	0.30	0.12	2.69	-	-	
Si (µmol/L)	141	0.21	0.17	0.00	0.80	-	-	
Clorof. A (mg/M ³)	140	0.42	0.31	0.04	1.91	-	-	
Mat. Susp. (mg/L)	141	8.64	6.85	4.40	26.50	-	-	
Boro (mg/L)	135	5.34	5.42	1.06	7.92	< 5.0	< 5.0	≤ 0.05
Surfact. (mg LSS/L)	122	0.07	0.05	0.00	0.29	< 0.5	< 2.0	≤ 0.05

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Tabela 73 – Comparação dos dados do monitoramento oceanográfico com os limites legais (campanha 04).

Campanha 04 MAIO/03	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
Temperatura (°C)	144	26.88	26.30	25.10	33.10	-	< 40.0	
Salinidade	144	34.53	34.54	33.35	34.84	-	-	
pH	144	8.12	8.10	8.00	8.28	6.5 a 8.5	5.0 a 9.0	6.5 a 8.5
O ₂ (ml/L)	143	4.36	4.32	3.79	5.00	> 4.20	-	
O ₂ (mg/L)	143	6.23	6.18	5.41	7.14	> 6.00	-	≥ 4
NO ₂ (µmol/L)	141	0.47	0.41	0.11	1.19	< 71.4	-	≤ 0.02
NO ₃ (µmol/L)	140	0.32	0.31	0.16	0.84	< 714	-	≤ 0.16
NH ₃ (µmol/L)	143	0.84	0.79	0.48	2.09	< 23.5	< 357	≤ 0.02
PO ₄ (µmol/L)	144	0.44	0.39	0.10	1.15	-	-	
Si (µmol/L)	144	0.01	0.01	0.00	0.03	-	-	

Campanha 04 MAIO/03	N	MÉDIA	MEDIANA	MÍN	MÁX	Limite Legal Conama 20 Classe 5 1986	Limite Legal Feema NT-202.R- 10 1986	Limite Legal Feema NT-319 1979
Clorof. A (mg/M ³)	130	0.07	0.03	0.00	0.90	-	-	
Mat. Susp. (mg/L)	143	6.98	6.11	4.00	22.77	-	-	
Boro (mg/L)	144	5.13	5.13	2.90	6.85	< 5.0	< 5.0	≤ 0.05
Surfact. (mg LSS/L)	143	0.06	0.05	0.03	0.15	< 0.5	< 2.0	≤ 0.05

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Os valores estabelecidos pela NT-319 são bem mais rígidos, especialmente no que diz respeito aos valores limites para nitrito, nitrato e amônia no meio, provocando um não enquadramento de todas as amostras em todas as campanhas. No mesmo caso se enquadra o limite da concentração do Boro e para algumas amostras a concentração máxima permitida para os teores de Surfactantes foi ultrapassada devendo assim ser estudado com maior cuidado a utilização desta norma como base para o controle ambiental na região, uma vez que historicamente os valores também estariam fora desses limites para esses parâmetros. Assim questiona-se a sua aplicação, pois não tem nenhuma relação a existência de valores acima do limite com as atividades e efluentes da CNAAA.

6.5.3.4.5. Análise dos Resultados - Comparação com os dados pretéritos:

Para executar essa comparação foi necessário considerar somente os dados da superfície coletados durante o monitoramento, e os seus valores médios foram comparados com os valores médios dos dados pretéritos para as estações Z4 e 047B (Tabela 74), pois esses pontos estão localizados dentro do Saco de Piraquara onde foram realizadas as coletas do monitoramento. É importante destacar aqui que os pontos do monitoramento abrangem uma área bem maior, incluindo toda a parte adjacente a entrada do Saco de Piraquara de Fora, assim sendo uma diferença resultante da influência dos dados da região B do monitoramento pode dificultar a comparação direta dos dados.

Pela análise dos dados contidos na Tabela 74 outro aspecto importante a ser considerado é o completo desconhecimento da metodologia aplicada para os levantamentos de campo e de laboratório utilizados na obtenção dos dados pretéritos, e este pode ser o motivo

para as diferenças encontradas. A comparação dos valores mostra claramente que as concentrações de nitrito e oxigênio dissolvido estão sempre maiores no monitoramento realizado quando comparado com os valores dos dados pretéritos. Da mesma forma que os valores das concentrações de nitrato, silicato e clorofila A estão sistematicamente mais baixos que os dados pretéritos.

Assim, considerando os resultados obtidos não se pode afirmar categoricamente que os valores estão ou não diferentes, pois podem estar sob a influência de erros sistemáticos e aleatórios, especialmente no que diz respeito aos valores obtidos historicamente no monitoramento mantido pela Eletronuclear desde 1987.

Tabela 74 – Comparação dos dados do monitoramento para amostras da superfície e dados pretéritos nas estações Z3, Z4 e 047B.

Estação	MÊS	T (°C)	S	NITRITO	NITRATO	FOSFATO	SILICATO	OXIGÊNIO	OXIGÊNIO	CLOROFILA (mg.m ⁻³)		
		0,5M		μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	μmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	% sat	A	B	C
Z3	Fev	27,23	35,11	0,06	2,39	0,23	2,49	6,71	96,2%	0,95	0,09	0,41
Z4		28,16	34,97	0,07	2,20	0,26	3,15	6,77	98,3%	1,23	0,12	0,60
047B		27,98	35,46	0,06	1,57	0,25	2,90	6,67	96,8%	0,84	0,15	0,49
Monitoramento		26,23	34,15	0,63	0,36	0,29	0,30	7,16	107,6%	0,29	-	-
Z3	Mai	24,09	35,62	0,05	5,41	0,26	5,61	6,48	87,9%	0,86	0,09	0,12
Z4		24,37	35,45	0,10	5,61	0,28	7,01	6,14	78,1%	1,08	0,10	0,17
047B		24,46	35,65	0,07	4,95	0,28	5,98	6,23	79,5%	0,74	0,07	0,22
Monitoramento		29,35	32,48	0,52	0,72	0,36	0,19	7,27	113,9%	0,20	-	-
Z3	Ago	21,85	35,50	0,07	2,77	0,33	6,57	6,53	91,2%	0,77	0,09	0,13
Z4		22,33	35,53	0,10	2,73	0,35	5,80	6,64	94,0%	0,63	0,07	0,20
047B		22,28	35,46	0,07	1,63	0,33	5,55	6,54	92,3%	0,46	0,04	0,19
Monitoramento		31,05	32,93	0,47	0,62	0,31	5,95	7,08	114,3%	0,27	-	-
Z3	Nov	23,47	35,33	0,03	3,01	0,26	2,97	6,09	76,1%	1,29	0,67	1,06
Z4		23,96	35,48	0,08	1,92	0,24	3,07	6,04	81,5%	0,80	0,16	0,32
047B		23,89	35,81	0,03	1,31	0,26	3,46	6,01	75,9%	0,65	0,16	0,37
Monitoramento		27,88	34,41	0,47	0,35	0,45	0,01	6,35	98,2%	0,05	-	-

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

6.5.3.4.6. Análise dos Resultados – Comparação com o ponto de controle:

Durante a segunda campanha, realizada em novembro de 2002, observou-se que ocorreu um aumento significativo das concentrações de amônia no efluente descarregado em Piraquara (Figura 232). Para avaliar se esta alteração era proveniente de alteração das condições físico-químicas das águas de Itaorna, onde é feita a captação, passou-se a monitorar o ponto Z3 obedecendo ao mesmo procedimento do monitoramento da Enseada de Piraquara de forma a se ter este ponto como ponto de controle para os parâmetros sob investigação.

Assim sendo na tabela a seguir (Tabela 75) é feita a comparação entre os dados obtidos para o ponto de controle (Z3) e o ponto mais próximo da descarga dos efluentes em Piraquara de Fora, ou seja, o ponto R0.

Para o cálculo das médias optou-se em não considerar profundidades maiores que 6 metros no ponto de controle pois a captação de águas se dá até esta profundidade, assim os dados se tornam mais confiáveis para efeito de comparação.

Assim aplicada a comparação entre as médias do ponto de controle e o ponto R0 observa-se que ocorre um claro aumento da temperatura, o que é bastante óbvio devido a utilização que se dá a esta água, na terceira campanha a variação foi de 3,9°C e na quarta campanha foi de 6,7°C e 6,5°C nas marés enchente e vazante respectivamente. Como o sistema de refrigeração é feito através de bombeamento e descarga por canais, o nível de oxigênio na descarga é sempre mais elevado. O incremento do percentual de saturação do oxigênio foi de cerca de 21% na terceira campanha, na quarta campanha na maré enchente e de 7,3% na maré vazante da quarta campanha.

Já para os nutrientes as concentrações são sistematicamente menores na descarga do que na área de captação na maioria das vezes. Exceção feita na campanha de maré vazante de maio de 2003.

Assim sendo conclui-se que as variações encontradas nos resultados em Piraquara de Fora são coincidentes com as variações das condições em Itaorna, não sendo determinado nenhuma interferência nos parâmetros analisados pela CNAAA.

Tabela 75 – Quadro comparativo dos parâmetros no ponto de controle (Z3) e no ponto R0 (descarga do efluente).

Ponto	Campanha	Data	Hora	Maré	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade	pH	O.D. (ml/l)	O.D. (mg/l)	O.D. (%)	Nitrito (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Amônio (µmol/L)	Fosfato (µmol/L)	Silicato (µmol/L)	Clorofila A (mg/m³)	M.S. (mg/L)	Boro (mg B/L)	Surf. (mg LSS/L)
Z3	3	18/02/03	11:17	E	0,5	29,4	31,29	8,10	4,93	7,04	109,6	0,54	0,36	0,37	0,39	0,49	0,36	4,40	4,64	0,03
Z3	3	18/02/03	11:20	E	2,0	28,7	33,09	8,14	4,84	6,91	107,4	0,50	1,35	0,40	0,27	0,24	0,35	12,13	4,44	0,03
Z3	3	18/02/03	11:22	E	5,0	28,6	33,69	8,18	4,79	6,85	106,6	0,55	0,22	1,47	0,21	0,20	0,33	4,90		
Z3	3	18/02/03	11:26	E	13,0	23,5	35,13	8,06	4,02	5,74	82,7	0,74	0,37	0,56	0,77	0,21	1,22	12,30		
media até a profundidade de 5m						28,9	32,69	8,14	4,85	6,93	107,9	0,53	0,64	0,75	0,29	0,31	0,34	7,14	4,54	0,03
R0-E	3	18/02/03	14:51	E	0,5	32,6	33,24	8,18	5,38	7,68	127,1	0,53	0,33	0,32	0,17	0,17	0,16	5,87	5,87	0,04
R0-E	3	18/02/03	14:53	E	2,0	32,9	33,24	8,18	5,56	7,94	132,0	0,54	0,14	0,36	0,20	0,18	0,18	7,80	5,53	0,04
R0-E	3	18/02/03	14:55	E	6,0	33,0	33,17	8,22	5,47	7,81	130,0	0,58	0,92	0,37	0,22	0,26	0,19	6,67	1,30	0,04
media das profundidades						32,8	33,22	8,19	5,47	7,81	129,7	0,55	0,46	0,35	0,20	0,21	0,18	6,78	4,23	0,04
Z3	4	17/05/03	14:47	E	0,5	26,6	33,94	8,04	4,46	6,37	96,1	0,84	0,40	0,70	0,59	0,02	0,03	6,41	5,70	0,06
Z3	4	17/05/03	14:50	E	2,0	26,0	34,09	8,06	4,57	6,53	97,6	0,87	0,35	0,74	0,17	0,01	0,40	7,07	5,75	0,05
Z3	4	17/05/03	14:54	E	14,0	25,3	34,84	8,05	3,79	5,41	80,2	1,19	0,49	0,79	0,35	0,01	0,90	10,27	5,58	0,04
médias das profundidades até 2m						26,3	34,02	8,05	4,51	6,45	96,8	0,86	0,37	0,72	0,38	0,02	0,22	6,74	5,73	0,06
Z3	4	14/05/03	14:08	V	0,5	25,9	33,35	8,14	4,37	6,24	92,7	0,43	0,48	1,92	0,67	0,03	0,27	5,90	5,73	0,06



Ponto	Campanha	Data	Hora	Maré	Prof. (m)	Temp (°C)	Salinidade	pH	O.D. (ml/l)	O.D. (mg/l)	O.D. (%)	Nitrito (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Amônio (µmol/L)	Fosfato (µmol/L)	Silicato (µmol/L)	Clorofila A (mg/m³)	M.S. (mg/L)	Boro (mg B/L)	Surf. (mg LSS/L)
Z3	4	14/05/03	14:10	V	2,0	25,4	34,09	8,14	4,73	6,75	99,9	0,43	0,24	1,31	0,62	0,03	0,23	5,45	5,12	0,05
Z3	4	14/05/03	14:15	V	13,0	25,3	34,69	8,18	4,19	5,98	88,7	0,38	0,42	1,50	0,76	0,02	0,03	8,53	5,37	0,06
médias das profundidades até 2 m						25,7	33,72	8,14	4,55	6,50	96,3	0,43	0,36	1,62	0,64	0,03	0,25	5,68	5,43	0,06
R0-E	4	16/05/03	15:01	E	0,5	32,7	34,62	8,14	4,88	6,98	116,5	0,67	0,40	0,64	0,39	0,01	0,52	7,45	5,17	0,05
R0-E	4	16/05/03	15:04	E	2,0	33,1	34,54	8,10	5,00	7,14	119,8	0,00	0,00	0,61	0,38	0,01	-0,34	7,40	4,77	0,05
R0-E	4	16/05/03	15:10	E	5,0	33,1	34,54	8,16	4,88	6,98	117,2	0,68	0,43	0,53	0,39	0,01	-0,47	7,53	4,80	0,05
médias das profundidades						33,0	34,57	8,13	4,92	7,03	117,8	0,45	0,28	0,59	0,39	0,01	-0,09	7,46	4,91	0,05
R0-V	4	14/05/03	14:54	V	0,5	32,3	34,32	8,16	4,77	6,82	112,9	0,50	0,40	1,25	0,66	0,02	0,02	5,89	5,28	0,06
R0-V	4	14/05/03	14:56	V	2,0	32,6	34,39	8,17	4,88	6,98	116,2	0,38	0,49	1,25	0,71	0,02	0,00	5,80	5,20	0,06
R0-V	4	14/05/03	14:59	V	4,0	32,7	34,47	8,17	4,68	6,69	111,6	0,37	0,29	2,09	0,64	0,02	0,11	6,90	5,35	0,14
médias das profundidades						32,5	34,39	8,17	4,78	6,83	113,6	0,42	0,39	1,53	0,67	0,02	0,04	6,20	5,28	0,09

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

6.5.3.4.7. Conclusão Final

A análise dos dados mostrou um comportamento dos parâmetros físico-químicos na área amostrada bastante complexo.

Ficam evidenciadas nas comparações realizadas diferenças entre a região interna e externa da Enseada de Piraquara, diferenças entre a camada de água da superfície e do fundo que apresentam características diferentes em algumas épocas do ano, a forte influência dos regimes de maré, ora trazendo a influência das águas da Baía da Ilha Grande, ora os efeitos das águas da Baía da Ribeira, sem considerar os efeitos climatológicos que não foram avaliados nesta análise.

De uma forma geral o comportamento das condições químicas das águas em Piraquara de Fora retratam o comportamento de um corpo costeiro enclausurado dentro de baías, com flutuações sazonais na maioria de seus parâmetros devido a influência de corpos de água adjacentes. Pelas comparações realizadas não foi evidenciado nenhuma alteração negativa nas características químicas das águas de Piraquara de Fora, a exceção do aumento da temperatura, o que já era conhecido e esperado e no aumento dos teores de oxigênio nas águas de descarte.

Desta forma conclui-se que a utilização de águas oceânicas pela CNAAA para seu sistema de refrigeração não tem provocado nenhuma alteração significativa nas condições químicas dessas águas.

6.5.3.5. Oceanografia física

6.5.3.5.1. Condições meteorológicas

Este estudo específico considera os dados meteorológicos.

Para caracterização meteorológica da região em estudo, foram utilizados dados de precipitação, vento e temperatura do ar, provenientes da estação meteorológica de Itaorna, armazenados no período de 1980 a 2002. Tais dados estão apresentados e analisados no item 6.1 Meteorologia deste mesmo relatório.

6.5.3.5.2. Condições oceanográficas

Temperatura da água do mar

Os dados de temperatura do mar a 0,5 m de profundidade foram coletados com o sensor de temperatura do equipamento ADCP, posicionado nessa profundidade, para todas as campanhas de coleta. Os dados foram analisados e passaram por rotinas de consistência para eliminação daqueles considerados falhos.

De um modo geral, a circulação superficial no interior do Saco, vista através da distribuição de temperatura, teve um comportamento de entrada de água mais fria pelo sul e saída de água mais quente pelo lado norte, durante os períodos de maré vazante, e inverso nos

períodos de maré enchente, com a água mais quente saindo pelo lado sul e a água mais fria entrando pelo norte do saco Piraquara de Fora. Os fluxos foram variáveis em intensidade ao longo do ano. Na parte externa ao Saco, a água mais fria tende a seguir em direção à Baía da Ribeira durante os períodos de maré enchente, apresentando comportamento inverso durante a maré vazante.

A temperatura máxima encontrada em Piraquara de Fora foi 31°C, próximo à estrutura de descarga, e a mínima 24,1°C, na parte externa do saco (enseada).

Circulação

A coleta de dados para o estudo da circulação foi realizada percorrendo-se perfis pré-estabelecidos com o ADCP Wokhorse Monitor 600 KHz. A região pesquisada foi dividida em duas seções, na parte interna foram feitas linhas paralelas à entrada do Saco no sentido norte-sul, e na parte externa foram feitas linhas perpendiculares à entrada do Saco no sentido oeste-leste, conforme mostra a Figura 242, totalizando vinte linhas. A parte externa teve seus limites de coleta centrados nos pontos: Ilha do Brandão, Ilha de Paquetá, Ponta Grossa e Ponta do Pasto.

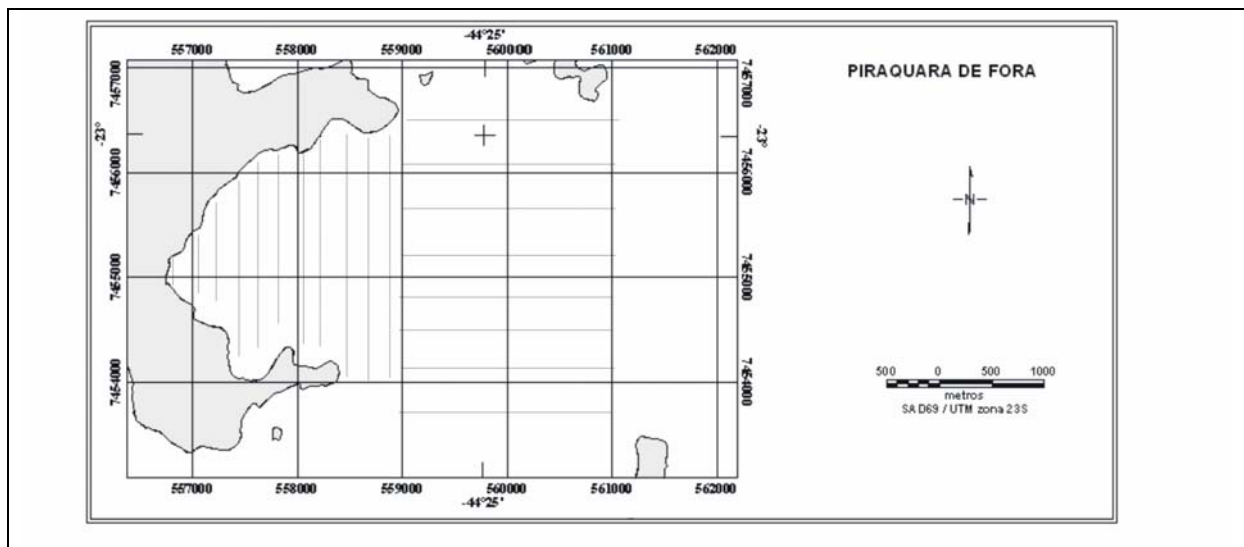


Figura 242 - Perfis de coleta de dados com equipamento ADCP (Acoustic Doppler Current Profiles).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A configuração do ADCP possibilitou a obtenção de dados a partir de 2 metros de profundidade após o equipamento, situado a aproximadamente 0,5 metro de profundidade. Os dados foram coletados a cada segundo e posteriormente reprocessados em gabinete.

Os dados da variação da maré nos dias das campanhas foram obtidos pela tabua de marés da DHN para o porto de Angra dos Reis, e os dados da vazão do descarte foram fornecidos pela Eletronuclear.

Para o estudo da circulação abaixo de 2,5 metros, profundidade mínima de obtenção dos dados de corrente pelo ADCP, devido ao baixo fluxo encontrado no local, foi constatado que a maneira mais adequada de apresentar esses dados seria através das distribuições horizontais.

Desta maneira foram selecionadas as camadas de 3, 5 e 9 metros aproximadamente, determinadas a partir de médias representando assim a camada sub-superficial intermediária e mais profunda respectivamente. Convém ressaltar que as profundidades selecionadas são medias obtidas entre a camada acima e abaixo, no caso da profundidade utilizada de 3 metros, a primeira camada medida é a de 2,5 metros e a posterior de 3,5 metros, assim a média entre estas camadas ficando situada em 3 metros de profundidade.

As campanhas foram realizadas durante dois dias consecutivos em períodos alternados de maré enchente e vazante, dentro e na região adjacente ao Saco Piraquara de Fora.

Por não terem sido encontradas condições meteorológicas adversas que influenciassem a circulação, os mapas de distribuição horizontal de intensidade e de direção da corrente estão confeccionados para períodos de uma mesma maré (vazante ou enchente).

A Tabela 76 mostra a capacidade de operação de cada usina nuclear e a vazão projetada durante as campanhas realizadas.

Tabela 76 – Relação entre as vazões projetadas e a capacidade de operação de Angra 1 e 2..

Período	Vazão (m³/s)	Angra 1 Operação(%)	Angra 2 Operação(%)
Agosto/2002	80	0	100
Outubro/2002	118	80	80
Janeiro/2003	118	80	80
Fevereiro/2003	118	80	80
Abril/2003	116	80	80
Maio/2003	116	80	80

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A seguir serão apresentadas as análises dos dados de correntometria obtidos por campanha:

a) Agosto/2002

Na campanha de agosto, apenas a usina Angra II estava operando com 100% da sua capacidade, o que resulta em uma vazão de 80 m³/s. A amplitude da maré, como consta na tábua de marés da DHN foi de 0,7 m.

Nessa campanha a disposição das linhas de perfilagem para obtenção dos dados de corrente com o ADCP, na área adjacente ao Saco Piraquara de Fora, foi diferente das outras campanhas. A distribuição estava em forma de um paralelogramo centrado nos quatro pontos que determinavam a área externa em estudo, cortado por duas diagonais. Após a campanha observou-se que essa não era a forma mais adequada para a obtenção dos dados de corrente nessa região, pois o afastamento entre as linhas provocou uma grande interpolação devido ao espaçamento entre as linhas. Por esse motivo a Figura 243, a Figura 244 e a Figura 245 apresentam a área central sem informações. Isso levou a mudança nas outras campanhas da distribuição das linhas de perfilagem.

No dia 21 de agosto as linhas de perfilagem coleta foram percorridas durante um período de maré enchente, dentro do Saco. A Figura 243 apresenta a distribuição horizontal a 3 m; nota-se claramente que a circulação ocorrida é no sentido horário, ou seja, a água entra pelo lado sul da enseada e sai pelo lado norte. A intensidade da corrente encontrada no interior do Saco é muito pequena, cerca 0,04 m/s. A Figura 244 e a Figura 245 apresentam a mesma direção no sentido horário nas camadas de 5 m e 9 m respectivamente, sendo que as intensidades registradas foram ligeiramente maiores, chegando a 0,10 m/s. Nota-se que na parte mais externa do Saco a circulação apresentou nas três profundidades uma direção no sentido norte com valores ligeiramente maiores de intensidade da corrente.

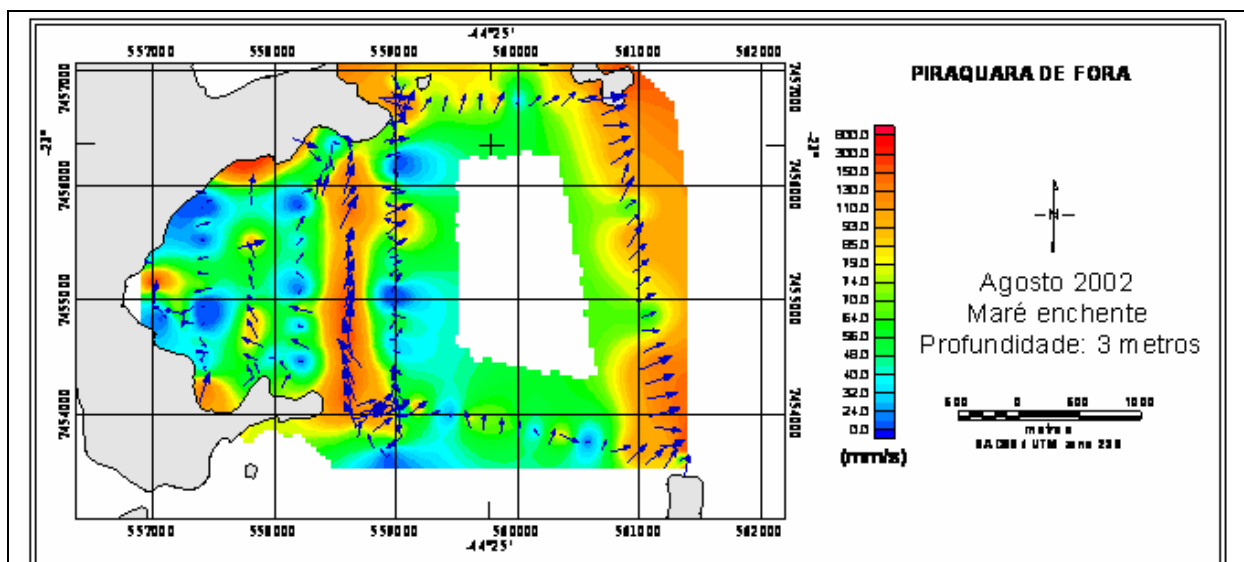


Figura 243 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

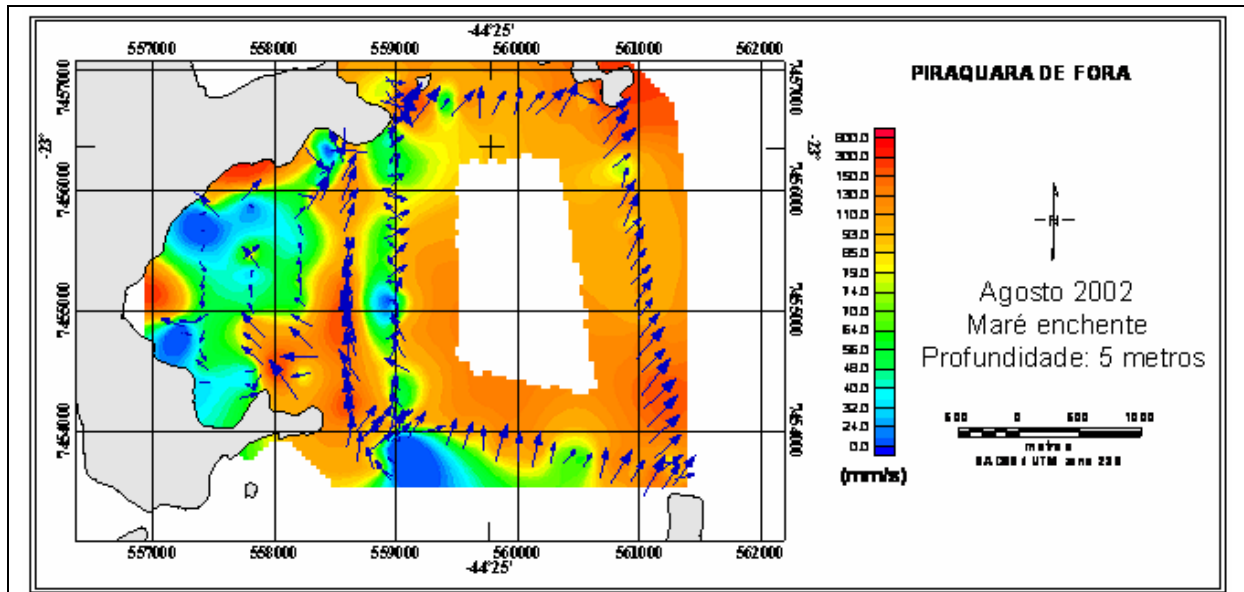


Figura 244 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

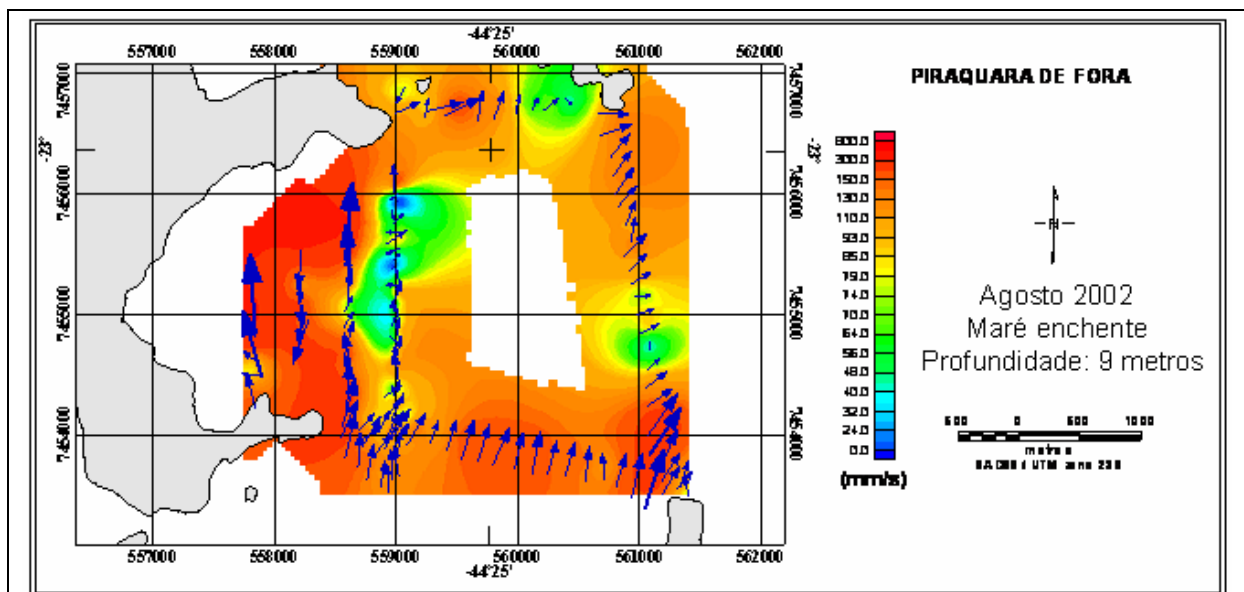


Figura 245 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

b) Outubro/2002

Na campanha de outubro, realizada nos dias 20 e 21, as duas usinas estavam funcionando (Angra I e Angra II) com aproximadamente 80% da sua capacidade cada uma, o

que resultou em uma vazão de 118 m³/s. A tábua de marés da DHN forneceu um valor de amplitude da maré nessa campanha de 1 m.

A Figura 246 apresenta a distribuição horizontal em torno de 3 m dentro do Saco, no período de maré enchente. A circulação encontrada não apresentou um sentido bem definido, há um fluxo de saída de água por toda entrada da enseada. A intensidade da corrente na extremidade Sul do Saco é cerca de 0,3 m/s em toda coluna de água; no restante do Saco os valores são menores, em torno de 0,07 m/s. As Figura 247 e Figura 248, correspondentes às profundidades de 5 m e 9 m, corroboram as informações mencionadas acima.

Não houve medições na região adjacente ao Saco no período de maré enchente devido a problemas mecânicos ocorridos com a embarcação que estava sendo utilizada.

No período de maré vazante, Figura 249, Figura 250 e Figura 251, a circulação encontrada apresenta diferentes resultantes de saída e de entrada da água do Saco nas três profundidades. A 3 m há um fluxo resultante de entrada de água pelo lado sul do Saco e um fluxo resultante de saída de água pelo lado norte; a 5m o fluxo resultante é de entrada de água; e a 9 m o fluxo resultante é de saída de água. Pode-se supor que há uma entrada de água para o interior do Saco nas camadas mais superiores e uma saída pela parte inferior. As intensidades da corrente encontradas oscilam entre valores de 0,03 e 0,10 m/s.

Na área externa adjacente ao Saco a medição foi prejudicada devido às condições do mar, não permitindo uma boa orientação da embarcação nas linhas de perfilagem, o que causou os espaços vazios mostrados nas figuras.

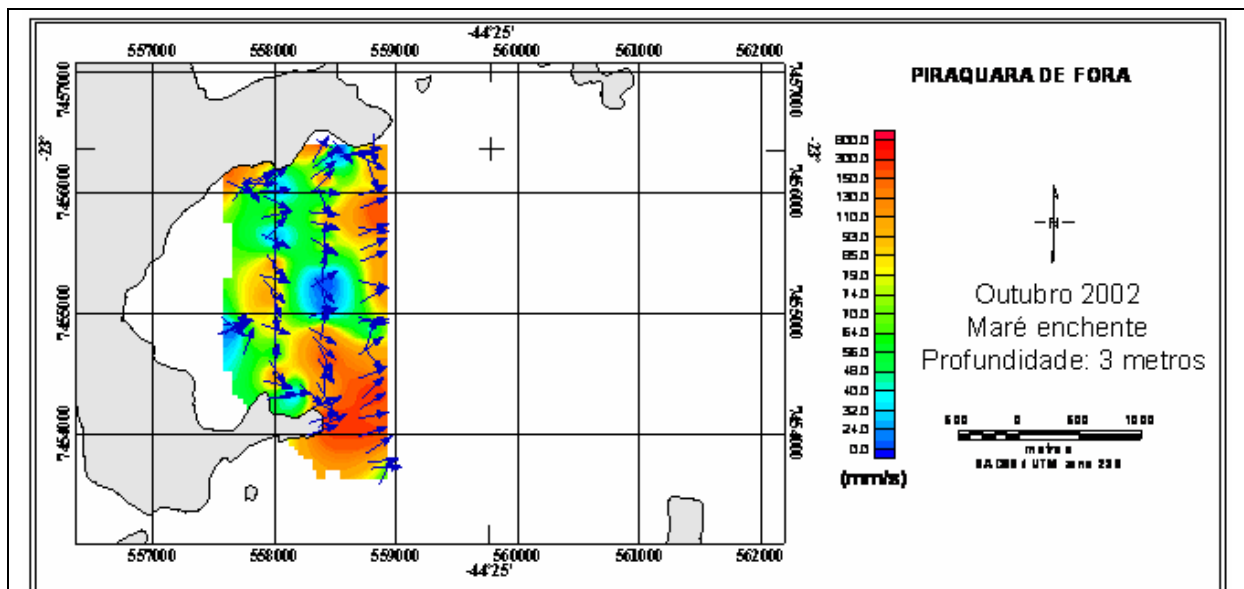


Figura 246 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

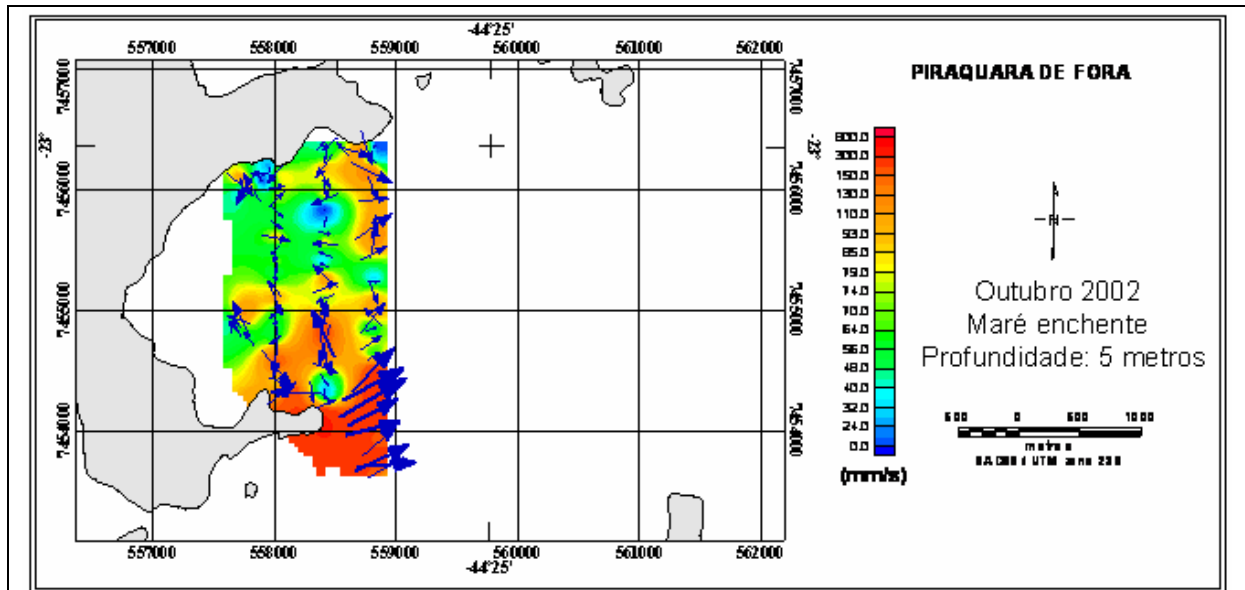


Figura 247 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

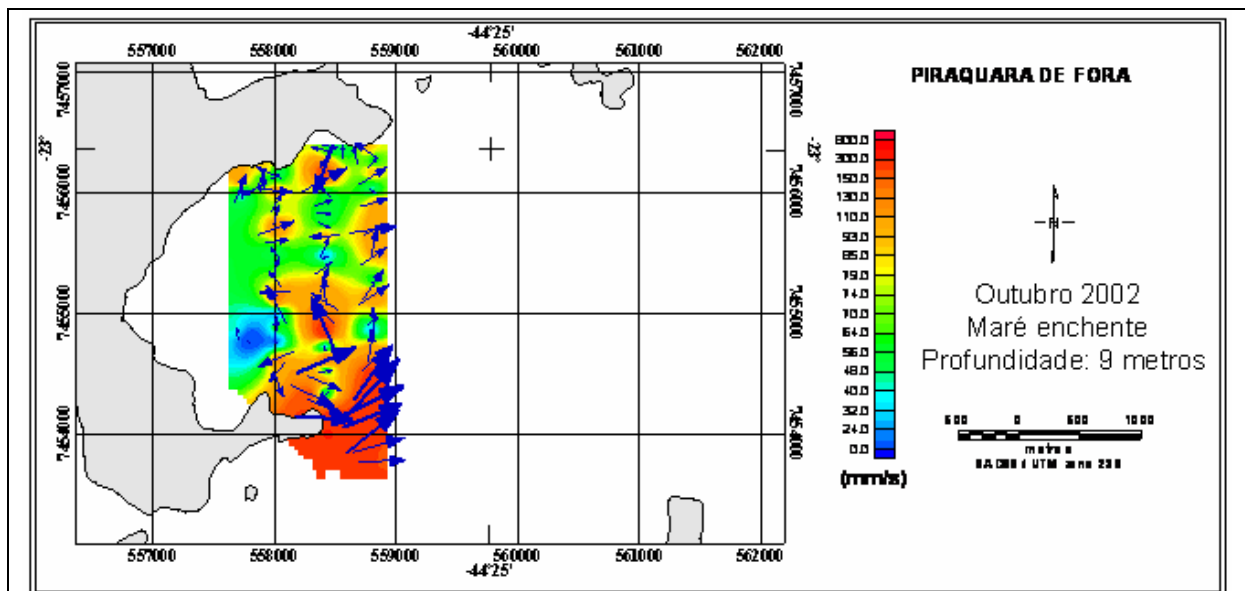


Figura 248 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

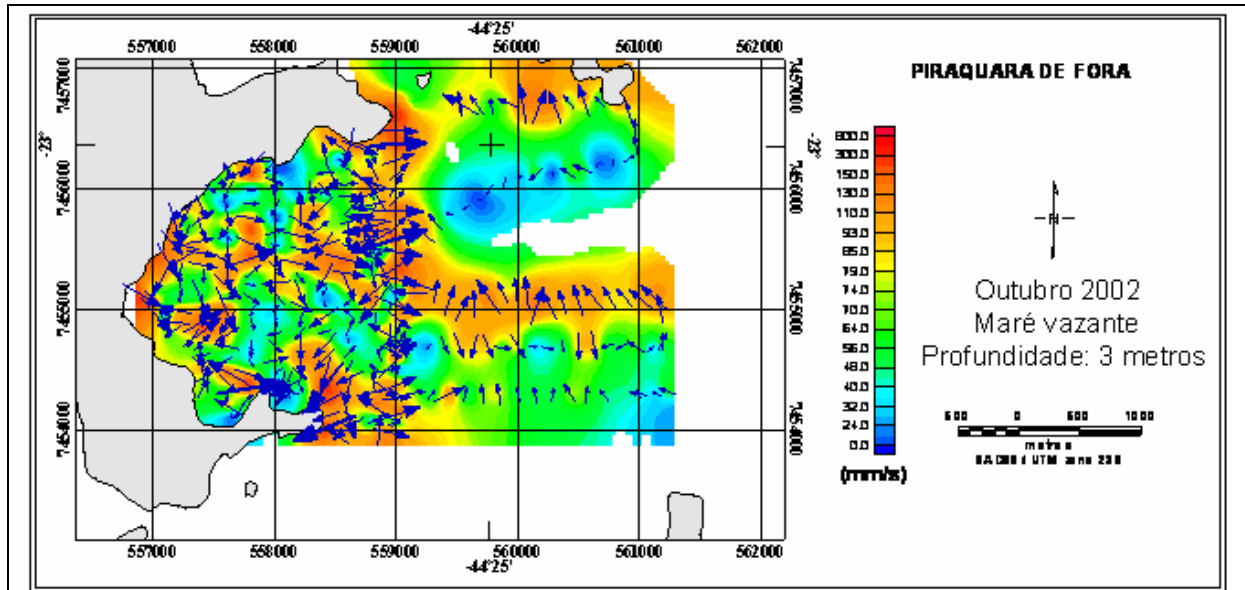


Figura 249 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

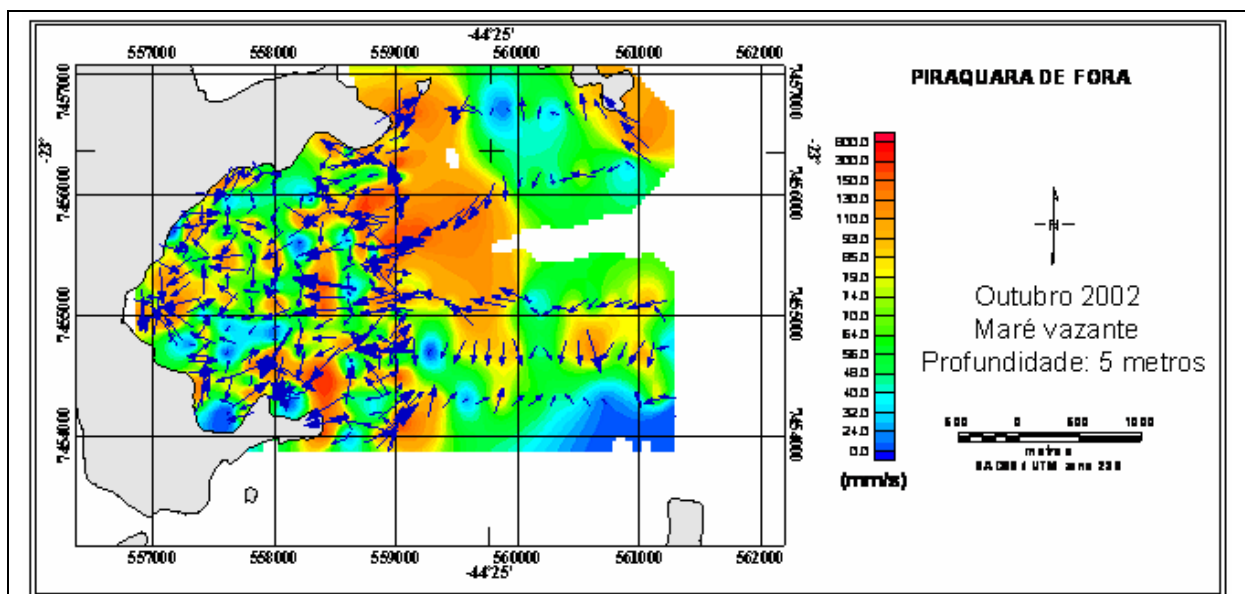


Figura 250 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

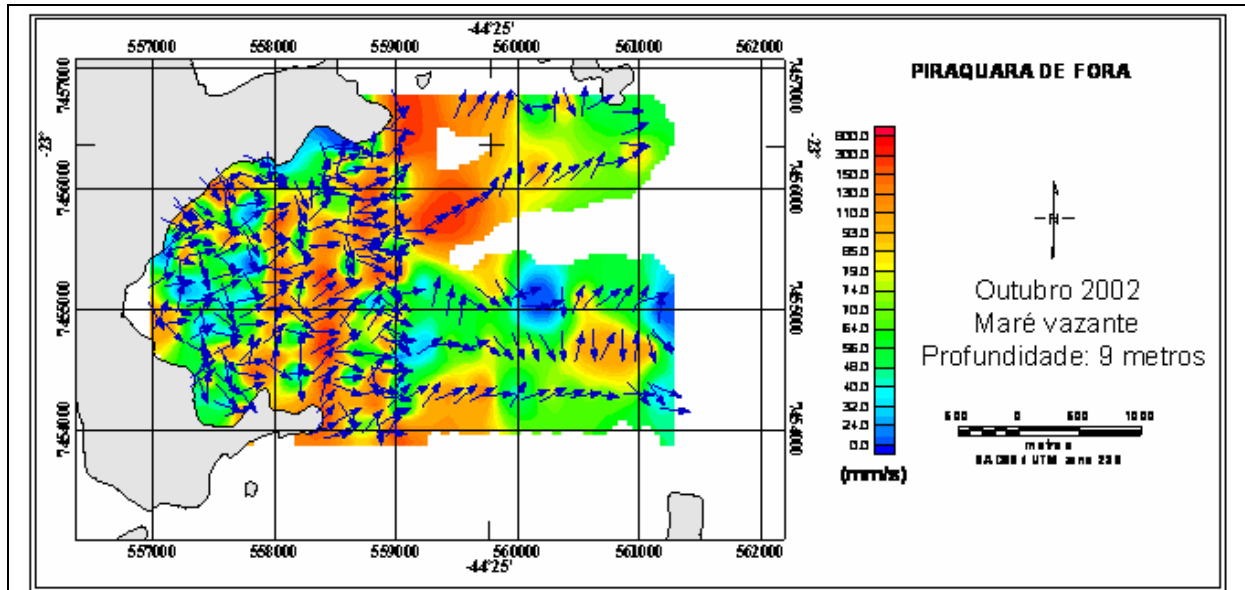


Figura 251 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

c) Janeiro/2003

Na campanha de janeiro, realizada nos dias 18 e 19, as duas usinas estavam funcionando com aproximadamente 80% da sua capacidade, o que resulta em uma vazão de 118 m³/s. A amplitude da maré na campanha foi de 0.9 m, fornecida pela tábua de marés da DHN.

As linhas de perfilagem foram percorridas durante um período de maré enchente dentro do Saco Piraquara de Fora e no período de maré vazante dentro do Saco e na região adjacente. Não houve coleta de dados no período de maré de enchente na região adjacente devido a problemas com a embarcação.

A Figura 252 apresenta a distribuição horizontal a 3 m dentro do Saco Piraquara de Fora na maré de enchente, a intensidade da corrente encontrada no local é muito pequena, cerca de 0,03 m/s. Na profundidade de 5 m (Figura 253) as intensidades continuam baixas ainda por volta de 0,03 m/s e na profundidade de 9 m (Figura 254) a intensidade aumenta ao sul e na parte NW/N do Saco chegando a 0,09 m/s. Em relação ao fluxo de água ele é marcante na parte mais profunda seguindo na direção norte pela parte mais externa do Saco; nas outras profundidade o fluxo não é bem definido, mas caracteriza uma tendência da água ser confinada no interior do Saco.

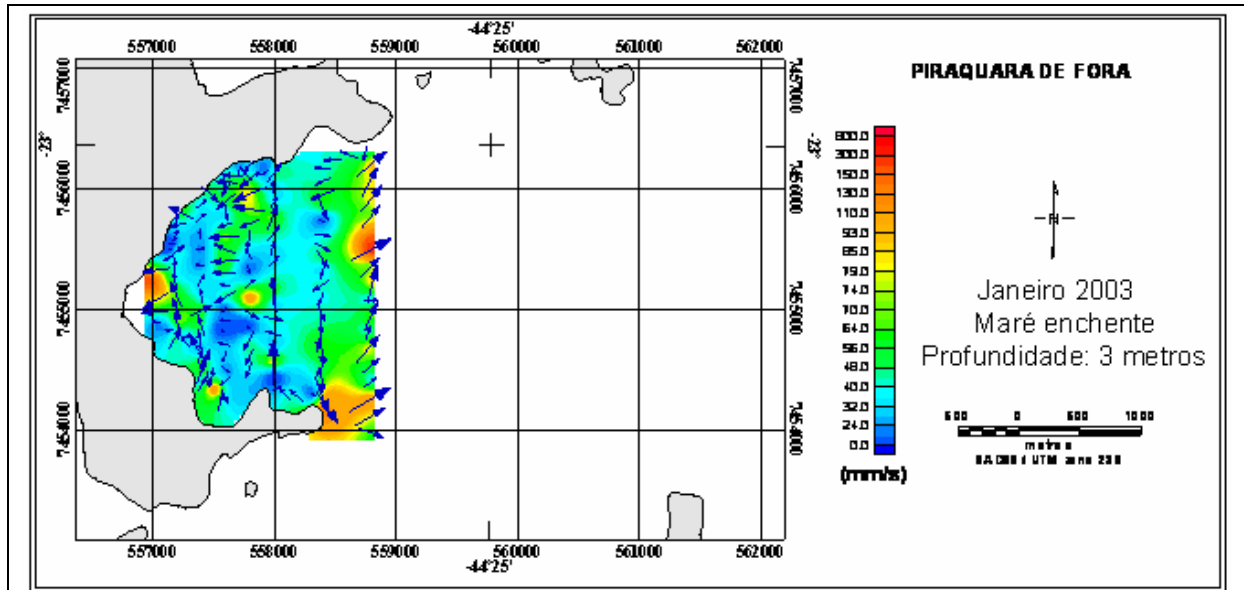


Figura 252 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

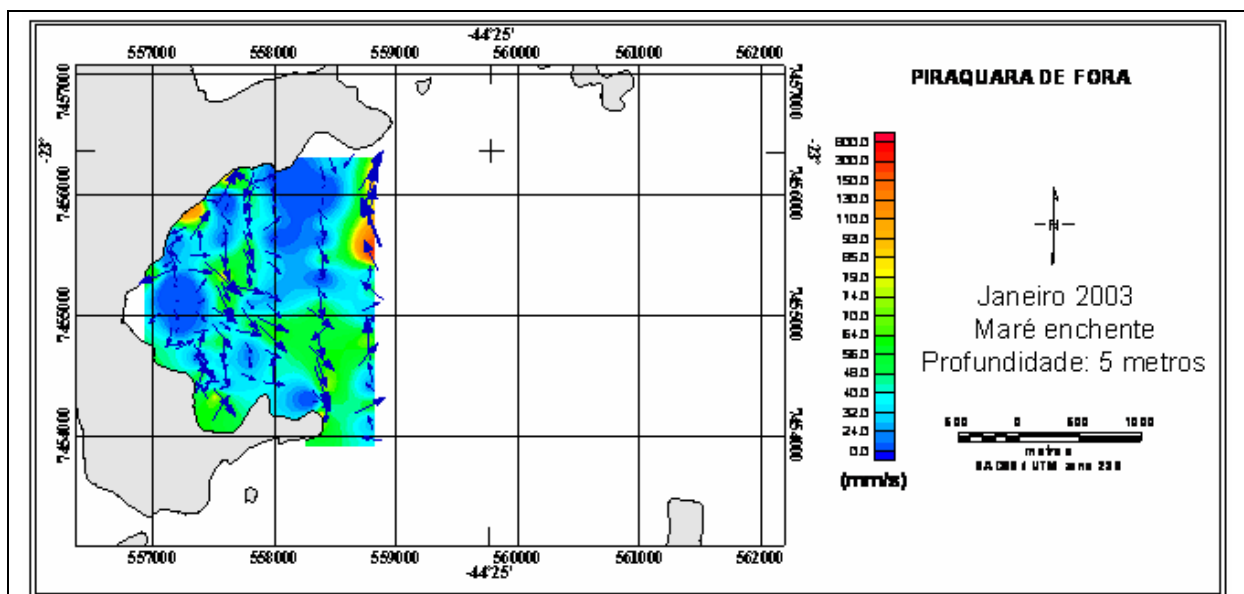


Figura 253 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

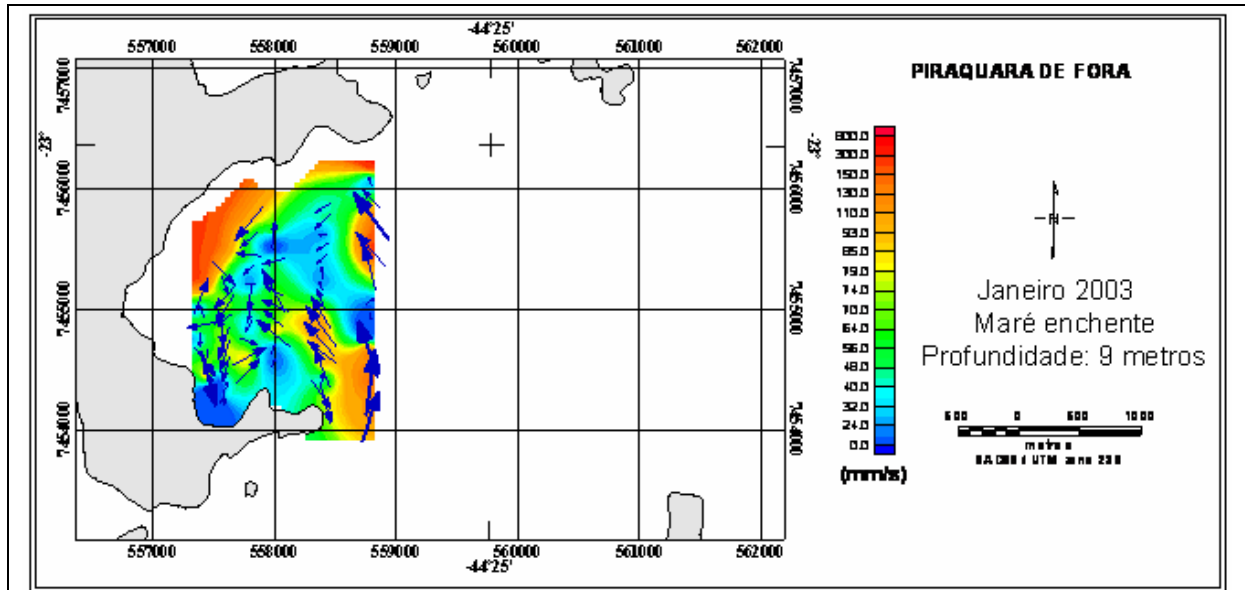


Figura 254 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

A Figura 255, Figura 256 e a Figura 257 mostram a circulação da água no período de maré vazante. A circulação da água no interior do Saco é marcante na profundidade de 9 m; a água penetra pelo lado norte, circula pelo interior do Saco e sai pelo lado sul. As intensidades da corrente são relativamente maiores nos extremos norte e sul alcançando 0,15 m/s. Na profundidade intermediária 5 m, a circulação é semelhante à de 9 m, entretanto com valores médios de intensidade da corrente de 0,09 m/s. A circulação a 3 m não é tão bem definida, mostrando uma tendência anti-horária no interior do Saco, sendo a saída pelo lado sul com valores de intensidade em torno de 0,13 m/s.

Na área adjacente é marcante a divergência do fluxo que vem da Baía da Ribeira na profundidade de 5 m, entrando parte no Saco e outra parte seguindo na direção leste. Isto não é bem definido na camada mais sub-superficial e não acontece na camada mais profunda onde a velocidade é bastante reduzida.

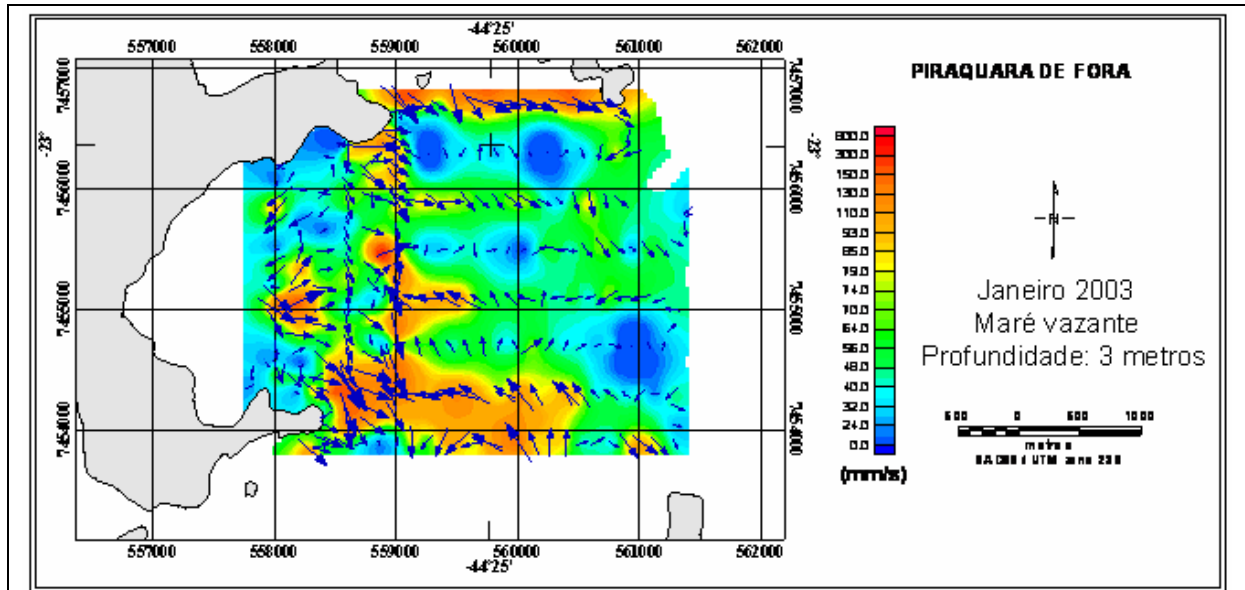


Figura 255 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

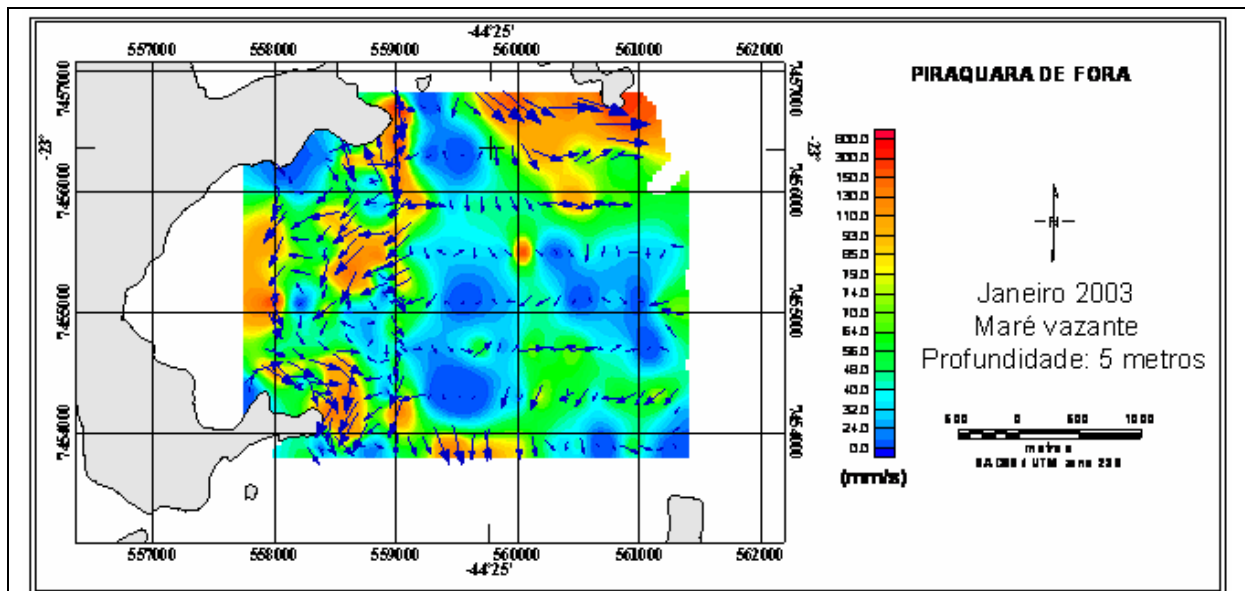


Figura 256 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

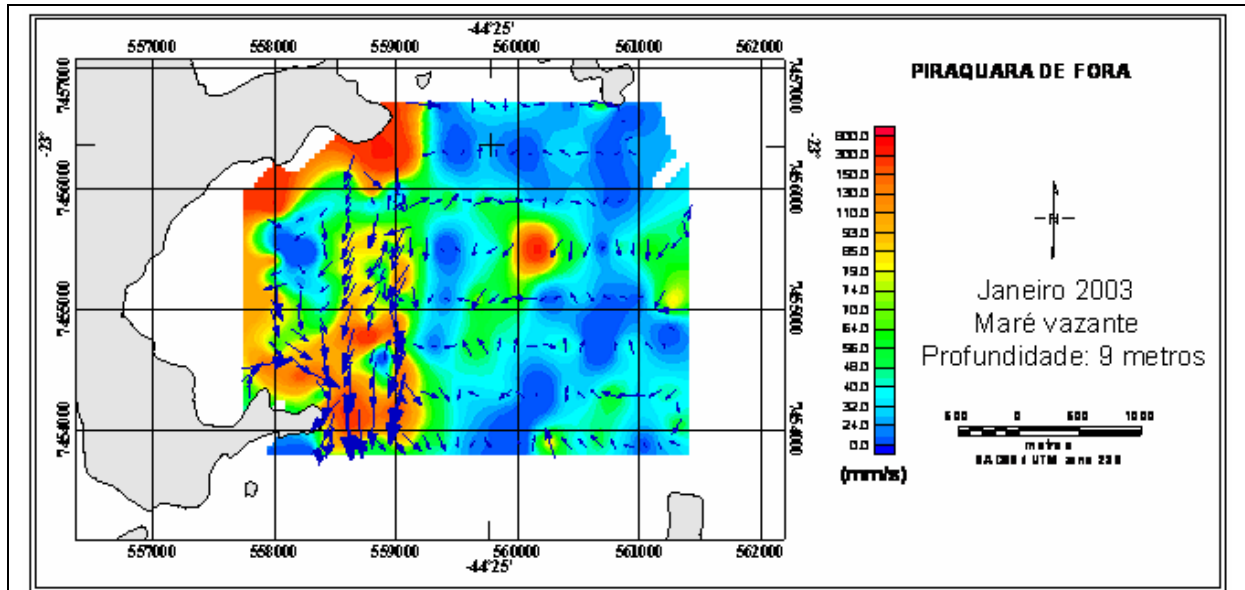


Figura 257 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

d) Fevereiro/2003

A campanha de fevereiro foi realizada nos dias 19 e 20; as duas usinas estavam funcionando com aproximadamente 80% da sua capacidade, o que resulta em uma vazão de 118 m³/s. A amplitude da maré na campanha foi de 0,9 m tirada da tábua de marés da DHN.

A Figura 258 apresenta a distribuição horizontal a 3 m para um período de maré vazante. Há uma tendência do fluxo de água penetrar pelo lado norte, circular no Saco e sair pelo lado sul; a intensidade média de corrente encontrada no local é cerca de 0,07 m/s, com valores maiores na extremidade sul do Saco, em torno de 0,15 m/s. A circulação nas profundidades de 5 m e 9 m, Figura 259 e Figura 260 respectivamente, apresentam o mesmo padrão, porém com intensidades de corrente mais fracas em torno de 0,03 m/s. com exceção feita na extremidade sul do Saco onde chega a valores de 0,13 m/s.

Na área adjacente na parte sul observa-se a penetração de água na direção norte com grandes velocidades, cerca de 0,8 m/s na camada de 3 m e valores de 0,10 m/s no restante da camada. Esse fluxo de água forma uma área de transição marcante com o fluxo de menor intensidade que ruma para o sul.

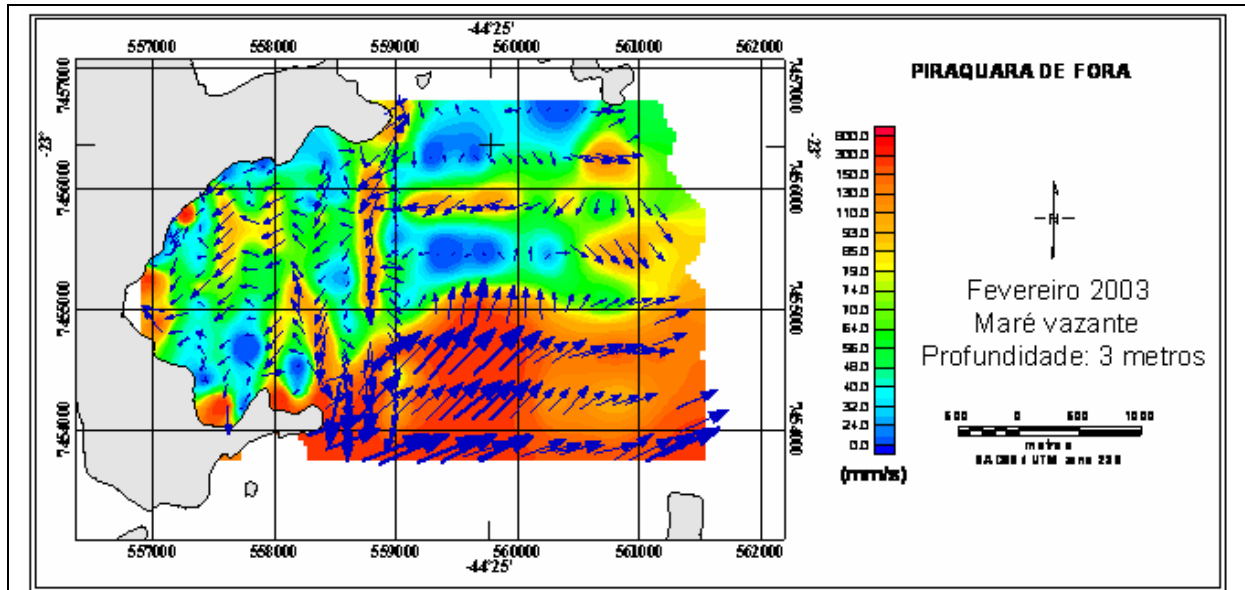


Figura 258 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

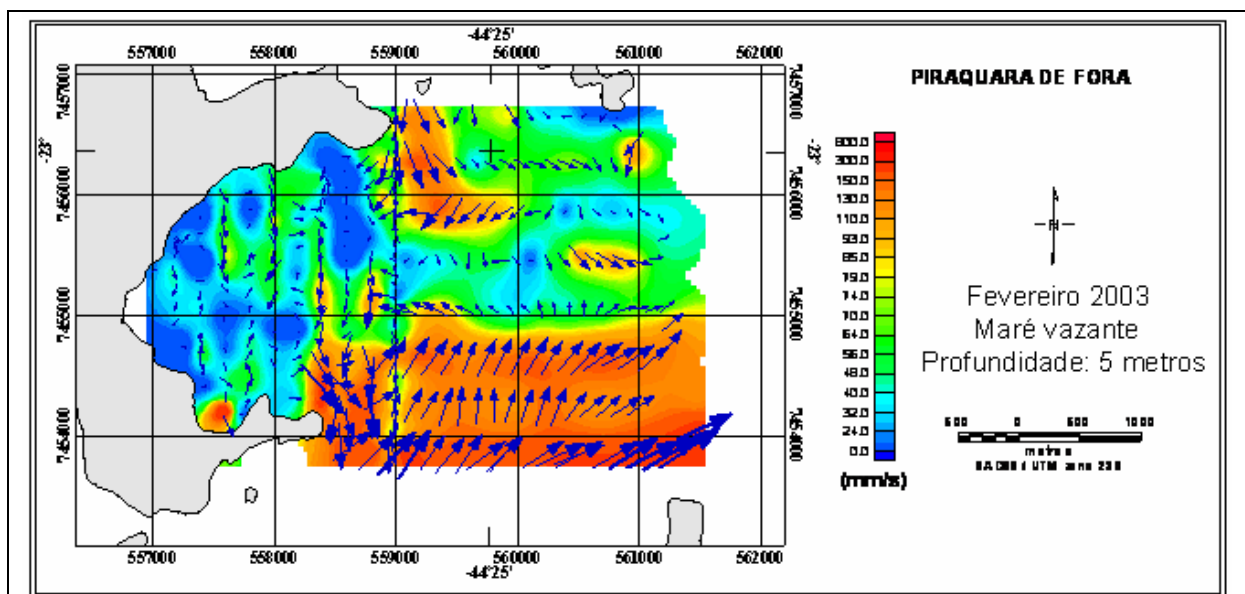


Figura 259 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

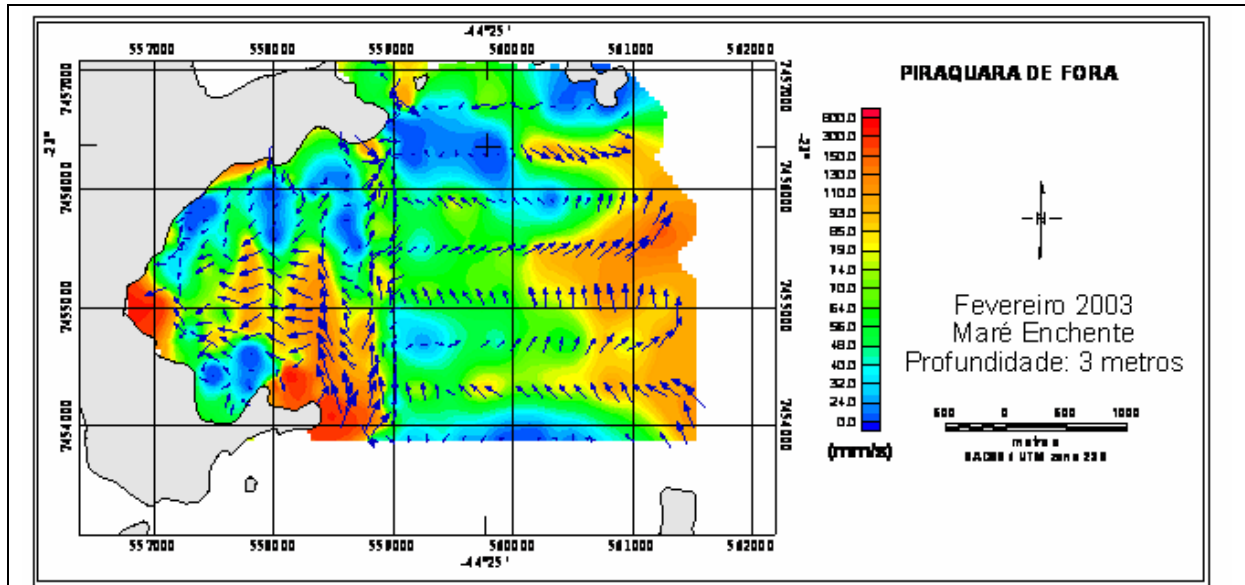


Figura 261 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

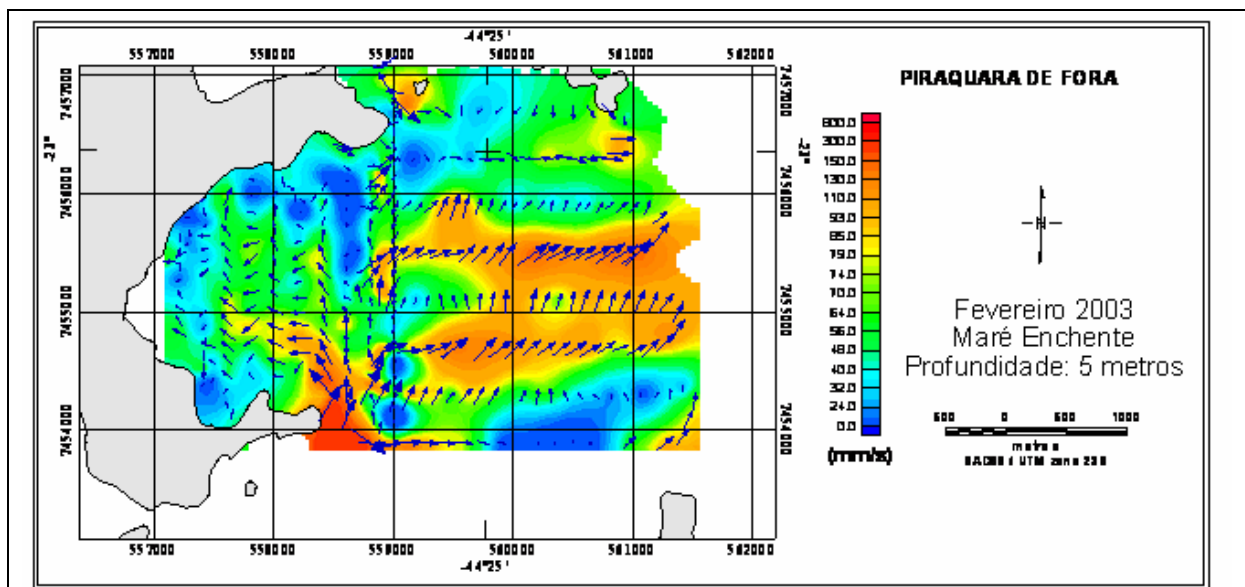


Figura 262 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

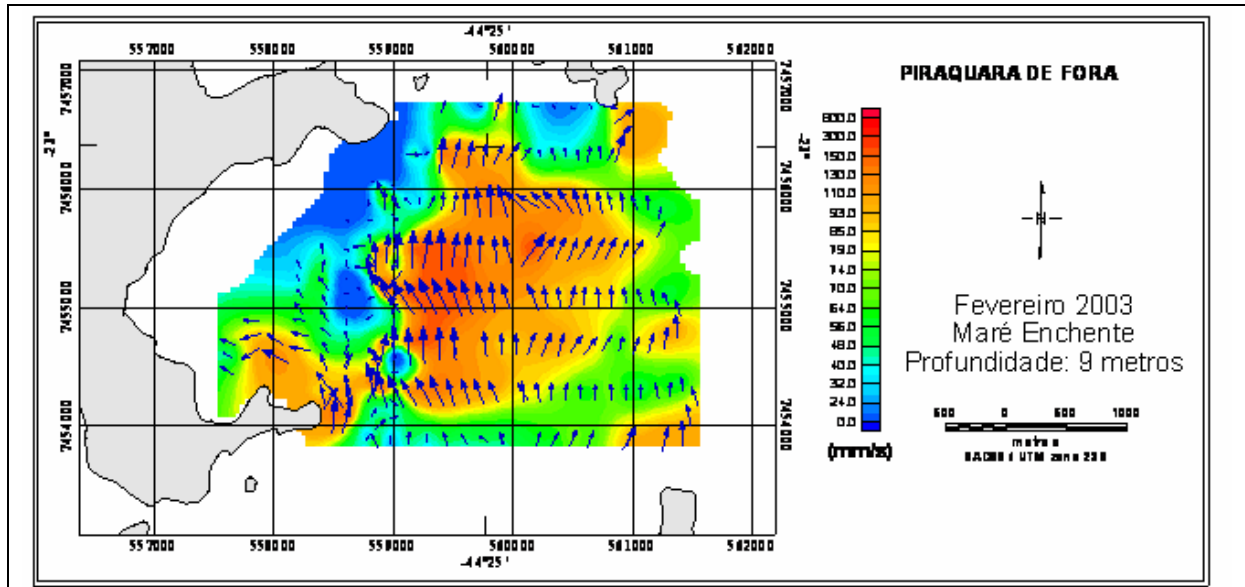


Figura 263 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

e) Abril/2003

A campanha de abril foi realizada nos dias 1 e 2; as duas usinas estavam funcionando com aproximadamente 80% da sua capacidade, o que resulta em uma vazão de 116 m³/s. A amplitude da maré na campanha foi de 1,1 m, conforme a tábua de marés para o porto de Angra dos Reis, fornecida pela DHN.

A Figura 264, a Figura 265 e a Figura 266 mostram as distribuições horizontais a 3 m, 5 m e 9 m, respectivamente, para um período de maré enchente. A circulação ocorrida é no sentido horário na parte mais externa do Saco, ou seja, a água entra pelo lado sul da enseada e sai pelo lado norte. Na parte interna há uma tendência da água estar sem circular. As intensidades da corrente são muito grandes na entrada pelo lado sul, cerca de 0,30 m/s. No interior do Saco encontram-se valores bem mais baixos, média de 0,03 m/s.

Na região adjacente, na profundidade de 3 m, o deslocamento do fluxo para a Baía da Ribeira não está bem definido, porém nas demais camadas é marcante, principalmente a 9 m. As intensidades das correntes tendem a aumentar com a profundidade chegando a 0,5 m/s.

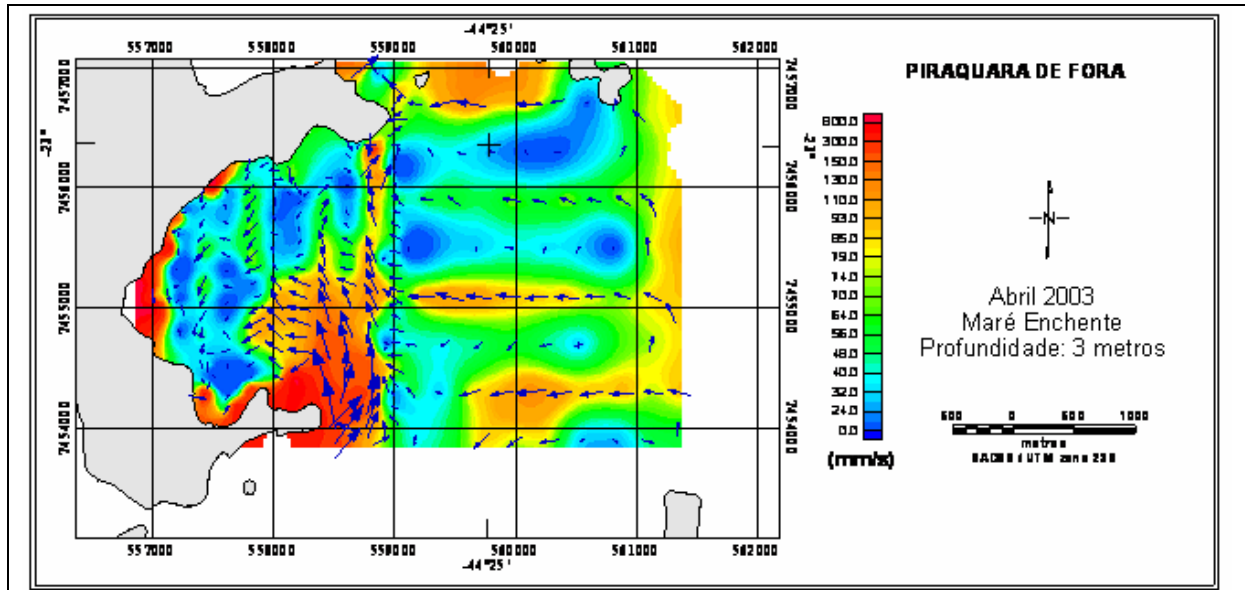


Figura 264 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

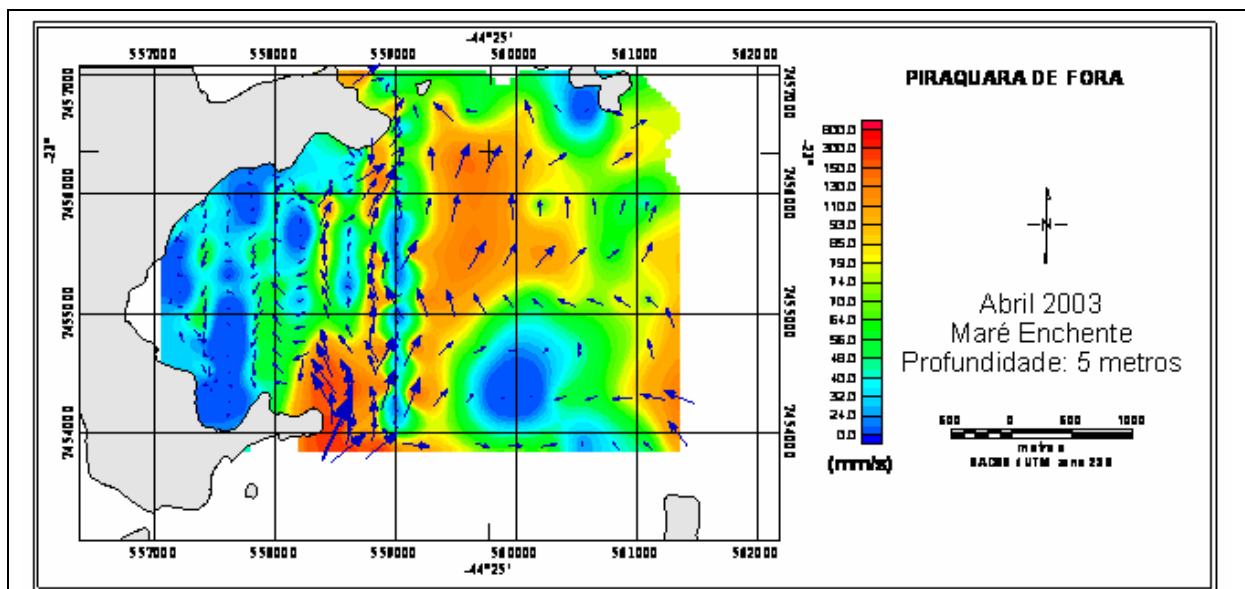


Figura 265 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

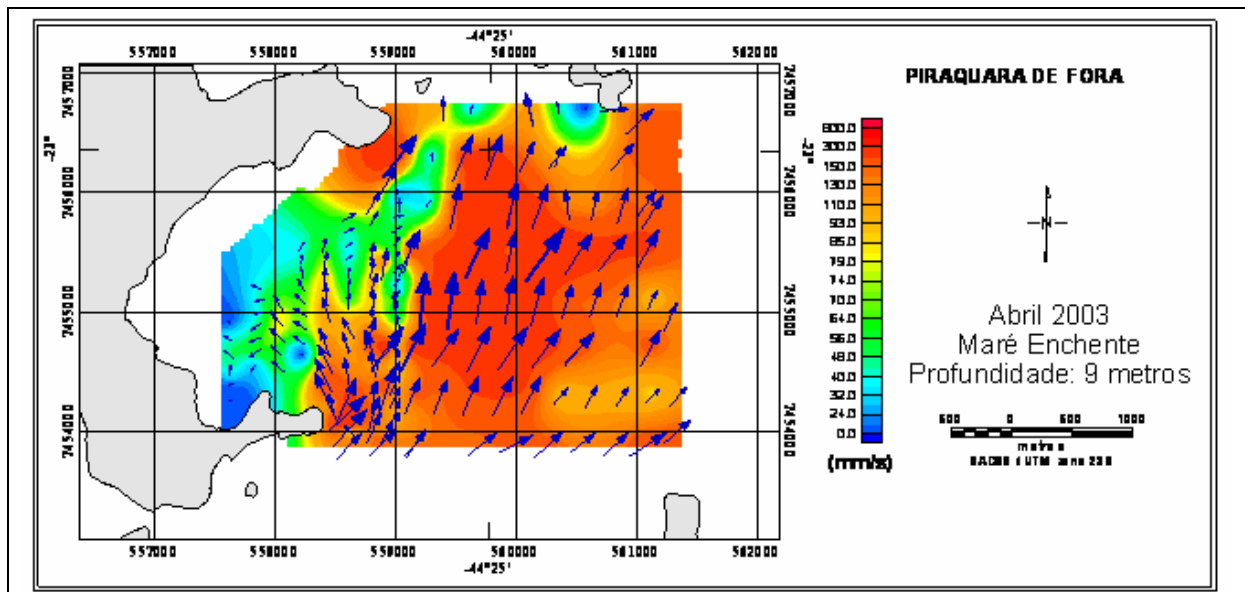


Figura 266 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

A Figura 267, a Figura 268 e a Figura 269 apresentam as distribuições horizontais a 3 m, 5 m e 9 m para o período de maré vazante da campanha. A circulação encontrada mostra um sentido bem definido dentro do Saco, a água penetrando pelo norte, circulando no Saco e saindo pelo sul. A intensidade da corrente encontrada no local é pequena, cerca de 0,08 m/s. Observa-se que maiores intensidades são registradas a 5 m de profundidade no interior do Saco, mas é a 9m que se encontram os maiores valores na saída sul do Saco, em torno de 0,60 m/s.

Na área adjacente ao Saco o fluxo é bem definido para o sul nas camadas de 3 m e 5 m, o que não acontece na profundidade de 9 m.

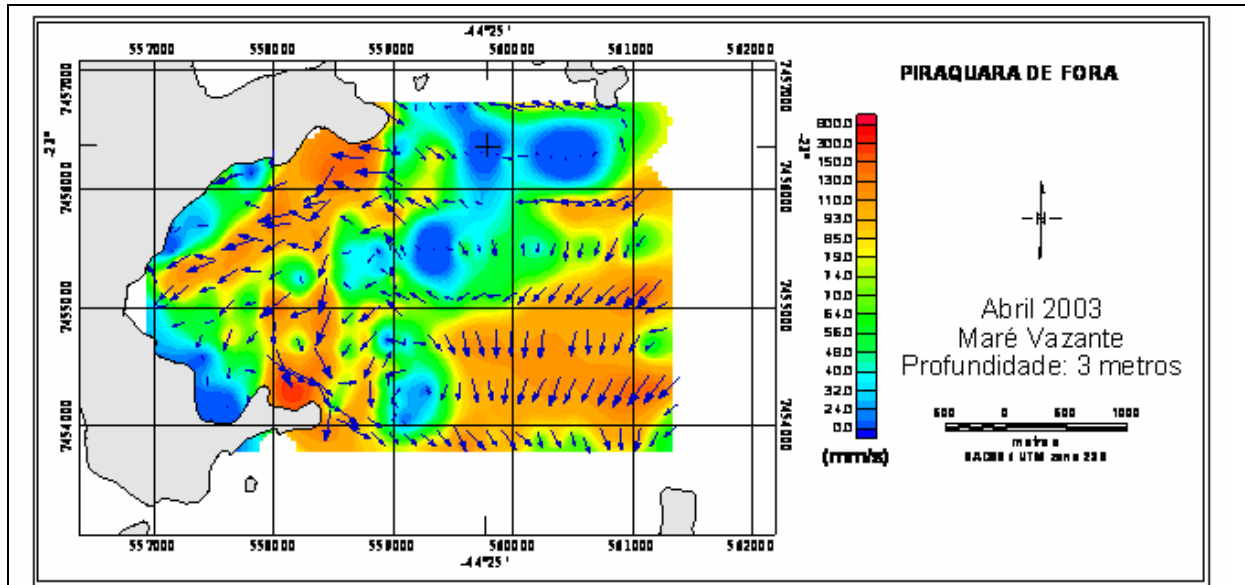


Figura 267 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraguara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

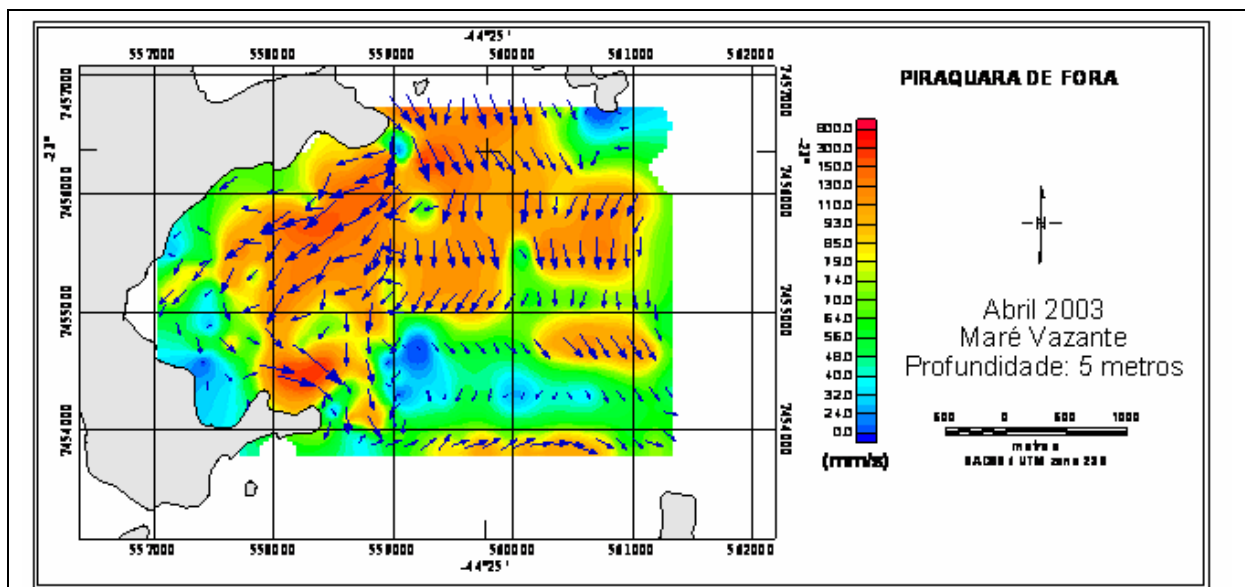


Figura 268 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraguara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

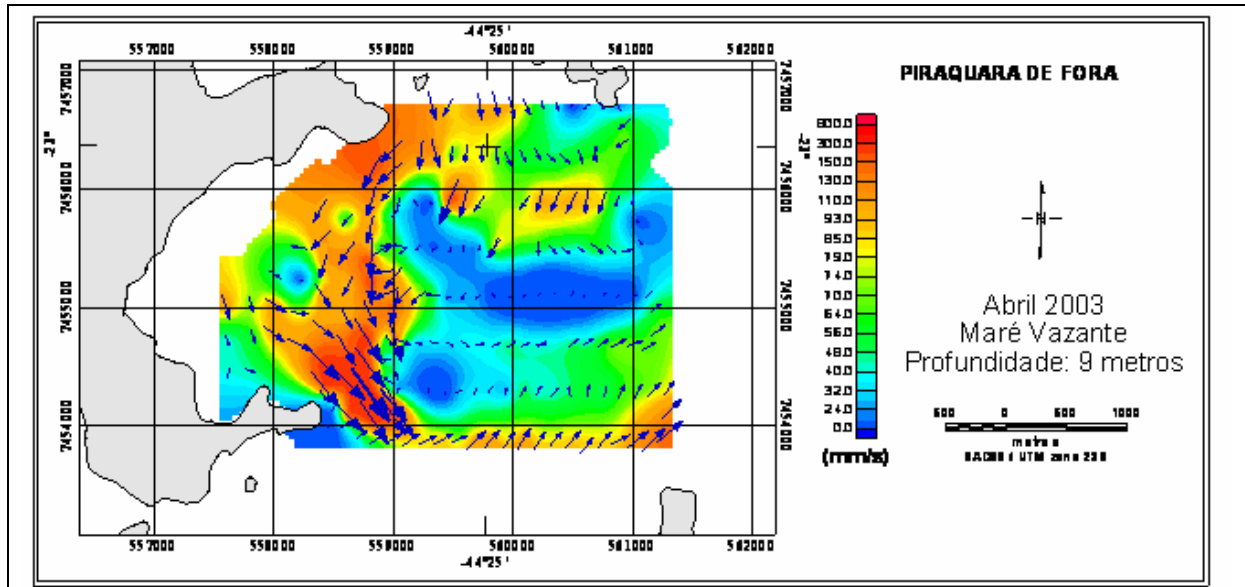


Figura 269 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

f) Maio/2003

A campanha de maio foi realizada nos dias 29 e 30; as duas usinas estavam funcionando com aproximadamente 80% da sua capacidade, e com uma vazão de 116 m³/s. A amplitude da maré obtida pela tábua da DHN na campanha foi de 0.9 m.

As Figura 270, Figura 271e Figura 272 mostram as distribuições horizontais a 3 m, 5 m e 9 m respectivamente, para um período de maré vazante. O fluxo de água entra pelo lado norte, circula dentro do Saco e sai pelo lado sul. A intensidade média de corrente encontrada no local é pequena, cerca de 0,04 m/s, exceto na saída sul do Saco onde os valores aumentam para cerca de 0,10 m/s. Na parte mais interior do Saco existem áreas sem circulação, com intensidades de corrente praticamente nulas.

Na região adjacente toda camada apresentou um baixo fluxo não permitindo uma boa definição da circulação, incluindo diversas áreas de intensidades de corrente quase nulas.

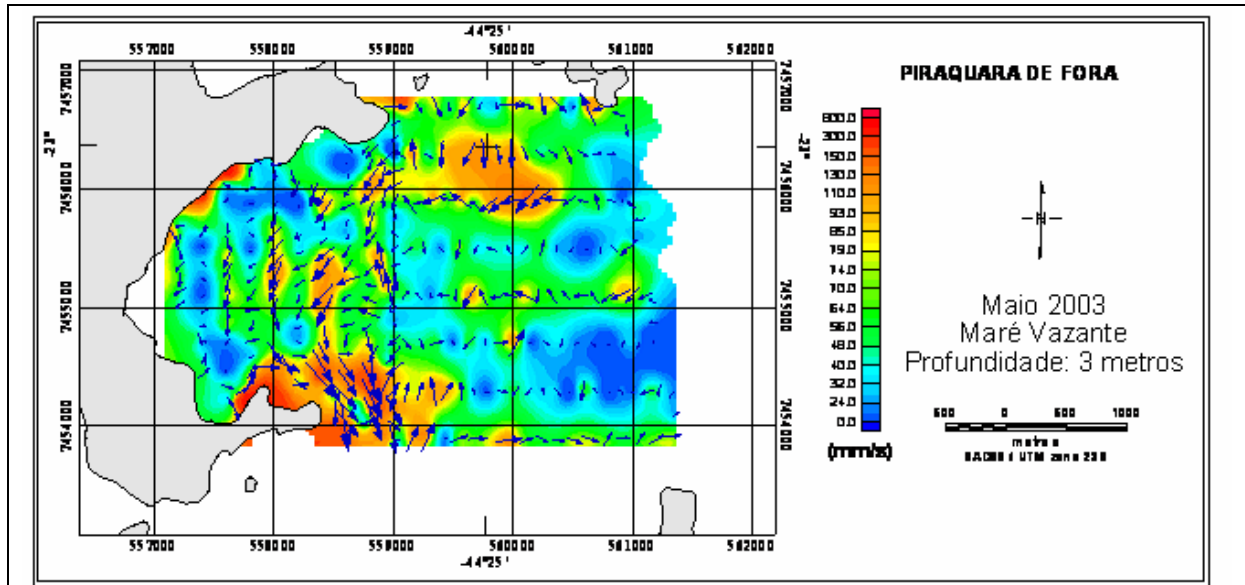


Figura 270 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

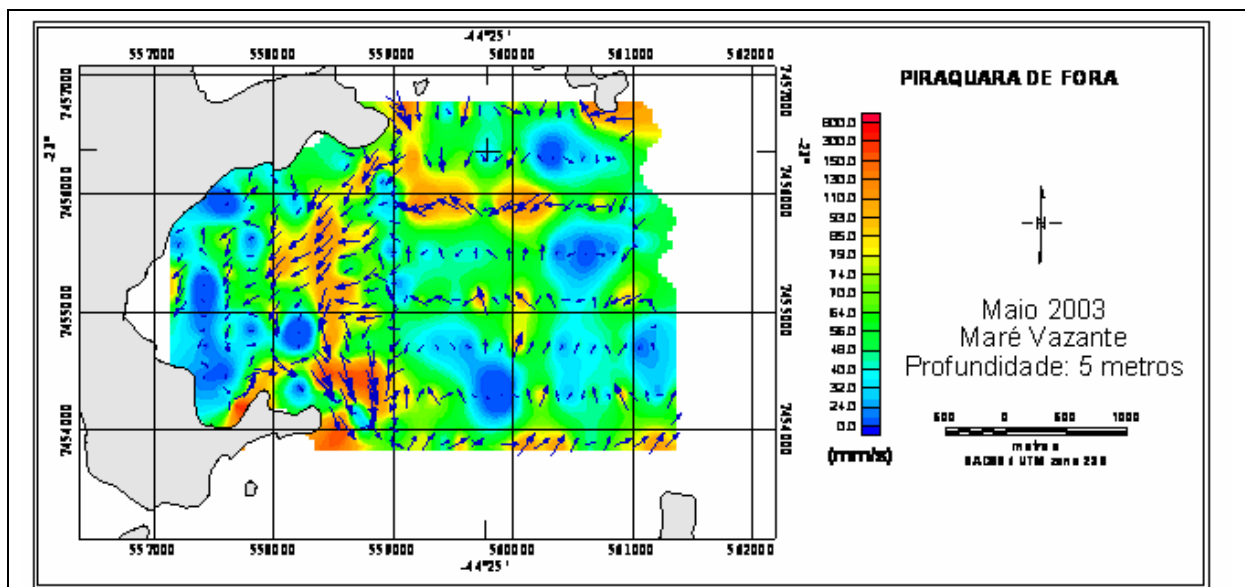


Figura 271 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

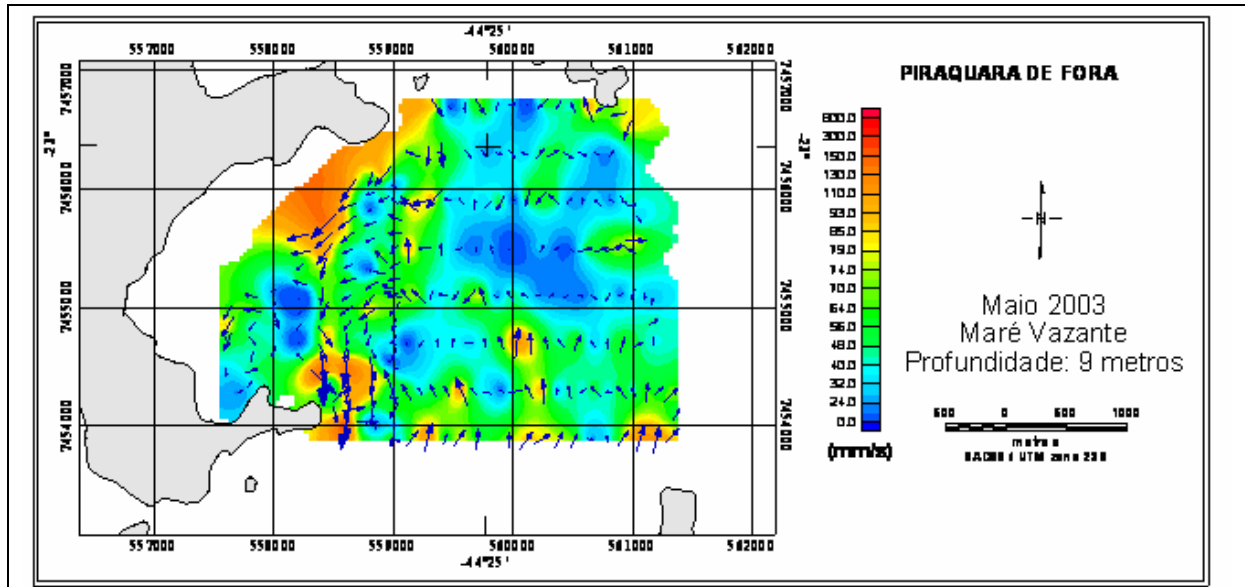


Figura 272 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

A Figura 273, a Figura 274e a Figura 275 apresentam as distribuições horizontais a 3 m, 5 m e 9 m, respectivamente, para um período de maré enchente. A circulação encontrada mostra um sentido bem definido para norte em direção à Baía da Ribeira, principalmente na área adjacente ao Saco. Dentro do Saco a água praticamente não circula na parte mais interna e circula no sentido dos ponteiros do relógio na parte mais exterior. A intensidade da corrente encontrada no interior do Saco é muito pequena, cerca de 0,03 m/s, aumentando com a profundidade, chegando a 0,09 m/s. A intensidade da corrente na área adjacente é maior com valores a 3 m de 0,10m/s, aumentando com a profundidade chegando a 9 m a 0,30m/s

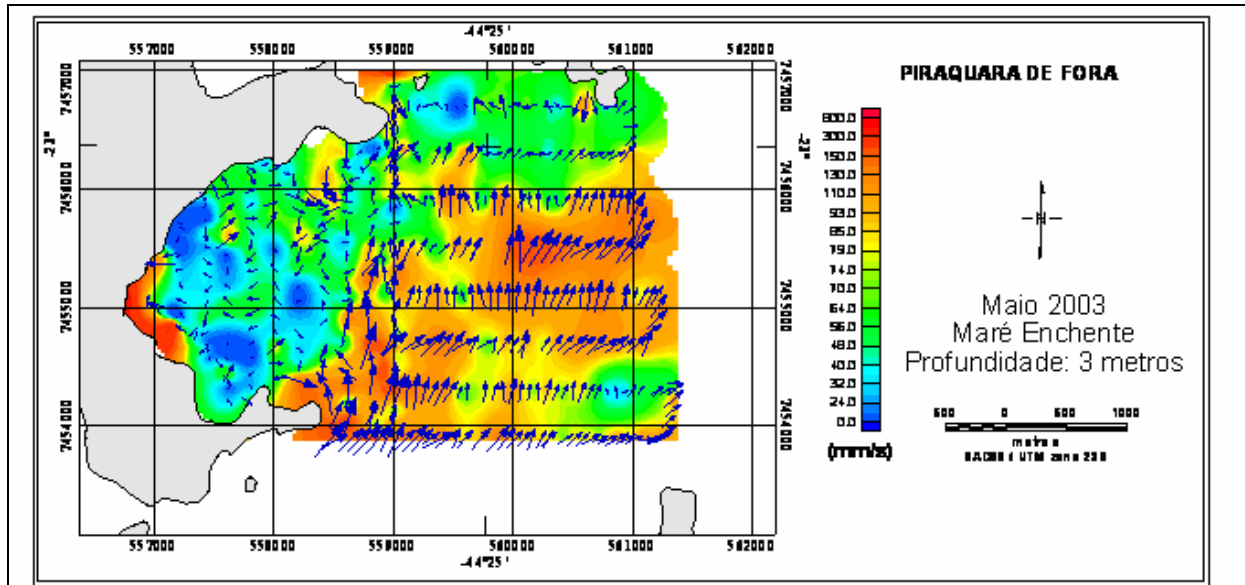


Figura 273 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 3m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

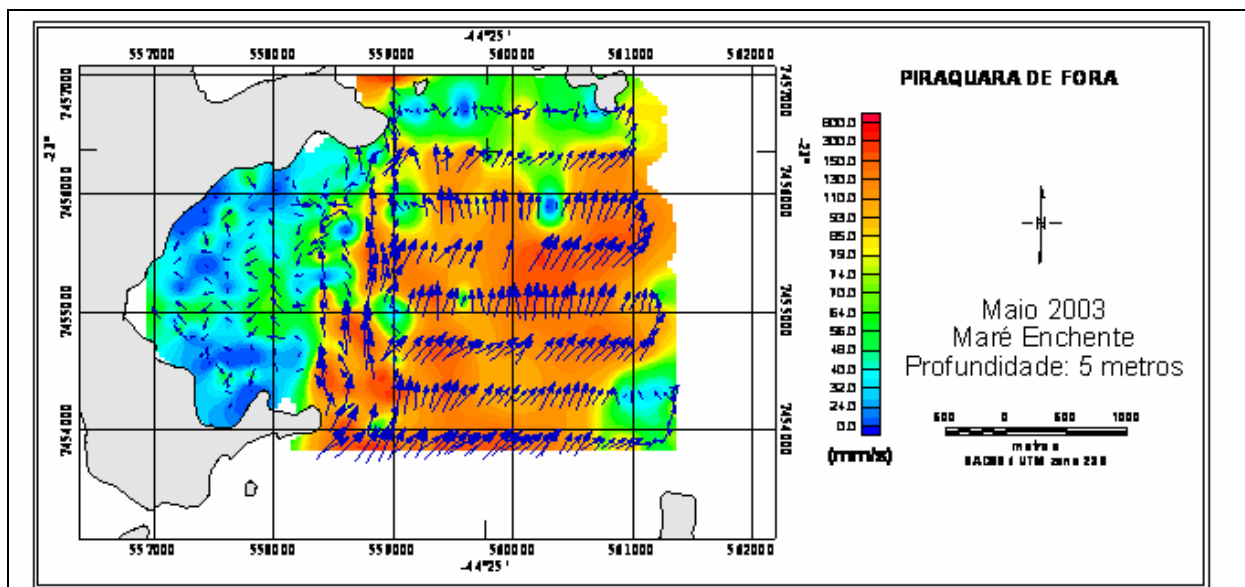


Figura 274 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 5m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

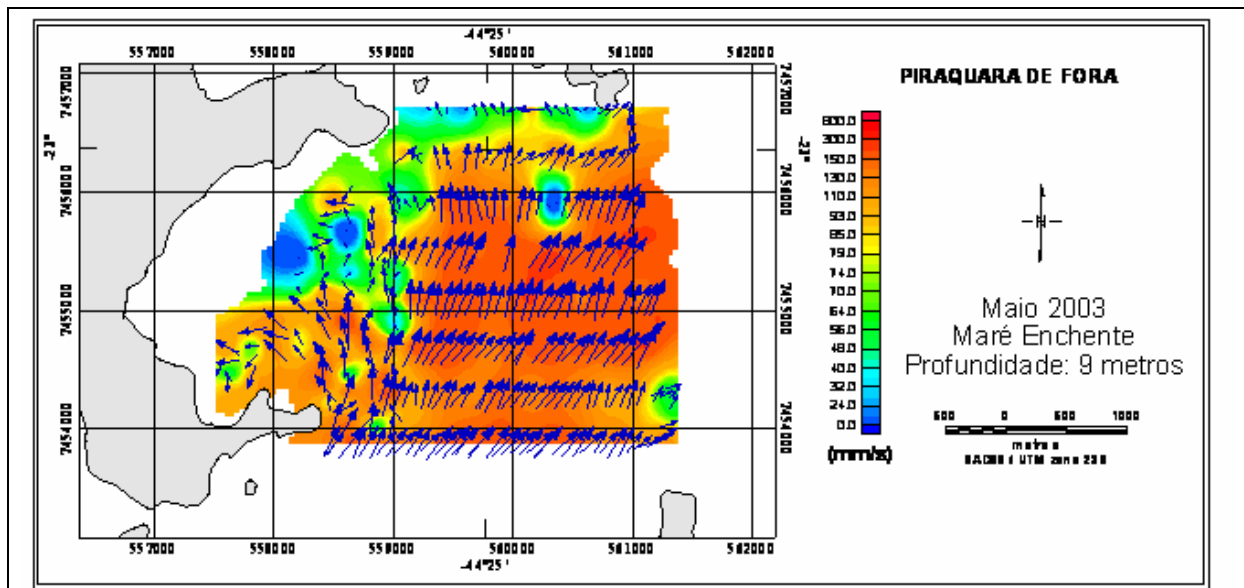


Figura 275 - Direção e Magnitude da Corrente obtida na camada de 9m, no período de maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Devido às características do equipamento ADCP e as configurações utilizadas nas campanhas, a determinação do fluxo da água dentro do Saco Piraquara de Fora e na área adjacente só pode ser determinada abaixo de 3 m de profundidade. Com os mapas de temperatura obtidos a 0,5 m de profundidade pode-se inserir a circulação superficial na região pela distribuição desse parâmetro.

O baixo fluxo existente na área estudada reduz a precisão das observações de direções da corrente, como também a grande diferença entre a velocidade da embarcação utilizada na medição e o fluxo local prejudicou as determinações mais precisas das intensidades da corrente.

A configuração obtida para realização das campanhas gerou um desvio padrão em torno de 0,57 cm/s na parte interna do Saco e 3,05 cm/s na área adjacente.

Foram testados alguns aplicativos para melhor apresentação da análise desses dados: o aplicativo WinADCP, fornecido pela RD Instruments; uma rotina feita com o software Matlab; e o aplicativo Oasis Montaj, o qual foi escolhido para confecção dos mapas, com objetivo de colocar de forma clara a maior quantidade de informações para sua interpretação.

Analisando os mapas com as distribuições horizontais referentes ao período de maré enchente observa-se que o fluxo da água, na parte mais exterior do Saco, tende a entrar pela extremidade sul e sair pelo lado norte, juntando-se com a água que segue pela área adjacente na direção da Baía da Ribeira. Na parte mais interna do Saco, o baixo fluxo dá uma impressão de estagnação. Comparando-se a circulação nesses mapas com a circulação superficial

induzida nos mapas de distribuição da temperatura, para o mesmo período da maré, verifica-se que a água mais quente espalha-se igualmente pelo interior do Saco, junto à descarga das Usinas, indicando um não movimento da mesma.

Nos períodos de maré vazante a circulação no Saco é mais intensa, a água penetra pela extremidade norte, circula na parte interna do saco e sai pelo lado sul. A circulação superficial induzida pelos mapas de distribuição da temperatura mostra a entrada de água mais fria no Saco pela extremidade sul e uma saída de água mais quente pelo lado norte, indicando que a circulação superficial tende a um sentido contrário da circulação profunda, isto na parte mais exterior do Saco. Esse fato é bem marcante nos meses de Janeiro, Abril e Maio de 2003.

O estudo da variabilidade sazonal do fluxo da água na região pesquisada ficou em parte prejudicado pelos problemas técnicos já mencionados ocorridos durante a coleta de dados nas primeiras campanhas, mas alguns pontos de interesse podem ser mencionados:

- Na área externa adjacente ao Saco, no período verão-outono, encontra-se um fluxo de água maior no período de maré enchente do que no de vazante, nas profundidades abaixo de 3 m.
- Nas campanhas realizadas no período abril-outubro há indicação de entrada de água mais fria superficial pela extremidade sul do Saco, tanto na maré enchente quanto vazante, indicando o período de inverno com maior intensidade na entrada dessa água. Os dados de agosto não foram considerados nessa análise devido a coleta dos dados ter acontecido em uma disposição diferente das demais campanhas.
- No verão há uma entrada de água indo para o norte na parte sul da área adjacente ao Saco, em toda a camada observada (3 m a 9 m), no período da maré vazante, contrária ao fluxo normal esperado que deveria ser sul. A intensidade desse fluxo é bem maior no mês de fevereiro.

6.5.3.5.3. Modelagem de difusão de calor

A água do mar de Itaorna é utilizada para refrigeração dos condensadores de vapor das usinas nucleares Angra 1 e 2 para, em seguida, ser lançada no Saco Piraquara de Fora. A influência mais importante do efluente líquido sobre o meio ambiente local está relacionada com a elevação da temperatura da água do mar e com a alteração do padrão de circulação, a partir do ponto de lançamento. Por ser uma região de pouca atividade industrial, a área apresenta características tais que, do ponto de vista ecológico, permitem evidenciar muito claramente todo e qualquer impacto causado pelas usinas da CNAEA.

A descarga da água de refrigeração de Angra 1 é de 40 m³/s e a de Angra 2, de 77 m³/s. Com a implementação da usina nuclear Angra 3, que deverá operar com uma vazão igual à de Angra 2, está previsto um aumento de aproximadamente 65,8% da vazão atual, quando se atingirá um fluxo de 194 m³/s. Este estudo visa avaliar como será alterado o padrão

de circulação hidrodinâmica e de que forma deverá ocorrer a difusão do calor gerado pelas três usinas.

Foi utilizada a modelagem numérica computacional para reproduzir a hidrodinâmica acoplada ao transporte de calor do efluente de refrigeração das usinas da CNAEA em Piraquara de Fora. A modelagem é calibrada pelos dados do programa de monitoramento de campo e gera previsões para as situações prevalentes após a entrada em operação da terceira usina, antecipando-se, dessa maneira, a possíveis impactos ambientais, contribuindo, assim, para a avaliação das implicações ambientais relacionadas à expansão do empreendimento.

Métodos

Modelagem numérica

Os modelos numéricos são representações matemáticas dos processos e sistemas físicos. Vários níveis de complexidade associados ao modelo podem ser construídos para analisar as situações práticas, dependendo do contexto e da precisão do estudo. Os modelos mais complexos geralmente aumentam a exatidão da representação e fornecem soluções adicionais específicas.

Um modelo numérico pode ser desenvolvido para uma, duas ou três dimensões, de acordo com a distribuição espacial dominante dos processos físicos envolvidos. A complexidade dimensional do modelo para um estudo particular é função da tolerância admitida e da extensão dos processos que ocorrem no sistema.

Neste estudo, um modelo tridimensional hidrodinâmico acoplado à difusão de calor é utilizado para reproduzir a descarga do efluente com temperatura acima do normal para a região. Um modelo bidimensional promediado na vertical não resolveria a variação da temperatura com a profundidade no campo próximo, o que implicaria uma avaliação imprecisa do impacto térmico na enseada. Por essa razão, a grade espacial tridimensional foi empregada para simular o lançamento dos efluentes das usinas Angra 1, 2 e 3 no Saco Piraquara de Fora.

Calibração

Desenvolvimento da malha de integração - a profundidade máxima na enseada é de 16 m no ponto próximo à comunicação com a baía da Ribeira. Na região contígua ao túnel de saída do efluente térmico, a profundidade é de 10 m e, logo em seguida, torna-se mais raso, chegando a apenas 5 m de profundidade.

O desenvolvimento da máscara de diferenças finitas para a modelagem da difusão de calor na enseada incluiu o subsequente requerimento.

A máscara de diferenças finitas para a modelagem da difusão de calor na enseada foi desenvolvida segundo os seguintes critérios:

- ajuste da localização dos nódulos de fronteira, de forma a assegurar que os elementos acompanhem a linha de costa bastante irregular;

- células relativamente pequenas (14 m largura x 230 m comprimento x 10 m profundidade) próximo à descarga do efluente, garantindo uma definição mais fina das variações da velocidade do fluxo e da temperatura da água no campo próximo;
- células relativamente grandes (ex: 1.000 m largura x 2.000 m comprimento x 16 m profundidade) no campo distante. De uma forma geral, os elementos da malha de integração crescem com a distância ao ponto de descarga do efluente. A utilização de grandes células nas regiões onde as velocidades de fluxo e as temperaturas da água variam pouco permite reduzir o tempo de computação sem prejuízo para a precisão do cálculo.

Na Figura 276 está apresentada a malha de diferenças finitas utilizada no modelo para simulação da circulação hidrodinâmica e da pluma térmica no Saco Piraquara de Fora.

Para a representação gráfica bidimensional dos valores observados e calculados da temperatura da água do mar, foram usados cortes verticais e horizontais. A Figura 277 descreve a posição do corte vertical que se estende por 1.600 m a partir da fonte.

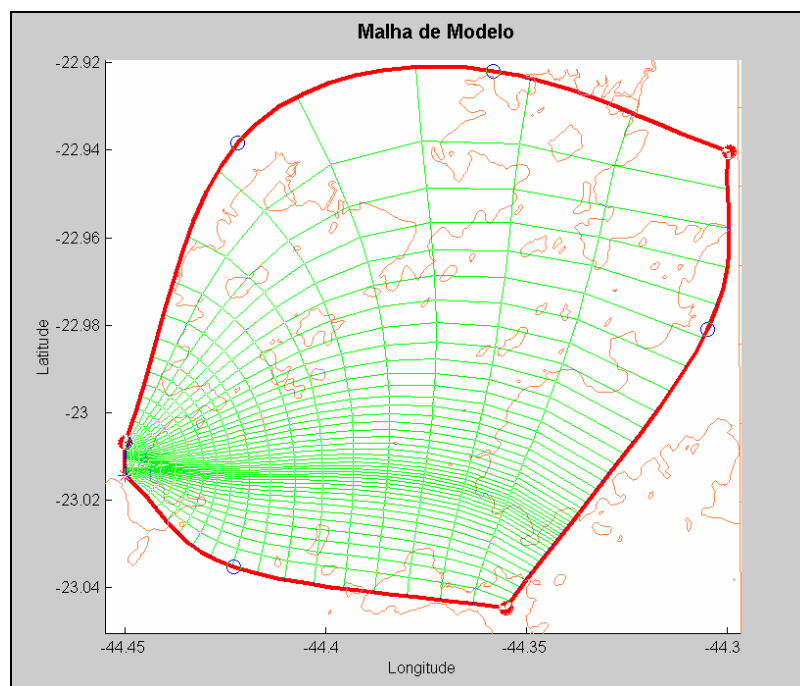


Figura 276 - Malha de integração numérica de diferenças finitas utilizada no modelo para simulação da hidrodinâmica e termodinâmica no Saco Piraquara de Fora.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

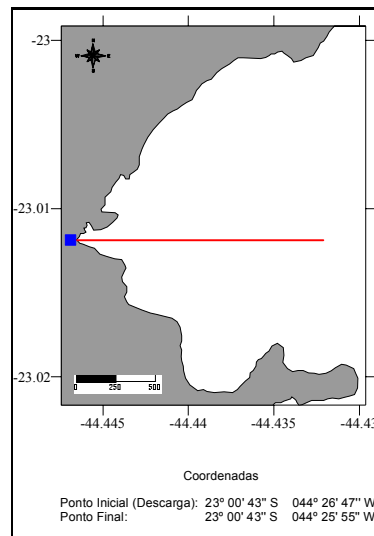


Figura 277 - Representação gráfica da posição do corte vertical (em vermelho) e do efluente (quadrado azul).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

- Condições iniciais e de contorno

O padrão de propagação da onda de maré foi obtido através do modelo bidimensional islandês 2DH Aquasea, promediado na vertical, de maneira a gerar condições de contorno para a fronteira aberta de modelo 3D aqui utilizado. A quantidade de bombas em operação pela CNAAA determina a vazão de descarga do efluente térmico. A potência, em conjunto com a vazão, permite calcular a temperatura de descarga. Essas variáveis determinam a dispersão da pluma de calor e a distribuição de temperatura no campo próximo; por esse motivo, são empregadas como condições iniciais.

a) Parâmetros:

Em acréscimo aos dados de entrada discutidos nas seções anteriores, o modelo utilizado requer a determinação de alguns parâmetros descritos a seguir:

- latitude: o módulo hidrodinâmico requer a especificação da latitude do saco Piraquara de Fora para o cálculo da força de Coriolis causada pela rotação da Terra. A latitude é dada em cada ponto de integração da malha;

- coeficiente de evaporação: o módulo termal requer o coeficiente de perda de calor por evaporação. Este coeficiente é considerado constante em toda a superfície do corpo d'água;

- coeficiente de dispersão: o coeficiente de difusão turbilhonar que descreve a medida pela qual a dispersão normal e tangencial do fluido determina a capacidade de mistura. Os módulos hidrodinâmico e termodinâmico requerem esse valor para a determinação da perda

de calor devida aos processos característicos de turbulência e de mistura, particularmente no campo próximo.

b) O processo de calibração

O modelo utiliza vários parâmetros que necessitam de calibração. Esta etapa foi desenvolvida através da comparação dos resultados do modelo com os dados observados referentes às duas usinas existentes (Angra 1 e 2) funcionando a potências variáveis, conforme registrado nos arquivos de monitoramento térmico da CNAAA.

Em seguida, foram incluídos os dados referentes a batimetria, corrente e temperatura da água do mar, conforme medidas realizadas durante a campanha de coleta de dados de campo entre os dias 15 e 26 de agosto de 2002 no Saco Piraquara de Fora. As análises dessas observações foram utilizadas para a validação do modelo.

Outros parâmetros também foram utilizados na calibração do modelo. São eles:

- direção e velocidade do vento;
- temperatura do ar;
- salinidade e temperatura na enseada;
- temperatura e vazão do efluente;
- temperatura na tomada d'água.

As características dos dados coletados para a calibração do modelo são descritas a seguir, e listadas na Tabela 77:

- direção e velocidade do vento, temperatura do ar, temperatura na tomada d'água, temperatura e vazão do efluente são monitoradas pela CNAAA. A descarga da água de refrigeração de Angra 1 e Angra 2 é medida no Saco Piraquara de Fora com base numa amostragem de temperatura da água em três profundidades (0.5 m, 2 m e 4 m) ao longo de uma malha de 114 pontos espaçados uniformemente. Para o trabalho de calibração, foram utilizadas as medidas correspondentes ao ano de 2000;

- a batimetria, o mapeamento das correntes, a salinidade e a temperatura da água na enseada foram levantados em trabalho de campo.

Tabela 77 - Fonte dos dados e período de amostragem usados no estudo para a calibração dos módulos hidrodinâmico, térmico e fluxo de calor na superfície

Dados usados na calibração	Fonte	Intervalo	Período de Medida
Direção e velocidade do vento	CNAAA	horário	05 jan – 12 dez, 00.
Temperatura do ar	CNAAA	horário	05 jan – 12 dez, 00.
Precipitação	CNAAA	horário	05 jan – 12 dez, 00.
Temperatura na tomada d'água	CNAAA	quinzenal	Fev/82 – Ago/02

Dados usados na calibração	Fonte	Intervalo	Período de Medida
Temperatura do efluente	CNAAA	diário	Fev/82 – Ago/02
Temperatura da água (2000)	CNAAA	quinzenal	Fev/82 – Mar/02
Vazão do efluente	CNAAA	diário	Fev/82 – Ago/02
Batimetria	Uerj – Geologia	duas visitas de campo	18-19, 22-26 ago 02.
Mapeamento das correntes	Uerj – Física	uma visita de campo	20 e 21 ago 02
Temperatura da água (2002)	Uerj – Química	uma visita de campo	21 e 22 ago 02

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

As simulações realizadas permitiram a aferição dos coeficientes da modelagem pela comparação com os pontos de controle observados no Saco Piraquara de Fora. Os seguintes parâmetros do modelo foram calibrados:

- coeficiente de mistura vertical;
- coeficiente de mistura horizontal;
- insolação.

c) Análise da simulação

Os módulos calibrados (hidrodinâmico, termal e fluxo de calor na superfície) foram utilizados para simular a difusão de calor do efluente térmico para as duas usinas em funcionamento sob diferentes condições de potência e vazão e, em seguida, para as condições propostas para a implementação de Angra 3. Os resultados das simulações permitem analisar:

- os efeitos da expansão proposta para o regime de temperatura da água no Saco Piraquara de Fora;
- a variação de temperatura com a distância ao ponto de lançamento;
- a posição das isotermas equivalentes a 100, 75, 50 e 25% de impacto.

As condições de temperatura da água do mar no Saco Piraquara de Fora com as usinas Angra 1 e 2 foram simuladas e comparadas aos valores do banco de dados da CNAAA para o ano de 2000 e às medidas obtidas com o trabalho de campo executado pelo monitoramento químico em 21/8/2002. As vazões do efluente das usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2 para esses mesmos dias foram obtidas da CNAAA. Os fluxos simulados corresponderam a 114 m³/s e 200 m³/s, em função da quantidade de bombas e condensadores em operação. Parte das bombas permanece em funcionamento mesmo quando os condensadores não estão em operação.

As condições para implantação da usina Angra 3 foram simuladas com base nas especificações fornecidas pela Eletronuclear. A unidade proposta deverá funcionar com potência e vazão equivalente à de Angra 2, ou seja, 1.314 MW e 77 m³/s, respectivamente. Com base nos dados históricos, ajustamos uma curva de maneira a calcular a diferença de temperatura máxima entre a tomada d'água e a descarga do efluente com as três usinas em operação.

No cenário de expansão, a terceira unidade foi incluída na modelagem do conjunto das usinas totalizando um fluxo de massa de 194m³/s.

- Análise das observações

Os dados resultantes do monitoramento térmico realizado em 21/8/2002, no Saco Piraquara de Fora, foram analisados e organizados para comparação com o resultados das simulações numéricas. A Figura 278 e a Figura 279 representam o campo de temperatura a 0,5 m de profundidade medida pelo ADCP para essa data. A primeira figura descreve a situação sob a condição de maré enchente, e a segunda, sob a de maré vazante. A temperatura na tomada d'água e a temperatura e vazão do efluente são especificadas nos gráficos.

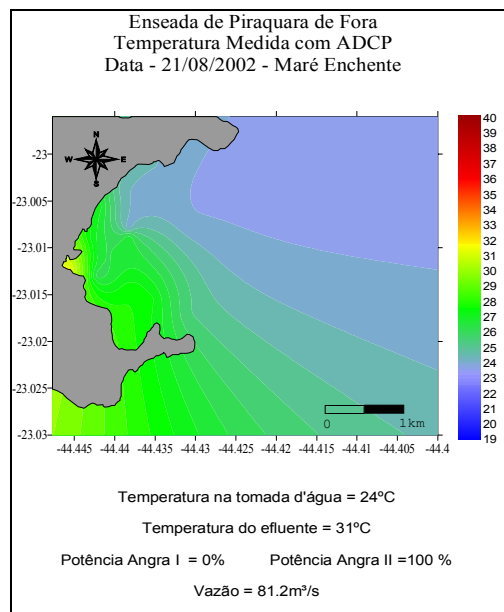


Figura 278 - Seção horizontal (0,5 m) de temperatura. Dados obtidos com o ADCP na maré enchente.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

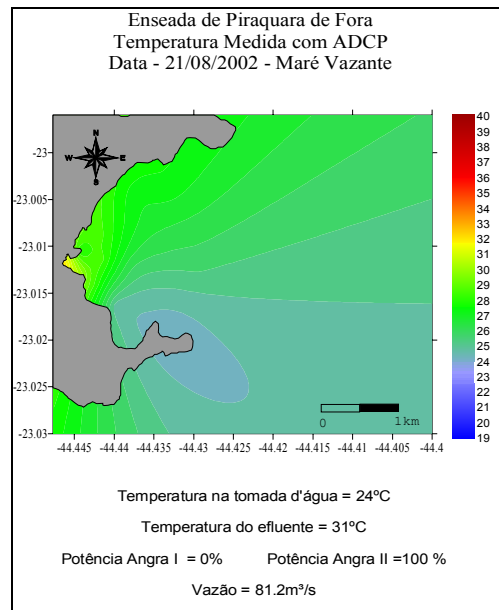


Figura 279 - Seção horizontal (0,5 m) de temperatura. Dados obtidos com o ADCP na maré vazante.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

Os campos de temperatura das duas últimas figuras correspondem ao resultado das medições realizadas sob uma situação particular de operação da CNAEA, na qual apenas a usina Angra 2 estava operando. A configuração de maré vazante corresponde, sob o ponto de vista ambiental, ao pior caso, no sentido em que aumenta a extensão da pluma do efluente térmico. Por essa razão, esta será a fase de maré utilizada para a calibração em todas as nossas simulações. Para fins de comparação com os resultados da modelagem, é apresentada, na Figura 280, a seção vertical de temperatura observada em 20 de novembro de 2000, quando estavam em operação as duas usinas existentes, e tanto a temperatura da tomada d'água em Itaorna, como a temperatura no efluente apresentavam valores típicos: 23°C e 31°C, respectivamente.

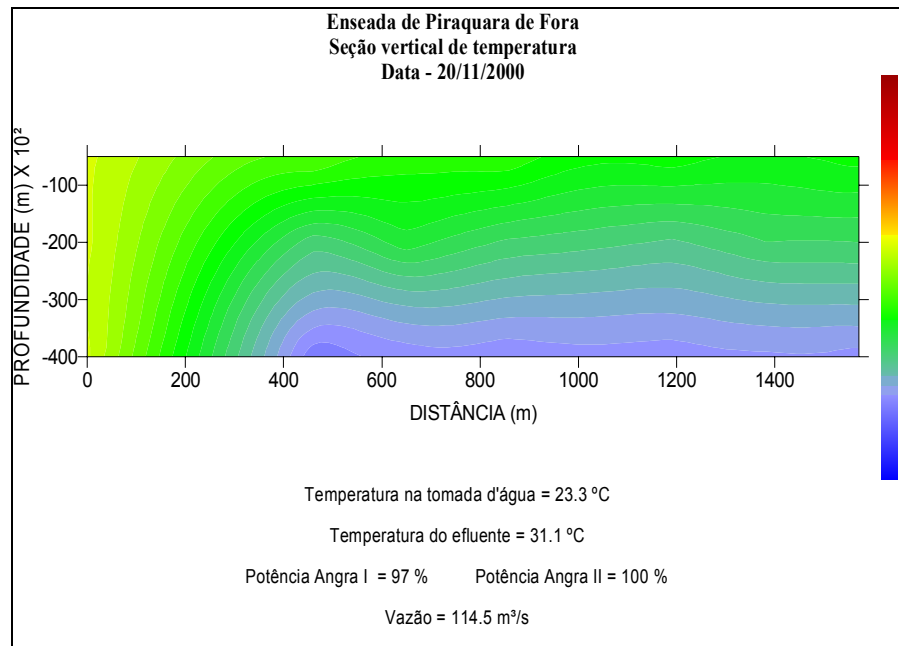


Figura 280 - Seção vertical de temperatura observada correspondente ao dia 20/11/2000.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Resultados

- Simulações da temperatura da água do mar no Saco Piraquara de Fora

Esta seção apresenta os resultados das simulações da dispersão da pluma de calor no saco Piraquara de Fora, para maré vazante, sob as condições existentes, com as usinas Angra 1 e 2 funcionando a plena potência. Tomou-se a vazão como sendo de $114 \text{ m}^3/\text{s}$. Para a configuração de expansão do empreendimento, com as usinas Angra 1, 2 e 3, também funcionando a plena potência, considerou-se a vazão como sendo de $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

As Figura 281 e Figura 282 representam os instantes da simulação numérica correspondentes à situação mais freqüente de temperatura ambiente, e com maré vazante de sizígia. Nessas ocasiões, a temperatura na tomada d'água em Itaorna era de 23°C e 32.5°C , no efluente. A Figura 281 é uma seção horizontal e a Figura 282 representa a respectiva seção vertical de temperatura.

As demais figuras (Figura 283 a Figura 300) exibem todas as possíveis configurações referentes a:

- estação do ano: inverno ou verão;
- amplitude de maré: sizígia ou quadratura;
- situação operacional: existente (Angra 1 e 2) ou expansão (Angra 1, 2 e 3).

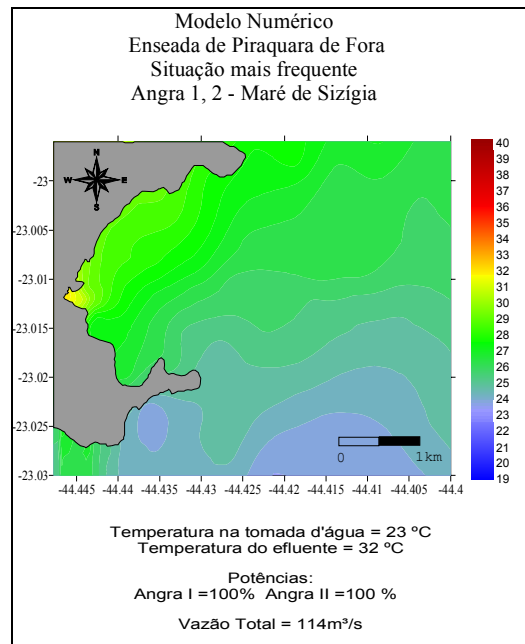


Figura 281 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições freqüentes. Usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

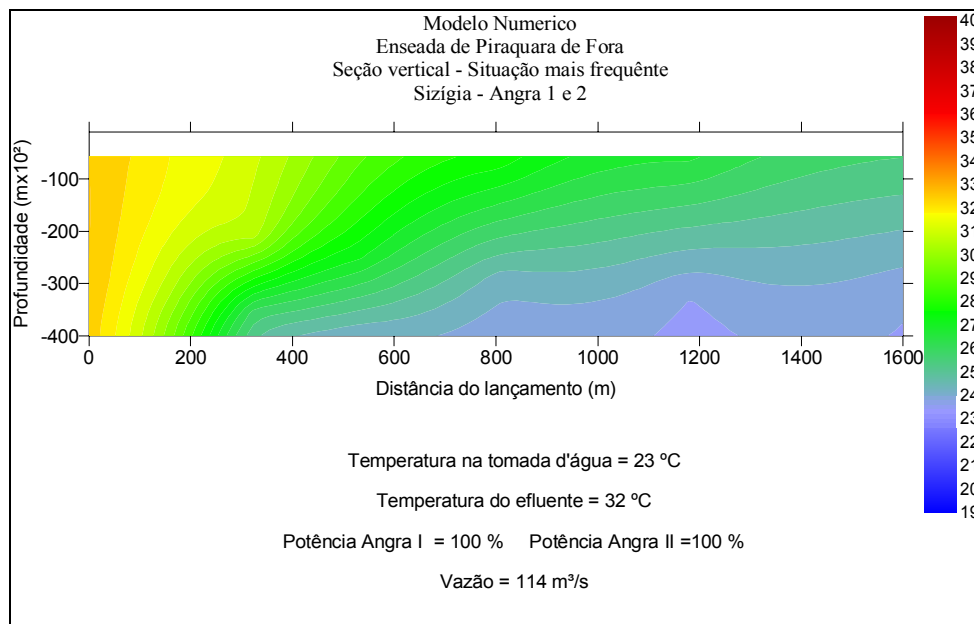


Figura 282 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições freqüentes. Usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

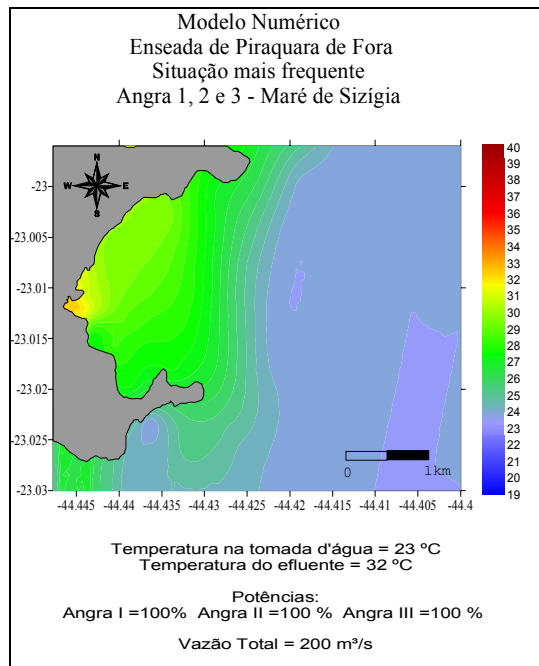


Figura 283 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

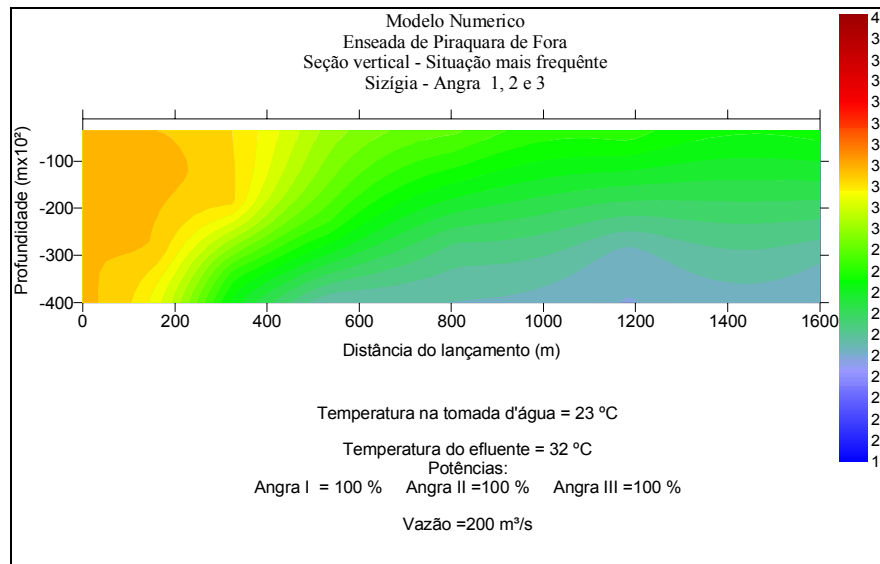


Figura 284 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo às condições frequentes. Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

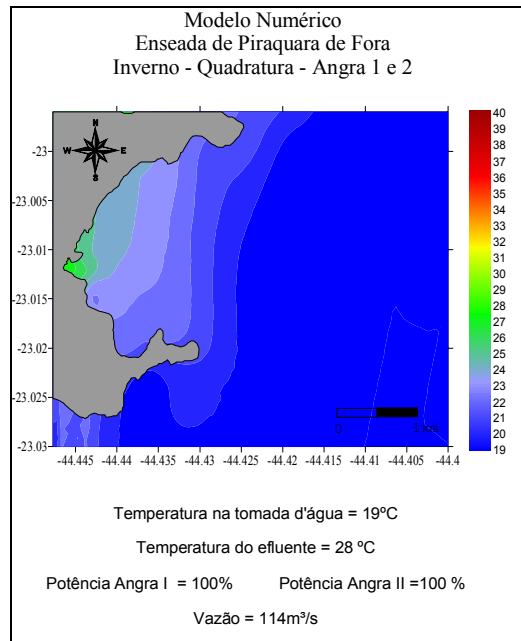


Figura 285 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

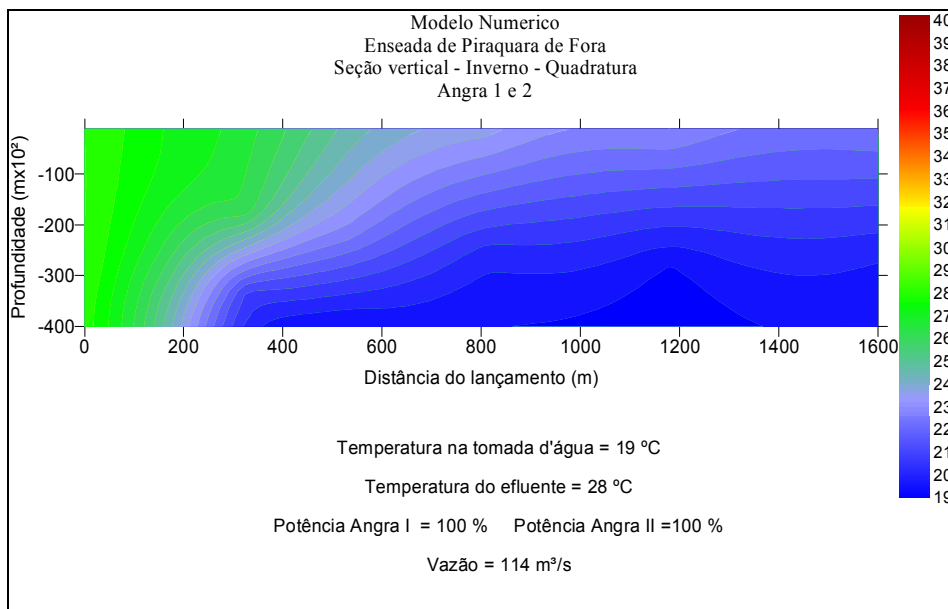


Figura 286 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

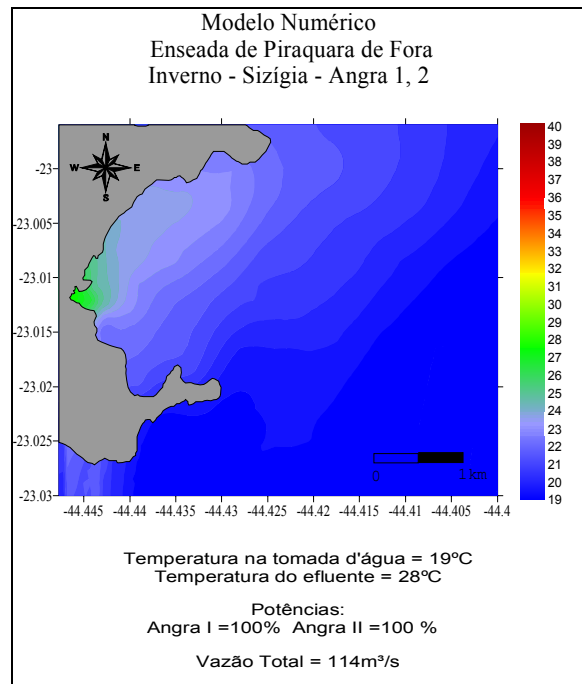


Figura 287 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

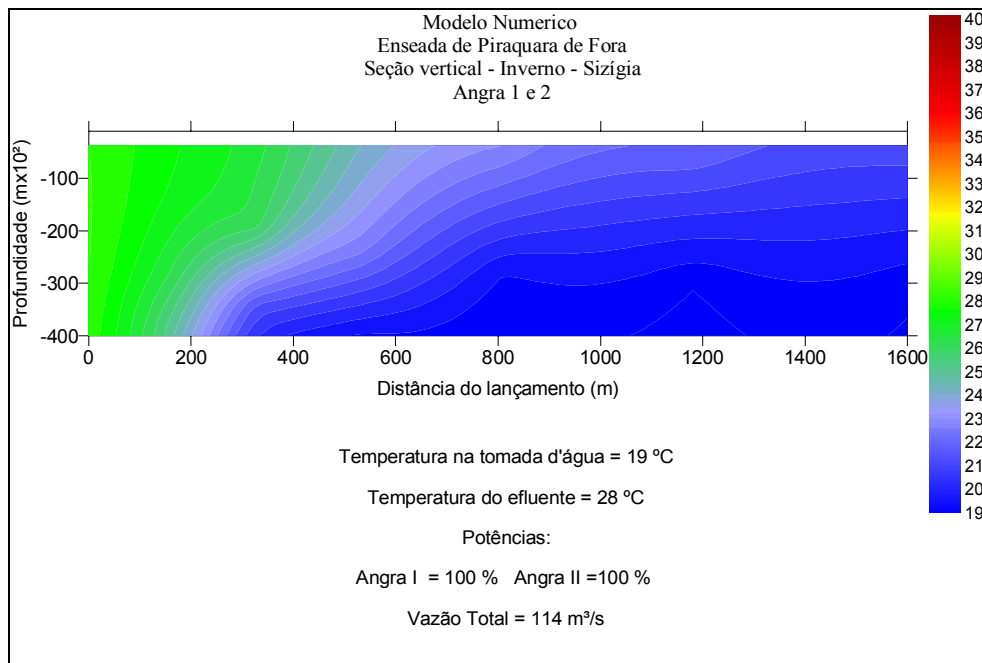


Figura 288 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

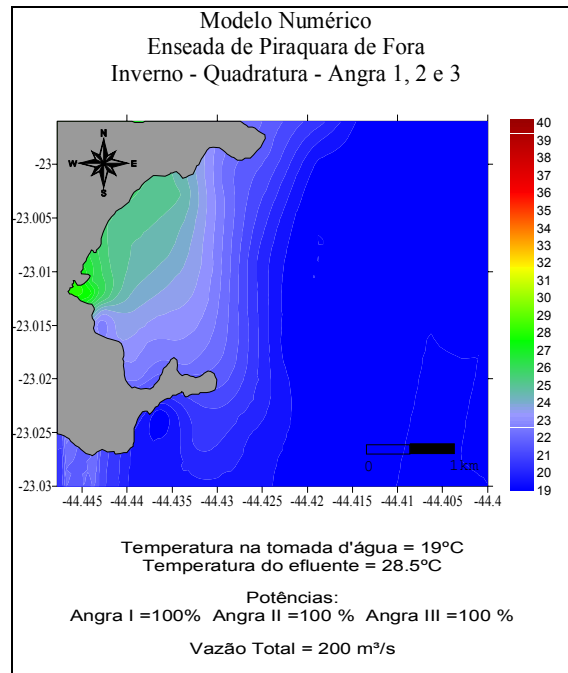


Figura 289 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

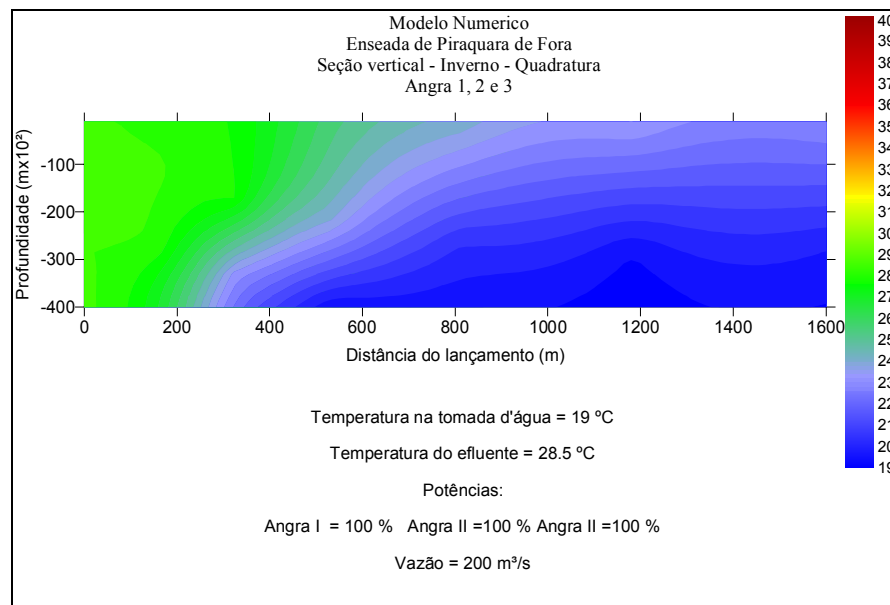


Figura 290 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

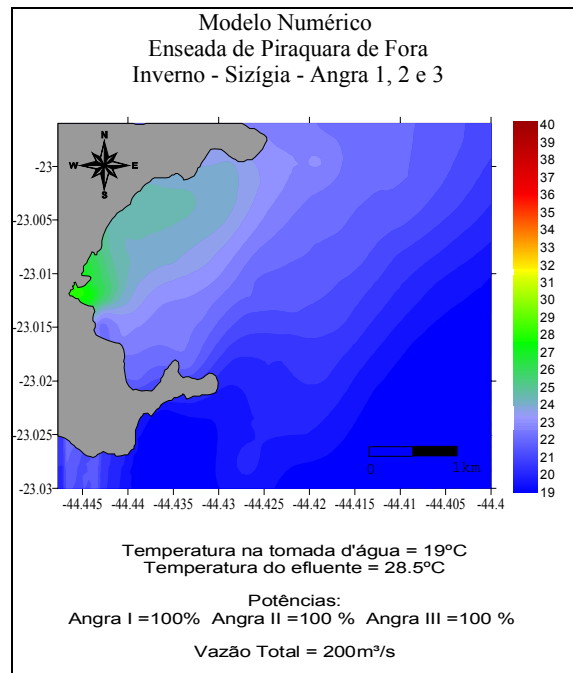


Figura 291 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizigia e Usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

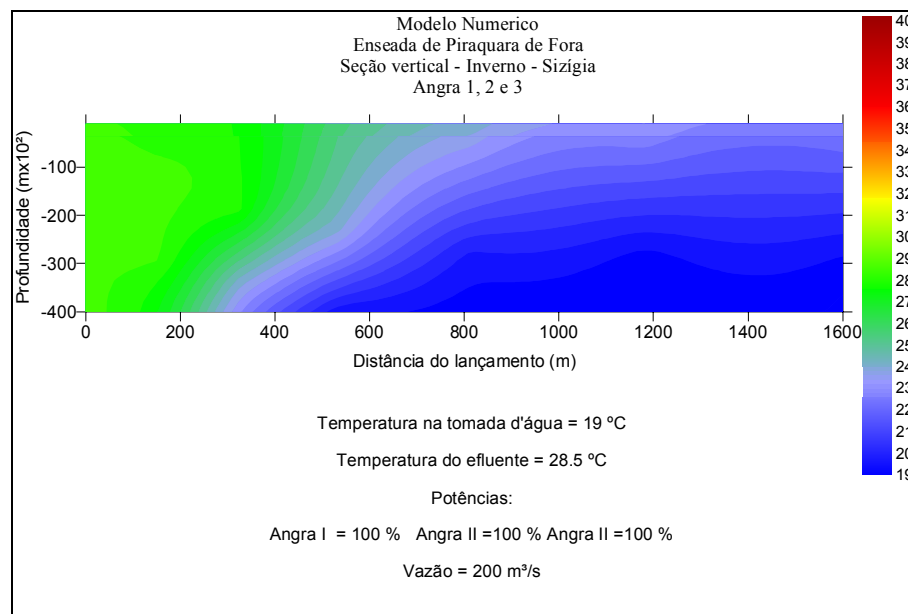


Figura 292 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao inverno, maré de sizigia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

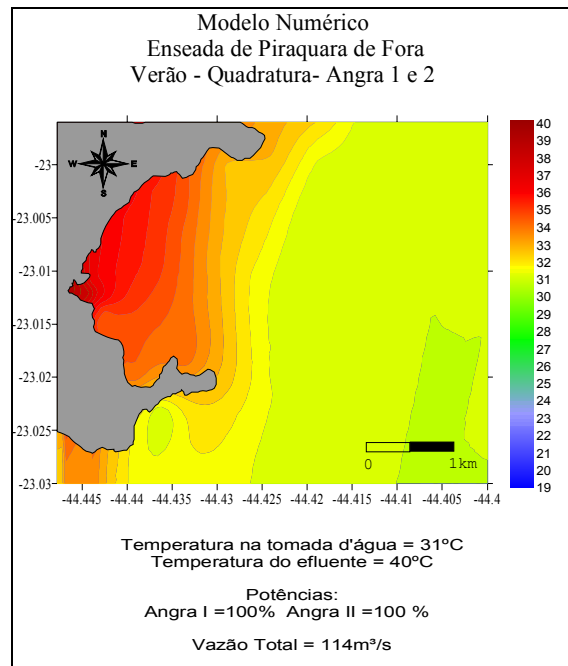


Figura 293 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

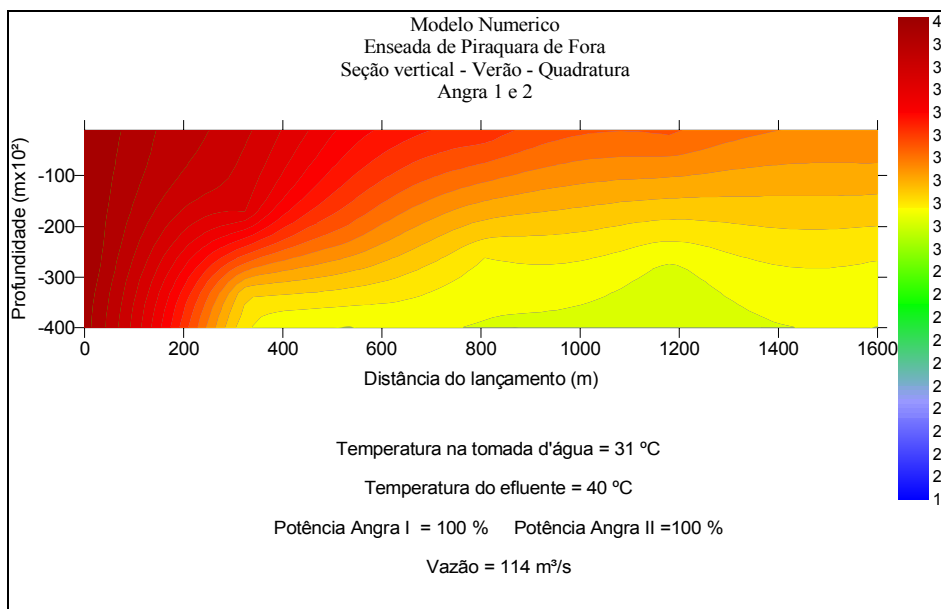


Figura 294 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

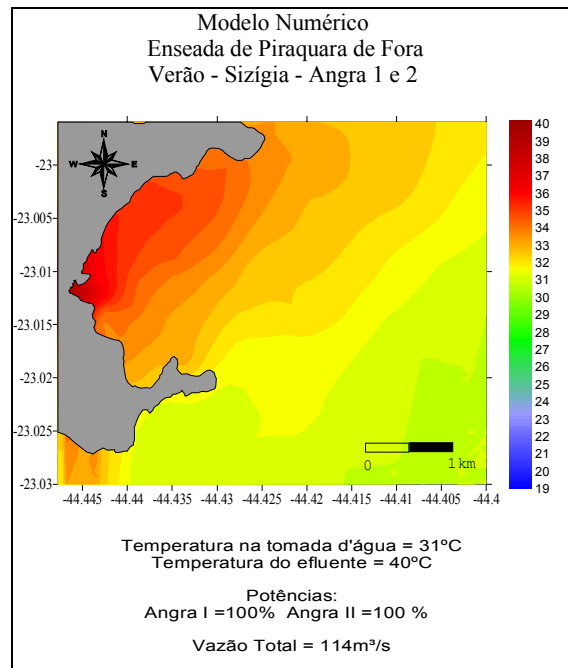


Figura 295 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

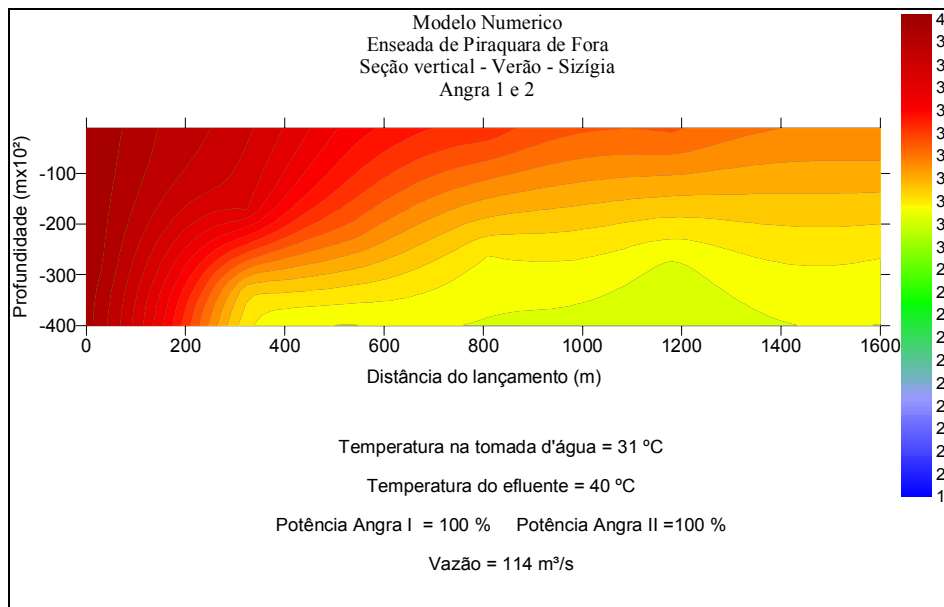


Figura 296 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1 e 2 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

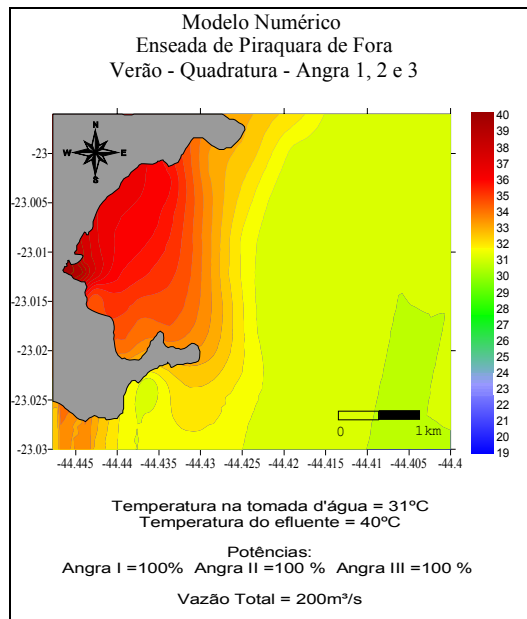


Figura 297 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

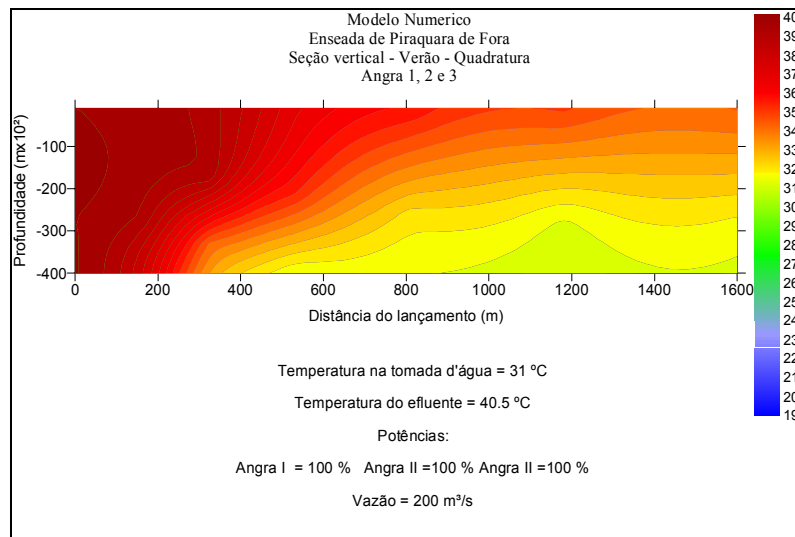


Figura 298 - Seção vertical para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de quadratura e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

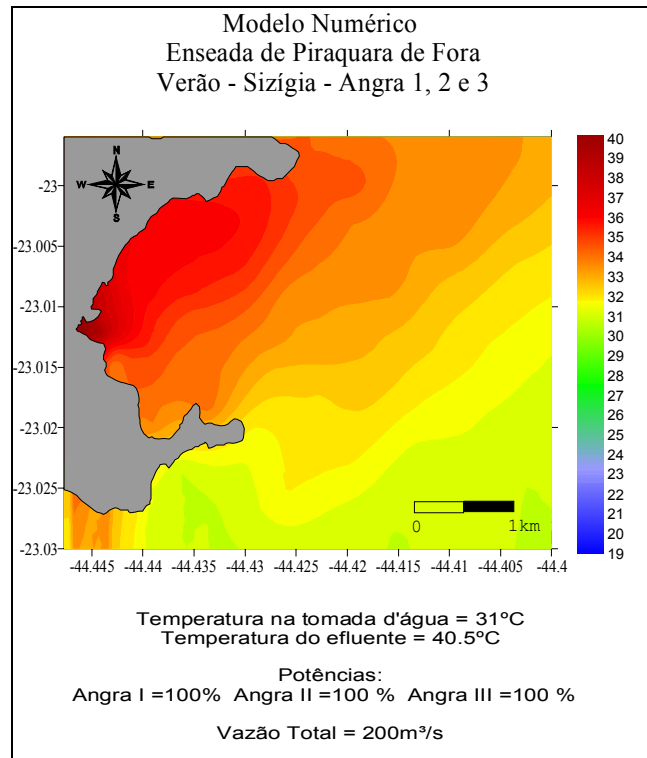


Figura 299 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

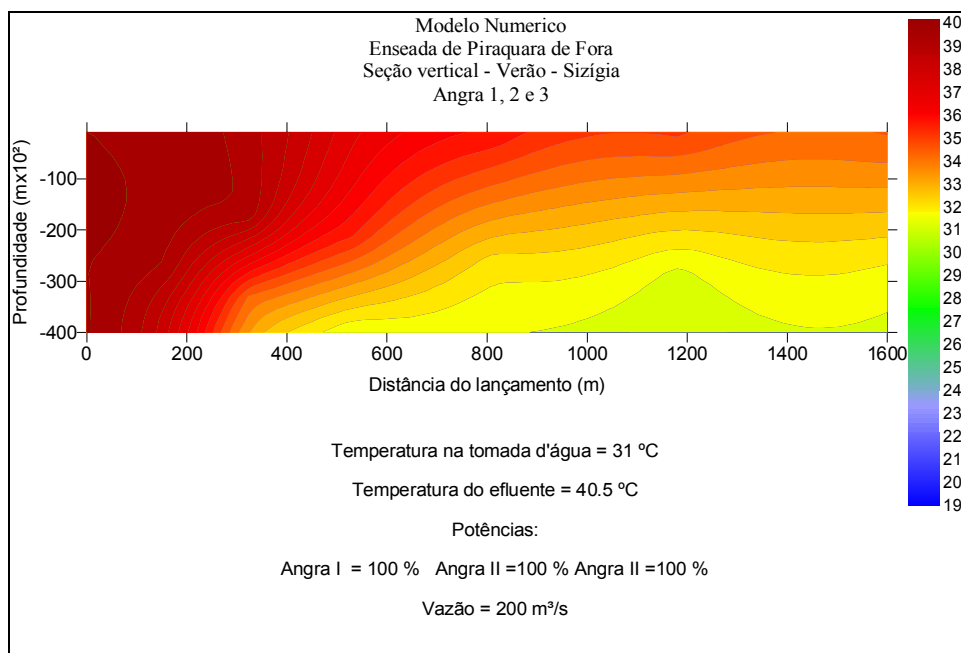


Figura 300 - Seção horizontal para um instantâneo do modelo numérico relativo ao verão, maré de sizígia e usinas Angra 1, 2 e 3 a potências máximas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

6.5.3.5.4. Modelagem hidrodinâmica e de dispersão de poluentes

A seguir estão descritos os estudos de modelagem matemática realizados. A modelagem matemática foi realizada pelo INPH/DHI nos escritórios do INPH no Rio de Janeiro, durante o período de outubro a novembro/ 2002.

Este estudo tem por objetivo aumentar o conhecimento sobre os padrões de circulação d'água em macroescala no Saco Piraquara de Fora. Na presente análise, a atenção principal direcionou-se para a troca de águas das zonas costeiras próximas do ponto de lançamento da água de refrigeração da CNAAA e as águas oceânicas.

Metodologia

As atividades de modelagem matemática incluíram a determinação dos níveis d'água, das velocidades e direções das correntes e a dispersão da água de refrigeração contendo substâncias químicas dissolvidas.

Toda a modelagem foi realizada usando o sistema de modelagem matemática Mike 21, desenvolvido pelo DHI. O Mike 21 tem sido aplicado em inúmeros estudos em todo o mundo e é reconhecido como o estado-da-arte no campo da modelagem em áreas costeiras e estuarinas. Os módulos específicos do Mike 21 que foram aplicados neste estudo estão citados a seguir.

a) Modelagem hidrodinâmica

Os fatores dominantes para as condições do escoamento na área do projeto são determinados pelas marés e pelos ventos. Os padrões do escoamento são complexos, em virtude da complexidade da batimetria existente na área.

A modelagem hidrodinâmica apresentada neste estudo contém os efeitos combinados dos ventos e das marés. As simulações hidrodinâmicas foram usadas como dados de entrada para o estudo de advecção-dispersão da água de refrigeração e dos poluentes nela dissolvidos.

As simulações hidrodinâmicas foram realizadas numa escala espacial grande o suficiente para resolver os mecanismos de circulação que são importantes para o presente estudo. As resoluções espacial e temporal foram finas o bastante para resolver as condições do escoamento num nível de detalhamento que é relevante para os propósitos atuais.

b) Modelagem da advecção e da dispersão dos poluentes

O objetivo da análise foi o de estimar as variações espaciais e temporais dos poluentes dissolvidos na água de refrigeração. Uma vez que tenha sido lançada ao meio aquático, a área de refrigeração começa a se misturar com a água do mar circundante.

As correntes costeiras, geradas principalmente pelos ventos e pelas marés, vão transportar a água de refrigeração e diluí-la mais além, junto com a água do mar à sua volta.

A advecção e a dispersão da água de refrigeração são importantes na avaliação da configuração da estrutura de descarga da água de refrigeração, principalmente no que diz respeito à poluição causada pelos produtos químicos dissolvidos.

Resultados da modelagem

a) Modelagem hidrodinâmica

Nesta seção é apresentada a modelagem da hidrodinâmica costeira. O modelo hidrodinâmico foi usado para simular as condições do escoamento não permanente nas proximidades do ponto de descarga da água de refrigeração. Os resultados do modelo hidrodinâmico foram usados como dados de entrada para a modelagem do transporte dos poluentes.

As condições do escoamento na área do projeto são determinadas principalmente por uma ação combinada de ventos e de marés. A variação máxima da maré é da ordem de 1.50 m. A velocidade média do vento é da ordem de 5 m/s de SSE. Os padrões do escoamento são complexos devido à complexidade da batimetria na área, a qual inclui numerosas ilhas de vários tamanhos.

Acredita-se que o efeito das correntes geradas pelas ondas seja muito pequeno, porque a linha da costa é constituída por rochas. Uma grande parcela da energia disponível da onda será refletida para longe das rochas, ao invés de ser dissipada e gerar correntes produzidas pelas ondas.

A resistência do escoamento perto da linha d'água deve ser grande, o que resulta em velocidades desprezíveis do escoamento produzido pelas ondas. Além disso, a área é amplamente abrigada da ação das ondas pela presença da ilha Grande. As correntes litorâneas induzidas pelas ondas não foram incluídas na análise aqui apresentada, o que corresponde a uma aproximação conservativa, em relação ao espalhamento dos poluentes.

- Montagem do modelo

A modelagem da hidrodinâmica costeira foi realizada numa malha computacional que cobriu uma área de aproximadamente 5 km x 6 km. A batimetria do modelo encontra-se na Figura 301. A resolução espacial adotada nas simulações hidrodinâmicas foi de 50 m em ambas as direções horizontais. A batimetria do modelo foi estendida lateralmente, para reduzir os efeitos de fronteira.

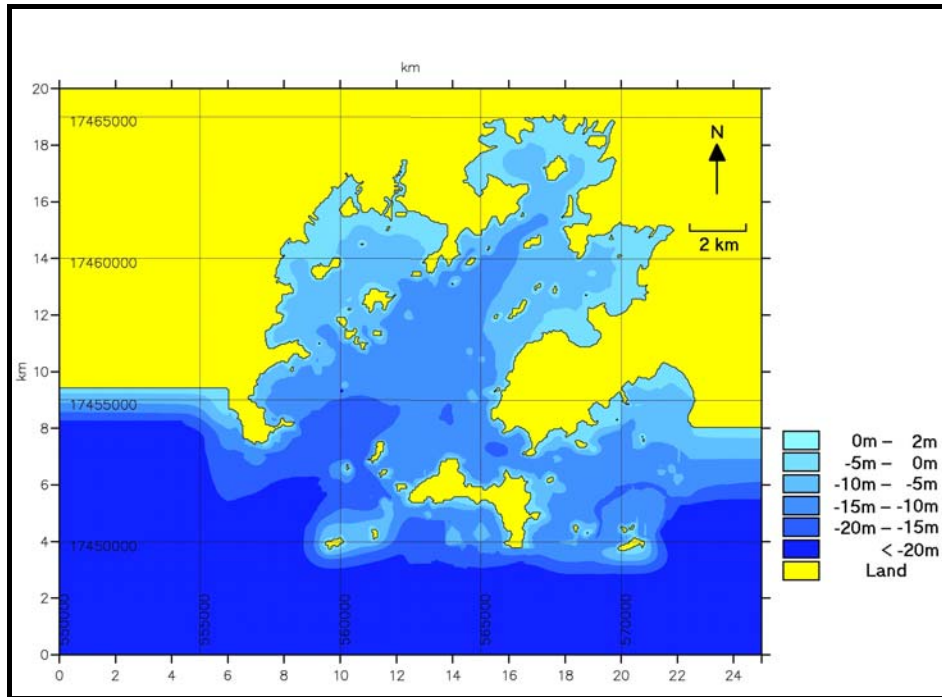


Figura 301 - Batimetria do modelo para a modelagem hidrodinâmica – espaçamento da malha 50 m x 50 m.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

O ponto de lançamento da água de refrigeração foi incluído no modelo como um termo associado a uma fonte. A água de refrigeração foi distribuída através de um canal, localizado na linha da costa. Foram testadas seis diferentes vazões da água de refrigeração, conforme apresentado na Tabela 78. A localização do ponto de descarga está indicada na Figura 302.

Tabela 78 - Cenários de vazões testados

Teste	Descarga (m ³ /s)
A	40
B	80
C	120
D	160
E	200

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

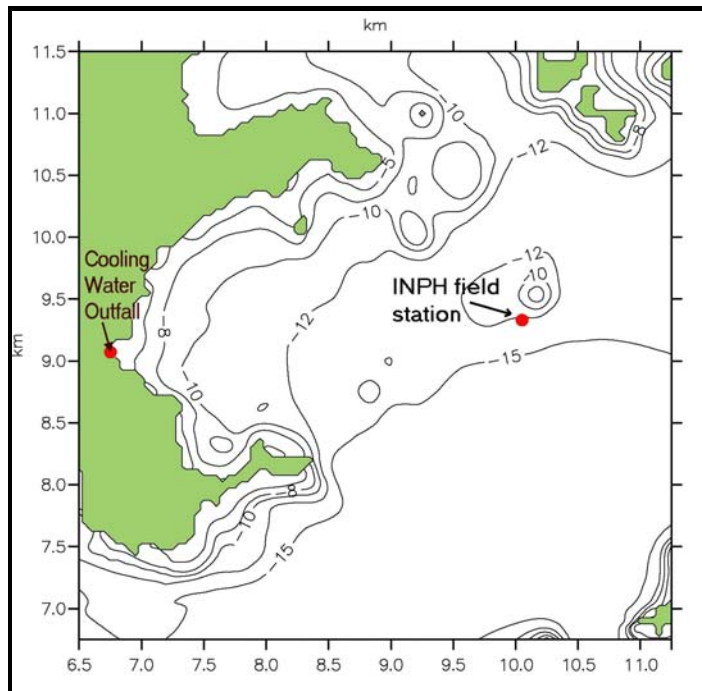


Figura 302 - Localização do ponto de descarga da água de refrigeração e da estação de campo do INPH.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

- Calibração do modelo

O INPH coletou dados hidrodinâmicos num local perto da costa durante os meses de agosto a novembro/2002. Os dados de campo incluíram níveis d’água e velocidades das correntes em duas direções horizontais, a uma distância de 3 m acima do fundo do mar. A localização da estação de medições do INPH está demarcado na Figura 302.

Para poder rodar o modelo hidrodinâmico, fez-se necessário especificar níveis d’água contínuos nas fronteiras do modelo. Contudo, o local onde os níveis d’água foram coletados está situado bem dentro da área do modelo. Diversos mecanismos físicos de transformação se tornam ativos quando uma onda de maré se propaga em áreas rasas costeiras. Assim sendo, os dados de níveis d’água medidos perto da costa não podem ser usados como dados para as fronteiras ao largo. Para se obterem variações reais dos níveis d’água ao longo das fronteiras, os níveis d’água medidos na estação de campo do INPH foram ajustados, filtrando-se fora as oscilações de maiores frequências. Os níveis d’água filtrados foram usados como condições de fronteira para as simulações e os níveis d’água simulados foram comparados com os níveis d’água medidos. Dessa forma, foi obtida por iteração a frequência de corte para a filtragem.

Os níveis d’água e as velocidades do escoamento medidos e simulados são mostrados nas Figura 303, Figura 304 e Figura 305.

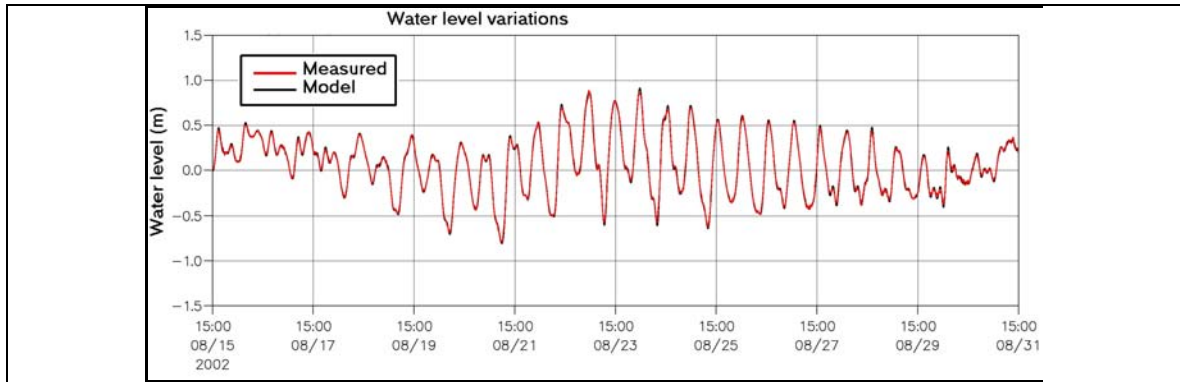


Figura 303 - Níveis d'água medidos e simulados.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

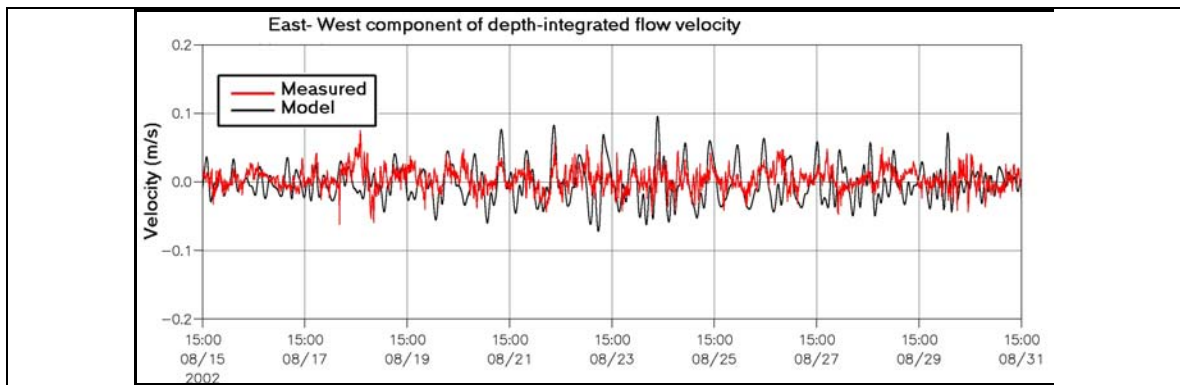


Figura 304 - Componentes este-oeste (direção x) das velocidades das correntes medidas e simuladas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

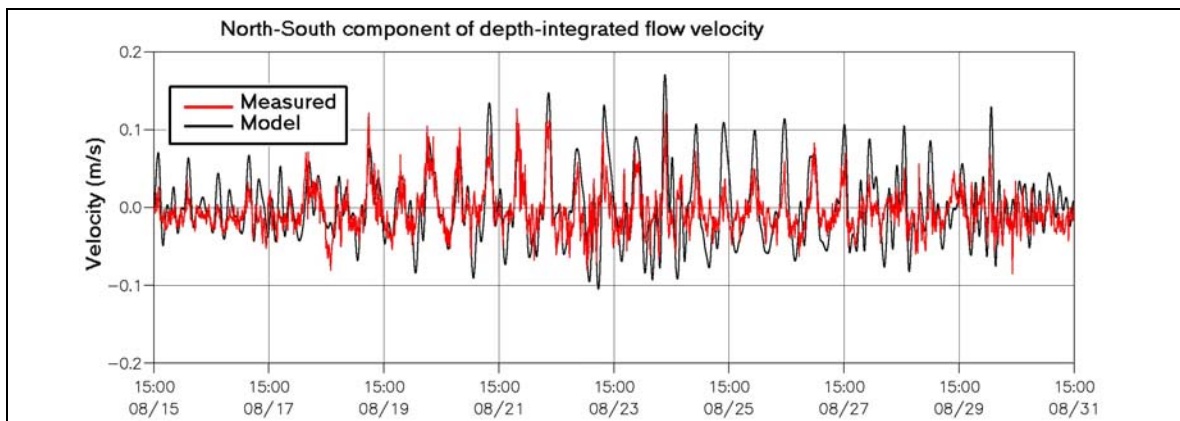


Figura 305 - Componentes sul-norte (direção y) das velocidades das correntes medidas e simuladas.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Dados sobre os ventos estavam disponíveis numa estação localizada na área do projeto. Esses dados foram incluídos nas simulações, mas se chegou à conclusão de que eles não eram muito significativos.

Pode-se ver que é boa a concordância entre os níveis d'água medidos e os simulados. Apesar de ocorrer um considerável espalhamento nos dados de velocidades, pela falta de dados precisos na fronteira, obteve-se uma concordância global satisfatória entre as velocidades do escoamento simuladas e as medições realizadas pelo INPH, em termos de valores médios no tempo, tais como média e desvio-padrão.

- Padrão do escoamento residual

As velocidades do escoamento são em geral muito baixas. Em frente ao ponto de descarga, a velocidade do escoamento raramente excede 0.25 m/s.

O padrão do escoamento residual é importante para a determinação da acumulação de poluentes, numa escala de tempo de longo prazo. Nas Figura 306 e Figura 307, mostra-se o padrão das vazões, integradas no tempo, para o período simulado (aproximadamente dois meses).

Observa-se que uma circulação anti-horária ocorre em frente ao ponto de descarga, e a vazão média do escoamento é pequena, da ordem de 0.10 m³/s. Pode-se ver, também, que a resultante da troca de águas, entre a enseada e o oceano, é muito pequena. Isso significa que existe um risco de os poluentes ficarem presos dentro da enseada, o que pode levar a uma acumulação de poluentes, que se juntam às partículas de sedimentos e se depositam no fundo do mar.

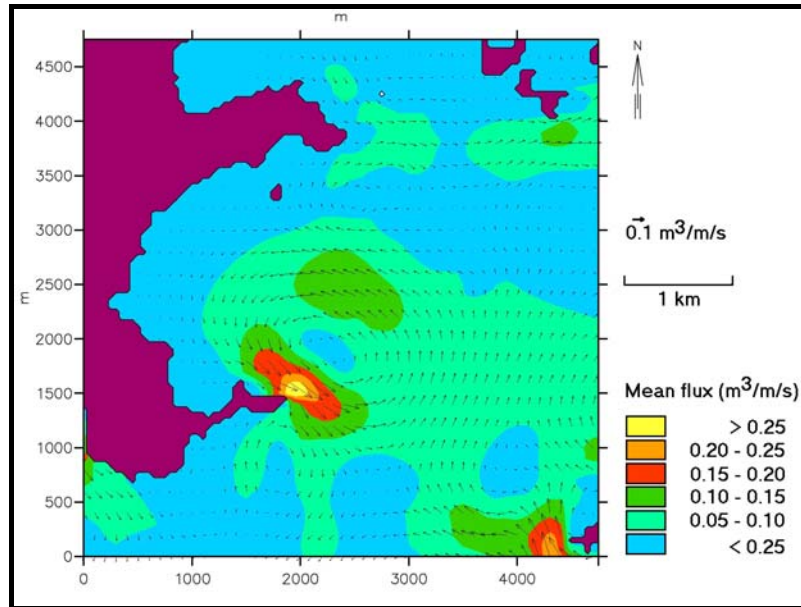


Figura 306 - Padrão do escoamento residual durante o período simulado (aproximadamente dois meses). Vazões do escoamento (m^3/s).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

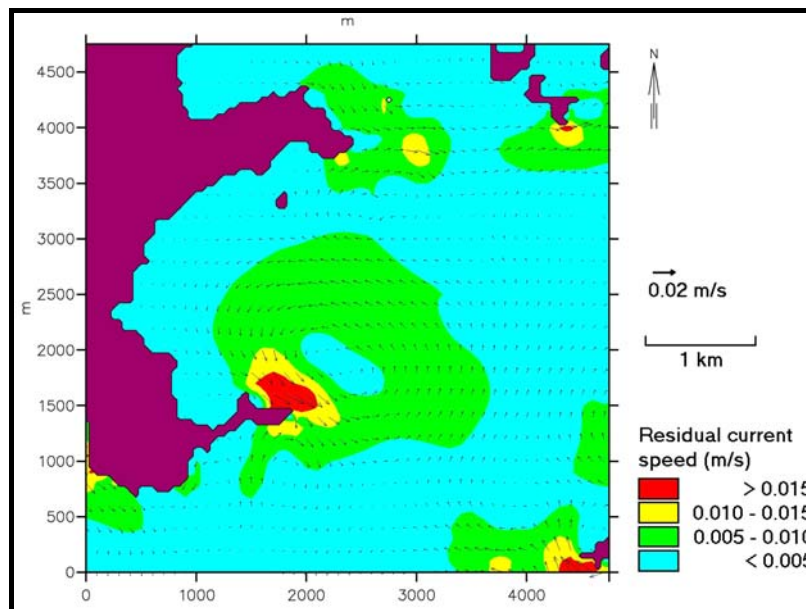


Figura 307 - Padrão do escoamento residual durante o período simulado (aproximadamente dois meses). Velocidades do escoamento (m/s).

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

b) Dispersão da água de refrigeração

As simulações hidrodinâmicas, descritas na seção anterior, formaram a base para o estudo de advecção-dispersão. As simulações de advecção-dispersão foram executadas utilizando-se a mesma malha das simulações hidrodinâmicas e cobriram o mesmo período de tempo.

Neste estudo foi escolhida uma aproximação integrada na vertical, o que significa que não são resolvidas as variações verticais hidrodinâmicas e de temperaturas.

É claro que perto do ponto de descarga ocorre uma estratificação térmica que localmente irá afetar o transporte de poluentes. No entanto, numa escala espacial maior, essa estratificação é de menor importância. Na presente análise, a atenção direcionou-se para os padrões de larga escala da circulação hidrodinâmica e do transporte e deposição de poluentes.

As simulações foram realizadas para os cenários A, B, C, D e E, listados na Tabela 78.

Montagem do modelo

Cenário 1 – material conservativo

Assumiu-se, durante toda a simulação, um fluxo constante de um certo poluente. A concentração inicial do poluente foi tomada igual a 100, enquanto a concentração inicial no meio aquático foi tomada como sendo zero. O poluente foi assumido como neutro e como não estando sujeito a qualquer decaimento, químico ou biológico. A evaporação não foi incluída.

Cenário 2 – deposição de poluentes

Nesta análise assumiu-se que os poluentes têm uma densidade maior do que a da água circundante. Para poder estudar o padrão de deposição, foram realizadas algumas simulações, onde um determinado número de partículas foi rastreado, com base nas simulações hidrodinâmicas. Como nenhuma informação sobre a velocidade de queda do poluente estava disponível, foram escolhidas algumas velocidades de queda para serem examinadas.

Cenário 3 – Material não-conservativo

Certos poluentes podem estar sujeitos a alguma forma de decaimento. Para se poder estudar as concentrações decorrentes do lançamento de um material não conservativo, foram feitas algumas simulações usando-se diferentes valores de T50, que, por definição, é o tempo necessário para que o material seja reduzido em 50%.

As simulações para os cenários 1 e 3 foram realizadas com o modelo do DHI Mike 21 AD (Advecção/Dispersão). O cenário 2 foi simulado usando-se o modelo do DHI de rastreamento de partículas Mike 21 PA (Advecção de Partículas).

Esses modelos foram acoplados ao modelo HD, conforme descrito na seção anterior.

A calibração dos módulos Mike 21 AD e PA são usualmente feitas utilizando-se dados medidos. Para este estudo, no entanto, não existiam dados de campo disponíveis que

permitissem tal procedimento de calibração. Assim sendo, o coeficiente de dispersão, usado no módulo AD, foi escolhido com base na experiência do DHI em outros projetos similares.

Em todas as simulações, foi usado um valor constante para o coeficiente de dispersão, igual a 0.5 m²/s. Uma rápida análise mostrou que os resultados do modelo não são muito sensíveis às variações (de até uma ordem de magnitude) desse valor.

Advecção/dispersão de poluente conservativo

Cinco diferentes séries de simulações foram executadas, usando-se vazões da água de refrigeração iguais a 40 m³/s, 80 m³/s, 120 m³/s, 160 m³/s e 200 m³/s, como é indicado na Tabela 78. As simulações cobriram o período de tempo de 14/8/2002 a 14/9/2002.

Nas figuras a seguir (Figura 308 a Figura 312), vêem-se, para quatro intervalos de tempo durante as simulações, as concentrações percentuais que foram simuladas em função da concentração do lançamento.

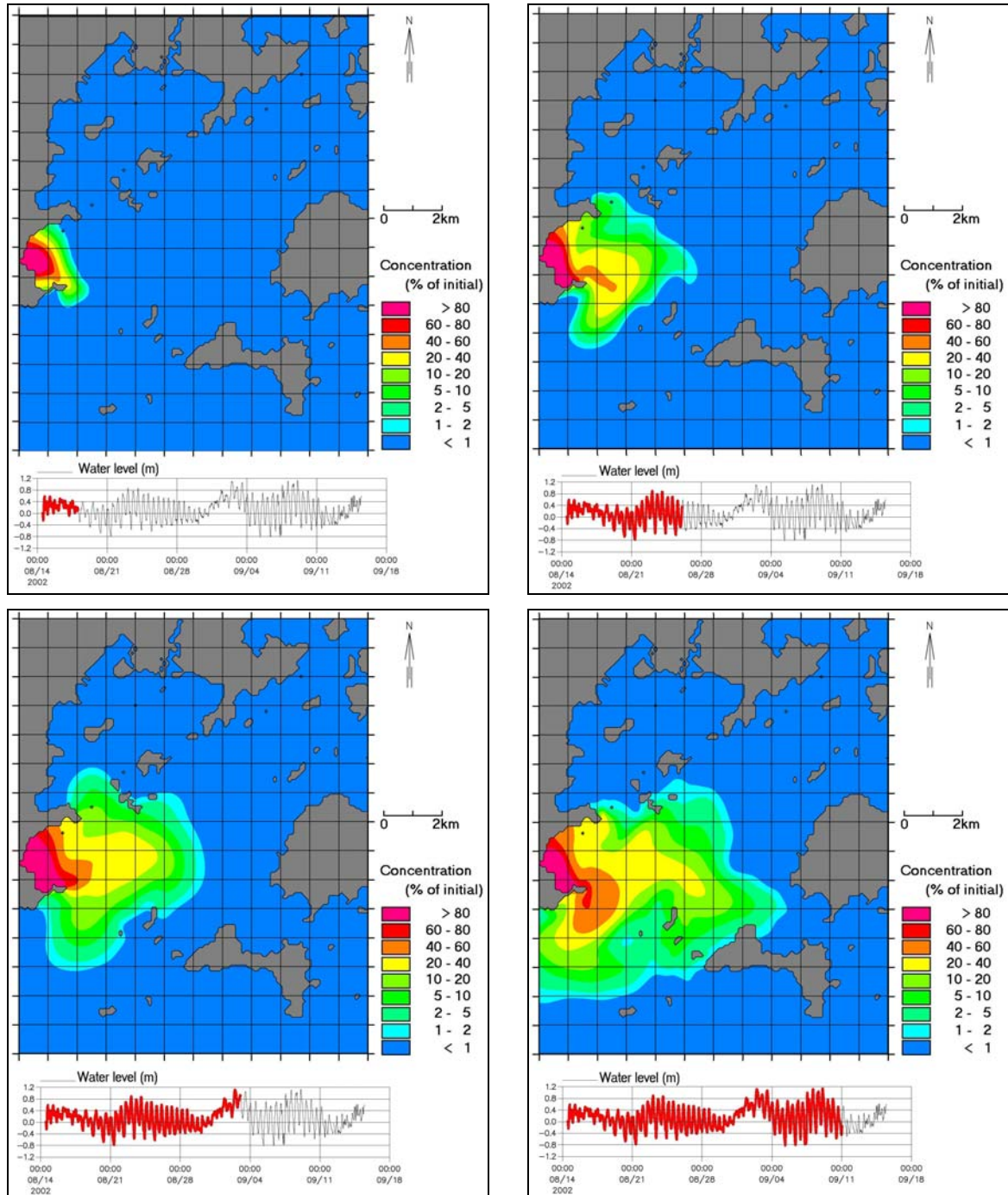


Figura 308 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 40 m³/s.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

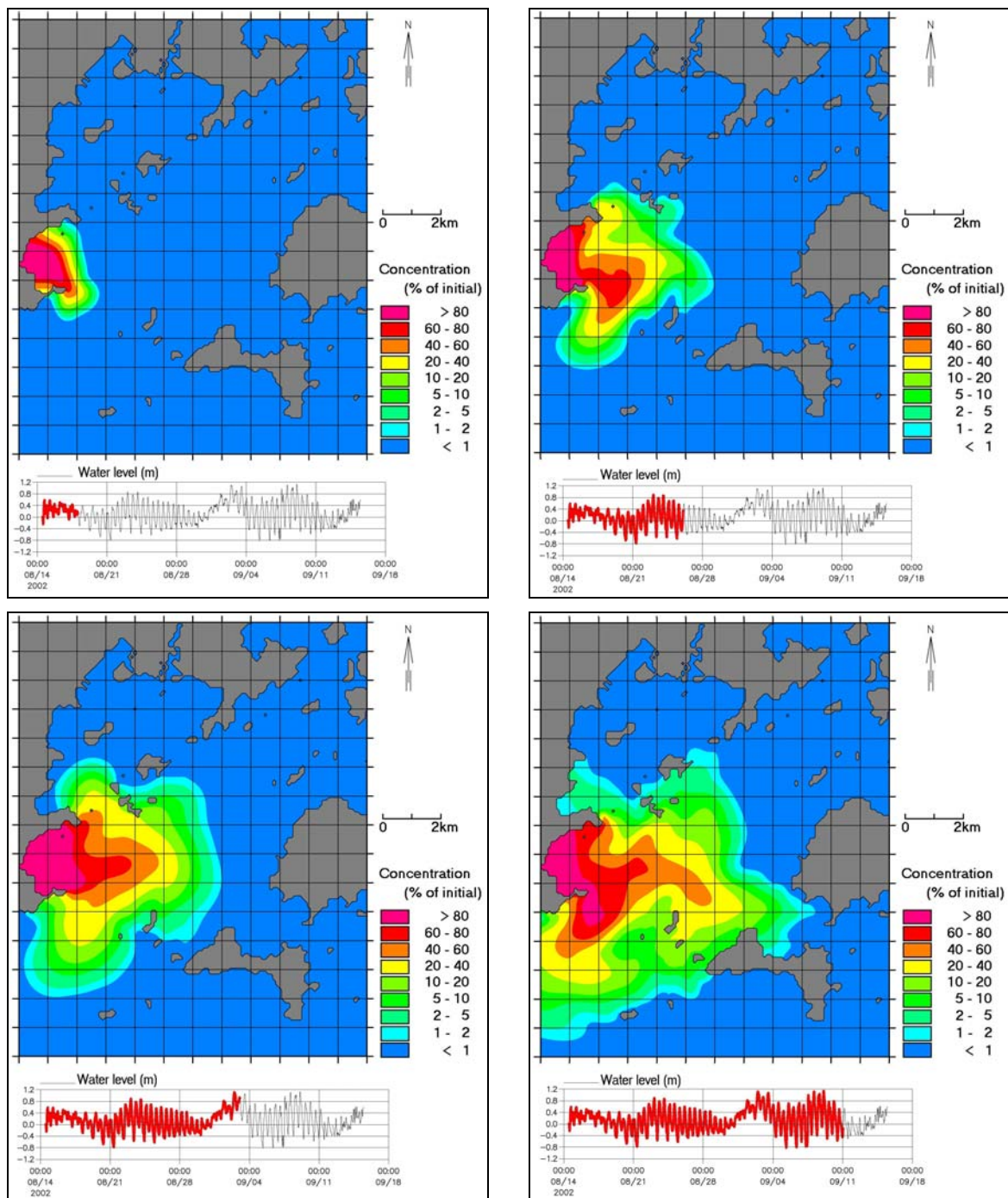


Figura 309 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

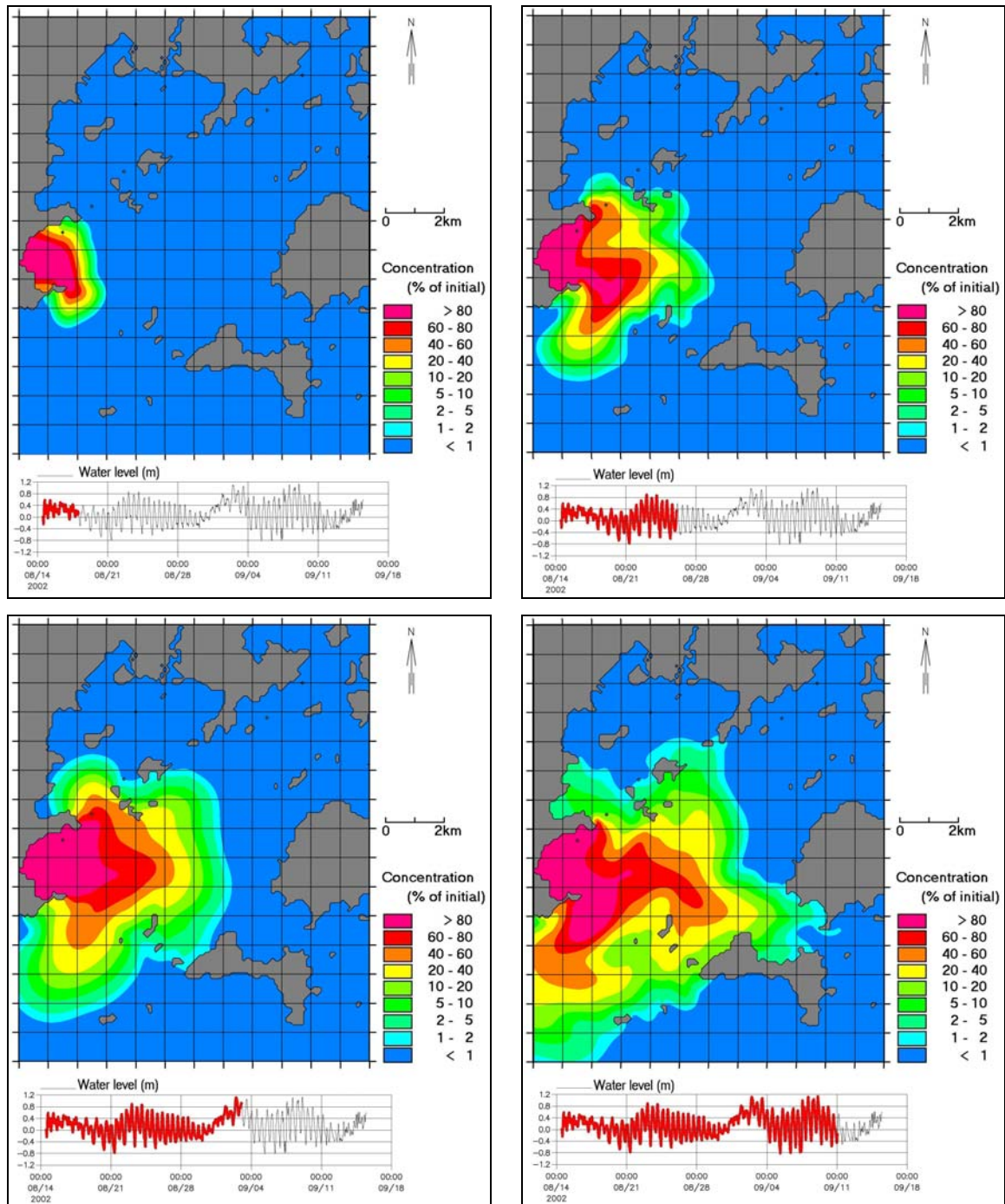


Figura 310 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = $120 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fonte: "Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final", Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

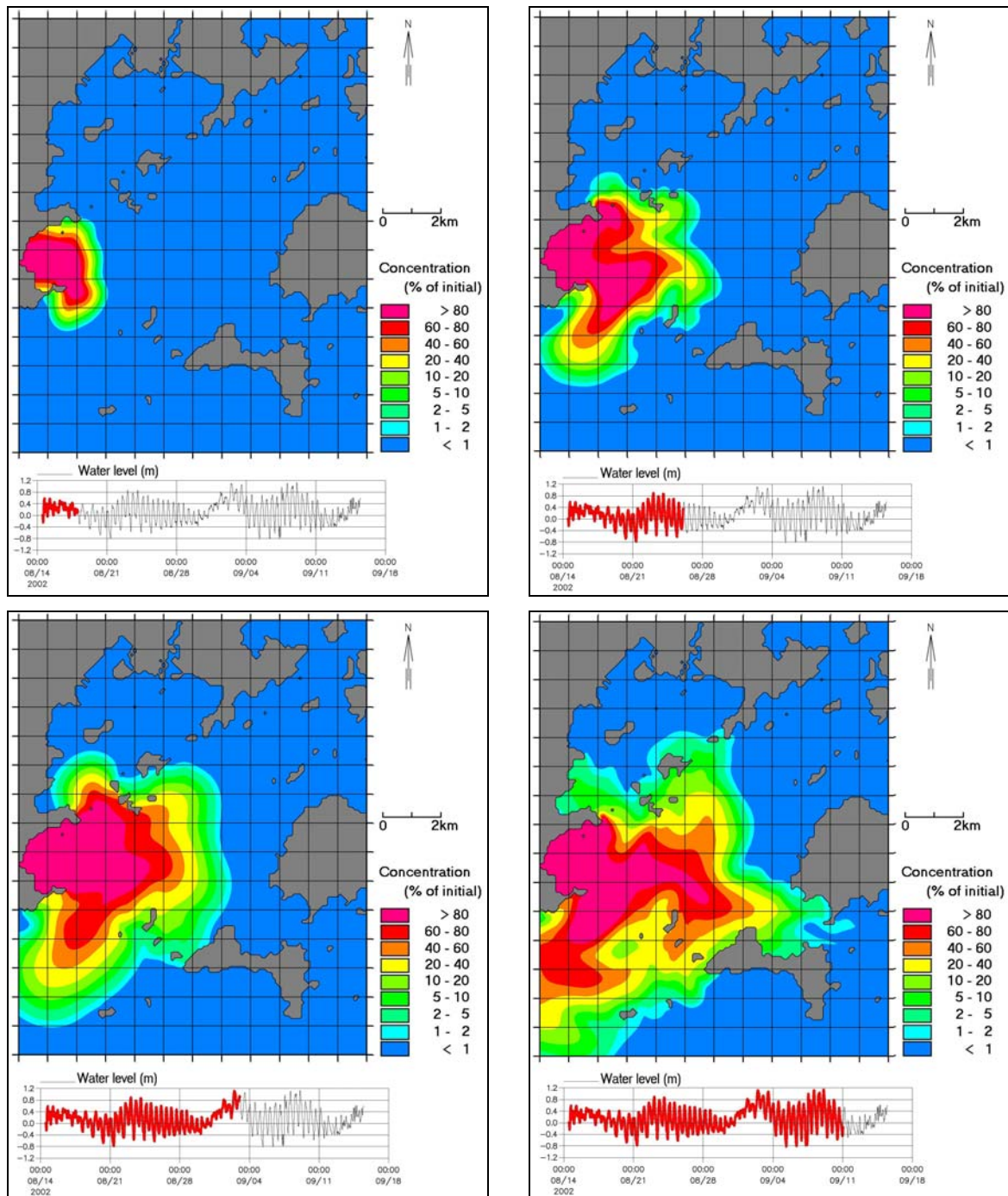


Figura 311 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 160 m³/s.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

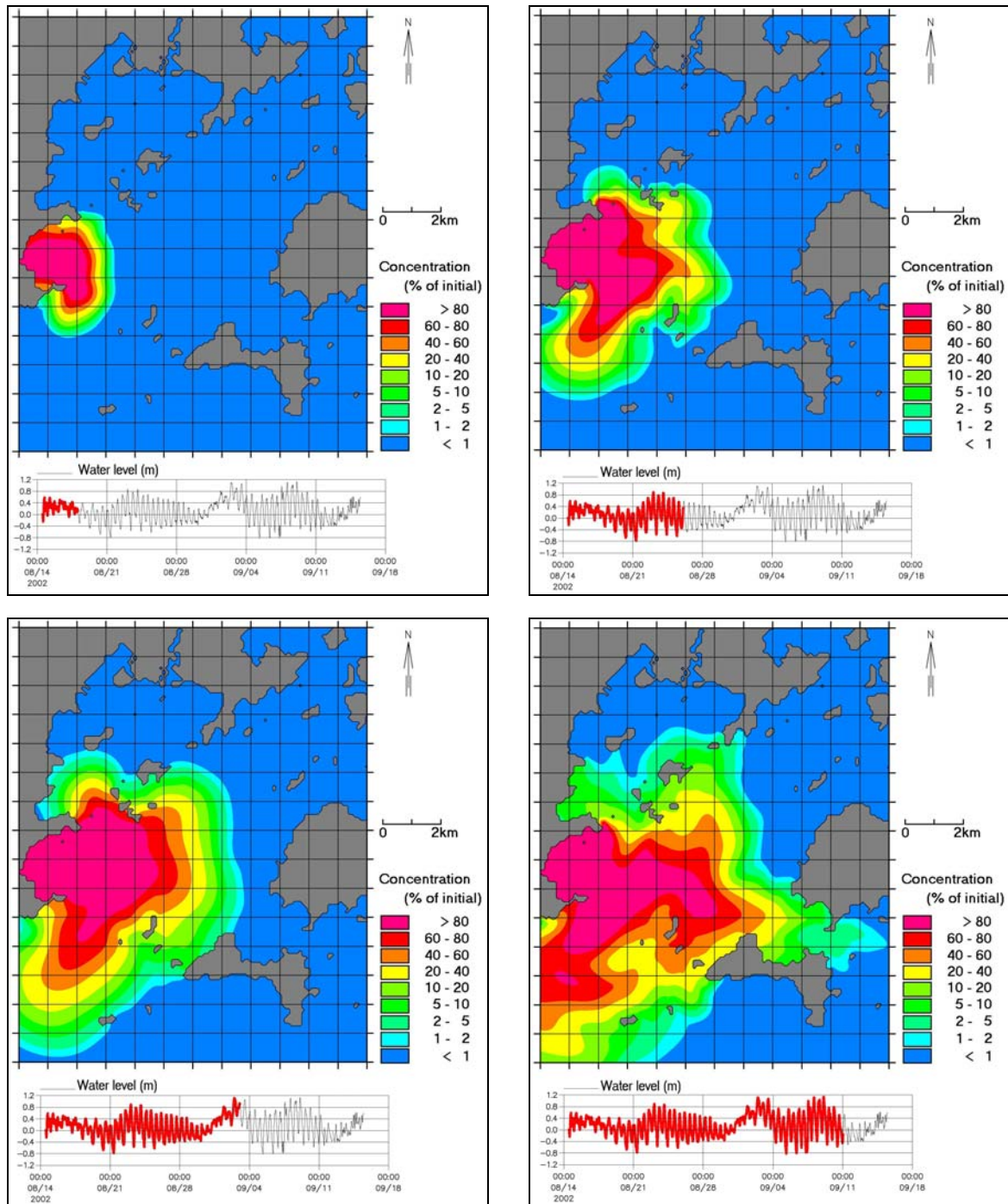


Figura 312 - Concentrações percentuais simuladas para um poluente conservativo em quatro intervalos de tempo durante o período das simulações. Vazão do efluente = 200 m³/s.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Deposição de poluentes

Alguns tipos de poluentes podem aderir às partículas de sedimentos que estão em suspensão na coluna de água. Dessa forma, o poluente irá gradualmente depositar no fundo do mar.

Para poder analisar o tamanho e a localização da área de deposição, foram feitas algumas simulações, utilizando-se o modelo do DHI de advecção de partículas Mike 21 PA. Esse modelo baseia-se no modelo hidrodinâmico e ele simula a trajetória de partículas que são liberadas no ponto de descarga. A essas partículas é dada uma velocidade de queda predefinida, a qual é dependente das características do sedimento.

Com a falta de dados acerca das velocidades de queda, foram executadas duas simulações, utilizando-se velocidades de queda dos sedimentos iguais a 0.1 mm/s e a 1 mm/s. Tais velocidades de queda das partículas correspondem a velocidades de queda de sedimentos coesivos, conforme observado na natureza. O estudo hidrodinâmico para esta simulação, considerou a vazão do efluente como 200 m³/s, cenário mais crítico.

Na Figura 313, apresentam-se as áreas de deposição que foram simuladas para as duas diferentes velocidades de queda. Verifica-se que a área de deposição está virtualmente não afetada pelas velocidades de queda. Isso indica que as componentes horizontais da velocidade do escoamento são muito pequenas, ou seja, a água está quase estagnada, exceto pela pluma da água de refrigeração.

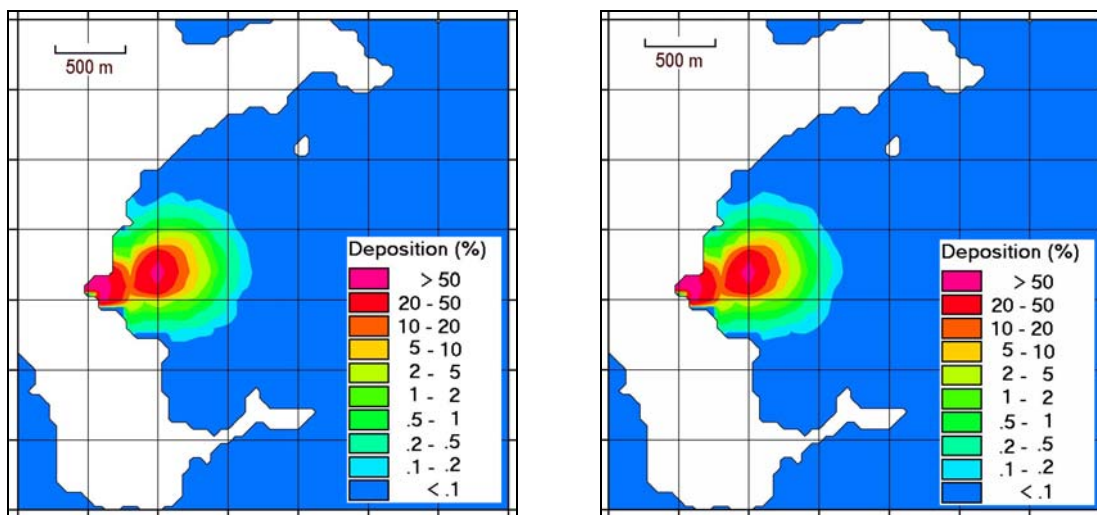


Figura 313 - Áreas de deposição das partículas de sedimentos com diferentes velocidades de queda (w), a esquerda $w = 0.1$ mm/s, e a direita $w = 1.0$ mm/s.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

Decaimento linear

Duas simulações foram realizadas, assumindo-se que o poluente estava sujeito a um certo decaimento linear. O parâmetro de decaimento foi escolhido de tal forma que os valores de T50, ou seja, o tempo requerido para reduzir a matéria em 50%, fosse de um dia e de uma semana, respectivamente. O cenário hidrodinâmico adotado para esta simulação correspondeu foi o mais crítico: vazão do efluente 200 m³/s.

Na Figura 314 mostram-se os campos de concentração para poluentes com T50 = 1 dia. Para permitir uma comparação direta, foram escolhidos os mesmos intervalos de tempo daqueles mostrados na ilustração 218, em que se assumiu não haver decaimento do poluente. Pode-se observar que as concentrações se estabilizaram e que a pluma dos poluentes ficou limitada à área próxima do ponto de lançamento.

Da mesma maneira, na Figura 315 são mostrados os campos de concentração para poluentes com o valor de T50 igual a uma semana. Pode-se ver, a partir dessa figura, que as concentrações não se estabilizaram completamente e que a extensão da pluma de poluentes é maior do que aquela para o valor de T50 igual a um dia. Contudo, as concentrações são consideravelmente menores do que aquelas para um poluente conservativo, conforme pode ser visto na Figura 312.

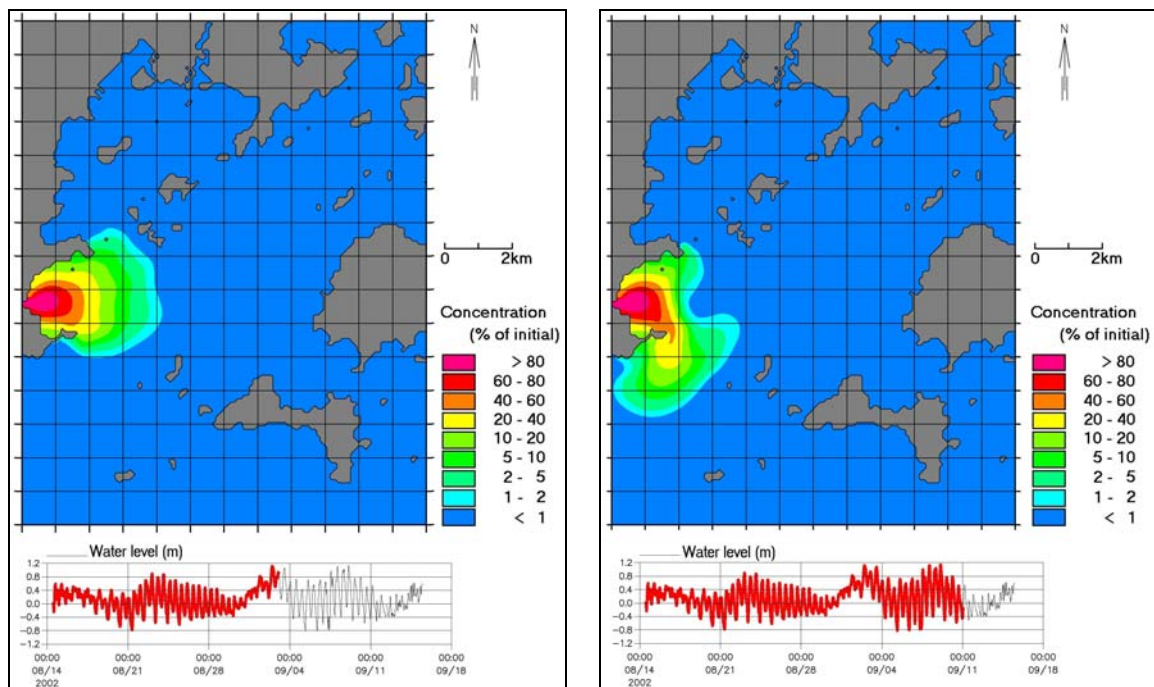


Figura 314 - Campos de concentrações para poluentes com T50 = 1 dia. - Cenário hidrodinâmico: Q = 200 m³/s.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj).

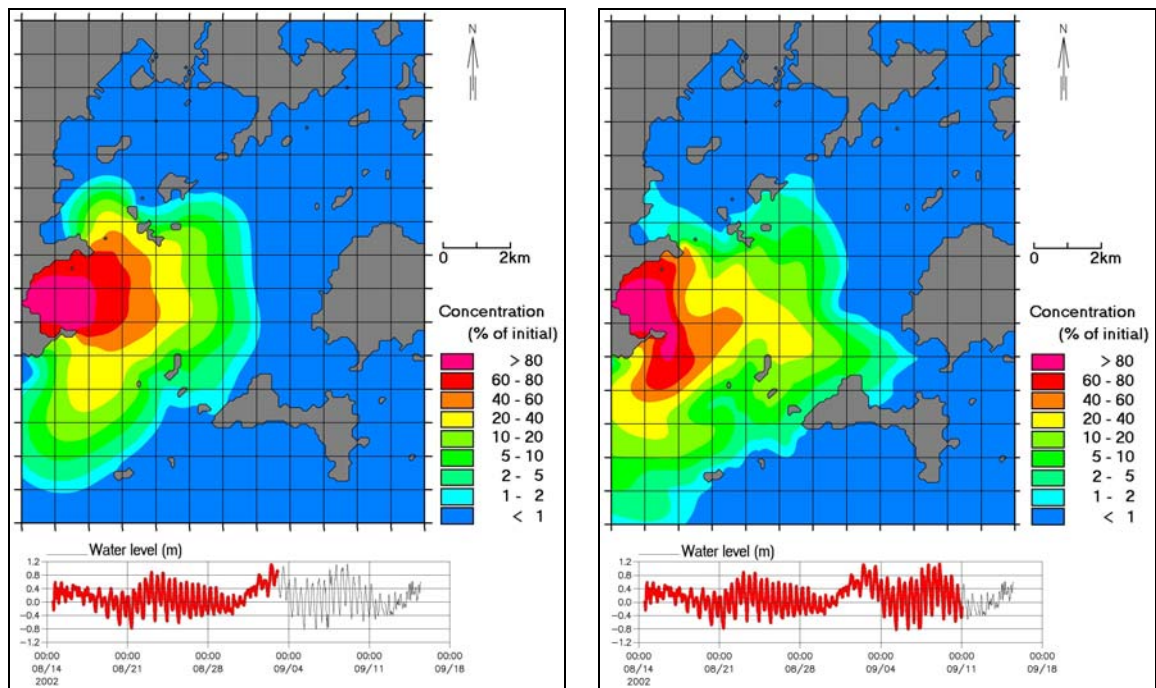


Figura 315 - Campos de concentrações para poluentes com $T50 = 1$ semana - Cenário hidrodinâmico: $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fonte: “Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final”, Departamento de Oceanografia e Hidrologia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

Conclusões

As simulações com o modelo hidrodinâmico mostraram que a troca de água, entre a enseada e o oceano, é muito pequena. Assim sendo, cuidados extremos devem ser tomados no lançamento de poluentes conservativos, já que a acumulação desses poluentes pode dar, a longo prazo, origem a níveis de concentração críticos.

As simulações das trajetórias das partículas indicaram que uma possível deposição de poluentes, aderidos às partículas de sedimentos, ocorrerá dentro de um raio de aproximadamente 1 km do ponto de descarga.

As simulações com material não conservativo indicaram que os poluentes com valores de $T50$ iguais ou menores do que aproximadamente 1 semana irão conduzir a um aumento local das concentrações nas vizinhanças do ponto de descarga.

6.6. QUALIDADE DO AR

Os resultados apresentados são referentes ao desenvolvimento das atividades propostas na área de modelagem computacional da atmosfera e da qualidade do ar. Foram implementados modelos computacionais para a simulação do transporte de poluentes radioativos e convencionais, provenientes da CNAÁ, objetivando a estimativa do campo de concentração de poluentes na região, para subsidiar o cálculo de doses a ser realizado no âmbito do licenciamento de Angra 3, não sendo o cálculo desta, o objetivo do estudo.

Dentre os modelos revisados e implementados, inclui-se o ADELTA, um modelo estatístico atmosférico, capaz de estabelecer as frequências predominantes de direção do vento, regimes de calmaria e classes de estabilidade estática da atmosfera. Os resultados do ADELTA são utilizados como dados de entrada nos modelos de qualidade do ar para poluentes convencionais e radioativos. Como parte do trabalho desenvolvido, o modelo ADELTA foi modificado em relação à versão original, a fim de possibilitar o cálculo dos parâmetros meteorológicos, considerando situações climatológicas, para cada mês do ano, a partir da base de dados meteorológicos no período de 1982-2002, conforme já exposto no item 6.1 Meteorologia.

No cálculo das concentrações médias dos efluentes convencionais é usado o modelo gaussiano *Industrial Source Complex Dispersion Model (ISC3)*, recomendado pela agência ambiental americana, *Environmental Protection Agency – EPA*. O modelo XOQDOQ é utilizado para o cálculo das concentrações médias na atmosfera e deposições médias na superfície, provenientes dos efluentes radioativos, normalizadas pela intensidade da fonte. Vale frisar, que esse é um modelo de fluxo de ar em linha reta, que implementa computacionalmente as suposições do Regulatory Guide 1.111, “*Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Releases from Light-Water-Cooled Reactors*”, sendo recomendado seu uso para licenciamento de usinas nucleares pela *US Nuclear Regulatory Commission - NRC*.

Foi realizada uma modificação nos códigos computacionais para estimativa da dispersão de poluentes radioativos e atualmente estes podem ser executados sob plataformas com sistema operacional WINDOWS ou LINUX, flexibilizando a operação dos modelos em microcomputadores. A descrição detalhada dos modelos é apresentada no escopo do trabalho, objetivando caracterizar suas potencialidades, bem como os parâmetros meteorológicos, os dados topográficos e das fontes de emissão, que são necessários para sua execução.

No trabalho, foi desenvolvido um código computacional que permite o estudo da influência combinada das emissões provenientes das três usinas da CNAÁ (estudo de sinergia), sobre a qualidade do ar da região, a partir das estimativas de concentração simuladas pelo modelo XOQDOQ. O estudo de sinergia é desenvolvido também para as emissões gasosas convencionais, visto que o modelo ISC3 permite avaliar o impacto na qualidade do ar devido a influência de múltiplas fontes.

6.6.1. Dados de inventário das fontes de emissão – Angra 3

A base de dados disponíveis, referente à emissão de poluentes gasosos, é proveniente do Estudo de Impacto Ambiental de Angra 2 (NATRONTEC, 1999a), e fornecido pela Eletronuclear. Esses dados contribuem para estudos de caso, que são realizados através dos modelos de qualidade do ar e dispersão de efluentes.

6.6.1.1. Emissões atmosféricas convencionais (não radioativas)

As emissões atmosféricas de Angra 2 são provenientes dos gases de combustão de óleo utilizado na caldeira auxiliar e no grupo gerador. O consumo de óleo da caldeira é de 1.400 kg/h e o consumo dos grupos geradores é de 30,13 kg/h.

A repartição dos gases de combustão do óleo Diesel é dada pela seguinte forma: 95% de SO₂ e 5% de SO₃, para os óxidos de enxofre emitidos; 90% de NO e 10% de NO₂, para os óxidos de nitrogênio emitidos; e 1,0% de CO e 99% de CO₂ para os óxidos de carbono liberados para a atmosfera. A Tabela 79 apresenta as quantidades e frequências estimadas de emissões atmosféricas convencionais de Angra 2.

Tabela 79 – Emissões atmosféricas convencionais (não radioativas) de Angra 2.

Tipo	Quantidade	Frequência	Tratamento
Gases de combustão de óleo da caldeira auxiliar	26,60 kg/h SO ₂	720 h/ano	Não previsto
	1,75 kg/h SO ₃		
	13,51 kg/h NO		
	2,31 kg/h NO ₂		
	28,43 kg/h CO		
	4.423 kg/h CO ₂		
Gases de combustão de óleo Diesel dos grupos Diesel-gerador de emergência	0,57 kg/h SO ₂	2 h/sem (Dois grupos, um de cada tipo)	Não previsto
	0,04 kg/h SO ₃		
	0,29 kg/h NO		
	0,05 kg/h NO ₂		
	0,61 kg/h CO		
	95,19 kg/h CO ₂		
H ₂ gerado durante a produção de hipoclorito de sódio	130 m ³ /h (máx.)	Contínua	Desnecessário

Fonte: Nuclen (TS2-526/97), NATRONTEC (1999a).

A boca de descarga da chaminé da caldeira auxiliar está a uma altura em relação ao solo de 45 m, enquanto os grupos geradores Diesel de emergência possuem tubos de descarga com a boca situada a 18,75 m de altura. Para o grupo do sistema de emergência 1, a chaminé está a 11 m de altura, enquanto, para o grupo do sistema de emergência 2, está a 10 m.

6.6.2. Topografia da região

A Figura 316 ilustra as características topográficas peculiares do sítio da CNAAA, formando um paredão devido à presença da Serra do Mar junto a Itaorna. Nas simulações são considerados os efeitos topográficos sobre o mecanismo de dispersão de poluentes radioativos e convencionais na atmosfera. A presença deste paredão em conjunto ao condicionamento da atmosfera da região, onde há uma predominância de classes de estabilidade estática, amplifica o nível de concentração no entorno imediato da CNAAA, notadamente no raio de até 5km, e diminui significativamente a concentração de poluentes nas regiões fora da zona de exclusão.

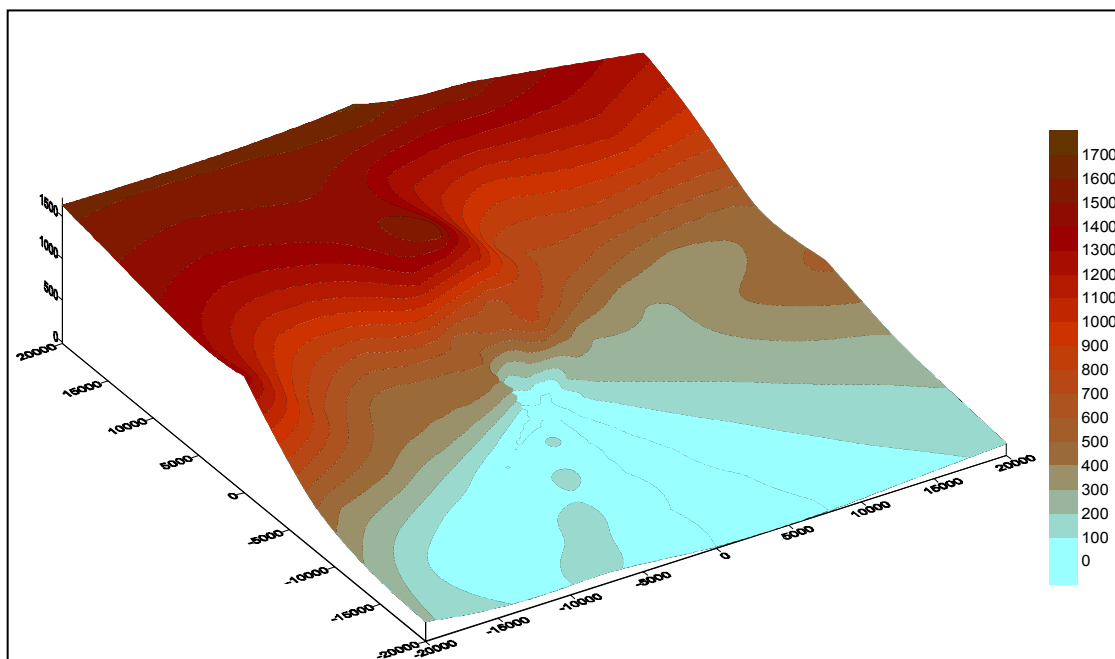


Figura 316 – Topografia da região da CNAAA.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

6.6.3. Padrões de Qualidade do Ar

A seguir são apresentados os padrões de qualidade do ar estabelecidos e regulamentados.

6.6.3.1. Poluentes convencionais

Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico, que garanta a proteção da saúde e do bem estar da humanidade. Através da Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90, o Ibama estabeleceu os parâmetros nacionais de qualidade do ar. Os efluentes regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Os dados são apresentados na Tabela 80.

Tabela 80 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução Conama 3 de 28/6/90).

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Método de Medição
		Primário	Secundário	
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹ MGA ²	240	150	Amostrador de grandes volumes
		80	60	
Partículas inaláveis	24 horas ¹ MAA ³	150	150	Separação Inercial/filtração
		50	50	
Fumaça	24 horas ¹ MAA ³	150	100	Refletância
		60	40	
Dióxido de enxofre	24 horas ¹ MAA ³	365	100	Pararosanilina
		80	40	
Dióxido de nitrogênio	1 hora MAA ³	320	190	Quimiluminescência
		100	100	
Monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
		10.000	10.000	
	8 horas ¹	9 ppm	9 ppm	
Ozônio	1 hora ¹	160	160	Quimiluminescência

Fonte: Ibama

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

6.6.4. Sistema de Modelagem

O sistema de modelagem proposto é originado da utilização de três modelos numéricos. Os resultados de saída gerados pelo modelo ADELTA são utilizados como condições de entrada para os modelos de qualidade do ar ISC3 e XOQDOQ. A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada um desses modelos.

6.6.4.1. Modelo estatístico atmosférico – ADELTA

O principal objetivo do modelo ADELTA é de produzir as distribuições de frequência de direção do vento e classes de estabilidade nos diversos formatos de interesse, bem como a frequência de calmarias. A estrutura do ADELTA é dada pelos seguintes módulos:

- **MÓDULO INICIA:** Inicialização das variáveis do programa e ajuste das constantes.
- **MÓDULO LER:** Este módulo assimila as definições de entrada do programa, tais como: período de interesse, tipo de torre, tipo de delta, opções de relatório. Na versão original, o programa recebia estas informações sob a forma de cartão perfurado. Nas atualizações, foi desenvolvida uma interface, onde o usuário cria e modifica as definições de entrada. Esta nova opção é feita através do módulo MENU.
- **MÓDULO RDADOS:** Este módulo extrai do cadastro meteorológico os dados que fazem parte do período onde se deseja obter a distribuição de frequência e as classes de estabilidade. Na versão anterior, uma das rotinas era escrita em linguagem de programação COBOL, o que tornava incompatível a execução do modelo em microcomputador. Foi construída uma subrotina, em linguagem de programação Fortran 90 chamada NCAM05.F90. Essa nova subrotina permite criar médias mensais de períodos de anos e organizar um arquivo meteorológico de dados estatísticos para ser utilizado no modelo ISC3.
- **MÓDULO ARQUI:** Este módulo processa os dados lidos por RDADOS e classifica a velocidade, a estabilidade atmosférica e a direção. Cria um arquivo para ser usada no módulo MATRIX e calcula as velocidades médias para o relatório 6 e para a rosa dos ventos.
- **MÓDULO MATRIX:** Cria matriz utilizada para saídas nos relatórios.
- **MÓDULO SAÍDA:** Imprime os relatórios para o usuário.
- **MÓDULO SAIDAX:** Imprime a distribuição de frequência por direção, por classe de estabilidade, por classe de velocidade, em um arquivo para ser utilizado pelo XOQDOQ.

- MÓDULO SVELOC: Classifica a velocidade em diversas faixas, em função da intensidade do vento.
- MÓDULO DELTAT: Classifica a estabilidade atmosférica segundo o critério do diferencial de temperatura.
- MÓDULO ESPANG: Classifica a estabilidade atmosférica segundo o critério do sigma teta aproximado.
- MÓDULO SIGMAT: Classifica estabilidade atmosférica pelo critério do sigma teta, ou seja, o desvio padrão das direções do vento durante o intervalo de interesse.
- MÓDULO MENU: É uma interface onde o usuário define as saídas de relatórios desejadas e os critérios de classificação, bem como outras funcionalidades do programa.

6.6.4.2. Modelos de qualidade do ar – poluentes convencionais

Será brevemente comentada a seguir a estrutura principal dos parâmetros iniciais utilizados pelo modelo ISC3:

Dados de fonte

- a) Tipo de poluente a ser estudado (ex.: SO₂, NO_x, CO, PM10, PTS e outros), com ou sem decaimento exponencial;
- b) Elevação do terreno: o ISC3 pode ser executado com 2 tipos de terreno, plano ou complexo, sendo que no caso da opção de terreno complexo, a altura do terreno deve ser especificada para cada receptor;
- c) Tipo de fonte e conjunto de dados: o modelo permite 4 tipos de fontes e seus respectivos conjuntos de parâmetros de entrada: fonte pontual, volumétrica, área, em vale.
- d) Taxas de emissão variável: variações sazonais, mensais e horárias das taxas de emissão, variação na taxa de emissão causada pela velocidade e categorias de estabilidade e variação de taxa de emissão causada por mudança de estação.
- e) Grupos de fontes: o modelo permite ainda que sejam informados grupos distintos de fontes, sendo estes combinados no processamento.

Dados dos receptores

- a) Rede de receptores: podem ser definidos 2 tipos de grades de receptores, cartesiana (identificada pelas coordenadas x, leste-oeste, e y, norte-sul) e polar (identificada pela direção e distância de um ponto origem definido pelo usuário).

- b) Rede múltipla de receptores: pode ser definida também uma rede de receptores para abranger uma grande área, sendo que essa rede pode combinar grades cartesianas e polares.
- c) Receptores discretos: pode ser definido um receptor único para o modelo, visando-se estudar os impactos da concentração de poluentes na atmosfera em um determinado local específico, como escolas ou casas, por exemplo.

Campos de dados meteorológicos

O arquivo contendo os parâmetros meteorológicos, que são utilizados como dados de entrada para o ISC3 deve conter:

- a) Data (dia, mês e ano) e hora;
- b) Direção do vento(graus);Velocidade do vento (m/s);
- c) Temperatura ambiente (graus K);
- d) Classe de estabilidade;
- e) Altura da camada de mistura urbana e rural;
- f) Gradiente vertical de temperatura potencial (k/m);
- g) Velocidade de fricção (m/s) (somente para deposição seca e úmida);
- h) Comprimento de Monin-Obukhov (m) (somente para deposição seca e úmida);
- i) Comprimento da rugosidade de superfície (m) (somente para deposição seca e úmida);
- j) Código de precipitação (00-45) (somente para deposição úmida);
- k) Taxa de precipitação (mm/hr) (somente para deposição úmida);
- l) Altura do anemômetro (altura acima do solo onde está localizado o sensor que coleta dados de velocidade do vento);
- m) Informações da Estação (número da estação, ano dos dados processados, coordenadas geográficas da localização da estação);
- n) Período de processamento;
- o) Correção de problemas de alinhamento na direção do vento (opcional): permite ao usuário corrigir problemas de alinhamento na direção do vento;
- p) Categorias de velocidade do vento;

Dados topográficos

Na Figura 316 (item 6.6.2 Topografia da região) é apresentada a configuração topográfica da região de estudo, com resolução de 200 metros e raio de 20 km tendo como centro a CNAAA. O arquivo com as informações sobre a Grade de Terreno e a sua discretização deve conter essencialmente:

- a) Números de pontos de grada nas direções x (Leste) e y (Norte);
- b) Coordenadas em UTM (m) do ponto esquerdo mais baixo e do canto superior direito da grade;
- c) Espaçamento entre os pontos da grade nas direções x e y, em metros.

Composição dos arquivos de saída

Os principais parâmetros de saída são:

- a) Concentração;
- b) Deposição;
- c) Deposição Seca e Úmida.

Sendo esses campos apresentados pelo modelo através de tabelas contendo:

- c1) Sumário dos maiores valores por receptor;
- c2) Valores máximos gerais;
- c3) Sumário dos valores concorrentes por receptor para cada dia processado;
- c4) Valores de concentração média (ou deposição total) de cada fonte para o período correspondente ao evento;
- c5) Valores de concentração média horária para cada fonte;
- c6) Sumário dos dados meteorológicos horários para o período do evento.

6.6.4.3. Modelo de qualidade do ar - poluentes radioativos

Descrição do Modelo XOQDOQ

O XOQDOQ é um modelo computacional que permite estimar a concentração ao nível da fonte e a deposição média de poluentes radioativos, normalizados pela intensidade da fonte, considerando as condições meteorológicas, emitidas por uma planta de geração de energia nuclear.

O método de cálculo é baseado no NRC *Regulatory Guide 1.111 – “Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Releases from Light-Water-Cooled Reactors”*. As referências técnicas para o modelo são intituladas NUREG/CR-2919 (“XOQDOQ: *Computer Program for the Meteorological Evaluating of Routine Effluent Releases at Nuclear Power Station*”).

Para liberações rotineiras, o programa calcula concentrações médias relativas de efluentes e valores de deposição média relativa para locais especificados pelo usuário, para distâncias radiais padrões e segmentos para setores na direção do vento. As seguintes opções compõem o código do modelo:

- Localização da Liberação da Pluma Efluente:
 - a) a liberação pode ser sempre elevada;
 - b) sempre a nível do solo;
 - c) modo misto (mistura de liberação elevada e nível de solo), que é usado, principalmente, na análise de liberações por respiradouros situados acima ou na mesma altura das estruturas adjacentes.

Para liberações elevadas, a pluma pode ser elevada devido a empuxo térmico e/ou momento. As liberações ao nível do solo podem ser afetadas pela dispersão adicional devido à influência de prédios vizinhos. As medidas de velocidade do vento, em um nível, podem ser extrapoladas para as elevações dos pontos de liberação. Os parâmetros de crescimento da pluma são descritos pelas curvas de Pasquill. Para liberações elevadas, a topografia pode ser introduzida no cálculo da altura efetiva da pluma.

A pluma pode sofrer decaimento radioativo devido à meia-vida do radionuclídeo. A pluma pode sofrer depleção via deposição seca e os valores da concentração média relativa de efluentes e de valores de deposição média relativa podem ser modificados por meio de valores padrões ou introduzidos de modo que considerem a recirculação ou estagnação do ar local.

A seguir são apresentadas algumas das subrotinas de dados de entrada e saída do código, com a descrição de cada um deles.

Subrotina MAIN: A impressão e leitura dos dados de entrada são feitas por esta rotina e, de acordo com a opção selecionada no primeiro registro dos dados de entrada, acessa as subrotinas específicas para efetuar os cálculos desejados. A determinação de uma velocidade do vento e uma direção para períodos de calma pode ser feita por esta rotina.

Subrotina ANNUAL: As quantidades da concentração médias relativas de efluentes são calculadas por esta rotina, com os seguintes dados de entrada para liberações elevadas: Valores do ponto médio da velocidade de vento; Espalhamento vertical do efluente; Distância na direção do vento a partir do ponto de liberação; Altura efetiva da pluma (subrotina RISE); Fator de redução devido a decaimento radioativo; Fator de redução devido a depleção da pluma; Fator de correção para recirculação do ar e estagnação; Altura do prédio; Meia vida do material radioativo; Tempo de percurso. Esta rotina pode assumir elevação de pluma, além de poder variar a topografia para liberações elevadas.

Subrotina DEPOS: O cálculo da deposição relativa por unidade de área é feito por esta rotina. A rotina opcionalmente permite liberações elevadas, liberações ao nível do solo, ou mista, possuindo os seguintes dados de entrada: Taxa de deposição relativa; Probabilidade associada; Distância percorrida; Fator de correção para recirculação do ar e estagnação.

Subrotina DETERM: A razão entre a velocidade de saída da pluma e a velocidade do vento é calculada nesta rotina e possuem os seguintes dados de entrada: Fração do tempo

quando a liberação é ao nível do solo; velocidade de saída da pluma; velocidade do vento para altura da chaminé.

Subrotina RISE: A elevação da pluma provocada tanto pela quantidade de movimento, quanto pelo “empuxo” (altura efetiva), é calculada por esta rotina. Em geral, as instalações nucleares de potência só liberam efluentes gasosos para a atmosfera na temperatura ambiente. As seguintes condições de entrada são necessárias: Altura física da chaminé; elevação da pluma; altura do terreno; velocidade de saída do gás; distância média na direção predominante do vento; velocidade do vento na altura da liberação; diâmetro interno da chaminé; parâmetro do fluxo de momento; aceleração de restituição por deslocamento vertical em movimentos adiabáticos na atmosfera; aceleração da gravidade; temperatura do ar; gradiente vertical de temperatura potencial; parâmetro do fluxo de empuxo; taxa de emissão de calor de uma fonte contínua.

Subrotina PTSOUT: As quantidades de saída dadas pelas concentrações e deposições médias relativas de efluentes são impressos por esta rotina, obtidas nas subrotinas ANNUAL, PTDEPS e PURGE, para locais do receptor especificados nas condições de entrada.

Subrotina PRNTIN: Imprime os dados de saída referentes às características do prédio, da chaminé, e do tipo de liberação das quantidades de concentrações e deposições médias relativas de efluentes.

6.6.5. Síntese da análise

O estudo concentrou-se em períodos onde notadamente o condicionamento da atmosfera apresentava condições atípicas do clima, verificando-se situações de intensa estabilidade estática e/ou situações de calmaria. Esses períodos foram obtidos a partir da análise climatológica, sendo definido os seguintes períodos:

- janeiro/1991;
- agosto-outubro/1996;
- dezembro/1997;
- abril-julho/2000;
- setembro/2000;
- dezembro/2000.

Além disso, foram escolhidos para a análise da dispersão de poluentes na atmosfera, anos com representatividade climatológica, como: o ano de 1983, por se tratar de um ano de evento *El Niño*, ano de 1990, por se tratar de um ano de evento *La Niña*, e o ano de 2001, por ser um ano sem ocorrência de nenhum evento climático de grande impacto global, mas que apresentou valores de precipitação bem abaixo da média histórica na maior parte do país, e principalmente no Estado do Rio de Janeiro.

No caso do estudo da dispersão de poluentes convencionais optou-se por apresentar os resultados considerando a sinergia das fontes de emissões das três usinas da CNAAA (Angra 1, 2 e 3), a fim de demonstrar que mesmo em situações extremamente adversas, tais emissões não apresentam efeito significativo sobre a qualidade do ar na região de estudo, mesmo considerando a operação conjunta das três usinas.

No estudo da dispersão de poluentes radioativos considerou-se, de um modo geral, o impacto na qualidade do ar devido à operação da usina Angra 3, isoladamente. Para situações onde ocorreram as máximas concentrações relativas de poluentes, período de setembro de 2000 e média anual do ano 2001, foram realizadas simulações considerando a sinergia das usinas de Angra 2 e 3.

No estudo não foi considerado o efeito sobre a qualidade do ar decorrente das emissões da usina Angra 1, pois a taxa de emissão de efluentes proveniente dessa usina é diferente da taxa de emissão de Angra 2 e 3. Dessa forma, não é possível representar graficamente a concentração relativa resultante do efeito de sinergia das três usinas, visto ser esse, a soma das concentrações relativas referente a emissão de cada usina, em cada ponto do domínio.

6.6.5.1. Poluentes convencionais

Aqui são apresentados os resultados da modelagem da sinergia atmosférica para as três usinas da CNAAA. As simulações realizadas ao longo desse estudo, com o modelo ISC3, consideram os seguintes poluentes convencionais: NO, NO₂, SO₂, SO₃, CO e CO₂ e são realizadas no período de 1982-2001, utilizando os campos meteorológicos observados na estação meteorológica instalada na CNAAA. O ponto de origem, P(0,0), de todas as figuras representa a posição da usina de Angra 2. A topografia utilizada nessas simulações apresenta uma resolução de 200 metros e um raio de 20.000 metros, e está representada em todas as figuras pelas isolinhas com a elevação do terreno.

Nas a seguir (Figura 317 a Figura 319) pode-se observar os resultados das simulações, no ano de 1990, para os efluentes CO, CO₂ e SO₂, respectivamente. Percebe-se nas simulações apresentadas que os padrões de circulação dos meses de julho e setembro são bastante semelhantes, com atmosfera mais favorável ao acúmulo de efluentes no mês de setembro. A predominância dos ventos de S/SW e N/NE é claramente observada no acúmulo dos poluentes verificados nas regiões opostas a essas direções.

A predominância dos ventos de S e SW na região pode ser explicada pela dinâmica atmosférica de mesoescala (relacionada à incidência de frentes frias na região) e pelos efeitos locais de brisa marítima. Já a frequência de N/NE é produto dos efeitos dinâmicos locais da brisa terrestre e de montanha que ocorre geralmente no início da noite. A maior estabilidade atmosférica, característica de meses de inverno, induz os efluentes a se confinarem somente nessas direções, sem haver uma grande dispersão das concentrações de efluentes nas demais posições.

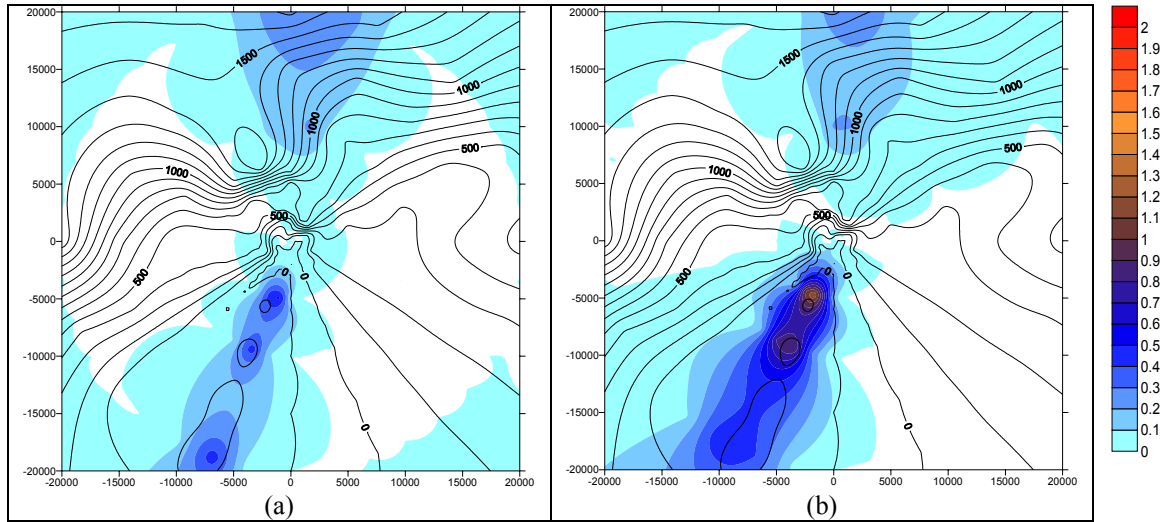


Figura 317 – Concentração média do CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

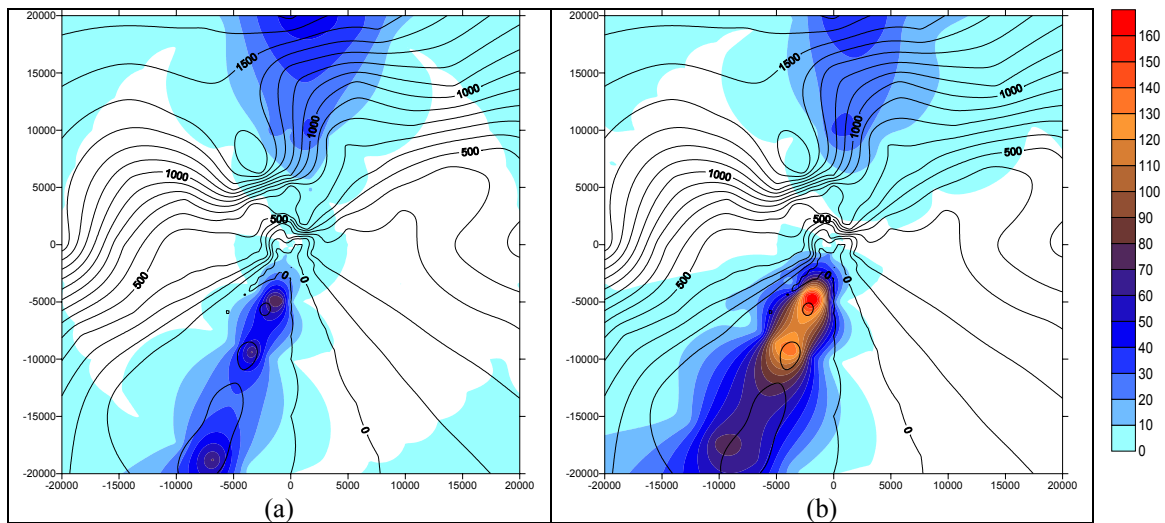


Figura 318 – Concentração média do CO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

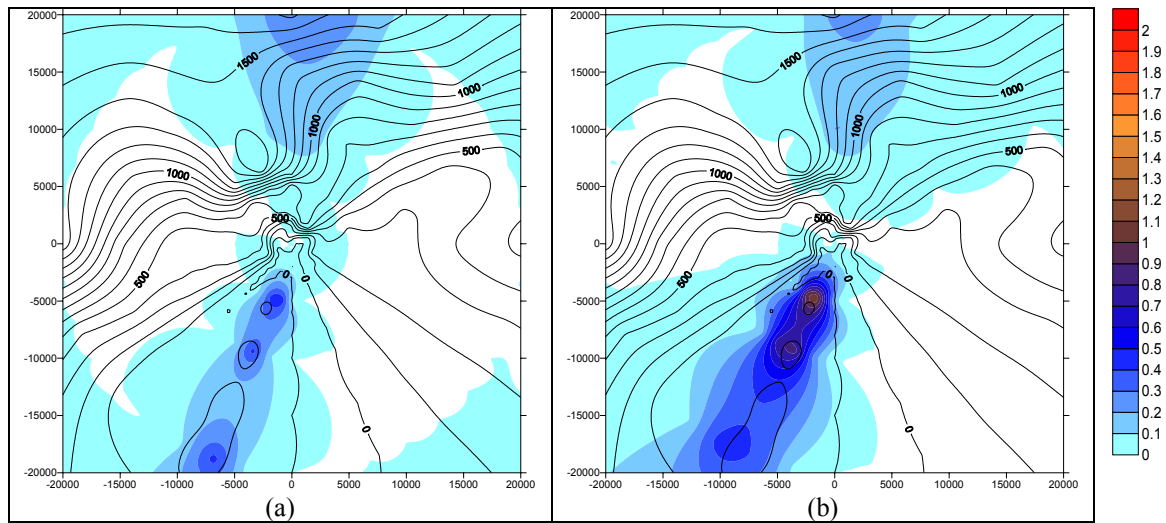


Figura 319 – Concentração média do SO₂ (µg/ m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1990.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

A seguir são apresentados os resultados das simulações realizadas no ano de 1982, para os meses de julho e setembro, considerando os poluentes CO (Figura 320 (a) e (b)), CO₂ (Figura 321 (a) e (b)) e SO₂ (Figura 322 (a) e (b)).

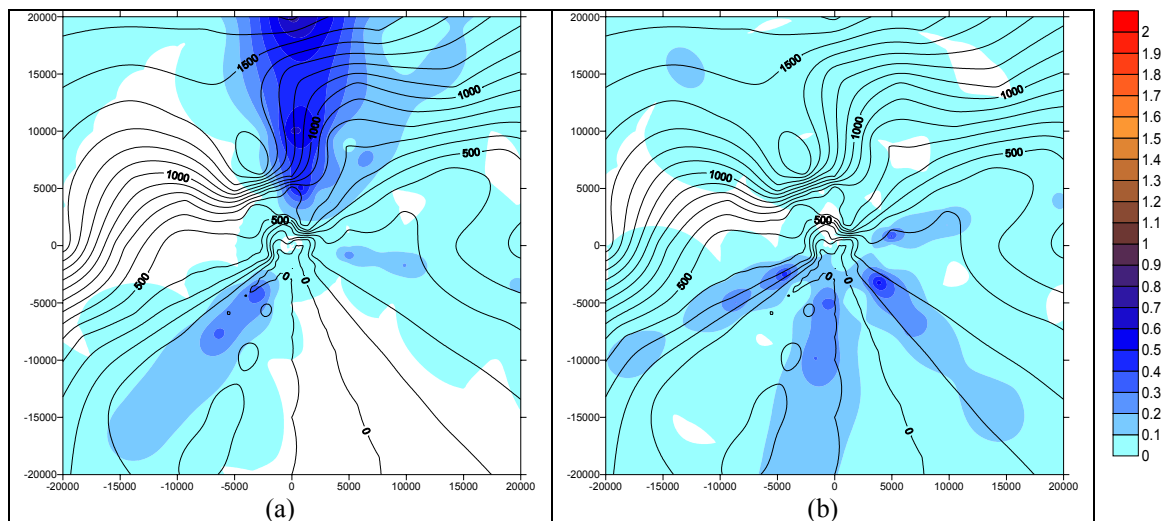


Figura 320 – Concentração média do CO (µg/ m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

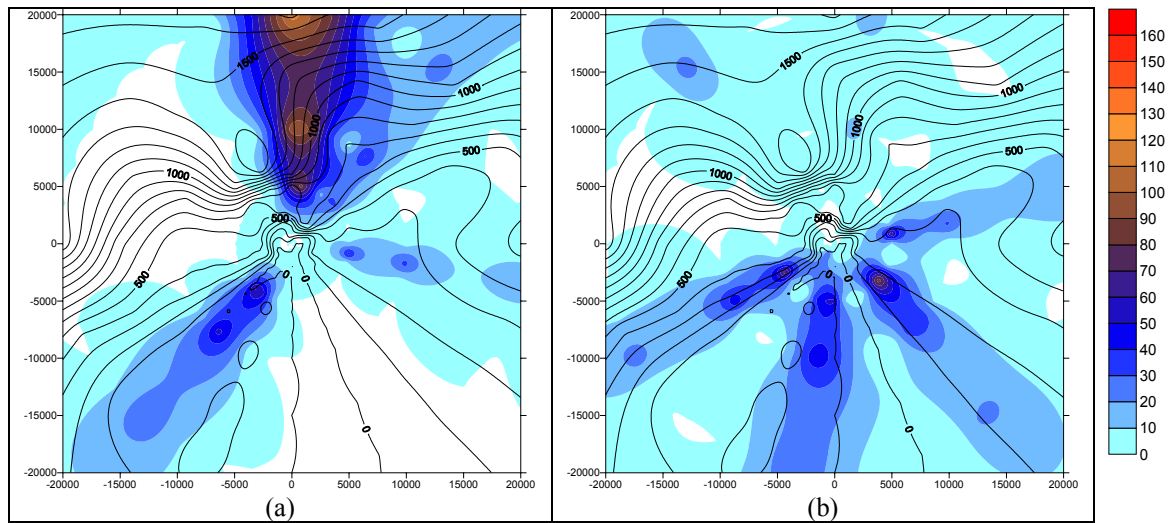


Figura 321 – Concentração média do CO₂ (µg/m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

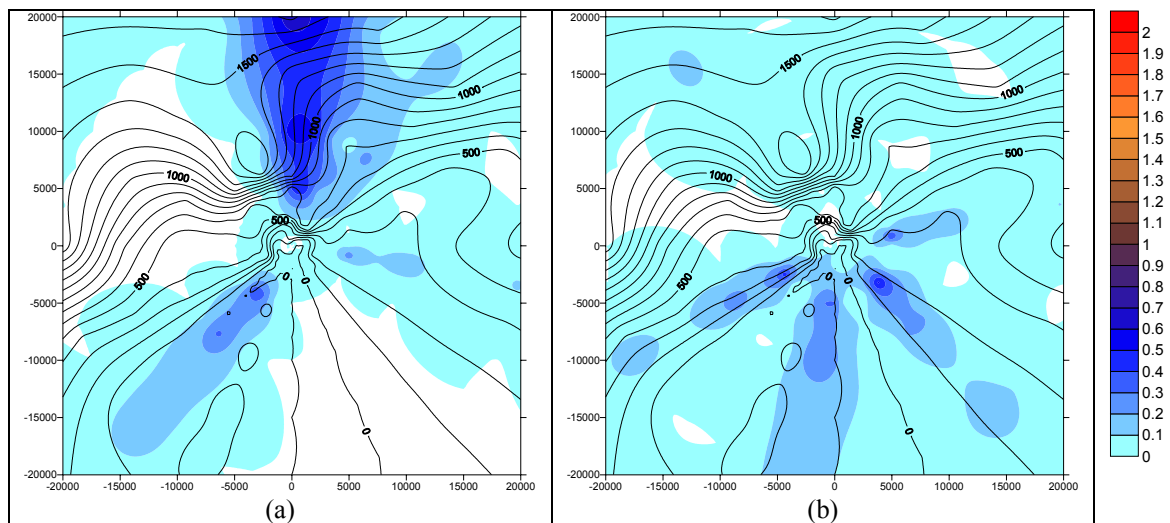


Figura 322 – Concentração média do SO₂ (µg/ m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) julho e (b) setembro de 1983.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

A comparação dos resultados do campo de concentração para os meses de julho e setembro mostra que ocorrem diferentes padrões de dispersão. No entanto, pode-se observar que em ambos os meses, para todos os poluentes simulados, verifica-se um maior espalhamento do campo de concentração e níveis de concentrações mais baixos do que no ano sob efeito do fenômeno climático *La Niña* (1990). Tal comportamento já era esperado fisicamente, considerando-se que em anos de *La Niña* a temperatura média do ar no Estado do

Rio de Janeiro tende a assumir valores mais baixos do que os valores médios, o que conseqüentemente cria uma atmosfera mais estável com um menor “poder” de dispersão dos efluentes (BUCHMANN *et. all*, 1995).

Já nos anos sob efeito do fenômeno *El Niño*, como no caso de 1983, a atmosfera sobre a região Sudeste tende a apresentar um comportamento mais caótico (SINCLAIR *et. all*, 1997), ocasionado por um número maior de fenômenos meteorológicos atingindo a região, e conseqüentemente, uma maior distribuição dos regimes de vento, ocasionando um maior espalhamento horizontal da distribuição de concentração dos poluentes.

Vale ressaltar que os biênios de 1989-1990 e 1982-1983 são considerados os anos de maior influência dos fenômenos *La Niña* e *El Niño*, respectivamente, no Estado do Rio de Janeiro (DIAZ *et. all*, 1997), e que os maiores impactos desses fenômenos nessa região são observados sempre no segundo ano do evento, nesses casos os anos de 1990 e 1983 (CATALDI e TORRES JÚNIOR, 2000).

Serão apresentados a seguir o resultados das simulações para o ano de 2001, sendo que, para esse ano, foi o que apresentou os maiores picos de concentração média para todos os poluentes estudados, as simulações apresentadas referem-se a todos os poluentes emitidos pelo complexo de usinas e aos meses de fevereiro, julho e setembro.

Nas próximas páginas (Figura 323 a Figura 328) são apresentadas, respectivamente, as simulações para a concentração dos poluentes CO, CO₂, SO₂, NO, NO₂ e SO₃, nos períodos de fevereiro/2001, julho/2001 e setembro/2001.

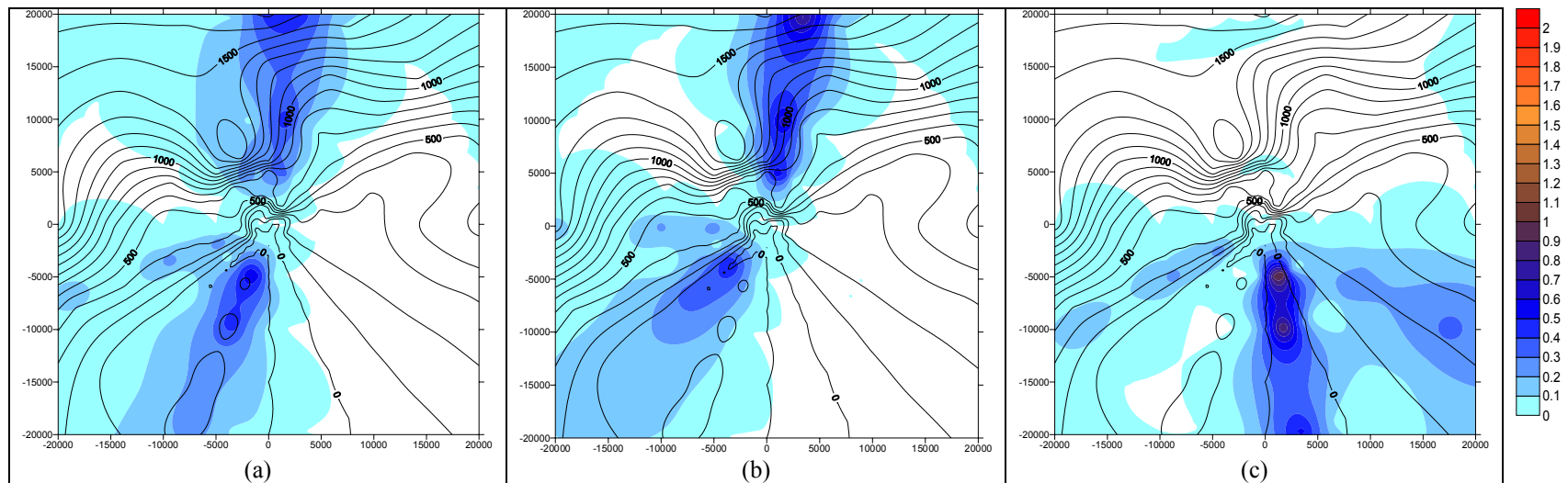


Figura 323 – Concentração média do CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

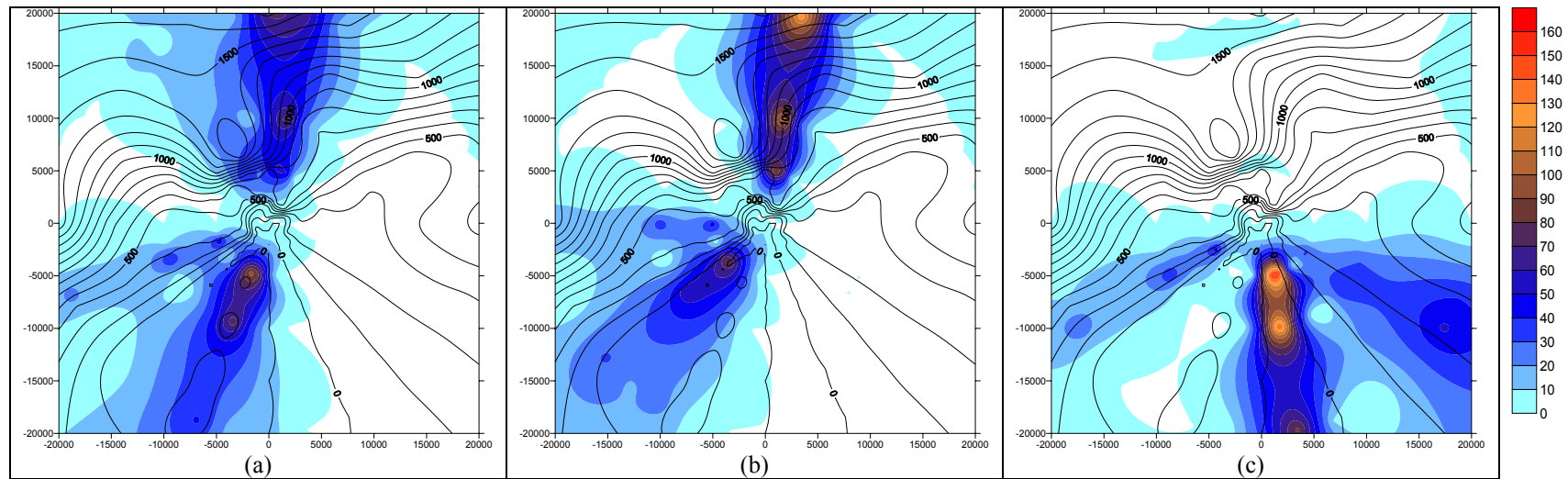


Figura 324 – Concentração média do CO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAP – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

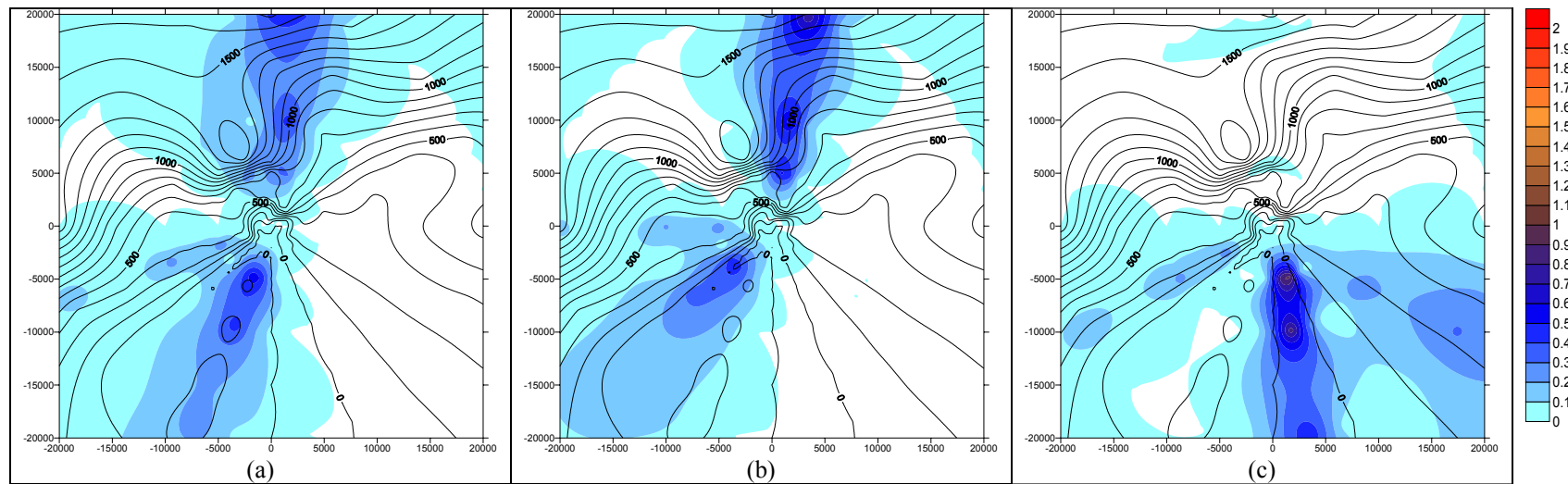


Figura 325 – Concentração média do SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

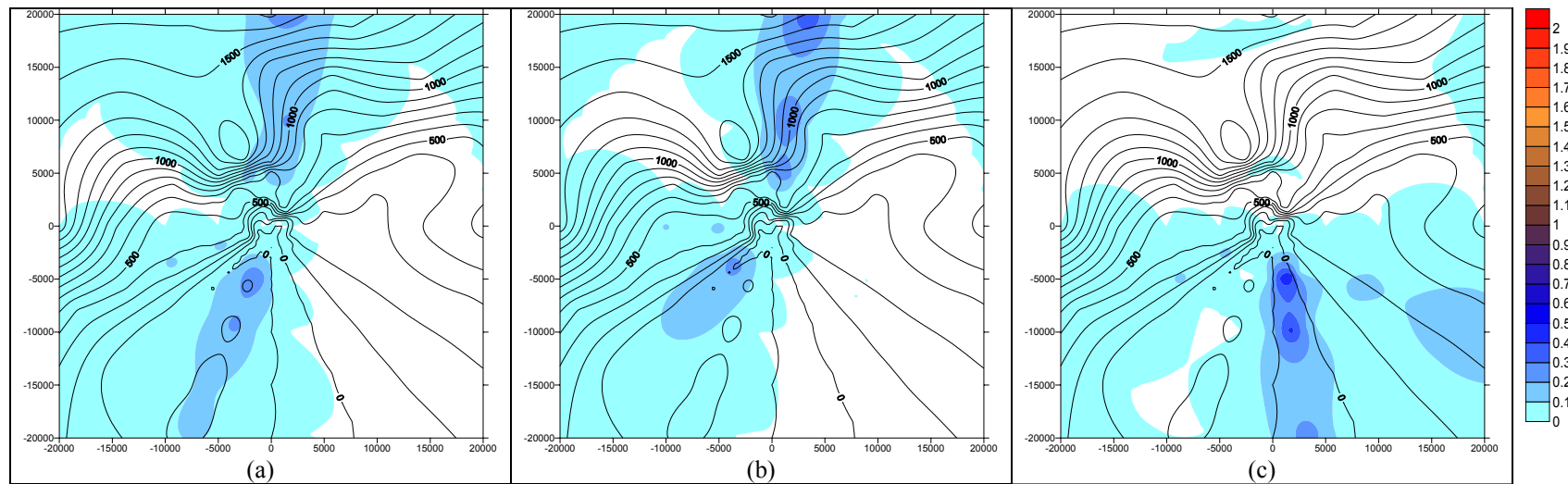


Figura 326 – Concentração média do NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

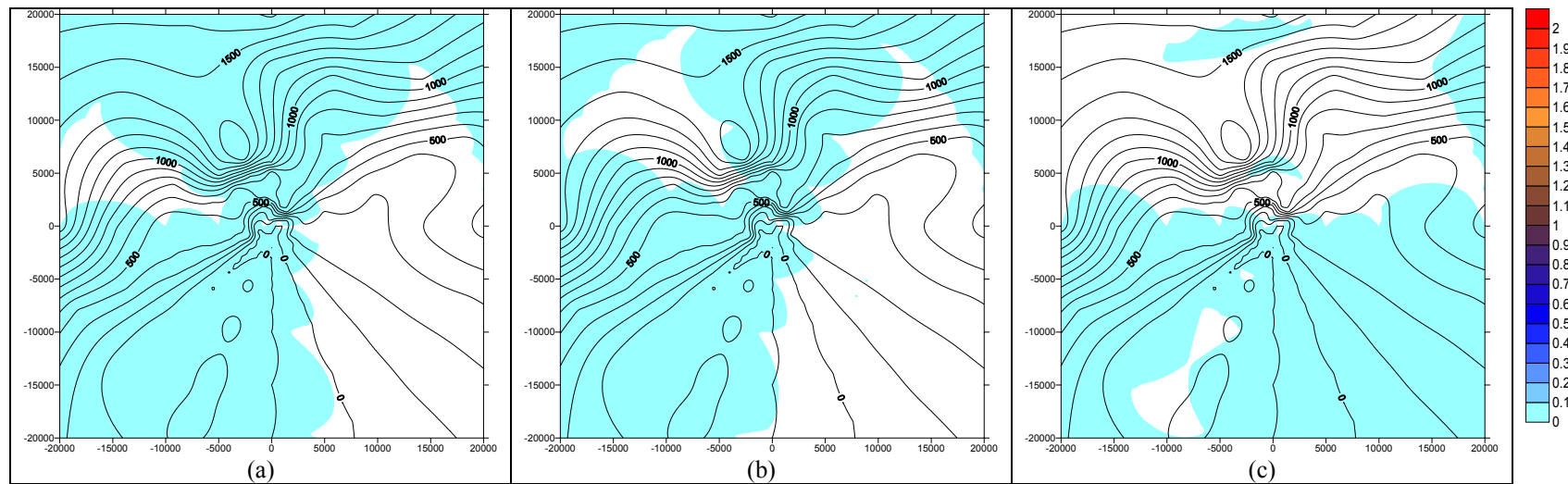


Figura 327 – Concentração média do NO₂ (µg/ m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

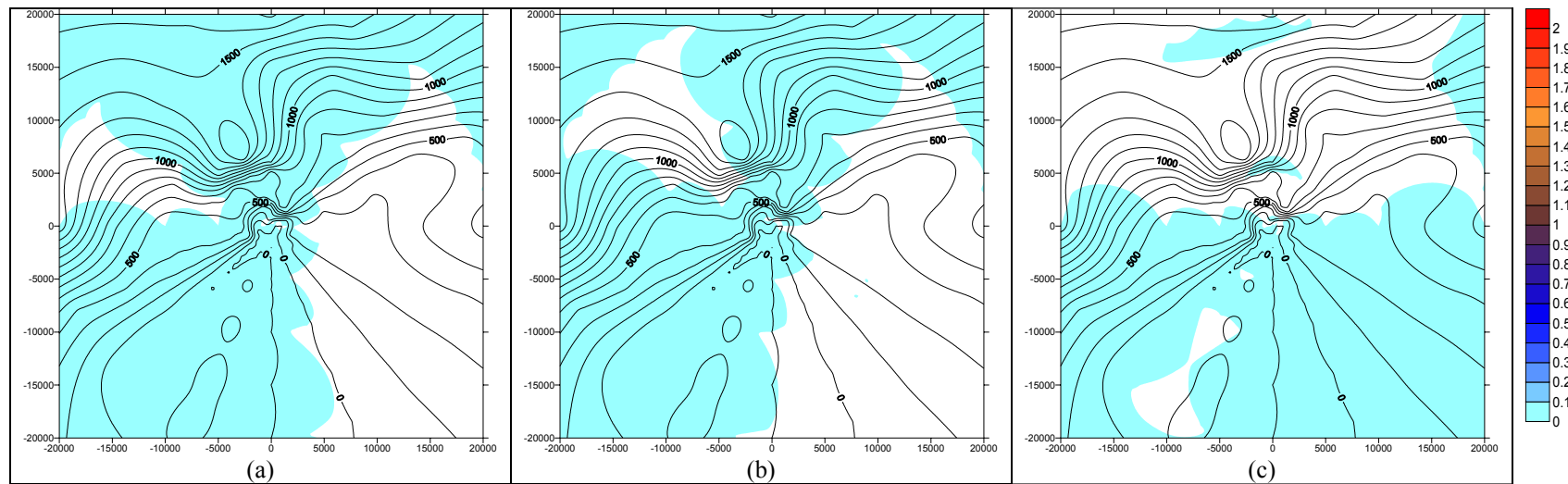


Figura 328 – Concentração média do SO₃ (µg/ m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, nos meses de (a) fevereiro, (b) julho e (c) setembro de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Os padrões de dispersão observados no ano de 2001 não apresentaram discrepâncias relevantes com relação às outras apresentadas no decorrer desse relatório. Vale ressaltar que os maiores picos de concentração para todos os poluentes ocorreram neste ano, e que o mês de setembro apresentou um regime de ventos diferente de todos os outros períodos. Tal fato também foi verificado quando analisamos os meses de setembro de outros anos da série estudada, inclusive em 1983.

Setembro, em particular, muitas vezes se apresenta como uma grande incógnita para os meteorologistas quando estudam o Estado do Rio de Janeiro, por apresentar, para quase todos os parâmetros meteorológicos, os valores mais altos de variância. A quase total ausência de efluentes a norte da usina nesse mês indica a ausência de frequência de ventos originada das direções sul e sudeste, como o que ocorreu na grande maioria dos casos estudados. Setembro se apresenta, por tanto, como um mês que irá requerer sempre uma atenção especial, no que diz respeito a prognósticos de picos de concentração de efluentes sobre essa região de estudo.

Outro fato importante é que as menores concentrações observadas de todos os poluentes ocorrem no mês de verão (fevereiro). Nesse período do ano o maior aquecimento da superfície, tanto marítima quanto terrestre, induz a maiores gradientes de temperatura entre essas duas superfícies em períodos específicos do dia, intensificando os fenômenos de brisa marítima, terrestre e de montanha, além de tornar a atmosfera de toda a região mais instável, melhorando, portanto, as condições de dispersão para todos os efluentes.

Os poluentes NO, NO₂ e o SO₃, apresentaram valores de concentração inferiores ou próximos a 0,1 µg/m³ em todos os períodos estudados, indicando que sua presença na atmosfera da região pode ser considerada como insignificante em qualquer período do ano.

O último caso apresentado nesse estudo será a simulação da dispersão dos poluentes CO, SO₂ e CO₂ para o mês de setembro de 2000 (Figura 329). Esse mês foi escolhido por se apresentar como o mês onde a atmosfera foi mais estável entre todos os meses disponíveis para esse estudo.

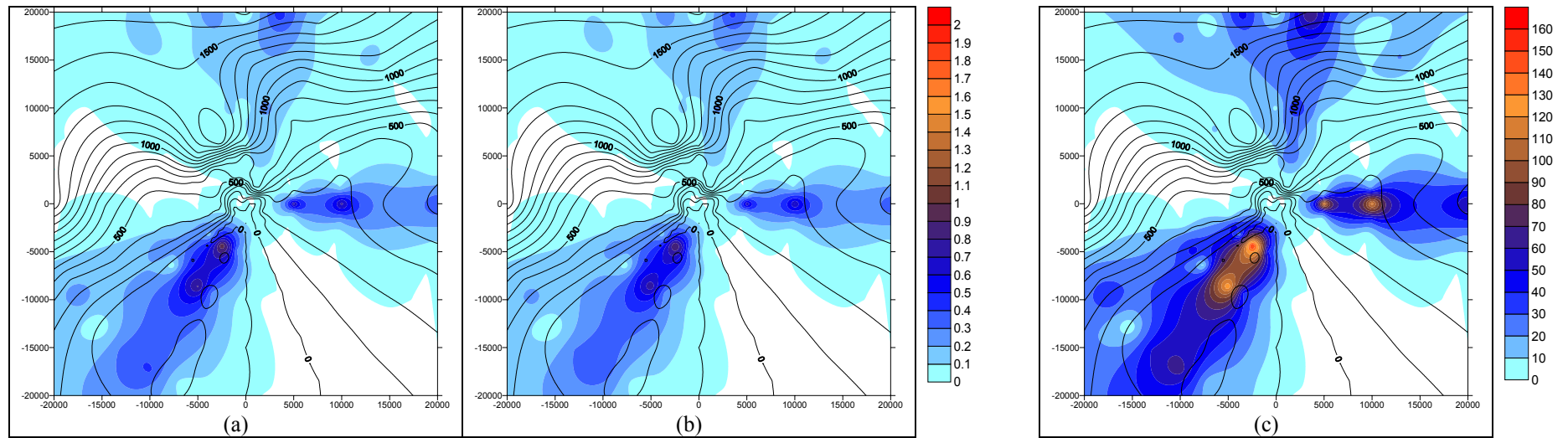


Figura 329 – Concentração média de CO (a), SO₂ (b) e CO₂ (c) (µg/m³), para a sinergia das usinas de Angra 1, 2 e 3, no mês de setembro de 2000.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

No mês de setembro de 2000 podemos observar valores de concentração ligeiramente inferiores a do mês de setembro de 2001, porém encontramos uma maior área com picos de concentração dos efluentes, voltando a se verificar ventos de sul/sudoeste que ocasionam a presença dos poluentes a norte/nordeste da CNAAA.

Pode-se concluir com as simulações realizadas ao longo desse trabalho, que a região onde está inserida a CNAAA, bem como as condições atmosféricas da região não são favoráveis a dispersão de poluentes. O que se observa, no entanto, é que devido à baixa taxa de emissão dos poluentes convencionais, proveniente da CNAAA, as concentrações verificadas nas regiões próximas possuem seus valores máximos inferiores aos valores que excederiam os padrões nacionais de qualidade do ar.

6.6.5.2. Poluentes Radioativos

O cálculo das concentrações médias normalizadas pela intensidade da fonte são realizados para vários períodos particulares.

As figuras apresentadas nas próximas páginas (Figura 330 a Figura 336) ilustram os resultados das concentrações médias dos efluentes radioativos normalizadas pela intensidade da fonte, sob os efeitos de decaimento e depleção, emitidos pela usina de Angra 3. Na Figura 330 são avaliados os períodos de verão e inverno de 1983. Este foi um período associado ao evento *El Nino* 1982/1983. No verão, as maiores concentrações ocorreram a SW e não ultrapassaram o valor 5×10^{-6} s/m³. No inverno as maiores concentrações apresentaram valores inferiores aos observados no verão e a posição dos máximos ocorreu a NE.

A Figura 331 ilustra os resultados da simulação para períodos associados ao fenômeno *La Niña*. No verão de 1990, as concentrações apresentaram os menores valores dos períodos analisados. Concentrações relativamente maiores são notadas no inverno de 1990, com máximos predominantes na região W e NE.

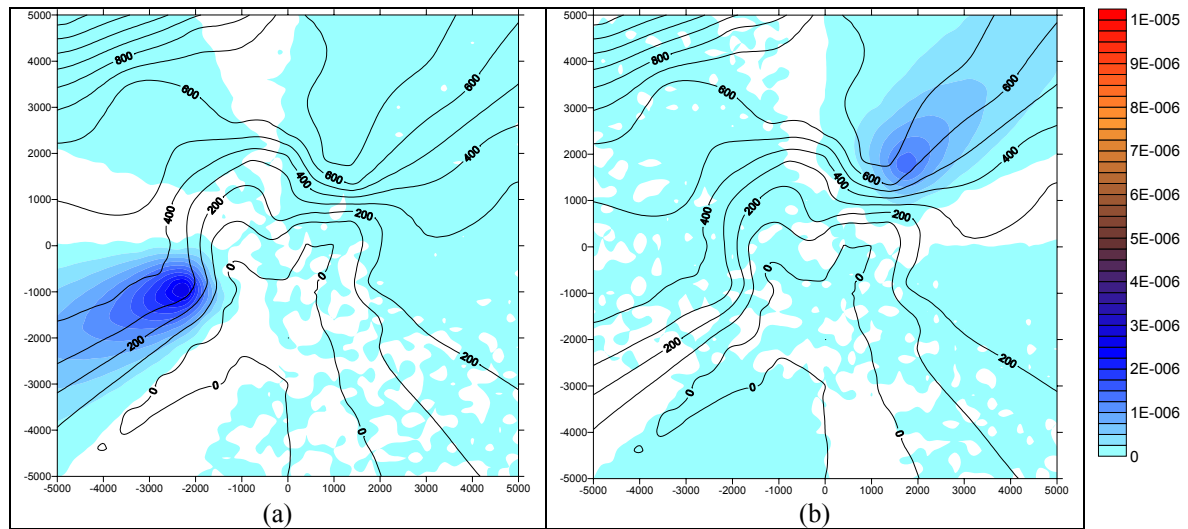


Figura 330 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m3), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1983 (caso El Niño).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

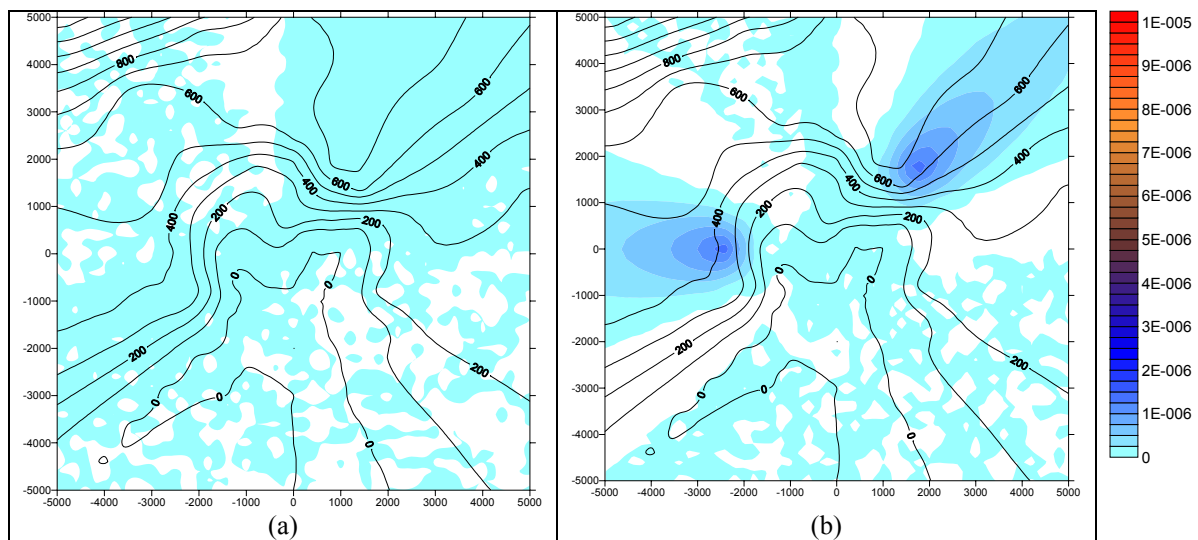


Figura 331 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m3), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1990 (caso La Niña).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

A análise realizada no item 6.1 Meteorologia deste documento indica que alguns períodos foram críticos em termos da estabilidade estática da atmosfera na região de estudo. As próximas figuras (Figura 332 a Figura 335 (b)) ilustram o comportamento das concentrações simuladas para estas situações, descritas anteriormente. A análise dos cenários demonstra que as maiores concentrações ocorreram na região NE, sendo que em dezembro/2000 ocorreram as maiores concentrações do período analisado.

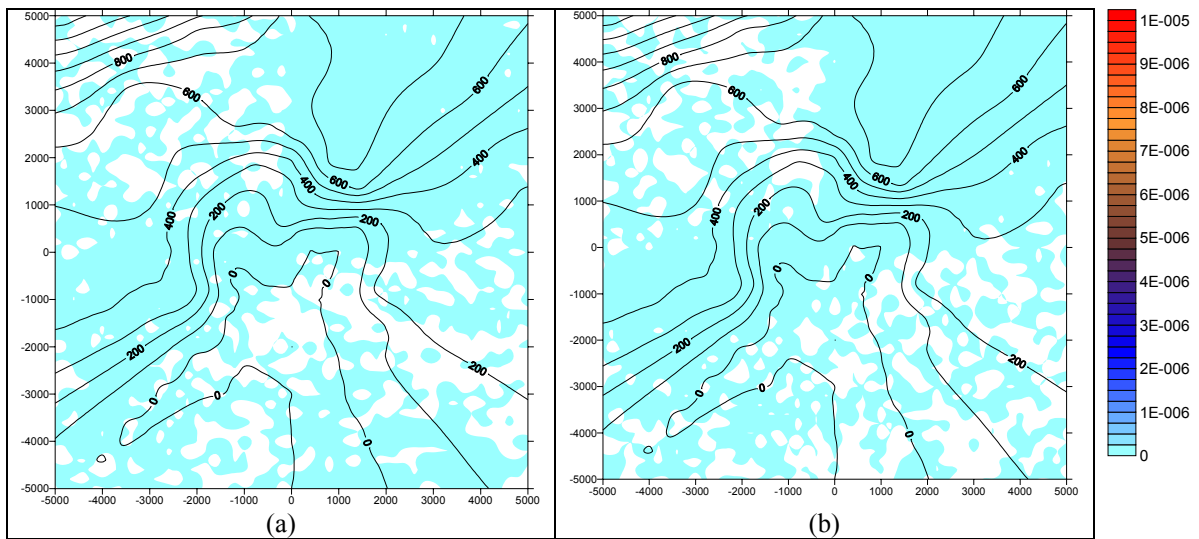


Figura 332 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) janeiro de 1991 e (b) inverno (ago-set-out) de 1996.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAEA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

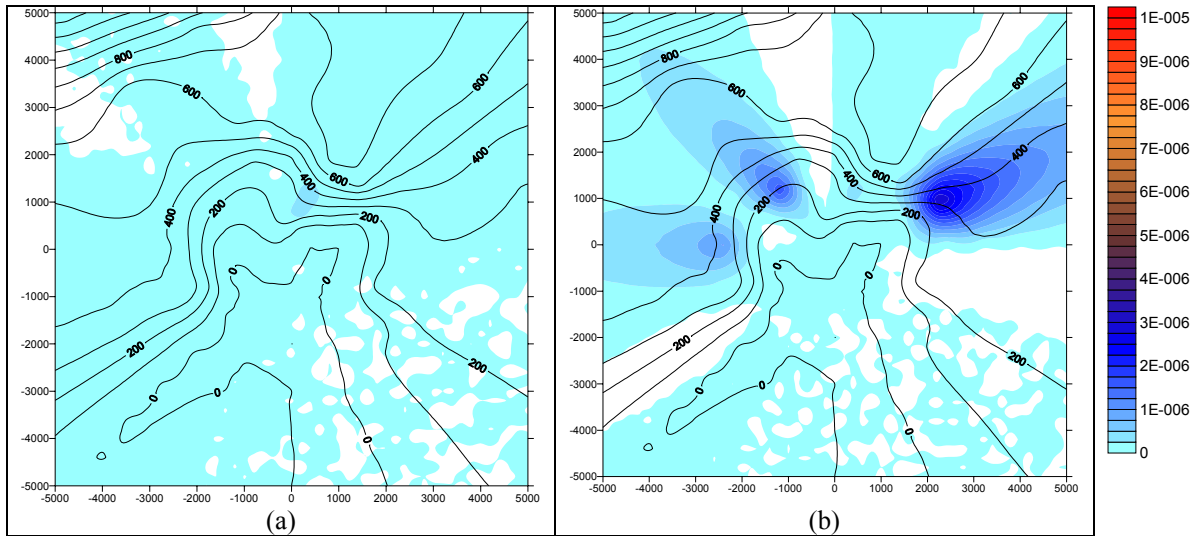


Figura 333 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) dezembro de 1997 e (b) abril a julho de 2000.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

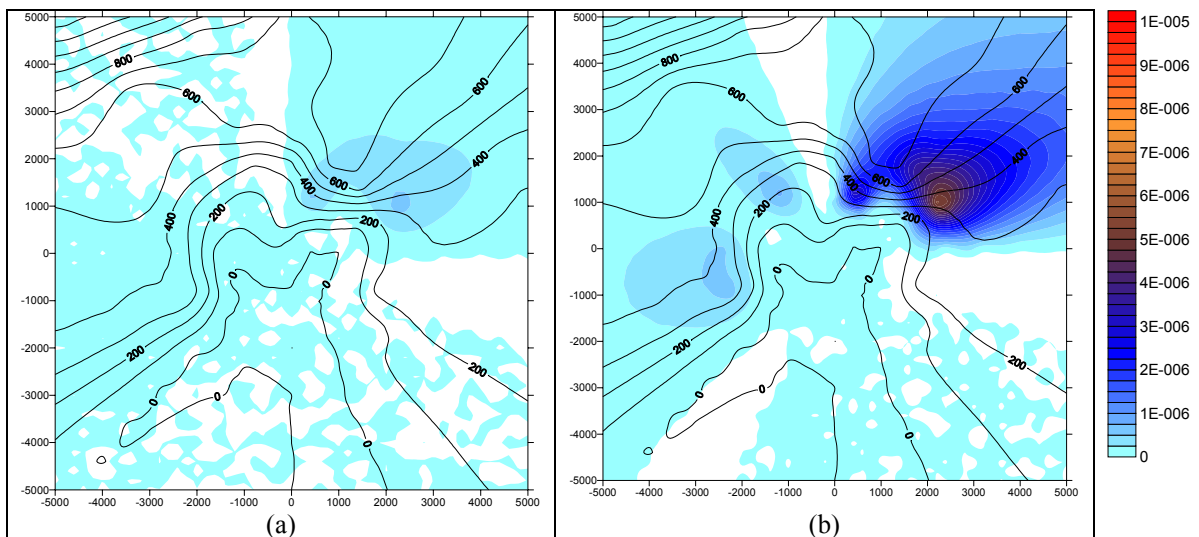


Figura 334 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) dezembro de 2000.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

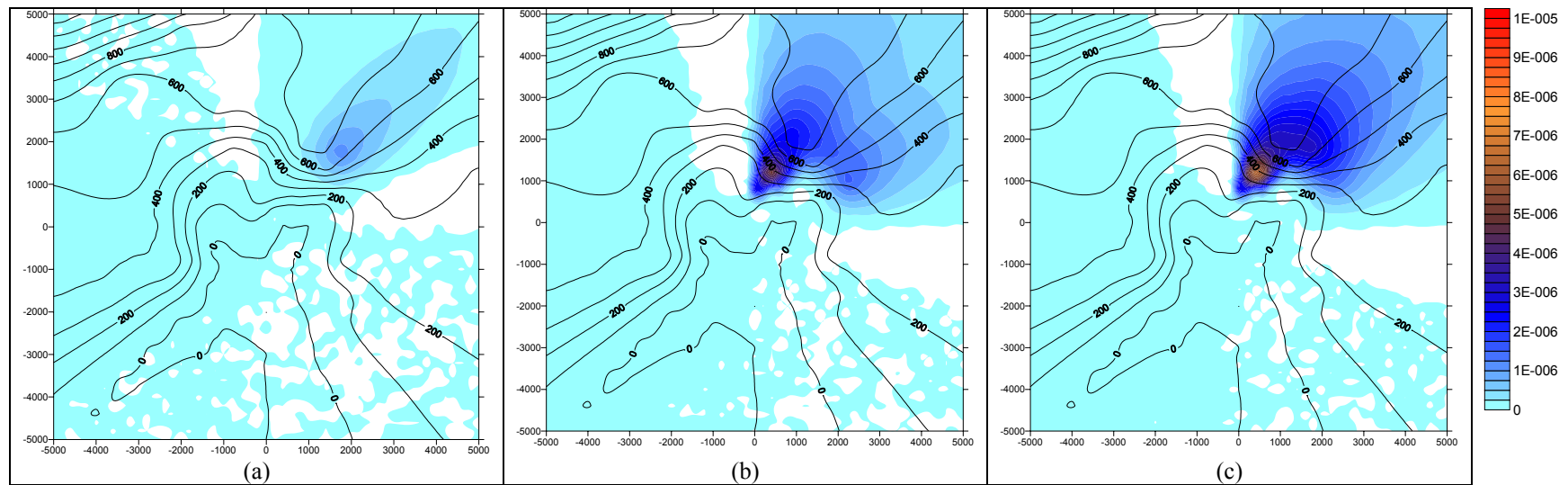


Figura 335 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão de 2001, (b) inverno de 2001 e (c) anual de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Foi feita uma análise complementar da distribuição da concentração média anual de poluentes para o ano 2001 e para um mês de agosto médio, considerando o período de 1987-2001, apresentadas na Figura 335 (c) e na Figura 336. Esses períodos foram escolhidos por ser o mês de agosto e o ano de 2001, períodos característicos para ocorrência de estabilidade estática na região.

As simulações demonstraram que nesses períodos ocorreram os maiores níveis de concentração, em relação a todos os períodos analisados. Nota-se que as maiores concentrações ocorrem na região NE, em concordância as análises feitas anteriormente. Dessa forma, o ano de 2001 foi escolhido para o estudo do impacto na qualidade do ar, devido a sinergia entre as fontes de emissões das usinas de Angra 2 e 3.

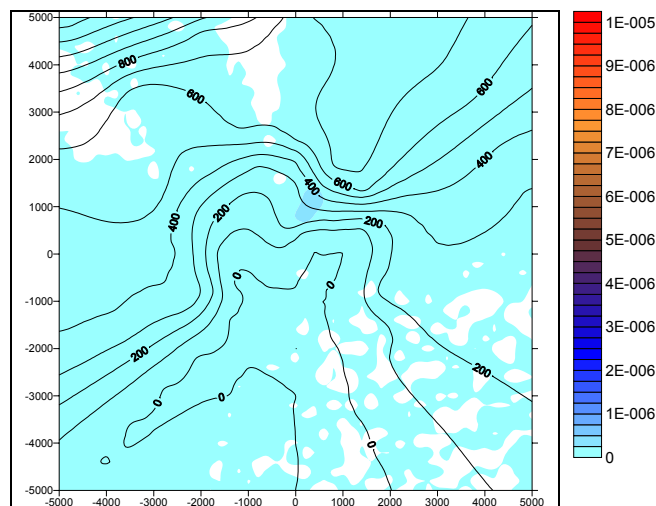


Figura 336 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/ m³), sob os efeitos de decaimento, para a usina de Angra 3, no período médio de agosto (a partir de 1987).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

O resultado para as deposições média dos efluentes radioativos, normalizados pela intensidade da fonte, para a usina de Angra 3, desses mesmos casos é apresentado nas figuras a seguir (Figura 337 a Figura 343). De maneira geral, as deposições são encontradas espalhadas uniformemente, dentro de um raio de 20 km, alcançando picos máximos de 8×10^{-9} m⁻² para os casos analisados estudados.

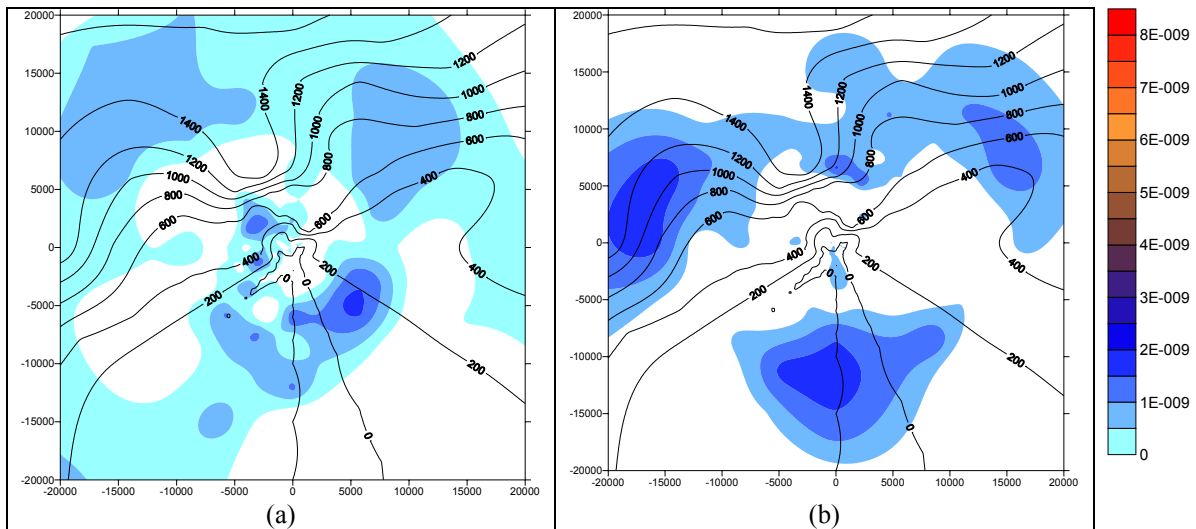


Figura 337 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1983 (caso El Niño).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

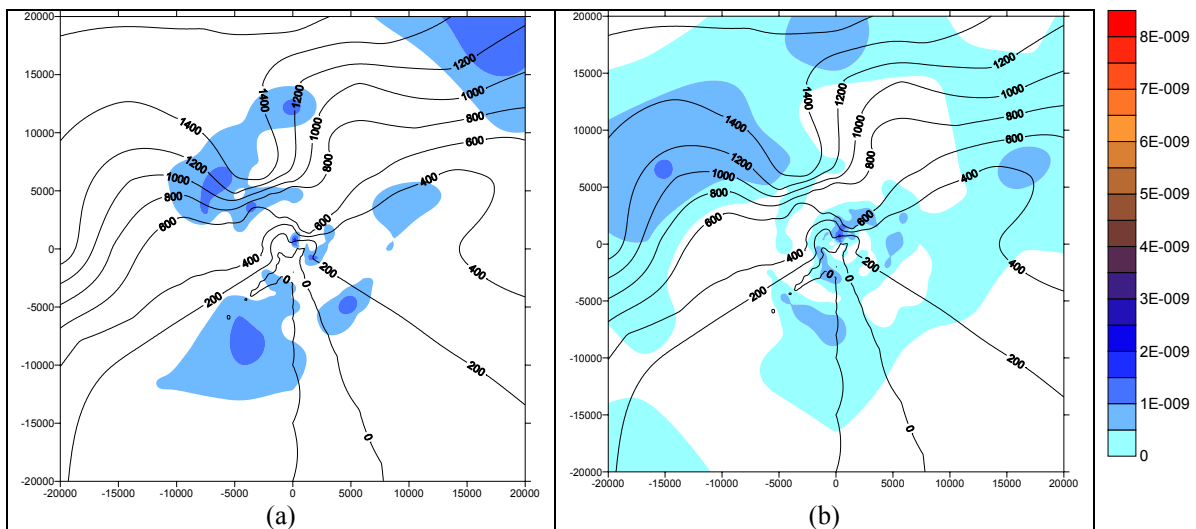


Figura 338 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão (jan-fev-mar) e (b) inverno (jul-ago-set) de 1990 (caso La Niña).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

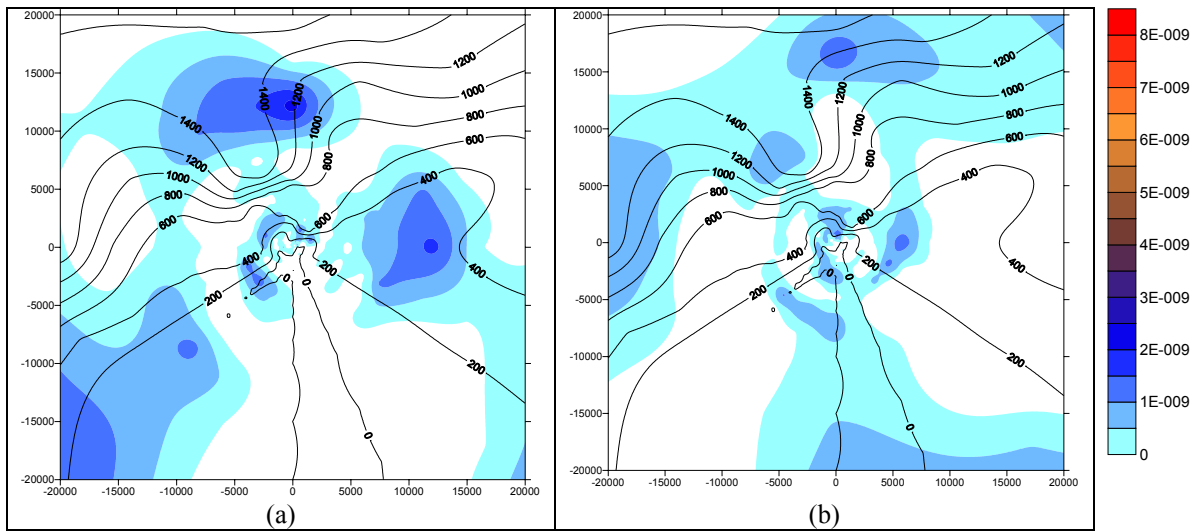


Figura 339 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) janeiro de 1991 e (b) inverno (ago-set-out) de 1996.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

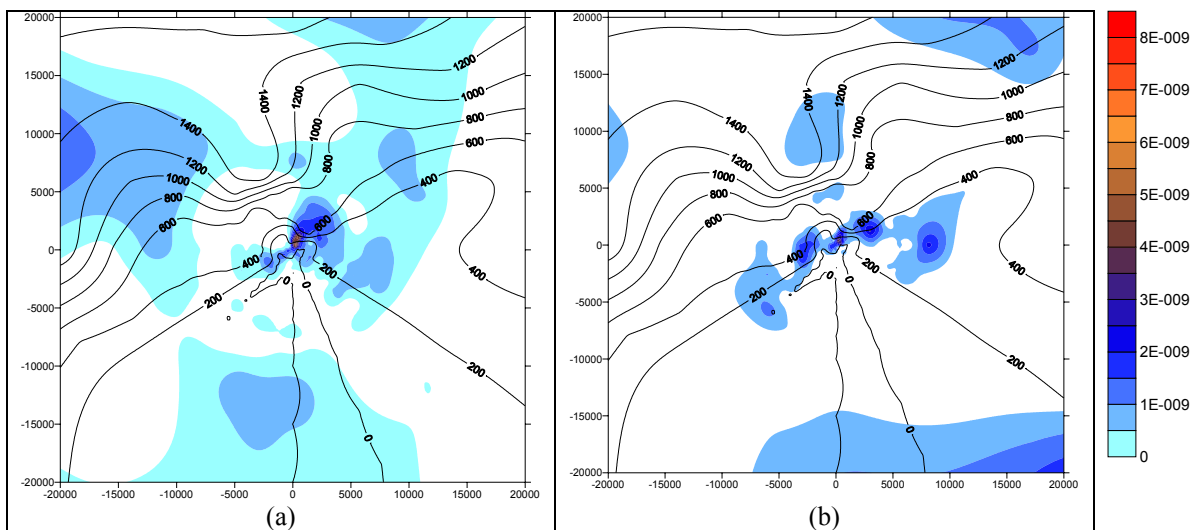


Figura 340 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) dezembro de 1997 e (b) abril a julho de 2000.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

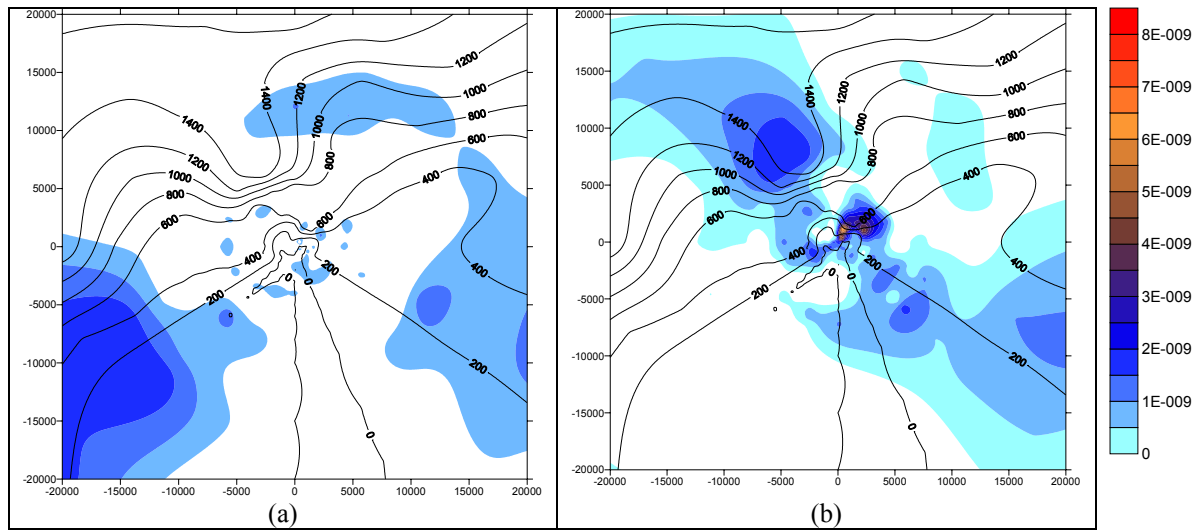


Figura 341 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) dezembro de 2000.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

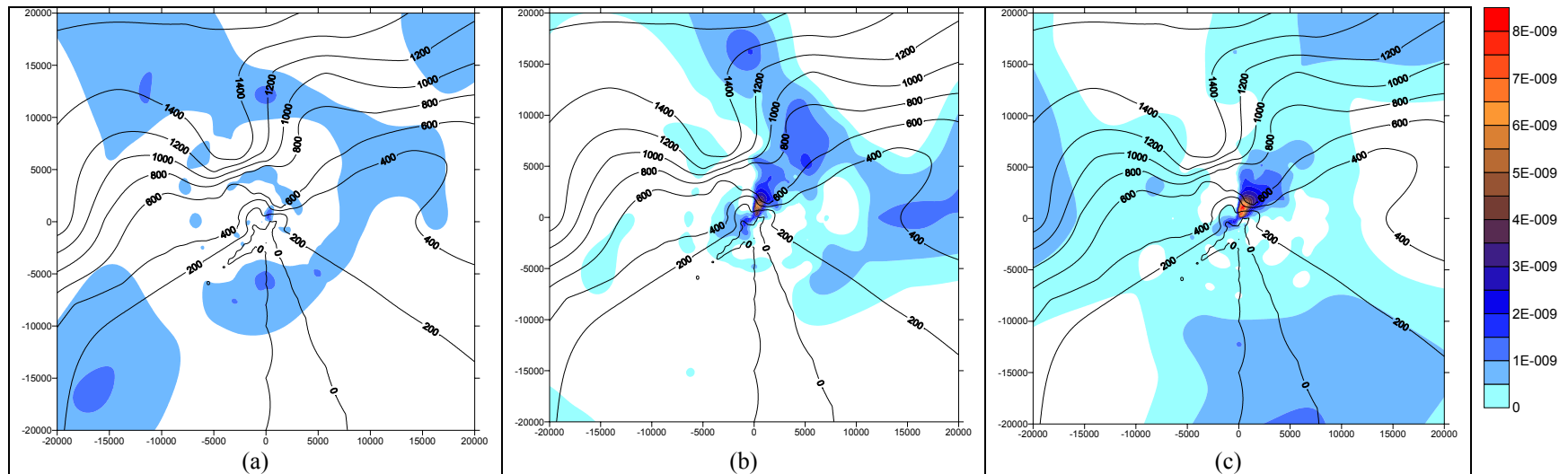


Figura 342 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, nos períodos de (a) verão de 2001, (b) inverno de 2001 e (c) anual de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

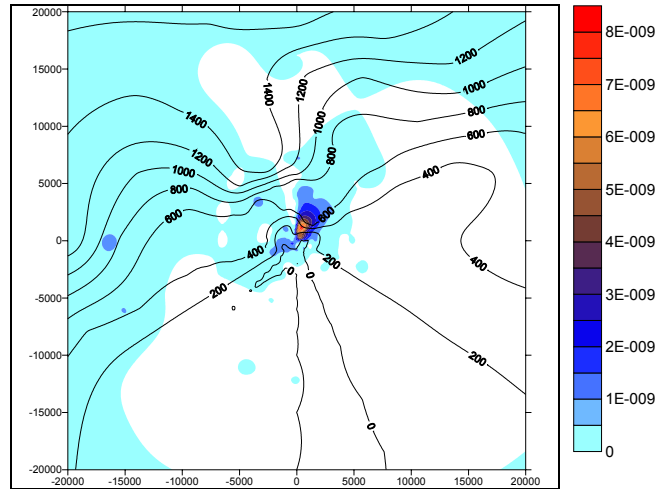


Figura 343 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a usina de Angra 3, no período médio de agosto (a partir de 1987).

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAB – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

De forma a estender os resultados alcançados, são realizadas duas simulações para o efeito conjunto das usinas de Angra 2 e 3. Para realização da sinergia dos efeitos das emissões das usinas, algumas modificações no código, incluindo a transformação de coordenadas do sistema tiveram que ser realizadas. A Figura 344 ilustra o campo de concentração média de efluentes radioativos simulados para setembro de 2000 (Figura 344 (a)) e o período anual de 2001 (Figura 344 (b)). O aumento das concentrações é evidente nessas figuras.

No caso anual de 2001, dois centros de concentração, com picos de 10-5, mostram-se próximos à fonte e a NE. Na Figura 345 são ilustrados os campos de deposição média para setembro de 2000 (Figura 345 (a)) e anual de 2001 (Figura 345 (b)). Valores mais intensos são encontrados no período anual de 2001, como era de se esperar. Além disso, verifica-se grande uniformidade nesses campos, num raio de até 20 km de extensão.

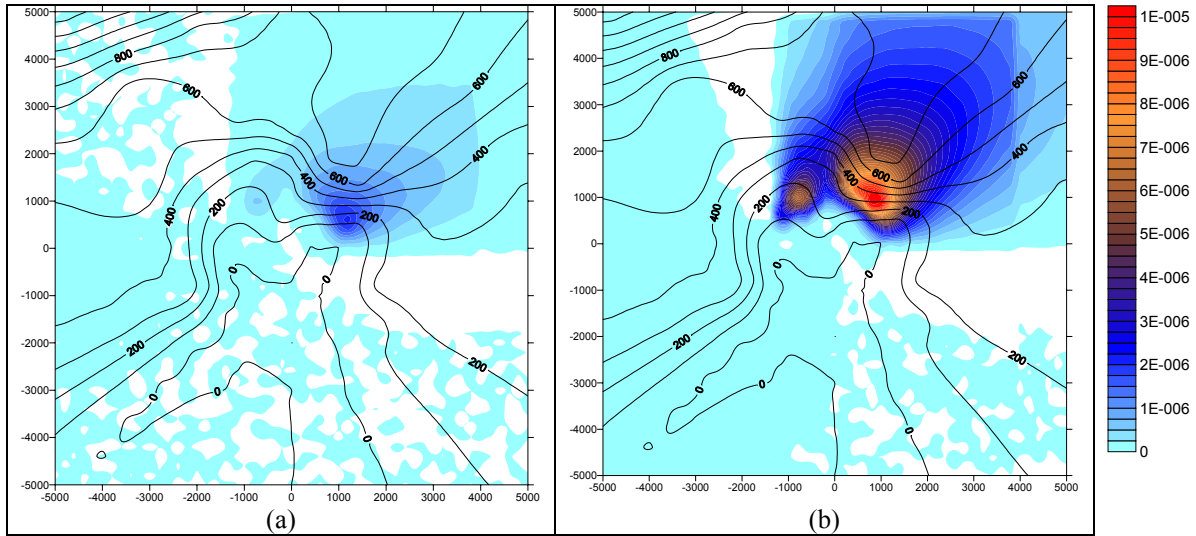


Figura 344 – Concentração média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (s/m³), sob os efeitos de decaimento, para a sinergia das usinas de Angra 2 e 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) anual de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

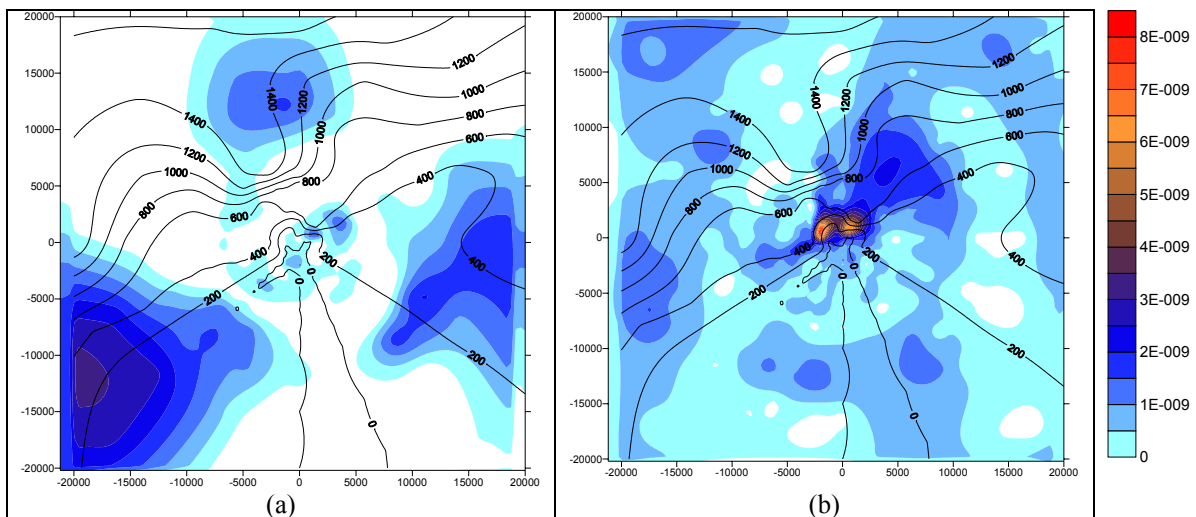


Figura 345 – Deposição média de efluentes radioativos normalizados pela intensidade da fonte (m-2), para a sinergia das usinas de Angra 2 e 3, nos períodos de (a) setembro de 2000 e (b) anual de 2001.

Fonte: “Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da CNAAA – Vol I (Eixo I – Meteorologia)”, IGEO/UFRJ.

Como conclusão, podemos afirmar que as maiores concentrações de poluentes ocorreram no eixo nordeste – sudoeste, sendo que os valores máximos estimados ocorreram dentro de um raio de 5 km, tendo como centro as fontes de emissão. Os resultados de concentração simulados devem ser utilizados para o cálculo de doses, a fim de se determinar a relevância do impacto ambiental, proveniente da operação da Usina Angra 3, para a área de influência. Além disso, a estimativa desse impacto deve ser feita considerando a operação conjunta das 3 usinas da CNAAA.

6.6.6. Métodos de monitoramento

Os métodos de coleta e análise de amostras de contaminantes do ar são selecionados com o maior cuidado, levando-se em conta não somente a finalidade das análises a serem realizadas, como os recursos disponíveis para efetuar-las.

São poucos os problemas de poluição do ar que ocorrem apenas em um único local; a maioria deles é comum em diversos lugares do mundo. Por se tratar de um problema comum em várias localidades e em diferentes países, é evidente a conveniência de se empregar métodos que permitam a comparação dos resultados obtidos.

Dessa forma, para cada poluente monitorado existe uma série de métodos fidedignos, cujos resultados devem ser confirmados por comparação com os métodos de referência. Pode-se assim inferir conclusões mais confiáveis quanto aos dados obtidos por diferentes técnicas aplicadas por distintos laboratórios.

O *monitoramento da qualidade do ar* envolve medições das concentrações reais dos poluentes no ar ambiente, num dado local e durante um período estipulado. As medições produzidas são sempre um valor médio sobre um definido intervalo de tempo, que pode variar de alguns segundos a um mês. Uma variedade de técnicas, dos mais diversos níveis de sofisticação, existe para medir as concentrações dos poluentes do ar.

Os métodos existentes enquadram-se nos seguintes quatro principais grupos:

- *amostragem passiva* (por meio de *tubos de difusão* ou *tubos passivos*);
- *amostragem ativa* (por meio de filtros, borbulhadores etc.);
- *monitoramento automático*;
- *monitoramento remoto de longo-período*.

A Tabela 81 sumariza as principais vantagens e desvantagens desses quatro principais métodos de monitoramento.

Tabela 81 – Comparação das vantagens e desvantagens dos quatro métodos de monitoramento da qualidade do ar.

Método	Vantagens	Desvantagens
Amostradores Passivos	<ul style="list-style-type: none"> . Baixíssimo custo; . Muito simples; . Útil para avaliação inicial e estudos de distribuição Espacial de concentrações de poluentes do ar. 	<ul style="list-style-type: none"> Fornecer somente valores médios do período amostral (semana ou mês).
Amostradores Ativos	<ul style="list-style-type: none"> . Baixo custo; . Fácil operação; . Formação de séries de dados históricos. 	<ul style="list-style-type: none"> . Fornece médias diárias; . Trabalho intensivo de operação; . Análise laboratorial requerida.
Analisadores automáticos	<ul style="list-style-type: none"> . Alta performance operacional; . Dados em intervalos a partir de poucos minutos; . Aquisição on-line; . Baixos custos diretos. 	<ul style="list-style-type: none"> . Infra-estrutura complexa; . Custo relativamente elevado; . Alta tecnologia requerida.
Sensores remotos de longo-período	<ul style="list-style-type: none"> . Dados agrupados; . Útil próximos a fontes e para medições verticais na atmosfera; . Medições com multi-componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> . Complexo e de custo elevado; . Difícil calibração e validação; . Nem sempre comparável com analisadores convencionais.

Fonte : Passam Ag - Suíça.

A seleção do mais apropriado método depende de seus objetivos de monitoramento, da resolução dos dados requeridos, bem como dos recursos financeiros e mão-de-obra disponíveis. Existe uma clara variação entre o custo instrumental, a complexidade, a capacidade e a performance. Tipicamente, os mais sofisticados métodos de monitoramento apresentam dados mais consistentes, entre muitas outras vantagens, embora ainda tenham um custo elevado de aquisição. Como resultado, uma prática freqüente é a escolha de tecnologias mais simples, capazes de atender aos objetivos do monitoramento em termos de resolução e qualidade.

Para os poluentes comumente monitorados - para os quais os padrões de qualidade do ar já são estabelecidos - a metodologia utilizada e as freqüências de amostragens são fixadas e normatizadas nos níveis Federal (Brasil) e Estadual (Rio de Janeiro), a exemplo do que é adotado nos países do mundo.

6.6.6.1. Caracterização da qualidade do ar na Área de Influência do empreendimento

Para fins de avaliação e gestão da qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema), leva em consideração as influências da topografia e meteorologia, o que leva a divisão da Região em quatro Sub-Regiões ou “Bacias Aéreas” (Figura 346).

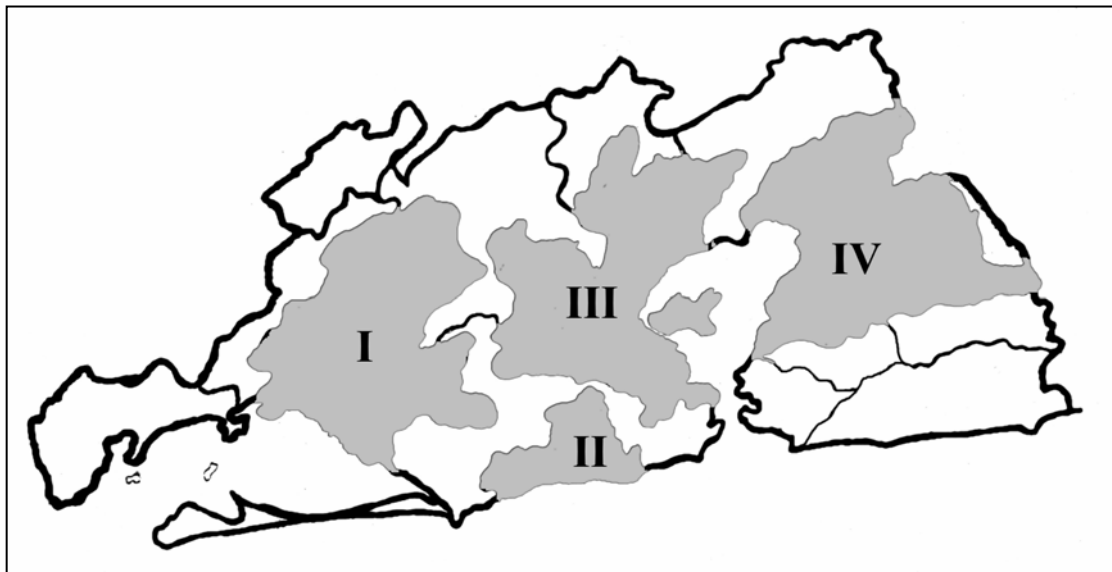


Figura 346 – Bacias aéreas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema

- *Bacia Aérea I* - inserida na Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba, localizada na Zona Oeste da Região Metropolitana, com cerca de 730 km² de área, compreende as áreas territoriais de Itáguai, Coroa Grande e Seropédica, além das Regiões Administrativas de Santa Cruz e Campo Grande, no município do Rio de Janeiro.
- *Bacia Aérea II* - localizada no município do Rio de Janeiro, envolve as regiões administrativas de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, possuindo cerca de 140 km² de área.
- *Bacia Aérea III* - ocupa uma área de cerca de 700 km². Abrange os municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias, Japerí, Magé, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, Queimados e São João de Meriti, além das Regiões Administrativas de Portuária, Centro, Rio Comprido, Botafogo, São Cristóvão, Tijuca, Vila Isabel, Ramos, Penha, Méier, Engenho novo, Irajá, Madureira, Bangú, Ilha do Governador, Anchieta e Santa Tereza, no município de Rio de Janeiro.
- *Bacia Aérea IV* - com área de cerca de 830 km², abrange os municípios de São Gonçalo, Itaboraí e Magé.

Uma “bacia aérea” pode ser definida como uma estrutura geográfica de condição de clima que resulta em um relativo pequeno movimento do ar dentro e fora da área. Esse termo é normalmente usado para se referir a áreas topograficamente sujeitas aos mesmos mecanismos de circulação, onde os poluentes se distribuem pelo ramo aéreo.

O volume da atmosfera que deve ser considerado na avaliação dos efeitos de certos poluentes na saúde humana e no ambiente de modo geral é aquele que se encontra passível de variação em função do tipo de contaminante, do seu tempo de residência, da geografia e das condições meteorológicas.

A região da *Bacia Aérea I*, mais próxima à área de interesse e que deve ser levada como elemento de comparação, tem apresentado uma forte vocação para a implantação de centrais de geração de energia elétrica, face à disponibilidade de áreas, de infra-estrutura de abastecimento de combustível para as usinas, oferta de recursos hídricos, além da proximidade das linhas de transmissão.

Em termos de qualidade do ar, os estudos desenvolvidos pelos empreendimentos licenciados e/ou em fase de licenciamento na região revelaram uma condição de *background* ainda satisfatória, uma vez que há poucas fontes consideradas de alto grau de impacto. Apesar disso, para garantir a manutenção da qualidade do ar em níveis aceitáveis, a Feema estabeleceu limites de impactação a partir da implantação de um Plano de Gestão da Qualidade do Ar na Bacia Aérea I. O referido Plano está sendo concebido pela iniciativa privada, tendo a Feema como participante.

Para fins de caracterização da qualidade do ar, a área de influência direta da Unidade 3 da CNAEA pode ser subdividida em duas, em função dos parâmetros a serem considerados. Para o caso do material particulado, considera-se a Bacia Aérea que envolve a área onde se situam as Unidades 1 e 2 da CNAEA (e futuramente Angra 3), limitada pelas faces voltadas para sul das vertentes montanhosas vizinhas e as linhas-de-costa ao longo de Itaorna, Ponta Grande a Praia Brava.

Para os demais poluentes legislados pela Resolução Conama 03/90 (SO₂, NO₂, O₃ e CO), além de Hidrocarbonetos Totais (HCT) – legislado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a área de influência poderia ser considerada como mais abrangente, atingindo cerca de 5 km a nor-nordeste (orientação Angra 3 - Frade) em relação a posição da própria usina de Angra 3, uma vez que a circulação do ar na região é condicionada pela combinação de diversos fatores geográficos - a distribuição topográfica local, o oceano ao sul e os mecanismos atmosféricos nas escalas sinótica e regional.

Na maior parte do ano, entretanto, por percepção, a qualidade do ar regional ainda é boa. Porém, sob certas condições de tempo – baixa ventilação, estabilidade atmosférica, forte incidência solar e um grande quantitativo de fontes móveis em atividade, a qualidade do ar em alguns locais da região podem apresentar relativo potencial de deterioração temporária com respeito à formação de *ozônio* na baixa troposfera e à formação de *chuvas contaminadas* (evolução do conceito de "chuva ácida"). Infelizmente, tais afirmativas serão limitadas ao

aspecto conceitual e sensitivo, haja vista não haver qualquer histórico de monitoramento da qualidade do ar na região.

Diante do exposto, cabe estabelecer analogias com áreas mais próximas e que tenham as características geográficas e meteorológicas aproximadas às áreas de influência da Unidade 3 da CNAAA.

6.6.6.1.1. Material Particulado

Partículas Totais em Suspensão na Estação Pesagro-Itáguai (Feema) no Período 1989-2000 - historicamente, na Bacia Aérea I - a mais próxima da CNAAA, a Feema monitora a qualidade do ar. Há uma única estação de monitoramento, localizada na Pesagro (coordenadas UTM: 0635038; 7482691), em Itáguai. Nesta estação, o parâmetro PTS tem sido monitorado desde 1989 e os resultados das concentrações médias (geométricas) anuais de PTS no período 1989-2000 são apresentados na Tabela 82.

Tabela 82 – Partículas Totais em Suspensão na Estação Pesagro-Itáguai (Feema), no período 1989-2000.

Ano	Concentração Média Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1989	26
1990	32
1991	35
1992	32
1993	33
1994	42
1995	41
1996	44
1997	55
1998	44
1999	43
2000	43

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema

Considerando-se que o padrão de qualidade do ar estabelecido pela Resolução Conama Nº 03 de 28 de junho de 1990 para a concentração média anual é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verifica-se que os níveis medidos encontram-se abaixo do limite fixado como Padrão

Primário. Se for considerado o Padrão Secundário, para proteção de flora e fauna, de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, também as concentrações registradas encontram-se abaixo.

De acordo com o Relatório Feema-GTZ (1995), a Estação Pesagro-Itáguai, juntamente com a Estação Sumaré (no Rio de Janeiro), é apresentada como estação de *background*, onde a média das concentrações observadas situa-se em torno de 50% do valor da concentração média geométrica do Padrão Primário ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Neste relatório, os valores apresentados para a Estação Pesagro-Itáguai foram:

- média geométrica = $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- média aritmética = $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- mínimo = $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- máximo = $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acordo com o Relatório “Os valores obtidos nas estações escolhidas como *background* orientam a avaliação da região estudada, ou sejam, valores acima destes, quando encontrados em um local, mostram o grau de influência de atividades poluidoras”.

Ao se observar o conjunto de dados (individualmente como média geométrica anual) apresentados na Tabela 82, verifica-se que, ao longo dos anos (1989 a 2000), aparecem três patamares, o primeiro representando exclusivamente o ano de 1989, com uma concentração de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o segundo de 1990 a 1993, com concentrações que variam de 32 a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e terceiro de 1994 a 2000, com concentrações que, em geral variam de 41 a $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, excetuando-se 1997, que apresentou média geométrica de $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Isto significa que de 1989 a 2000 a concentração de PTS apresentou um crescimento médio de 40%.

Partículas Totais em Suspensão na área do Pólo Petroquímico – no ano de 1990 foram realizadas medições de material particulado em suspensão, no período de 5 de março a 1 de setembro, com o objetivo de caracterizar a qualidade do ar na área de influência do Pólo Petroquímico de Itáguai (empreendimento na implantação). Para tal, foi instalado um Amostrador Hi-Vol na agência do Banerj, no centro de Itáguai. Os resultados indicaram uma média geométrica de $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no período e uma concentração máxima diária de $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ficando abaixo dos valores estabelecidos pela Resolução Conama 03/90 como admissíveis para o parâmetro: 80 e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na área onde seria implantado o Pólo também foram realizadas medições: as concentrações média geométrica e máxima diária de material particulado em suspensão foram de $35,4$ e $72,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tais resultados evidenciam que a área urbana de Itáguai apresentou valores mais altos do que a área de implantação do Pólo Petroquímico e as concentrações observadas durante esse período de monitoramento claramente sofreram a influência da estabilidade atmosférica do inverno.

Análises qualitativas no material particulado coletado revelaram a presença de apenas 7% de metais pesados nas amostras coletadas, indicando que, naquela ocasião, a contribuição

das indústrias instaladas nas proximidades da área urbana de Itaguaí se mostrou pouco significativa.

Partículas Inaláveis na Estação Pesagro-Itaguaí (Feema) - a partir de 1998 a Feema passou a realizar, também, o monitoramento de partículas inaláveis na Bacia Aérea I, cuja estação de amostragem encontrava-se localizada no mesmo local onde é monitorado os níveis de PTS. Os resultados obtidos das concentrações médias anuais são mostrados na Tabela 83.

Tabela 83 – Concentração Média Anual de Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ano	Concentração de Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1998	37
1999	31
2000	34

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema

Nota-se que os valores registrados nesses três anos estavam longe de ultrapassar o padrão de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ estabelecido pela Resolução Conama 03/90.

A Tabela 84 apresenta uma síntese estatística dos dados gerados do monitoramento de Partículas Totais em Suspensão – PTS (período de 10/01/1998 a 19/12/2000) e Partículas Inaláveis – PI (período de 10/04/1998 a 31/12/2000) na Estação Itaguaí-Pesagro.. Nesta tabela são comparadas as médias geométricas (para PTS) e aritméticas (para PI) das concentrações de todo o período (referida como total) monitorado com as respectivas médias das coletas efetuadas nos dias úteis (i.e., de segunda a sexta-feira) e de fim-de-semana (i.e. sábado e domingo).

Tabela 84 – Síntese estatística das concentrações (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI) na Estação Itaguaí-Pesagro (Feema) no período 1998-2000.

	Partículas Totais em Suspensão			Partículas Inaláveis		
	Total de Dias Úteis	Sábados e Domingos	Total	Total de Dias Úteis	Sábados e Domingos	Total
Média	44	47	36	35	38	29
Mínima	13	16	13	4	6	4
Máxima	100	100	79	84	78	84
n	120	85	35	117	82	35

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema
 (*) Geométrica para PTS e aritmética para PI, n = número de amostras

Os valores obtidos para PTS e PI mantiveram-se abaixo das referências do Padrão Primário de média anual e média de 24 horas da Resolução Conama N° 03 de 28/06/90. Os Padrões Secundários também não foram atingidos.

Os resultados mostraram que tanto as concentrações médias de PTS quanto às de PI apresentaram-se mais baixas nos fins-de-semana. Nos dois casos, as médias das concentrações nos fins-de-semana foram aproximadamente 1,3 vezes inferiores à média dos dias úteis. Esta diferença pode ser atribuída ao fator fonte, que, para a região, poderia se considerar a maior influência do tráfego de veículos nos dias úteis.

A Figura 347 mostra as variações ocorridas para os dias da semana na Estação Pesagro-Itaguaí, conforme as concentrações de material particulado registradas no ano de 2000.

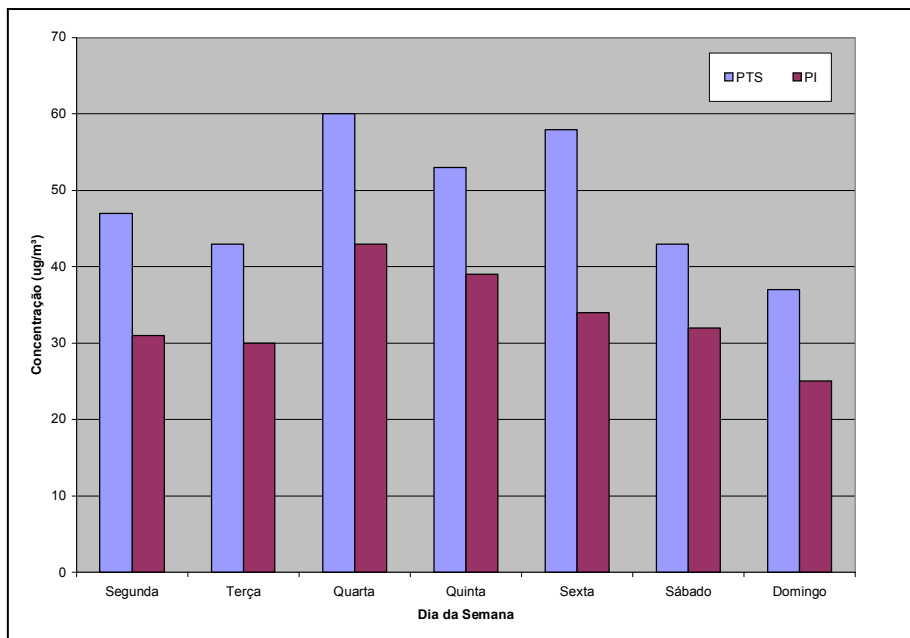


Figura 347 – Concentrações de material particulado nos dias da semana na Estação Pesagro-Itaguaí (ano de 2000).

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema

Verifica-se a ocorrência de um decréscimo das concentrações de material particulado nos fins-de-semana, sugerindo, assim, que o local onde o ar foi monitorado sofria influência de fontes, cujas emissões seriam pouco significativas nesses dias.

A Figura 348 mostra as variações ocorridas nas concentrações de material particulado, na Estação Pesagro-Itaguaí, registradas nos meses do ano de 2000. A sazonalidade fica bem delineada, confirmando o aumento das concentrações de material particulado durante os meses de inverno.

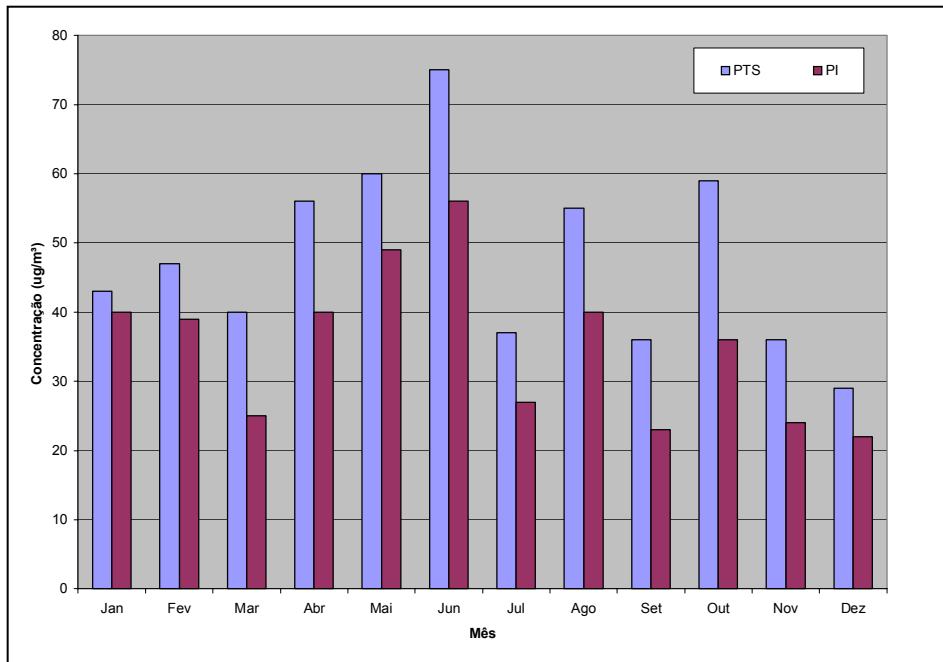


Figura 348 – Concentrações médias mensais de material particulado na Estação Pesagro-Itaguaí (ano de 2000).

Fonte: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro – Feema

6.6.6.1.2. Gases

Com relação aos níveis de concentração de gases, as informações são mais limitadas e recaem no monitoramento realizado por ocasião das avaliações ambientais para a implantação do Pólo Petroquímico de Itaguaí. Foram amostrados os parâmetros dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio durante apenas seis meses.

Para o dióxido de enxofre (SO₂) foi observada uma média aritmética de 19,3 µg/m³ e uma concentração máxima diária de 41 µg/m³. Os valores encontrados ficaram dentro dos admitidos pela Resolução Conama 03/90, que são de 80 e 365 µg/m³, respectivamente.

Para o dióxido de nitrogênio (NO₂), a média aritmética e a concentração máxima diária observadas foram de 12,3 µg/m³ e 20,0 µg/m³, também se posicionando abaixo dos valores de referência de 100 µg/m³ estabelecidos pela Resolução Conama 03/90 para as médias aritmética e anual.

Com relação ao ozônio (O₃), foi realizada uma ampla campanha de monitoramento em todo o Município do Rio de Janeiro, em 1999, visando a verificação dos níveis do poluente. Os trabalhos ocorreram sob a coordenação conjunta do Laboratório de Estudos em Poluição do Ar do Departamento de Meteorologia da UFRJ e da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura do Rio de Janeiro. O método empregado foi o de tubos de difusão.

Segundo constatações internacionais, a probabilidade de formação do ozônio aumenta de 2 a 4% por grau Celsius de elevação da temperatura do ar, o que significa dizer que:

- abaixo de 21°C a formação de ozônio nunca ocorre;
- em torno de 32°C a probabilidade passa a ser de 50% e
- próximo a 40°C (temperaturas facilmente atingidas no verão) a probabilidade passa a ser superior a 70%.

Em suma, as grandes áreas metropolitanas tropicais, com elevada contribuição de emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis e temperaturas sobre-elevadas em razão da formação das ilhas de calor urbano, passam a ser susceptíveis à formação de ozônio.

Na Bacia Aérea I (área mais afastada à oeste do Município do Rio de Janeiro e mais próxima da região de interesse do presente diagnóstico) foram instalados tubos passivos para as amostragens de Ozônio em 8 pontos, a saber: Sepetiba, Santa Cruz (R. F. Cardoso), Santa Cruz I (Av. Brasil), Santíssimo, Campo Grande (P. S. Geraldo), Campo Grande I (João Esmerardi), Queimados (Av. Camarin Baviro) e Queimados (Praça Conienas). Os resultados do monitoramento podem ser vistos na Figura 349.

Medições de dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ozônio, no mês de maio de 2001 em Vila Califórnia e Brisamar, ambas em Itaguaí, revelaram os seguintes resultados de concentrações médias: 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, o que, comparado a outras regiões do Rio de Janeiro, denota uma atmosfera com elevada qualidade do ar.

Os níveis de concentração de ozônio revelados no estudo para a região da Bacia Aérea I mostraram-se significativos quando comparados aos demais; sugerindo haver na região um nível de emissão acentuada de seus precursores primários (óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos) ou o transporte desses, ou mesmo do próprio ozônio formado em outras áreas e carregados para a região de enfoque.

De acordo com o estudo Qualidade do Ar em Volta Redonda, realizado pela Feema/GTZ e apoio do Laboratório de Estudos em Poluição do Ar/UFRJ, foram realizadas medições de benzeno na Estação Pesagro-Itaguaí, com a finalidade de se comparar os resultados obtidos em Volta Redonda com os de uma área rural, além de outras urbanas: Bonsucesso e Copacabana. Verificou-se que na área rural, isto é, na Estação Pesagro-Itaguaí, os resultados obtidos situaram-se “abaixo do limite de detecção do método, podendo-se considerar a concentração *background* de benzeno como zero”. Para as áreas urbanas, as concentrações médias diárias encontraram-se na faixa de 1 a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

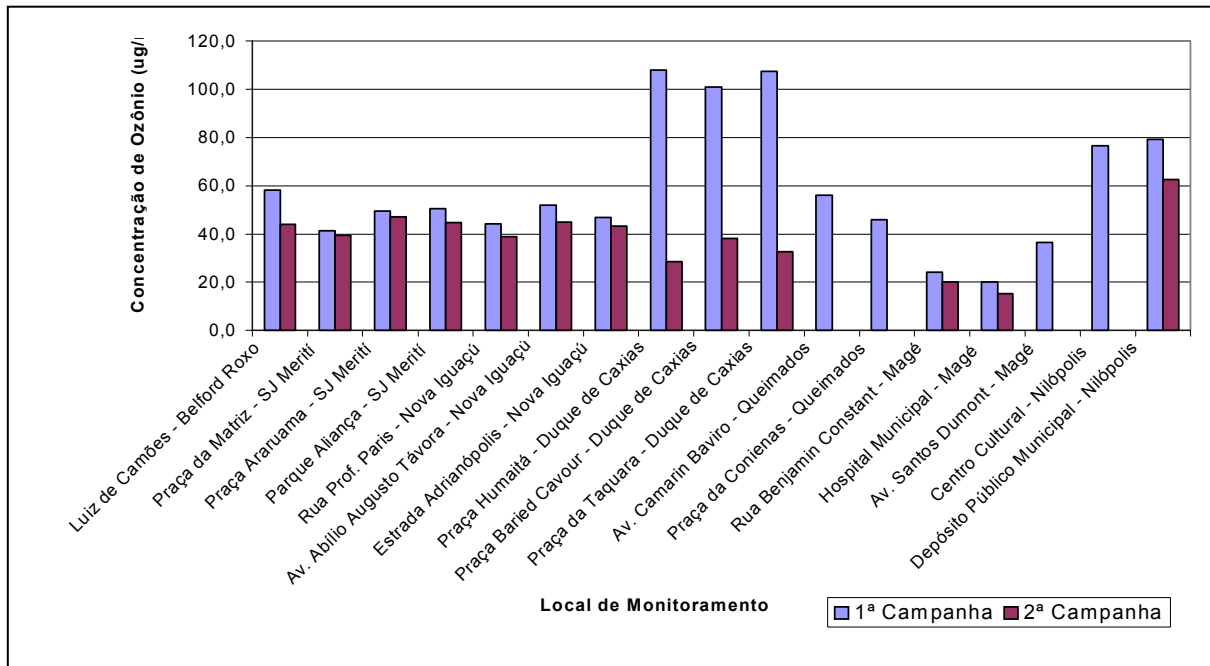


Figura 349 – Resultados das concentrações de ozônio a partir do monitoramento por tubos passivos (1999).

Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro

6.6.6.1.3. Fluxos atmosféricos na Bacia Aérea I

A presente abordagem é introduzida com o intuito destacar a problemática com relação à formação de chuvas ácidas, no entorno do empreendimento, a destacar as áreas onde existem remanescentes de mata atlântica, localizados predominantemente nas encostas da Serra do Mar e os núcleos urbanos situados nas áreas de influência direta e indireta, muito embora utilizando, também, experiências ocorridas em regiões mais próximas, haja vista a inexistência de qualquer estudo mais aprofundado em Angra dos Reis.

Em virtude da preocupação existente no que tange aos fluxos atmosféricos de substâncias químicas (poluentes primários ou secundários), procedentes de emissões de atividades humanas, efetuou-se um levantamento dos dados de estudos realizados, e divulgados, na região da bacia da baía de Sepetiba, tomando-a como a mais similar à Área de Influência do empreendimento.

Conceituação e Características Químicas das Deposições Atmosféricas

a) Formas de Deposição

Os processos físicos responsáveis pela remoção de substâncias químicas procedentes de fontes naturais são igualmente importantes para remoção de poluentes primários e secundários da atmosfera. Portanto, tendo ou não sofridas transformações químicas e/ou físicas na atmosfera, os poluentes são removidos através dos seguintes mecanismos:

- *Deposição úmida (wet deposition)* – remoção de substâncias e partículas da atmosfera através das chuvas. A este mecanismo são também aplicados os termos agregação (*rainout*) e carreamento (*washout*), que designam respectivamente: 1) a incorporação de gases e partículas nas gotículas de nuvens e 2) o arraste de gases e partículas da atmosfera durante a precipitação.
- *Deposição seca (dry deposition)* – deposição de substâncias e partículas da atmosfera nos ambientes de superfície (principalmente solos, sistemas aquáticos, vegetação e estruturas criadas pelo homem) nos períodos de ausência de chuva. Diferente da deposição úmida, a deposição seca depende de muito fatores, tais como: características químicas e físicas das substâncias e partículas, tamanho das partículas, meteorologia e características das superfícies de deposição.

b) Chuva Ácida

O pH natural da água da chuva é, em geral, aceito como 5,6, que representa o equilíbrio entre íons resultantes da ionização do ácido carbônico (H_2CO_3) e o dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, cuja concentração atual encontra-se em torno de 370 partes por milhão em volume (ppmv) (270 ppm antes da Revolução Industrial).

Entretanto, o CO_2 não é a única substância responsável pelo controle do pH da água da chuva. A atmosfera possui outras substâncias, procedentes de fontes naturais ou antrópicas, tais como os ácidos sulfúrico (H_2SO_4) e nítrico (HNO_3), e o gás amônia (NH_3), que participam do controle do pH das chuvas. Os vulcões emitem SO_2 (que dá origem ao H_2SO_4). Os oceanos emitem sulfeto de dimetila (H_3CSCH_3), que na atmosfera é oxidado a SO_2 (de Mello, 1994).

Bactérias nitrificadoras no solo e raios (e faíscas elétricas) são as principais fontes naturais de monóxido de nitrogênio (NO), precursor do HNO_3 . Ácidos orgânicos, tais como fórmico (HCOOH) e acético (H_3CCOOH), são considerados os principais reponsáveis pelo controle da acidez das chuvas na Amazônia, onde valores de pH de chuva menores que 5,0 têm sido verificados. O íon amônio (NH_4^+) é encontrado também em águas de chuvas de regiões remotas de nosso planeta, e provem da dissolução do gás amônia (NH_3), que possuem caráter básico, ou seja, de remover H^+ de soluções aquosas ácidas ($\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$), promovendo o aumento do pH. Partículas de carbonato de cálcio (CaCO_3) transportadas pela atmosfera, procedentes de áreas possuidoras de solos calcários, possuem a mesma característica básica ($\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$).

Em virtude da variabilidade da composição química da água da chuva em diferentes regiões remotas do planeta (áreas sob nenhuma ou muito pouca influência de atividades antrópicas), sob controle de diferentes processos naturais, é difícil estabelecer padrões de qualidade de água para chuvas. Entretanto, como referência, pode-se dizer que as concentrações de NO_3^- , NH_4^+ e exc-SO_4^{2-} em águas de chuva de regiões remotas encontram-se, em média, com valores inferiores a $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ (GALLOWAY *et al.*, 1982, GALLOWAY

et al., 1996). O exc-SO₄²⁻ corresponde ao SO₄²⁻ proveniente da oxidação do SO₂ da atmosfera, seja ele, proveniente de emissões vulcânicas, oxidação do H₃CSCH₃ ou de queima de combustíveis fósseis. Principalmente em áreas costeiras, uma parte do SO₄²⁻ presente nas chuvas provem do *spray* marinho, que carrega espécies inorgânicas presentes na água do mar, como Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺, Ca²⁺ e K⁺. O Na⁺ é utilizado como íon de referência para a determinação da parcela iônica proveniente do *spray* marinho (DE MELLO, 2001).

c) Fluxos Atmosféricos dos Principais Íons

As deposições atmosféricas, dos nove principais íons inorgânicos presentes em água de chuva e formadores da fração inorgânica de partículas atmosféricas, foram estudadas por DE MELLO (1993), sob a forma de deposição total (chuva e partículas depositadas no sistema coletor por assentamento gravitacional) nas encostas da serra da Coroa Grande (especificamente na bacia do rio Itingussú), Município de Sepetiba.

Na Tabela 85 são apresentados os resultados como concentração (primeira coluna) e fluxo atmosférico (segunda coluna). Ainda nesta tabela, o fluxo atmosférico é discriminado em de procedência do *spray* marinho e de outras fontes, as quais se inserem as das atividades humanas.

Tabela 85 - Concentrações (µmol/L) e fluxos atmosféricos (kg /ha.ano)*, via deposição total, dos íons majoritários na bacia do rio Itingussú, Serra da Coroa Grande, Sepetiba, RJ.

PH (4,8)	Concentração	Fluxo total	Fluxo do <i>Spray</i> Marinho	Fluxo do Excesso	% do excesso
H ⁺	16,5	0,3	0,0	0,3	100
Cl ⁻	59,4	32,4	32,4	-1,6**	-5**
NO ₃ ⁻	13,8	3,0	3,0	3,0	100
SO ₄ ²⁻	15,5	7,6	1,5	6,1	80
Na ⁺	53,4	18,9	18,9	0,0	0
K ⁺	5,4	3,2	0,7	2,5	78
Mg ²⁺	9,3	3,4	2,2	1,2	55
Ca ²⁺	12,7	7,8	0,7	7,1	91
NH ₄ ⁺	10,5	2,3	0,0	2,3	100

Fonte: de Mello, 1993.

Período de estudo: 1988-1989; Localização: 22°53' -22°55'S, 43°53' -43°55'W; Altitude: ~500 m; Precipitação: 1100 mm ano⁻¹.

*Em massa do elemento principal (N e S) formador do íon.

**Significa perda de Cl⁻ do aerossol marinho, em virtude de reações químicas atmosféricas, sob a forma de compostos voláteis de Cl.

Destaca-se que a influência das emissões marinhas na deposição de íons no continente depende principalmente de fatores como ação dos ventos, relevo e distância do mar. No caso do NO_3^- e exc-SO_4^{2-} , suas origens, em regiões urbanas e industrializadas, estão associadas às emissões de NO_x (NO e NO_2) e SO_2 . O NO_x é gerado em todo processo de combustão de alta temperatura ($>1000^\circ\text{C}$) em decorrência, principalmente, da oxidação do N_2 do presente no ar (constituído de 78% de N_2). No caso do SO_2 , sua origem é a oxidação parcial do enxofre presente nos combustíveis fósseis (derivados de petróleo e carvão mineral).

Entre a emissão, como NO_x e SO_2 , e deposição, como NO_3^- e SO_4^{2-} , decorrem alguns poucos dias, ocasião em que ocorrem, na atmosfera, transformações químicas e transferências de meios físicos. O SO_2 possui um tempo de residência na atmosfera de aproximadamente três dias. Durante este período, ele reage com o vapor da água dando origem ao ácido sulfuroso ($\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$) que, em seguida, é oxidado a ácido sulfúrico pelo oxigênio presente nas gotículas das nuvens ($2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$). Na combustão a alta temperatura, o N_2 atmosférico é oxidado a monóxido de nitrogênio (NO). Na atmosfera, em fase gasosa, o NO é oxidado pelo oxigênio atmosférico a dióxido de nitrogênio ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$). Este poluente reage com o vapor d'água da atmosfera, formando ácido nítrico ($2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ e $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_3$, ou de maneira global, $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$) que dissolve-se nas gotículas de nuvens ou na chuva.

Os fluxos atmosféricos de NO_3^- e exc-SO_4^{2-} podem contribuir para a acidificação de ecossistemas e deterioração de florestas. Tanto a água da chuva quanto as partículas atmosféricas podem conter como poluente o íon NH_4^+ . Sua origem é a incorporação do gás amoníaco (NH_3) nestes meios. A amoníaco é uma base e, portanto, responsável por elevar o pH das chuvas ($\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$), reduzindo a acidez gerada pelos ácidos nítricos (HNO_3) e sulfúrico (H_2SO_4). Portanto, o pH não deve ser utilizado individualmente como parâmetro indicador do grau de poluição da água de chuva. O conhecimento das concentrações dos principais poluentes (SO_4^{2-} , NO_3^- e NH_4^+) é sempre necessário neste tipo de avaliação. Após a deposição em ecossistemas, a oxidação do NH_4^+ , por bactérias nitrificadoras presentes tanto no meio terrestre quanto no aquático, conduz à formação de dois hidrogênios ácidos ($\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$).

Para o caso de Angra dos Reis, numa primeira análise, parece não haver fontes relevantes que possam alterar a química da água das chuvas na atmosfera da região. As emissões de SO_2 e NO_x que ocorrem na Unidade 3 da CNAAB serão esporádicas, de curta duração e quantitativamente irrelevantes para impactar a qualidade do ar e a composição química das águas das chuvas, conforme pode ser verificado a partir dos dados de projeto.

BIBLIOGRAFIA – VOLUME 2

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Boletim Hidroclimático do Estado do Rio de Janeiro** – Informações Pluviométricas- Frequências Relativas Médias de Dias de Chuvas, Angra dos Reis. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Hidrometricas/nosestados/index.htm>. Acessado em 11/06/2002.
- AHNERT, F. **Introduction to Geomorphology**. London, 1996: Arnold. 352p.
- AHSAN, A.K.M.O. AND BLUMBERG, A.F. **Three-dimensional hydrothermal model of Onondaga Lake, New York**. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1999. **125**(9), p. 912-923.
- ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. **Origem e evolução da Serra do Mar**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 1998. 28 (2): 135-150.
- ALMEIDA, F. F. M. (1967). **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. Rio de Janeiro, 1967. Bol. DGM/DNPM, 246, 36p.
- ALMEIDA, F. F. M. **Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira**. In: 23º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, 1969. Anais, 1: p.29-46.
- ALMEIDA, F. F. M. **Distribuição Regional e Relações Tectônicas do Magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil**. Rev. Bras. Geociên., 1986. v.16, n.4, p.325-349.
- ALMEIDA, F. F. M. **O Alinhamento magmático de Cabo Frio**. Atas do 2 Simp. Geol. Sudeste, São Paulo, 1991. p.423-428.
- ALMEIDA, F. F. M. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin**. An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1976. 58 (suplemento): 15-26.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. & FUCK, R. A. **Províncias estruturais brasileiras**. Atas do 8 Simp. Geol. Nordeste, 1977. separata, p. 363-391.
- ALMEIDA, F.F.M. **Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira**. In: Anais do 23 Cong. Bras. Geol., Salvador, 1969.
- ALMEIDA, F.F.M. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. Rio de Janeiro, 1967. Bol. DGM - DNPM, 241: 36 pgs.
- ALMEIDA, F.F.M. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. An. Acad. bras. Ciênc., 1976. 48:15-26.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. **Origem e evolução da Serra do Mar**. Revista Brasileira de Geociências, 1998. 28(2): 135-150.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. & FUCK, R. A. **Brazilian Structural Provinces: an introduction**. Earth Science Reviews, 17, 1981.
- ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. & TROUW, R. (1998). **Geometric and kinematic analysis at central tectonic boundary of Ribeira Belt, southeastern Brazil**. In: Anais do 39. Cong. Bras. Geol., 1998. p. 32. SBG
- ALVES, E.C.; COSTA, M.P.A. & FERRARI, A.L. **Integração final entre as Evoluções Estrutural e Estratigráfica da porção rasa da Bacia de Santos e da Serra do Mar**. Relatório CNPq, 1989.

- AMARAL, C. P. D. **Escorregamentos no Rio de Janeiro: Inventário, Condicionantes e Redução do Risco**. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996. 262p.
- ANDERSON, M. G. & RICHARDS, K. S. **Modelling slope stability: the complimentary nature of geotechnical and geomorphological approaches**. Slope Stability. M. G. ANDERSON AND K. S. RICHARDS. Chichester, John Wiley: 1-9. 1987.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th Edition. Washington, 1992.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 12th Edition. Washington, 1965.
- APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. **Geochemistry, Groundwater and Pollution**, Ed. Balkema, 1999, 500pp. Rotterdam.
- ARAUJO, A. L. N. **Rochas alcalinas de Arraial do Cabo - RJ: Ilha do Cabo Frio e adjacências continentais**. Dissertação de Mestrado, Depto. Geologia/LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 1995. 90 p.
- ARGENTO, M.A.F.; VIEIRA, A.C. (1971). **O Impacto Ambiental na Praia de Sepetiba**. Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, 1988.
- ARGENTO, M.S. **Mapeamento Geomorfológico. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Eds.). Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1994. p. 365-391.
- ASMUS, H. E. **Hipóteses sobre a origem dos sistemas de zonas de fratura oceânicas/ alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões Sudeste e Sul do Brasil**. In: Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Série Projeto REMAC, 1978. 4: p.39-73.
- ASMUS, H.E.; FERRARI, A.L. **Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região Sudeste do Brasil**. Petrobras. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, 1978. CENPES/DINTEP, 75-88 (Série Projeto REMAC, 4).
- ASSUMPÇÃO, M. (1992). **The regional intraplate stress field in South America**. J. Geophys. Res., 1992. 97: p. 1889-11903.
- ASSUMPÇÃO, M. **Focal Mechanism of Small Earthquakes in the Southeastern Brazilian Shield: a Test of Stress Models of the South American Plate**. Geophys, 1998. J. Int., 133: p.490-498.
- ASSUMPÇÃO, M. **Seismicity and stresses in the Brazilian passive margin**, Bull. Seism. Soc. Am., Mar. 1997 (submitted).
- ASSUMPÇÃO, M. **Terremotos no Brasil**. Ciência Hoje, 1983. v.1, n.6, p.13-20.
- ASSUMPÇÃO, M.; BARBOSA, J. R.; BERROCAL, A.; BASSINI, A. M.; VELOSO, J.V.; MÂRZA, V. I.; HUELSEN M. G.; & RIBOTTA, L. C. **Seismicity Patterns and Focal Mechanism in Southeastern Brazil**. Rev. Bras. Geofísica, 1997. 15(2): 119-132. (2M,AR).
- 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.

- AUGUSTO FILHO, O. & VIRGILI, J. C. **Estabilidade de Taludes**. A.M.D.S. OLIVEIRA, & S.N.A.D. BRITO (Eds.) Geologia de Engenharia, ABGE, São Paulo, 1998. p.243-269.
- AUTODESK INC. (2000) – **Manual do Programa Autocad 2000**.
- BARBOSA, A. L. M.; SAD, J. H. G.; PINTO, C. P. & RIBEIRO, A.C. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro - DRM/GEOSOL**, Bloco Três Rios, Folhas Três Rios, Paraíba do Sul, Miguel Pereira e Cava. Rio de Janeiro, 1981. Relatório Final, v. I, texto inédito.
- BELO, W.C. **Estudos Integrados do Fundo Marinho da Baía da Ilha Grande – RJ**. Dissertação de Mestrado, 2001. 112pp.
- BERROCAL, J.; ASSUMPCÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H. & VELOSO, J. A. V. **Sismicidade do Brasil**. São Paulo, 1984. Edição IAG-USP/Cnen, 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.
- BEVEN, K. J., & KIRKBY, M. J. **A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology**. Bulletin of Hydrological Sciences, 1979. 24(1), p.43-69.
- BISHOP, P. **Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion**. Progress in Physical Geography, 1995. 19(4): 449-473.
- BLUMBERG, A.F. AND G.L. MELLOR. **A Coastal Ocean Numerical Model**. In: J. Sundermann and K.P. Holz. *Mathematical Modelling of Estuarine Physics*, Proceedings of an International Symposium, Hamburg, August 24-26, 1978. Springer-Verlag, Berlin, 1980.
- BLUMBERG, A.F. AND G.L. MELLOR. **A Description of a Three-Dimensional Coastal Ocean Circulation Model**. In: *Coastal Ocean Circulation Models*, N. Heaps, American Geophysical Union, 1987. pp. 1-16.
- BRAILE, P. M. **Despejos Industriais**. Federação das Industrias da Guanabara. Rio de Janeiro.
- BRANNER, J. C. (1912). **Earthquakes in Brazil**. Bull. Seism. Soc. Am., 1912. 2: p.105-117.
- BRANNER, J. C. **Recent Earthquakes in Brazil**. Bull. Seism. Soc. Am., 1920. 10: 90-104.
- BRUCECENTRE (2001). **Canada vs. U.S. Tritium Standards in Drinking Water**. (A Primer on Tritium) www.friendsofbruce.ca/IRs
- BRUNSDEN, D. & PRIOR, D. B. **Slope Instability**. John Wiley, Chichester, 1984.
- BUCHMANN, J.; BUJA, L.E.; PAEGLE, J.N.; PAEGLE, J. **The Dynamics Basis of Regional Vertical Motion Fields Surrounding Localized Tropical Heating**, Journal of Climate, 8 (5), 1995. p. 1217-1234.
- CAMPOS NETO, M. C. & FIGUEIREDO, M.C.H. (1995). **The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil**. Jour. South. Amer. Earth Sci., 1995. 8: 143-162
- CARVALHO, C. N. **Water erosion assessment by geoprocessing the Universal soil loss equation [USLE] in the hydrographic basin of Jurumirim River-Angra dos Reis, Rio de**

- Janeiro, Brazil.** REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY (IAG), Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999a : p.94.
- CARVALHO, C. N. **Water erosion assessment in the hydrographic basin of Jurumirim River (Angra dos Reis, RJ - Brazil).** INTERNATIONAL SYMPOSIUM ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES, 3, Nova Friburgo. Extended Abstracts. Niteroi: UFF/Programa de Geoquímica, 1999b. 4p.
- CARVALHO, C.N.; KRONEMBERGER, D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, R. **The quest for sustainable development in a local context: the case study of Jurumirim Hydrographic Basin, Angra dos Reis County, Rio de Janeiro State, Brazil.** Open Meeting of the Human Dimensions of the Global Environmental Change Research Community. Rio de Janeiro, Outubro 6-8, 2001. **Anais:** <http://sedac.ciesin.columbia.edu/openmeeting/>.
- CASTRO, C.; MELLO, E.V.; PEIXOTO, M.N.O. **Tipologia de Processos Erosivos Canalizados e Escorregamentos – proposta para avaliação de riscos geomorfológicos urbanos em Barra Mansa (RJ).** Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2000: IGEO/UFRJ, vol. 25. 2002 (no prelo).
- CATALDI, M.; TORRES JÚNIOR, A. R. **Sinais de anomalias de temperatura do Pacífico equatorial sobre o atlântico sul utilizando as Reanálises do NCEP/NCAR.** XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000.
- CAVALCANTI, I.A.,. **Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais.** INPE 2494 TDL/097. 1982.
- CECCOPIERI, W.B. **Estudos integrados do fundo marinho da Baía da Ilha Grande, RJ.** Dissertação de mestrado na Universidade Federal Fluminense/LAGEMAR. 2001. 109p.
- Cetesb, **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.** Relatórios Ambientais, 1999. 53p.
- CHAVES, H. M. L. **Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado.** V. H. ALVAREZ, L. E. F. FONTES AND M. P. F. FONTES. Viçosa, Sociedade Bras. de Ciência do Solo, 1996. p.731-750.
- CHENG, S. **Isotopic tracing of the source water for Cedar Bog in west-central Ohio, USA.** J. of Hydrology, 1996. p.186:31-42.
- CHRISTOFOLETI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** Ed. Edgard Blücher Ltda, 1ª ed., São Paulo, 1999. 236p.
- CIDE - Centro de Informações do Estado do Rio de Janeiro. **Índice de Qualidade dos Municípios Verde – IQM.** 2000.
- CIDE - Centro de Informações do Estado do Rio de Janeiro. **Mapa do quadro geo-bio-físico do Estado do Rio de Janeiro (Escala 1:1.500.000).** Rio de Janeiro, 1992. (Folder *Rio em Dados*).
- CIDE. **Território do Estado do Rio de Janeiro.** Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro/Secretaria de Estado de Planejamento e Controle – SECPLAN/Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1997.
- CLARK, I.; FRITZ, P. **Environmental Isotopes in Hydrogeology** CRC Press, USA, 1997. 328p.

- CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** INPE/CPTEC, S.J.C ampos-SP, 1986.
- COBLENZ, D. D. & RICHARDSON, R. M. (1996). **Analysis of the South American Intraplate Stress Field.** *J. Geophys. Res.*, 1996. 100: p.20245-20255.
- COLLET, H. B. **Geologia ambiental em Angra dos Reis-RJ: A expansão urbana e as áreas de risco nas encostas.** SIMPOSIO DE ECOLOGIA DO SUDESTE, 3, Rio de Janeiro. Boletim de resumos. Rio de Janeiro, 1993. Uerj, p.84-85.
- CONCREMAT. **Estudos de Impacto Ambiental: Canalização e Dragagem de Rios da Bacia de Sepetiba, Modelo de Simulação do Transporte de Contaminantes na Baía de Sepetiba.** Rio de Janeiro, 1992.
- CORDANI, U.G. & SATO, K. **Crustal evolution of South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks.** *Episodes*, 1999. v.22,3: 167-173.
- CORRÊA, I.C.S., MARCHIORI, C.A.M., ELIAS, A.R.D. & AVILA, M.D. **Sedimentologia da parte central da Baía de Ilha Grande – Estado do Rio de Janeiro – Brasil.** CECO/IG/UFRGS, 1997. Notas Técnicas. 10: 61-71.
- COSTA, J.B.S; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L; SAADI, A. **Arcabouço tectônico meso-cenozóico da região da calha do Rio Amazonas.** *Revista de Geociências*, 1995. 14(2): 77-103.
- COTTON, A. **Geomorphology.** 7a ed., Witcombe & Tombs Limited., London, 1968. p.154-187.
- COX, R. T. **Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt block tectonics: as example from the Mississippi Embayment.** *Geological Society of America Bulletin*, 1994. 106: 571-581.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (1974). **Mapa Geológico Parati. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: SF-23-Z-C-I-2, Escala 1:50.000, 1974.**
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2000). **Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: CPRM, 2000. 23p.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Angra dos Reis. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: SF-23-Z-C-II-I, Escala 1:50.000, 1974.**
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Campos de Cunha/R. Mambucaba. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: SF-23-Z-A-IV-3/SF-23-Z-C-I-2, Escala 1:50.000, 1974.**
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico Cunhambebe. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: SF-23-Z-A-V-3, Escala 1:50.000, 1974.**
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Recursos Hídricos – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/bases/siagas>. Acessado em 03/06/2002.
- CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil. **Curso de introdução ao software explorer.** Divisão de Geoprocessamento - DIGEOP. Rio de Janeiro, 1997. 49p.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil. **Os Solos do Estado do Rio de Janeiro**. Ministério de Minas e Energia, Brasília (DF). CD-ROM. 2000.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) - Serviço Geológico do Brasil. **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Ministério de Minas e Energia, Brasília (DF). CD-ROM. 2001.

CPRM/Serviço Geológico do Brasil/DRM. **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro** na escala 1:500 000. CPRM-RJ, 2001.

CPRM-DRM. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro**, Folhas: Mangaratiba, Ilha Gde., Cunhambebe, Angra dos Reis, Rio Mambucaba, Campos do Cunha, Picinguaba, Joatinga, Volta Redonda. Sec. Est. Ind. Com. Tur., RJ, 1983. 5 v.

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. **CD Rom Dados CSN Itáguai, CD Rom Síntese Pegasus e Informações Reuniões**. Rio de Janeiro, 2001.

CSN – **Monitoramento da Qualidade do Ar**. Terminal de Carvão do Porto de Sepetiba 2000/2001.

DALCOLMO, M. T.; FERRARI, A. L.; MELLO, E. F.; VAZ, M. A. A.; BRENNER, T. L.; SILVA, V. P. & NASSAR, W. M. **Bloco Baía de Guanabara**, Folhas: Itaboraí, Baía de Guanabara, Maricá e Saquarema. Relatório Final. GEOMITEC - DRM/RJ, Niterói, 1982.

DANTAS, M.E. **Mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro**. CPRM - Estudo Ambiental do Estado do Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energia, Brasília (DF). CD-ROM. 2001.

DAVIS, E. G. & NAGHETTINI, M. C. **Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro**. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, CD-Rom. 2001.

DE MELLO, W.Z. & MOTTA, J.S.T. **Acidez na chuva**. Ciência Hoje, 1987. 6(34): 40-43.

DE MELLO, W.Z. **Como os seres vivos produzem gases de enxofre**. Ciência Hoje, 1994. 17(98): 28-37.

DE MELLO, W.Z. **Elemental input-output mass budgets in the Itingussú river watershed, RJ**. International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries. Niterói, UFF/Departamento de Geoquímica, 1993. 165-169 p.

DE MELLO, W.Z. **Precipitation Chemistry in the Coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil**. Environmental Pollution, 2001. 114 pp.235-242.

DE MELLO, W.Z. **Variabilidade na composição química da água da chuva durante a precipitação**. Ciência e Cultura, 1988. 40(10):1008-1011.

DE QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S.; BATISTA, N. N. M. & OLIVEIRA, G. S. **Climatologia da Precipitação e Temperatura**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1997.

DECKART, K.; FÉRAUD, G.; MARQUES, L.S. & BERTRAND, H. **New time constraints on dyke swarms related to the Paraná-Etendeka magmatic province, and subsequent South Atlantic opening, southeastern Brazil**. J. Volc. Geoth. Res., 1998. 80: 67-83.

- DEFFONTAINES, P. **Regiões e paisagens do Estado de São Paulo: primeiro esboço de divisão regional.** Geografia, São Paulo, 1935. 1(2): 117-69.
- DELVAUX, D. **The Tensor Program for paleostress reconstruction: exemples from the East African and the Baikal rift zones.** EUGVII Strasburg, France, 4-8 April 1993. Suplement n^o1 to Terra Nova, vol. 5, p. 216 (*abstract*).
- DEMEK, J. **Generalization of Geomorphological maps.** Progress Made in Geomorphological Mapping, Brno. 1976.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas.** Brasília, 1992.
- DHN. **Cartas Náuticas.** 1621 (Publicada em 1983); 1623 (Publicada em 1982); 1622 (Publicada em 1984); 1610 (Publicada em 1940).
- DIAS, G.T.M., PEREIRA, M.A.A. & DIAS, I.M. **Mapa geológico-geomorfológico da Baía da Ilha Grande e Zona Costeira adjacente, escala: 1:80000.** Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR). Publicação interna, LAGEMAR / UFF, 1990.
- DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D. & MECHOSO, C. R. (1997). **Relationships Between Precipitation in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans.** JOURNAL OF CLIMATE, 1997. VOL. 11, p 251-271.
- DIETRICH, W. E. & MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potencial.** NCASI (National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement), Technical Report, 1998. 29p.
- DIETRICH, W. E.; WILSON, C. & RENEAU, S. **Hollows, Colluvium and Landslides in Soil-Mantled Landscapes. Hillslope Processes.** ABRAHAMS, A. D. (Ed), 16th Annual Binghamton Symposium in Geomorphology. London, 1986. Allen & Unwin, p. 361-388.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVAGAÇÃO (1980). **Carta Náutica N^o 1637.**
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVAGAÇÃO (1980). **Carta Náutica N^o16331.**
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVAGAÇÃO (1981). **Carta Náutica N^o1633.**
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVAGAÇÃO (1982). **Carta Náutica N^o1632.**
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVAGAÇÃO (1990). **Carta Náutica N^o1621.**
- DOE/ EIS0225. **Final Environmental Impact Statement for the Continued Operation of the Pantex Plant and Associated Storage of Nuclear Weapon Components.** U.S Department of Energy, 2001.
- DOMINGOS, M.; POGGIANI, F.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. & LOPES, M.I.M.S. **Precipitação pluvial e fluxo de nutrientes na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP.** Revista Brasileira de Botânica, 1995. 18(1): 119-131.
- DOORNKAMP, J.C. **Geomorphological approaches to the study of Neotectonics.** Journal of the Geological Society of London, 1986. 143: 335-342.
- DUNNE, T. & LEOPOLD, L. B. (1978). **Water in Environmental Planning.** New York, 1978. W. H. Freeman and Company, 818p.

- DUNNE, T. **Geomorphologic contributions to flood control planning**. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) *Flood Geomorphology*. New York: John Wiley & Sons, 1988. Cap. 25, p. 421-438.
- ELETRONUCLEAR S.A. **Final Safety Analysis Report – FSAR Angra 2 (ver 05)**. Eletronuclear, Rio de Janeiro, 2001.
- ELETRONUCLEAR S.A. **Preliminary Safety Analysis Report – PSAR Angra 3 (ver 00)**. Eletronuclear, Rio de Janeiro, 2002.
- EMBRAPA (1999). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro, 1999. Embrapa Solos, 412p.
- ENCAL S/A **Planta de Batimetria do saco de Piraquara de Fora**. (Planta GM01/81 – DES. 1608-B-4A/81). 1981.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 40 CFR Part 420, **Effluent Limitations Guidelines and Standards**. Preliminary Study of the Iron and Steel Category. Estados Unidos, set. 1995, 1 v.
- ETEP/ECOLOGUS/SM GROUP. **Macroplano de Gestão Ambiental e Saneamento da Bacia da Baía de Sepetiba**. 1998.
- FAIRBRIDGE, R. W. Morphotectonics. **The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences**, v. III, Fairbridge R. W. ed, Dowden, Hutchinson & Koss Inc., Pennsylvania, 1968. 734-736.
- FAO. **Manual of Methods in Aquatic Environment. Part 1 – Methods for Detection, Measurement, and Monitoring of Water Pollution**. FAO Fisheries Technical Paper, 1975. 137:138
- FAPUR/UFRRJ. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Tamoios. Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2001. Eletronuclear. CD-Rom.
- FEEMA (1997). **Relatório Anual de Qualidade do Ar**.
- FEEMA (1999). **Inventário de Emissões Veiculares**.
- FEEMA. **Legislação Ambiental Básica**. Organizado por Brito Elizabeth N. e Moreira, Iara V. D., Rio de Janeiro, 1992.
- FEEMA. **Sinopse de Dados Preliminares aos Estudos de Preservação Ambiental da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro, 1982.
- FEEMA/GTZ (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GMBH). **Qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1995. 76 p.
- FEEMA/GTZ. Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha – **Avaliação da Qualidade de Água da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro, 1995/1998. 1 v.
- FEEMA/GTZ. **Qualidade do Ar em Volta Redonda**, Rio de Janeiro, 1999. 80p.
- FEITOSA, F.; FILHO, C. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza – CE, 1997. Coordenadores: Feitosa, F. A. C.; Manuel Filho, J. 412p.

- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica.** A. J. T. GUERRA & S. B. CUNHA (Eds.) Geomorfologia e Meio Ambiente, Bertrand, Rio de Janeiro, 1996. p.123-194.
- FERNANDES, N. F., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T., VIEIRA, B. C., MONTGOMERY, D. R., GREENBERG, H. **Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Teoria, Evidências de Campo e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Suscetíveis.** Revista Brasileira de Geomorfologia, 2001. 2, 51-71.
- FERRARI, A. L. & RICCOMINI, C. **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. (1990). **A geologia do “Rift” da Guanabara na sua porção centro-ocidental e sua relação com o embasamento Pré-Cambriano.** In: 36º Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, Natal, 1990. Anais, 6: p.2858-2872.
- FERRARI, A. L. **Evolução tectônica do Graben da Guanabara,** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, 2001. 412p.
- FERRARI, A. L.; SILVA, M.A.M. & PENHA, H.M. (1997b). **Variações no campo de esforços na área emersa adjacente ao Alto de Cabo Frio ao longo do Cretáceo e Terciário.** In: V Simpósio de Geologia do Sudeste, SBG, Rio de Janeiro, 1997b. anais, p. 89-91.
- FERRARI, A. L.; SILVA, M.A.M. & PENHA, H.M. **Persistência de Shmax com direção NE no segmento nordeste do Rift Continental do Sudeste do Brasil ao longo do Cretáceo Superior e Terciário.** An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1977a. 69 (3): 440 (resumos das sessões).
- FERRARI, A.L. **Evolução tectônica do graben da Guanabara.** Tese de doutorado, USP, 2001. 412p.
- FERREIRA, A.B.H. (1986). **Novo dicionário da língua portuguesa.** Ed. Nova Fronteira, São Paulo, 1986. 1839p.
- FIDERJ. **Estudos para o planejamento municipal: Angra dos Reis.** Rio de Janeiro, 1977. (Coleção Estudos para o Planejamento Municipal; 1): Fiderj, 7.3p.
- FONSECA, A.C. **Esboço geocronológico do sudeste do Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994. 186 p.
- FONSECA, M.J.G. (1998). **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:400000, Texto explicativo.** Rio de Janeiro, 1998. DNPM/MME, 141p.
- FONSECA, M.J.G. **Texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro - Escala 1:400.000.** DNPM. Rio de Janeiro, 1998. 141p.
- FRANCISCO, C.N. & CARVALHO, C.N. (no prelo). **Disponibilidade hídrica – da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro.** Revista de Geociências. Niterói, UFF.
- FREEZE, R. A., and CHERRY, J. A. (1979). **Groundwater: Englewood Cliffs,** Prentice-Hall, Inc., 1979. 604 p.

- FREITAS, S. R.; M. A. F. SILVA DIAS *et al.* (2000). **A convective kinematic trajectory technique for low-resolution atmospheric models.** J. Geophys. Res., 2000. 105 (D19): 24375 – 24386.
- FRUTOS, J. (1981). **Andean tectonics as a consequence of sea-floor spreading.** Tectonophysics, 1981. 72: 21-32.
- FUNASA. Ministério da Saúde. **Textos de epidemiologia para Vigilância Ambiental em Saúde.** Brasília, FUNASA, 2002.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA/SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS E MEIO AMBIENTE – SOMA. (1983). **Manual do Meio Ambiente – Métodos Feema, vol. 2.** Rio de Janeiro, 1983. Dicomt. 31p.
- GAIA Engenharia Ambiental. **EIA do Terminal de Exportação de Minério do Porto de Sepetiba.** 1996.
- GALLAGHER, K.; HAWKESWORTH, C.J; MONTOVANI, M.S.M. **Denudation, fission track analysis and the long-term evolution of passive margin topography: application to the Southeast Brazilian margin.** Journal of South American Earth Sciences, 1995. 8(1): 65-77.
- GALLOWAY, J.N.; KEENE, W.C. & LIKENS, G.E. **Processes controlling the composition of precipitation at a remote southern hemispheric location: Torres del Paine National Park, Chile.** Journal of Geophysical Research, 1996. 101(D3), 6883-6897.
- GALLOWAY, J.N.; LIKENS, G.E.; KEENE, W.C. & MILLER, J.M. **The composition of precipitation in remote areas of the world.** Journal of Geophysical Research, 1982. 87(11), 8771-8786.
- GAO, J. **Identification of Topographic Settings Conducive to Landsliding from DEM in Nelson County, Virginia, U.S.A.** Earth Surface Processes and Landforms, 1993. 18, pp.579-591.
- GARDA, G.M. (1995). **Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo,** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, 1995. vol 1, 156p.
- GAT J.R.; GONFIANTINI, R. **Stable isotope hydrology: Deuterium and oxygen-18 in the water cycle.** Vienna, 1981. IAEA. *Techn. Report series* No.210
- GEOSOFT INC. **Manual do Programa Geosoft Mapping and Processing System 5.1.** 2002.
- GEOSOFT INC. **Manual do Programa Geosoft Mapping and Processing System 5.1.** 1995
- GERASIMOV, I.P.; MESCHERIKOV, J.A. Morphostructure. **The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences,** v. III, Fairbridge, R.W. ed., Dowden, Hulchinson & Koss Inc., Pennsylvania, 1968. p. 731-732.
- GEROE. **Mapa de Condicionantes Físico-Ambientais (1:50.000).** Rio de Janeiro, 1995.
- GEROE. **Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (1:50.000).** Rio de Janeiro., 1995.
- GERRARD, A.J. **Mountain environments – an examination of the physical geography of mountains.** Londres, 1990. Belhaven Press, 317p.

- GIBBS, A.D. **Structural evolution of extensional basin margin.** *Journal of Geological Society*, 1984. 141: 609-620.
- GILCHRIST, A.R.; SUMMERFIELD, M.A. **Differential denudation and flexural isostasy in formation of rifted-margin upwards.** *Nature*, 1990. 346(23): 739-742.
- GLENN, S.M. AND GRANT, W.D. **A suspended sediment stratification correction for combined wave and current flows.** *Journal of Geophysical Research*, 1987. 92 (C8), p.8244-8264.
- GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.Rio Claro (SP), 1999. 259 p.
- GOODCHILD, M. F., PARKS, B. O. & STEYAERT, L.T., Eds. **Environmental Modeling with GIS.** New York, Oxford University Press, 1993.
- GRANT, W.D. AND MADSEN, O.S. **Combined wave and current interaction with a rough bottom.** *Journal of Geophysical Research*, 1979. 84 (C4), p.1797-1808.
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. **Methods of Seawater analysis.** 2nd Edition. Verlag Chemie. Kiel. 1983.
- GREGORY, K.J.; WALLING, D.E. **Drainage Basin Form and Process: a geomorphological approach.** New York, 1973. John Wiley & Sons. 458p.
- GROSSI SAD, J. H.; PINTO, C. P.; SERRA, J.C.; BARROS DUTRA, J. E.; HETTICH, M. & ANDRADE, M. T. **Projeto carta geológica do estado do Rio de Janeiro - DRM/GEOSOL: Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo.** Rio de Janeiro, 1980. vol. I, relatório final, texto.
- GUERRA,A.T. & GUERRA,A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1997. 652p.
- GUIDICINI, G. & NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1984. 142p.
- GUIMARÃES, G. **Uma cidade para todos: o plano diretor do município de Angra dos Reis.** Rio de Janeiro, 1997. Forense, 272p.
- GUIMARÃES, R. F. (2000) **A Modelagem Matemática na Avaliação de Áreas de Risco a Deslizamentos: O Exemplo das Bacias dos Rios Quitite e Papagaio (RJ).** Tese de Doutorado, Depto. de Geologia. UFRJ. Rio de Janeiro, 2000. 157p.
- HABERLEHNER, H. **Análise Sismotectônica do Brasil, Notas Explicativas sobre o Mapa Sismotectônico do Brasil e Regiões Correlacionadas.** Anais do II Cong. Bras. Geol. Eng., 1978. 1: 297-329.
- HASUI, Y. *et al.* **Compartimentação Geomorfológica do Planalto Atlântico do Leste Paulista.** Atas. 1º Simpósio Regional de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, 1977.
- HASUI, Y. **Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil.** Atas do 1 *Workshop* Neotect. e Sedim. Cenoz. Contin. no Sudeste Brasileiro, Belo Horizonte, 1990. Boletim SBG - Minas Gerais, n.11, p.1-31.

- HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R. & COIMBRA, A. M. **The Ribeira folded belt**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 1975. 5 (4): 257-266.
- 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, 1982. Public. IPT n. 1225, Série Monografias - 7, 149p. e mapas.
- HASUI, Y.; FONSECA, M.J.G.; RAMALHO, R. **A parte central da região de dobramentos sudeste e o maciço de Guaxupé**. In: Geologia do Brasil, texto explicativo do mapa geológico do Brasil, escala 1:2500000. DNPM/MME, 1984a.
- HASUI, Y.; GIMENEZ, A. F. & MELO, M. S. **Sobre as bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro**. In: 30º Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, 1978. Anais, 1: 382-391.
- HASUI, Y.; OLIVEIRA, M.A.F. **Província Mantiqueira- Setor central**. In: O Pré-Cambriano do Brasil, Hasui Y. e Almeida F.F.M., coordenados res. Editora Edgar Blucher Ltda, 1984.
- HAYDEN, B.P. Flood Climates. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) **Flood Geomorphology**. New York, 1988. John Wiley & Sons, Cap. 1, p. 13-26.
- HEILBRON, M.; CHRISPIN, S.; ALVES, R.P. & SIMÕES, L. S. A. **Geologia do Cabo dos Búzios (Estado do Rio Janeiro)**. An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1982. 54 (3): 553-562.
- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C.M.; MILASSI, E.J.; ALMEIDA, J. & TUPINAMBÁ, M. **From collision to extension, the roots of Southeastern continental margin of Brazil**. In: Mohriak, W., Talwassi, M.(eds.) Atlantic rifts and continental margins. Geophysical Monograph 115, 2000. American Geophysical Union.
- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.U.; VALERIANO, C.M.; MILANI, E.J.; ALMEIDA, J. & TUPINAMBÁ, M. **From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental margin of Brazil**. In: MOHRIAK, W. & TALWANI, M. (eds.). Atlantic Rifts and Continental Margins, AGU Geoph. Mon, 2000. p.115: 1-32.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S. & MACHADO, N. **A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil**. Rev. bras. Geoc. São Paulo, 1995. 25(4):249-66.
- HEMBOLD, P.; VALENÇA, J. G. & LEONARDOS JR., D. H. **Mapa geológico do estado da Guanabara**. DNPM, Rio de Janeiro, 1965.
- HIRUMA, S.T., RICCOMINI, C., MONDENESI-GAUTTIERI, M.C. **Neotectônica no Planalto de Campos de Jordão, SP**. Rev. bras. Geoc., 2001. 31, 375-384.
- HOWARD, A.D. **Drainage analysis in geologic interpretation: a summation**. Am. Assoc. Petr. Geo. Bul., 1967. 51(11): 2246-2259.
- IAEA. **Statistical treatment of data on environmental isotopes in precipitation**. International Atomic Energy Agency, IAEA, 1992.
- IAEA/WMO. **Global Network of Isotopes in Precipitation**. The GNIP Database. <http://www.iaea.or.at/programs/ri/gnip/gnipmain.htm>, IAEA, 1998.
- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Termo de Referência ELPN/Ibama Nº 017/99 – Termo de**

Referência para a Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Respectivo Relatório de Impacto Ambiental, para a Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Rio de Janeiro, 1999.

IKEDA, Y. & STEVENSON, M. **Determination of circulation and short period fluctuation in Ilha Grande Bay (Rio de Janeiro) Brazil.** Bol. – Inst. Oceanogr. São Paulo, 1980. 29(1): 89-98.

IKEDA, Y. ; GODOI, S.S. & CACCIARI, P.L. **Um Estudo de Séries Temporais de Correntes na Baía da Ilha Grande, RJ.** Boletim Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1989b. São Paulo. Vol. 28 - pp 01 – 24.

IKEDA, Y. **Influências sazonais nas propriedades oceanográficas em grande, média e pequenas escalas, de Cabo Frio – RJ a Cananéia-SP,** baseados nos dados obtidos pelo N/Oc. Prof. W. Besnard e Satélite NOAA/4. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo, 1977. 83p.

IKEDA, Y.; FURTADO, V.V. TESSLER, M.G.; CACCIARI, P.L.; GODOI, S.S.; PAVIGLIONE, A.M.; MAHIQUES, M.M. & SOUZA, C.R.G. **Cruzeiro oceanográfico realizado na Baía da Ilha Grande (RJ), região oceânica adjacente a plataforma continental dos estados de São Paulo e Paraná (setembro-outubro 1984).** Relat. Cruzeiros, ser. N/Oc. “Prof. W. Besnard” Inst. Oceanogr. Universidade de São Paulo, 1989. 7: p.1-27

IKEDA, Y; GODOI, S.S. & CACCIARI, P.L. **Um estudo de séries temporais de corrente na Baía da Ilha Grande, RJ.** Relat. Int. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo, 1989. 28:1-24.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica Angra dos Reis:** SF-23-Z-C-II-I, Escala 1:50.000, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica Cunhambebe:** SF-23-Z-A-V-3, Escala 1:50.000, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica Parati:** SF-23-Z-C-I-2, Escala 1:50.000, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica Rio Mambucaba:** SF-23-Z-C-II-I, Escala 1:50.000, 1974.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais climatólogicas.** Rio de Janeiro, 1979. 2^a.

IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:500 000.** Divisão de Minas e Geologia Aplicada/Pró-Minério, 1981.

JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SANTOS, I. A. & COELHO, D. G. **Operacionalização de Previsões Meteorológicas Locais no Estado do Rio de Janeiro.** Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2001. 25 (2): p. 21-29.

KALNAY, E., M. KANAMITSU, R. KISTLER *et al.* **The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project.** Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 1996. p. 437-471.

KANTIN, R. **Poluição Aquática por Detergentes: Aspectos Gerais.** Engenharia Sanitária. V.19, nº 1: 82-85. Rio de Janeiro, 1980.

KISTLER, R., E. KALNAY, W. COLLINS *et al.* **The NCEP-NCAR 50-year Reanalysis: Monthly.** 2001.

- KLEIN, V. C. & RODRIGUES FRANCISCO, B. H. **Aspectos sedimentares e estruturais na bacia calcária de São José de Itaboraí, RJ, e suas implicações para a paleontologia.** An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1981. 53 (1): 135-142.
- KLEIN, V. C. & VALENÇA, J.C. **Estruturas almofadadas em derrame ankaramítico na bacia de São José de Itaboraí, RJ.** In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 1984. Anais, p. 4335-4345.
- KOCHEL, R.C. **Geomorphic impact of large floods: review and new perspectives on magnitude and frequency.** In: BAKER, V.R.; KOCHEL, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) Flood Geomorphology. New York, 1988. John Wiley & Sons, Cap. 11, p. 169-187.
- KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I.F.A. **Eventos Oscilação Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação.** Ciência e Cultura, 1984. 36(11), p. 1888-1889.
- KRONEMBERGER, D. M. P. **The erosive rainfall in Angra dos Reis: Relationship between intensity and height.** INTERNATIONAL SYMPOSIUM ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES, 3, Nova Friburgo, Extended Abstracts. Niteroi: UFF/Programa de Geoquímica, 1999. p. 227.
- KRONEMBERGER, D.M.P. **Vulnerabilidade à erosão hídrica na Bacia do rio Jurumirim (Angra dos Reis, RJ): uma abordagem pro geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado em Geoquímica), Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 1998. 128p.
- KRONEMBERGER, D.M.P.& CARVALHO, C. N. **Modelagem e análise de cenários de uso do solo como auxílio à tomada de decisão para o desenvolvimento sustentável do município de Angra Dos Reis (RJ).** MEIO AMBIENTE, 1999. ANAIS. www.meioambiente99.realworld.de. Seção III, trabalho 11.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F. J. **Manual of sedimentary petrography.** New York, 1938. Appleton-Century-Crofts, Inc. 549 pp.
- LAMEGO, A.R. **Uma chaminé vulcânica no Distrito Federal.** Rio de Janeiro, 1954. Div. Geol. Min., Bol. 88, 19 p,
- LANGMUIR, D. **Aqueous Geochemistry.** NY, Prentice Hall, 1997. 504 pp.
- LARGE, W.G. AND S. POND. **Sensible and Latent Heat Flux Measurements over the Ocean.** *Journal of Physical Oceanography*, 1982. 12, p.464-482.
- LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos.** Oficina de Textos, São Paulo-SP, 2002.
- LESSA, L.A.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. **Condicionantes morfométricos da erosão linear acelerada atual em compartimentos de colinas no médio vale do rio Paraíba do Sul - SP/RJ.** In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, Goiânia (GO), Anais..., Goiânia, Depto. Geografia/UFG, 1995. v.1:228-235.
- LIMA, P. R. A. S. **Geologia dos maciços alcalinos do Rio de Janeiro - parte I - localização e geologia dos maciços.** Col. trabalhos apresentados I, II e III. Sem. Est. Geol. UFRJ, Itaguaí, 1976. p.205-245.
- LOMNITZ, C. **Global Tectonics and Earthquake Risk.** Developments in Geotectonics 5, 1974. Elsevier, 320p.

- LONGO, K. M, A. M. ;THOMPSON *et al.* **Correlation between smoke and tropospheric ozone concentration in Cuiabá during Smoke, Clouds, and Radiation – Brazil (SCAR – B).** *J. Geophys. Res.*, 1999. 104 (D10): 12113 – 12129.
- LORING, D.H. and RANTALA, R.T.T. **Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter.** *Earth-Science Reviews*, 1992. 32: p.235-283.
- LOWSBY, M.G. **Hidrodinâmica do Aquífero Costeiro de Piratininga, Niterói-RJ.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 125 p.
- MACEDO, J.M. **Evolução tectônica da bacia de Santos e áreas continentais adjacentes.** *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 1989. 3(3): 159-173.
- MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.V.; GONZALES, S.R.; SCHENINI, C.A.; NETO, A.S.; PALMEIRA, R.C.B.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W. & CASTRO, H.E.F. **Geologia das Folhas Rio de Janeiro e Vitória (SF 23/24) escala 1:1000000, mapa e texto explicativo.** *In: Projeto Radam Brasil*, Ministério das Minas e Energia, 1983. p. 27-304.
- MACKENZIE D.P. **A possible mechanism for epeirogenetic uplift.** *Nature*, 1984. 307: 616-618.
- MAGALHÃES,E.D.; LA CORTE,J.; ROSA,H.; ROSA,U. & PEREIRA,A .T. (1973). **Dicionário de Geografia do Brasil.** Ed. Melhoramentos, São Paulo, 1973. 544p.
- MAHIQUES, M.M. **Considerações sobre os sedimentos de superfície do fundo da Baía de Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo-IOUSP, 1987.139p.
- MAHIQUES, M.M., FURTADO, V.V. & TESSLER, M.G. **Origin and evolution of isolated depressions on the coastal regions of São Paulo and Rio de Janeiro States.** Abstract International Symposium on global changes in South America during the Quaternary: Past-present-future. ABEQUA-INQUA, São Paulo, 1989. 1: 285-288.
- MALOSZEWSKI, P.; ZUBER, A. **Lumped parameter models for interpretation of environmental tracer data.** *Manual on Mathematical Models in Isotope Hydrogeology*, IAEA-TECDOC 910, IAEA, Vienna, 1996. p. 9-58,.
- MARINS, R.V., SILVA Filho, E.V., LACERDA, L.D. **Atmospheric deposition of mercury over Sepetiba Bay, SE Brazil.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 1996. 7(3): 177-180.
- MARQUES, J.S. **Comparações quantitativas entre as baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba.** Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 1976.
- MARSH, J. R. **Relationship between transform directions and alkaline igneous rocks in Africa and South America.** *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1973. 18: p.317-323.
- MARTIN, L., FLEXOR, J.M., BITTENCOURT, A.C.S.P. **Registro do Bloqueio da Circulação Atmosférica Meridiana na Geometria dos Cordões Litorâneos da Costa Brasileira -** *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 1984. 33º Anais - pp 133 – 144
- MASON, R.P., FITZGERALD, W.F., MOREL, F.M.M. **The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences.** *Geochimica Cosmochimica Acta*, 1994. 58(15): 3191-3198.

- MEIS, M. R. M. & SILVA, J. X. (1968) **Considerações Geomorfológicas a Propósito dos Movimentos de Massa Ocorridos no Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geografia, 30, pp.55-72.
- MEIS, M.R.; MIRANDA, L.H.G. & FERNANDES, N.F. (1982). **Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul**. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador: SBG. 4:1489-1509.
- MELGES DE FIGUEIREDO, L.H.; ROMANO, A.L.T.; PEREIRA, S.D.; HERMS, F.W.; TENEMBAUM, D.R.; BONECKER, S.; GURGEL, I.M.G.N.; CAVALHEIRA, L.V., MITCHELL, G.J.P.; CRAPEZ, M.A.C.; TOSTA, Z.T. & LACERDA, T.P. **Estudo dos efeitos da retenção de hidrocarbonetos em ambientes costeiros da baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro** – Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1991. – Relatório final vol. I, II, III.
- MELLO, C.L. **Sedimentação e Tectônica Cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 1997. 275p.
- MELLO, C.L.; HEES, F.J. MOURA, J.R.S.; METELO, C.M.S. **Neotectonic control on a river capture system in the Paraíba do Sul middle valley - Bananal (SP)**. In: GEOVEG99 - IGU Meeting on Geomorphic Responses to Environmental (Vegetation) Changes, problems and remedial work. Rio de Janeiro, 1995.
- MELLOR, G.L. AND YAMADA, T. **Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems**. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 1982. 20 (4), p.851-875.
- MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. **Sedimentação e tectônica da bacia de Resende - RJ**. An. Acad. bras. Ciênc., Rio de Janeiro, 1985b. 57(4): p.467-79.
- MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; HASUI, H.; ALMEIDA, F. F. M. & COIMBRA, A.M. **Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do Sudeste do Brasil**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 1985^a. 15 (3): p. 193-201.
- MENDIGUREN, J. A. & RICHTER, F. M. **On the Origin of Compressional Intraplate Stresses in South America**. Phys. Earth Planet. Inter., 1978. 16: p.318-326.
- MESCHERIKOV, Y.A. Neotectonics: In: FAIRBRIDGE, R.W ed., **Enciclopedia of Geomorphology**. Reinhold, New York, 1968. p.768-773.
- MILANI, E.J. **Estilos estruturais em bacias sedimentares - revisão conceitual**. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Raja Gabaglia, G.P. & Milane, E.J. eds., Rio de Janeiro, 1990. Petrobras, p.75-96.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE **Resoluções Conama**. Brasília, 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1^a ed., 93p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Controle Ambiental. Departamento de Registro e Licenciamento. Escritório de licenciamento das Atividades do Petróleo e Nuclear. **Termo de Referência ELPN/Ibama no. 017/99**. 1999. 45 p.

- MIOTO, J. A. **Atualização do Conhecimento Sismológico de Interesse às Centrais Nucleares da Praia de Itaorna, Angra dos Reis (RJ)**. São Paulo, 1991. Relatório IPT/Furnas n. 29.039, 27p.
- MIOTO, J. A. **Mapa de Risco Sísmico do Sudeste Brasileiro**. Public. IPT, 1984. n. 1563, 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, L.B. IKEDA, Y., FILHO, B.M.C. & FILHO, N.P. **Note on the occurrence of saline front in the Ilha Grande (RJ) region**. Bol. Inst. Oceanogr., 1977. S.P. 26: 249-256.
- MIRANDA, L.H. **Compartimentação topográfica do médio-baixo vale do rio Paraíba do Sul (MG-RJ): análise preliminar**. Rio de Janeiro, 1982. 76p. (Dissertação de Mestrado, Depto. Geografia - IGEO/UFRJ).
- MOHRIAK, W. U. & BARROS, A. Z. N. **Novas evidências de tectonismo Cenozóico na região sudeste do Brasil: O Graben de Barra de São João, na plataforma de Cabo Frio, RJ**. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 1990. 20 (1-4): p.187- 196.
- MOHRIAK, W.U.; SAD, A.R.E. & REIS, A.P. **Integração das Folhas Geológicas 1:50000 do Estado do Rio de Janeiro**. Projeto Petrobras/Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM,RJ), 1992. texto, 64p.
- MONTGOMERY, D. R. & DIETRICH, W. E. (1994) **A Physically Based Model for the Topographic Control on Shallow Landsliding**. Water Resources Research, 1994. 30, pp.1153-1171.
- MONTGOMERY, D. R. & DIETRICH, W. E. **Source Areas, Drainage Density and Channel Initiation**. Water Resources Research, 1989. v. 25, p. 1907-1918.
- MONTGOMERY, D. R. (1994) **Road Surface Drainage, Channel Initiation, and Slope Stability**. Water Resources Research, 1994. 30(6), pp.1925-1932.
- MORAES REGO, L.F. **Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese**. Instituto Agrônomo e Geográfico, São Paulo, 1932. 28 p.
- MOREL, F.M.M., KRAEPIEL, A.M.L., AMYOT, M. **The chemical cycle and bioaccumulation of mercury**. Annual Review on Ecology and Systematics, 1998. 29: 543-566.
- MORELL-SEYTOUX, H.J. **A simple case of conjunctive surface - groundwater management**. Ground Water, 1975. 13: 506-15.
- MORIZAWA, M. **Tectonics and Geomorphic Models: Theorie of Landform Development**. Melhorn, W.N., Flemal, R.C. eds., London 1975., Allen & Unwin, Chpter 11, 199-216.
- MÖRNER, N.A. **Neotectonics, the new global tectonic regime during the last 3 Ma and the initiaton of Ice Ages**. An. Acad. bras. Ciênc., 1993. 65(Supl. 2):295-301.
- MOURA, J.R.S. & SILVA, T.M. **Complexo de rampas de colúvio**. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro, 1998. Bertrand Brasil, 338 p.

- MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L. (1991). **Classificação Aloestratigráfica do Quaternário Superior da região de Bananal (SP/RJ)**. *Revista Brasileira de Geociências*, 1991. 21(3): 236-254.
- MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L.; SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O. **Desequilíbrios ambientais na evolução da paisagem: o Quaternário tardio no médio vale do rio Paraíba do Sul**. Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, 1992. Boletim de resumos expandidos, São Paulo, SBG-SP, v.2, p.309-310.
- MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, C.L. **Transformações ambientais quaternárias e desequilíbrios nos sistemas de drenagem - médio vale do Paraíba do Sul**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO RECURSOS HÍDRICOS, 3., 1991, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1991. ABRH/APRH, v. 3, p. 485-494.
- MOURA, V.P. **Desafios à Gestão Territorial e de Recursos Hídricos no Brasil: o exemplo da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (SP/RJ/MG)**. 44p. Monografia (Graduado em Geografia), Rio de Janeiro, Depto. de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- MULTISERVICE. **EIA do Polo Petroquímico do Rio de Janeiro**, Vol. II – Caracterização do Meio Físico, nov. 1990.
- NASCIMENTO, V. M. R.; SILVA, C.G.; SILVA, T. M. & FERRARI, A. L. **Compartimentação morfoestrutural da Região Nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. An. XXXVIII Congr. Bras. Geol., Camboriú, 1994. 3: 190-192.
- NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental da Unidade 2 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – Angra 2**. Rio de Janeiro 1999a. 8v
- NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS LTDA. **Projeto Básico Ambiental da Unidade 2 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – Angra 2**. 1999b.
- NEWSON, M.D. **Hidrology and the River Environment**. Oxford, 1996. Clarendon Press, 221p.
- NIEKERK, A.V., VOGEL, K.R., SLINGERLAND, R.L. AND BRIDGE, J.S. **Routing of heterogeneous sediments over movable bed: model development**. *Journal of Hydraulics Engineering*, 1992. 118(2), p.246-278.
- NUNES, B.A.; RIBEIRO, M.I.C. & ALMEIDA, V.J. **Manual técnico de Geomorfologia**. IBGE, Rio de Janeiro, 1995. 112p. (Série Manuais Técnicos em Geociências no. 5).
- NUREG/1437. **Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants**. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, 2002. For the U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- OBRUCHEV, V.O. **Osnovyje certy kinrtiki I plastiki neotectoniki**. Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Geol. 5. 1948.
- OCEANOTÉCNICA LTDA. **Levantamento Batimétrico do saco de Piraquara de Fora (Planta F1603-85)**.
- OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazônia**. INPE-4008-TDL/239, 1998. 115 p.

- OLIVEIRA, J.B. e outros, 1994. **Classes Gerais de Solos do Brasil**. UNESP-FUNEP, São Paulo, 1994. p.201.
- OLLIER, C.D. **Morphotectonics of continental margins with great escarpments**. In: MORISAWA, M.; HACK, J.T. eds. *Tectonics Geomorphology*. Boston, 1985. Allen & Unwin, 3-25.
- OLLIER, C.D. **Tectonics and landforms**. *Geomorphology texts*. Longman Inc., London, 1981. p. 57-161.
- O'LOUGHLIN, E. M. (1986) **Prediction of Surface Saturation Zones in Natural Catchments by Topographic Analysis**. *Water Resources Research*, 1986. 22, pp.794-804.
- ONSECA, M.J.G. **Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:400.000**. DNPM, RJ, 1998. 141p.
- ORLANSKI, I. **A rational subdivision of scales for atmospheric processes**. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1975. 56: 527- 530.
- PANIZZA, M. CASTALDINI, D.; BOLLETTINARI, S.; CARTON, A. **Neotectonic research in applied geomorphological studies**. *Zeitschrift für Geomorphologie*. N. F. Suppl.-Bd., Berlin, 1987 173-211.
- PARTRIDGE, P.C.; MAUD, R.R. **Geomorphic evolution of southern Africa since the Mesozoic**. *South African Journal of Geology*, 1987. 90:179-208.
- PATTON, P.C. **Drainage basin morphometry and floods**. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) *Flood Geomorphology*. New York, 1988. John Wiley & Sons, Cap. 3, p. 51-64.
- PAVLIDES, S.P. **Looking for a definition of neotectonics**. *Terra News*, 1989. 1:233-235.
- PEDLOWSKI, M.A., LACERDA, L.D., OVALLE, A.R.C., WATTS, P.P., SILVA-FILHO, E.V. **Atmospheric inputs of Zn, Fe and Mn into the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro**. *Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 1991. 43(5): 380-381.
- PEIXOTO, M.N.O. **Estocagem de sedimentos em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1993. 192 p.
- PEIXOTO, M.N.O. **Evolução do Relevo, Coberturas Sedimentares e Formação de Solos em Superfícies Geomorfológicas – Médio Vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ)**. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia), Depto. de Geografia /IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. 197p.
- PEIXOTO, M.N.O. & MOURA, J.R.S. (1993). **Estocagem de sedimentos no domínio de colinas do médio vale do Rio Paraíba do Sul**. *Simpósio de geografia Física Aplicada*, 5, São Paulo, 1993. *Anais*, 221-224.
- PEIXOTO, M.N.O. & LISBOA, A. (2000). **Dinâmica de estocagem de sedimentos em bacias de drenagem: implicações para a ecologia de rios no médio vale do rio Paraíba do Sul**. In: *Forest 2000 – Sexto Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas. Resumos Técnicos...*, Porto Seguro (BA): Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 98-99.

- PENHA, H. M.; FERRARI, A. L.; RIBEIRO, A.; AMADOR, E. S.; PACIULLO, F. V. P.; JUNHO, M. C. B. & BRENNER, T. L. **A geologia da Folha Petrópolis**. In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, 1980. Anais, 5: 2965-2974.
- PENHA, H. M.; FERRARI, A. L.; JUNHO, M. C. B.; SOUZA, S. L. A. & BRENNER, T. L. **Projeto Folha Itaipava, Relatório Final**. Convênio IG/UFRJ – DRM (inédito), 1982.
- PENHA, H.M.; FERRARI, A.L.; AMADOR, E.S.; PENTAGNA, F.; JUNHO, M.C.B. & BRENNER, T.L. **Folha Petrópolis. Proj. Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**. DRM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1979. 194p.
- PENHA, H.M.; FERRARI, A.L.; RIBEIRO, A.; PENTAGNA, F.; JUNHO, M.C.B. & BRENNER, T.L. **Folha Itaipava. Proj. Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**. DRM/UFRJ. Rio de Janeiro, 1979. 194p.
- PEREIRA, R. **Caracterização Hidrológica do Sistema Lacustre Bonfim – RN, Brasil**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001. 212 p.
- PEREIRA, S.D. **Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora, Sub Projeto Composição Granulométrica. Relatório Final**. Uerj/Eletronuclear, 2002.
- PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D., FIZMAN, M. & LIMA, N. (1985). **Metais Pesados no Pescado da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro**. Ciência e Cultura, Rio de Janeiro, 1985.
- PONÇANO, W.L. **Sedimentação atual na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro: Contribuição à avaliação de viabilidade geotécnica da implantação de um Porto**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Geociências, 1976. 2 Volumes.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. & PRANDINI, F.L. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. IPT, São Paulo Monografias do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981. 5. 94p.
- PONTE, F.C. (coord.) (1971). **Evolução paleogeográfica do Brasil Oriental e da África Ocidental**. Relatório Interno CPEG IV Petrobras, Salvador, 1971. 71 p.
- PONZI, V.R.A. **Método de análises sedimentológicas de amostras marinhas**. Representação de resultados através de gráficos e mapas. Curso de Especialização em Geologia e Geofísica Marinha. LAGEMAR/UFF, 1995. 51 pp.
- PROMON ENGENHARIA (1974). **Relatório técnico FR01H-HD8-002**. Rio de Janeiro, 1975. Eletronuclear.
- PROMON ENGENHARIA (1975). **Relatório técnico FR01H-HD8-003**. Rio de Janeiro, 1975. Eletronuclear.
- PROMON ENGENHARIA S.A. **Central Nuclear de Angra – Unidade 3 -Relatório Geotécnico** Doc. BP-3-6502-850100 – RI: Volume 1, 1989.
- PROMON. **Considerações sobre a Hidrogeologia da Região de Angra dos Reis, Operação Promon FR01H**. RL. 3246-C.1. 1974.
- PROSSER, I. P. & DIETRICH, W. E. **Field Experiments on Erosion by Overland Flow and Their Implication for a Digital Terrain Model of Channel Initiation**. Water Resources Research, 1995. v. 31, p. 2867-2876.
- RADAMBRASIL (1983). **Mapa Exploratório de Solos (1:1.000.000)**.

- RADAMBRASIL (1983). **Mapa Geológico** (1:1.000.000).
- RADAMBRASIL (1983). **Mapa Geomorfológico** (1:1.000.000).
- RADAMBRASIL. **Folhas SF23/24: Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra.** MME, Rio de Janeiro, 1983. RJ. 32, 780p.
- REGELOUS, M. **Geochemistry of dolerites from the Paraná flood basalt province, Southern Brazil.** PhD.thesis, Open University England, 1990. 200 p.
- REIS, A.P.; NUNES, H.H.R.; CHIAVEGATTO, J.R.S.; LIMA, P.R.A. & ROCHA, R.L.S.). **Geologia e Recursos minerais das folhas Cabo Frio e Farol do Cabo, DRM, Niterói** (inédito), 1976.
- RELATÓRIO FINAIS da **Análise de Fitoplancton.** 87-89, 89-91, 91-92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 00, 01. Departamento de Biologia Marinha / Instituto de Biologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- RICCOMINI, C.; FRANCISCO, D.H. **Idade potássio-argônio do derrame ankaramítico da Bacia de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil: implicações tectônicas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. Bol. Res. Expandidos... São Paulo, 1992. SBG. 2: 469-470.
- RICCOMINI, C & ASSUMPÇÃO, M. **Quaternary tectonics in Brazil.** Episodes, 1999. 22(3): p.221-225.
- RICCOMINI, C. & RODRIGUES FRANCISCO, B. H. **Idade potássio-argônio do derrame de ankaramito da Bacia de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil: implicações tectônicas.** In: XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, 1992. Bol. Res. Expandidos, p. 469-470.
- RICCOMINI, C. **O Rift continental do sudeste do Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo. São Paulo, 1989. 256 p.
- RICCOMINI, C. **Padrão de fraturamentos do Maciço Alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil.** São Paulo, 1995b. Rev. Bras. Geoc., 25 (2): 79-84.
- RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e reformador dos depósitos sedimentares Pós-Gondwânicos da porção centro-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas.** Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995^a. 100 p.
- RICCOMINI, C.; MELO, M. S.; ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. **Geologia da Bacia de Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.** An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1985. 57: 518-519.
- RICCOMINI, C.; MELO, M. S.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F. F. M.; MIOTO, J. A. & HASUI, Y. **Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias trafo gênicas continentais do sudeste brasileiro.** In: Simpósio Regional de Geologia, 4, São Paulo, 1983. Resumos, p. 23-24.
- RODRIGUES, C. R. V. & HARALYI, N. L. E. **Anomalias magnéticas lineares das folhas Itaboraí, Maricá, parte das folhas Saquarema e Rio Bonito, RJ.** In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 1984. Atas, p. 2004-2010.

- ROSATI, A. AND MIYAKODA, K. **A general circulation model for upper ocean simulation.** *Journal of Physical Oceanography*, 1988. **18**(11) , p.1601-1626.
- ROSIER, G.F. **Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais.** Rio de Janeiro, 1965. Bol. Div. Geol. Min., DNPM, , 222, 40p.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - Escala 1:500.000.** Vol. I. Ed. FFLCH-USP, IPT e FAPESP. São Paulo, 1997. 64p.
- ROSS, J.L.S. **Os fundamentos da Geografia da Natureza.** Geografia do Brasil, Edusp, 1996. p. 42-65.
- ROSS, J.L.S. **Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação.** Rev. Dept. Geog. FFLCH-USP, São Paulo, 1985. 4:25-39.
- SAADI, A. (coord.) **1º Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro.** Boletim SBG/MG, 1990. 11, 134 p.
- SAADI, A. **Neotectônica da Plataforma Brasileira: Esboço e Interpretações Preliminares.** *Geonomos - Rev. Geociên.*, 1993. v.1, n.1, p.1-15.
- SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais.** Tese Professor Titular. Depto. Geografia - IGC/UFMG. Belo Horizonte, 1991. 285p.
- SADOWSKI, G. R. **A possible relation between pulses of platform activation and plate kinematics.** *Tectonophysics*, 1987. 143: p.43-57.
- SALVADOR, E. D. & RICCOMINI, C. **Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil).** *Rev. Bras. Geociên.*, 1995. v.25, n.3, p.151-164.
- SALVADOR, E.D. (1994). **Análise neotectônica da região do vale do rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ).** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar - Instituto de Geociências/USP. São Paulo, 1994. p.129
- SAMPER, J; GARCÍA VERA, M.A. **BALAN 10: Programa para el balnce hidrometeorológico del suelo edáfico.** U. Polit. La Coruña, España, 1999. Informe ENRESA.
- SANTOS, M. **Serra da Mantiqueira e Planalto do alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.** Inst. de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 1999. 2 vol.
- SARGES, R. R. (2002). **Morfologia de Lagos da Região do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais, e a sua Relação com a Tectônica Quaternária.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia - Instituto de Geociências – UFRJ. Rio de Janeiro, 2002. 81p.
- SCHOBENHAUS, C. (org) *et al.* **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil.** CPRM, 2002. Meio Digital.
- 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, 1984.

- SCHUMM, S.A. (1986). **Alluvial river response to active tectonics**. In: WALLACE R.E. ed., Active Tectonics, National Academy Press, 1986. p.80-94.
- SECPLAN. **Indicadores Climatológicos**. Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1978.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SAO PAULO, COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - 2001**. Relatório Técnico. 2002.
- SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - SEMA (1997). **Programa de Gestão para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Contribuintes à Baía da Ilha Grande – Diagnóstico Ambiental da Baía da Ilha Grande (volumes 1 e 2)**. Rio de Janeiro, 1997. SEMA/Ministério do Meio Ambiente/Banco Mundial. 215p.
- SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SEMADS **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses – Síntese informativa por macrorregião Ambiental**. Rio de Janeiro, 2001. SEMADS. 73p.
- SEELEY, M. & WEST, D. O. **Approach to Geologic Hazard Zoning for Regional Planning, Inyo, National Forest, California and Nevada**. Bulletin of the Association of Engineerind and Geologists, 1990. v. 27, pp.23-35.
- SELBY, M. J. **Hillslope Materials & Processes**. Oxford University Press, New York, 1993. 450p.
- SETTI, A.A. **Legislação para o Uso dos Recursos Hídricos**. In: SILVA, D.D.; PRUKI, F.F. (orgs.) **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: MMA/SRH/Universidade Federal de Viçosa/ABRH, 2000. p.121-412.
- SHEPARD, F.P. **Nomenclature based on sand-silt-clay ratios**. Journal of Sedimentary Petrology, 1954. 24: p.151 – 158.
- SHREVE, R.L. **Infinitive topologically random chanel networks**. In: Journal of Geology, 1967. vol. 75, p. 178-186.
- SHREVE, R.L. **Statistical law of stream numbers**. In: Journal of Geology, 1966. vol. 74, p. 17-37.
- SICHEL; S.E.; CARLSON, R.W.; ESPERANÇA, S.; ARAÚJO, A.L.N. & VALENÇA, J.G. **Preliminary isotopic study of the alcalic intrusive complexes along the Cabo Frio Lineament, RJ, Brazil**. South-American Symposium on Isotope Geology, Brazil, 1997. p. 298- 300.
- SIGNORINI, S.R. (1980b). **A study of circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba. Part 2. Na assessment to the tidally and wind-driven circulation using a finite element numerical model**, Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo, 1980b. 29(1): 57-68.
- SIGNORINI, S.R. **A study of circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba. Part 1. A survey of the circulation based on experimental field data**. Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo, 1980a. 29(1): 41-55
- SILVA DIAS, M. A. F. **Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo**. Rev. Bras. Meteor., 1987. 2, p. 133-150.
- SILVA FILHO, E.V., PEDLOWSKI, M.A., PAIVA, R.P., WASSERMAN, J.C. & LACERDA, L.D. **Atmospheric inputs to ecosystems of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brasil**. In Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems of Rio

de Janeiro, Knoppers, B.A., Bidone, E.D., Abrão, J.J. (Eds). UFF/FINEP, Niterói, p. 71-87, 1999.

SILVA, A.C.O. **O controle litológico-estrutural na evolução da morfologia das bacias de drenagem da Ilha Grande, RJ.** Monografia de bacharelado em Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia Rio de Janeiro, 1999. 80p.

SILVA, C.F. **Caracterização do canal central da baía da Ilha Grande com base em sísmica rasa de 7,0 kHz.** Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha – LAGEMAR, IGEO/UFF Niterói, RJ, 2001. 11p.

SILVA, L.F.F. **Ciclagem de mercúrio em um ecossistema de manguezal na Floresta Experimental de Itacuruçá, Baía de Sepetiba, RJ.** Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, 2000.

SILVA, M. A. M.; FERRARI, A. L.; PENHA, H. M.; DAYAN, H.; MORETTI, A. & SILVA, T. M. (1996). **Compartimentação tectônica da área emersa adjacente ao Alto de Cabo Frio e às bacias de Campos e Santos.** In: Compartimentação tectônica entre as bacias de Campos e Santos: Papel da Zona de Fratura do Rio de Janeiro e magmatismo do Alto de Cabo Frio. Convênio GGO-UFF/PADCT, 1996. relatório parcial.

SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. **Relief compartments and distribution of quaternary depositional features in the Brazilian Southeastern Plateau.** The European Geographer, 1995. v. 9, p. 172-182.

SILVA, T.M. **A estruturação geomorfologia do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado, Depto. Geografia - IGEO/UFRJ Rio de Janeiro, 2002. 265p.

SILVA-FILHO, E.V. **Geoquímica da deposição atmosféricas no litoral do Estado do Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, 1997.

SILVA-FILHO, E.V., Wasserman, J.C., Lacerda, L.D. **History of metal inputs recorded on sediment cores from remote environment.** Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, 1998. 50(5): 374-376.

SILVEIRA, J.D. **Morfologia do litoral.** In: AZEVEDO, A. (Ed.). Brasil, a terra e o homem. São Paulo, 1964. p.253-305.

SINCLAIR, M.R.; J.A. RENWICK, & KIDSON, J.W. **Low-Frequency Variability of Southern Hemisphere Sea Level Pressure and Weather System Activity.** Monthly Weather Review, 1997. 125, p. 2532-2543.

SNLCS-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1980. **Estudo Expedito de Solos do Estado do Rio de Janeiro para Fins de Classificação, Correlação e Legenda Preliminar.** EMBRAPA, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1980. Boletim Técnico No. 62, 208p.

SOARES, J.E.S. & POLITANO, C.F. **Deslizamento de Massa de Solo Coluvionar de Grandes Dimensões (Encosta de Piraquara).**

SONOKI, I.K. & GARDA, G.M. **Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento.** Bol. IG-USP, 1988. Série Científica, 19: 63- 85.

SPERLING, E. & BALTAZAR, O.F. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro:** Folhas Mangaratiba, Ilha Grande, Cunhambebe, Angra dos Reis, Rio

- Mambucaba/Campos de Cunha, Parati, Cunha, Picinguaba e Juatinga. Relatório Final. GEOMITEC - DRM/RJ, Niterói, 1983.
- STEFANIC, M. & JURDY, D. M. **Stress observations and driving force models for the south american plate.** J. Geophys. Res., 1992. 97 (B8): 11905 - 11913.
- STEWART, I.S.; HANCOCK, P.L. Neotectonics. In: HANCOCK P.L. ed., **Continental Deformation**, Pergamon Press, 1994. p.370-409.
- STRICKAND, J.D.H., PARSON, T.R. **A Practical Handbook of Seawater Analysis.** Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167. 2nd Edition. Ottawa, 1972.
- SUDENE. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste.** Recife, 1990 (Série Pluviométrica , 4).
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. **Quaternary marine formation of the state of São Paulo and southern Rio de Janeiro.** Special Publication n. 1.1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, 1978. 55p
- SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia.** Ed. Edgar Bluecher Ltda, 1973. 317 pp.
- SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology.** Longman Scientific & technical, 1991. 537p.
- SUMMERFIELD, M.A. **Neotectonics and landform genesis.** Progress in Physical Geology, 1987. 11: p.384-397.
- SYKES, L. R. (1978). **Interplate Seismicity, Reactivation of Preexisting Zones of Weakness, Alkaline Magmatism and Other Tectonism Postdating Continental Fragmentation.** Rev. Geophys. and Space Phys., 1978. 16 (4): 621-688.
- SYLVESTER, A.G. **Strike slip faults.** Geological Society of America Bulletin, 1988. Special Publication.
- TECNOSOLO – ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE SOLOS E MATERIAIS S. A. **Autorização de Serviços nº A.S.EG.T.002/81 – Relatório Mensal de Maio, 1981.**
- TECNOSOLO – ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE SOLOS E MATERIAIS S. A. **Relatório:– Ensaios de Bombeamento em Poço de Pesquisa - nº 2107 / 81 (20.2) - Village do Frade – Angra dos Reis, 1981 – ER 1579.**
- THOMAS, M.F.; SUMMERFIELD, M.A. **Long-term landform development: editorial introduction.** In: GARDINER, V. ed. International Geomorphology, John Wiley & Sons Ltd, 1987. part II, 927-933.
- THOMPSON, R.N.; GIBSON, S.A.; MITCHELL, J.G.; DICKIN, A.P.; LEONARDOS, O.H.; BROD, J.A. & GREENWOOD, J.C. (1998). **Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar alkaline province, SE Brazil: Melts from the deflected Trindade Mantle Plume?** J. Petrol., 1998. 39 (8): 1493- 1526.
- TOMMASI, L.R.; MARINI, A. C.; ROSA, C.F.A. **Briozoários lumiliformes da região da ilha Grande (RJ).** Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo, 1972. 21: p.137-147.
- TOMMASI, L.R.; VALENTE, M.T.M. & ACETO, R. **Cephalochordata da região da Ilha Grande (RJ).** Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo, 1972b. 21:149-162.
- TROWN R.; HEILBRON, M .; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALERIANO, C.M .; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M. & ANDREIS, R.R. **The Central segment of the**

- Ribeira Belt.** *In:* Tectonic evolution of South America. Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A. & Campos, D.A. (eds), 2000. p.287-310.
- TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001. ABRH. (2ª edição). 943p.
- TUPINAMBÁ, M. (1999). **Evolução tectônica e magmática da Faixa ribeira na região serrana do Estado do Rio de Janeiro.** Tese de doutoramento Instituto de geociências USP, São Paulo, 1999. 221p.
- TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA, W. & HEILBRON, M. **The Pan-African/Brasiliano Arc-related magnetism at the costeiro domain of the Ribeira belt, southeastern Brazil: new geochronological and litogeochemical data.** *In:* International Conference on basement tectonics, 14, Ouro Preto, 1998. Abstracts, p. 12-14.
- TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; OLIVEIRA, A.; PEREIRA, A.J.; CUNHA, E.R.S.P.; FERNANDES, G.A.; FERREIRA, F.N.; CASTILHO, J.G.; TEIXEIRA, W. **Complexo Rio Negro- uma unidade estratigráfica relevante no entendimento da evolução da Faixa Ribeira.** *In:* Anais do 39 Cong. Bras. Geol., 1996.
- TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C. & MANTOVANNI, M.. **Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology.** Earth Planet. Sci. Lett., 1994. 121: p.333-348.
- UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ), INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, DEPTO. DE OCEANOGRAFIA E HIDROLOGIA. **Monitoramento Oceanográfico da Enseada de Piraquara de Fora - Relatório Final.** Uerj, Rio de Janeiro, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IGEO). **Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear (CNAAA) – Volume I, Eixo 1 – Meteorologia.** UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IGEO). **Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear (CNAAA) – Volume II, Eixo 2 – Geologia e Recursos Hídricos.** UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IGEO). **Levantamento e Diagnóstico Ambiental (Meio Físico) da Área de Influência da Central Nuclear (CNAAA) – Volume III, Eixo 3 – Geomorfologia e Solos.** UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- U.S. EPA. **Safe Drinking Water Act 42 U.S.C. s/s 300f et seq.** 1974.
- ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. (1981). **Alkaline rocks from continental Brazil.** Earth-Science Reviews, 1981. 17: 135-154.
- UNESCO. **Methods of Computation of the Water Balance of Large Lakes and Reservoirs.** Fontenoy, Paris, 1981. 122 p.
- UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. **Sources and Effects of Ionizing Radiation.** Report to the UN General Assembly. United Nations, New York, 1977.

- UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Shore Protection Manual, Volume**, Coastal Engineering Research Center. Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1984.
- VALADÃO, R.C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil Oriental (desnudação, superfícies de aplanamento e soerguimentos crustais)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998. 243 p.
- VALENÇA, J.G. **Geology, Petrography and Petrogenesis of some alkaline igneous complexes of Rio de Janeiro state, Brazil**. Tese de Doutorado. University of Western Ontario. London, 1980. 248 p.
- VALENÇA, J.G. **Rochas alcalinas do Estado do Rio de Janeiro - correlações geológicas**. Rev. Min. Met., 1975. 336: p. 6-11.
- VALENTE, S.C. **Geochimical and isotopic on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil**. Tese de Doutorado, Departamento of Geology, School of Geociences, The Queen's University of Belfast, 1997. Belfast, 297 p.
- VALLADARES, C.S. **Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul, no segmento central da Faixa Ribeira, com base em estudos de geoquímica e geocronologia U-Pb**. Tese de doutoramento, USP, 1996.
- VELLOSO, P. P. C. **Teoria e Prática de Rebaixamento do Lençol d'água**. LTC Livros Técnicos e Científicos Ltda, 1988. 253p.
- VENTURA, V.J. & RAMBELLI, A.M. **Legislação Federal sobre o Meio Ambiente**. Editora Vana Ltda, Taubaté, 1999. p. 1504.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.
- VILLENNA, H. H. **Estudo do Processo de Assoreamento da Enseada da Japuíba, Angra dos Reis, RJ**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha do LAGEMAR-UFF, 1999.
- VILLENNA, H.H. **Caracterização do processo de assoreamento na Enseada da Japuíba-Angra dos Reis**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha do Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense Niterói, RJ, 1999. 127p.
- VILLWOCK, J.A. **A costa brasileira: geologia e evolução**. Notas Técnicas CECO/IG/UFRG, 1994. S. 7:38-49.
- VON SPERLING, M **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, UFMG/Departamento de Engenharia Ambiental, 1996. 2ª ed. Vol. 1, 243p.
- WEISE, E. **Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry**. Elvers, B., Hawkins, S., Russey, W. (Eds). Volume 7, Environmental Protection and Industrial Safety. VCV Publishers, New York, 1995. p. 426-465.
- WEISSEL, J.K. & KARNER, G.D. (1989). **Flexural uplift of rift flanks due to mechanical unloading of the lithosphere during extension**. Journal of Geophysical Reserarch, 1989. v. 94, p. 13.919-13.950.
- WEISSEL, J.K. **Long-term erosional desenvolvimento of rifted continental margins: foward a quantitative understanding**. Pacific Rim Congress, 1990. p.63-70.

- WESTON GEOPHYSICAL CORPORATION **Regional and Site Geology and Ground Motion Design Considerations**. Itaorna Beach Site. Review and updat. Massachusetts, 1979. December's Report, 81p.
- WIECZOREK, G. F. (1984) **Preparing a Detailed Landslide-Inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction**. Bulletin Association of Engineering Geologists, 1984. 21(3), pp.337-342.
- WOODCOCK, N.H. & SCHUBERT, C. **Continental strike-slip tectonics**. In: HANCOCK, P. L. (ed.) Continental Deformation, 1994. p. 251- 263.
- XAVIER da SILVA, J. **Processes and landforms in the South American coast**. Louisiana, EUA. Tese de Doutorado (PhD). Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 1973. 103p.
- ZEMBRUSCKI, S.G. (1979). **Geomorfologia da margem continental sul-brasileira e das bacias oceânicas adjacentes**. In: CHAVES, H.A.F. (Ed.). Projeto REMAC. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final). Rio de Janeiro, Petrobras-CENPES-DINTEP, 1979. (Série Projeto REMAC, nº 7), p.129-177.
- ZEMBRUSCKY, S.G. **Brasil – Margem Continental Sul – Mapa Fisiográfico**. Escala: 1/3.500.000. Projeto REMAC – CEMPES/Petrobras Vol.11, 1979.
- ZIEGLER, K. AND NISBET, B.S. **Fine-grained sediment transport in Pawtuxet River**. *Journal of Hidraulic Engineering*, 1994. 120(5), p.561-576.
- ZIEGLER, K. AND NISBET, B.S. **Long-term simulation of fine-grained sediment transport in large reservoir**. *Journal of Hidraulic Engineering*, 1995. 121(11), p.773-781.
- ZOBACK, M. L. (1992). **First-and Second-Order Patterns of Stress in the Lithosphere: The World Stress Map Project**. *J. Geophys. Res.*, 1992. 97(B8): 11703- 11728.
- ZOBACK, M. L. *et al.* **Global patterns of tectonics stress**. *Nature*, 1989. 341: p.291-298.
- ZOBACK, M.L. & RICHARDSON, R.M. **Stress perturbations associated with the amazonas and other ancient continental rifts**. *J. Geophys. Res.*, 1996. 101: p.5459- 5475.
- <http://www.ana.gov.br>>. Acesso em junho/2002.
- <http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em junho/2002.
- <http://www.Cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em junho/2002.
- <http://www.cide.gov.rj.br>>. Acesso em junho/2002.
- <http://www.ons.gov.br>>. Acesso em junho/2002.

Índice de Anexos (Volume 2A)

Anexo 1 – Mapa Geológico – AII 50	593
Anexo 2 – Mapa Geológico – AID 15	595
Anexo 3– Mapa de Densidade de Fraturas – AID-15 km	597
Anexo 4 – Mapa de Favorabilidade à Ocorrência de Água Subterrânea – AID-5 km	599
Anexo 5– Mapa de Lineamentos de Drenagem – AII 50	601
Anexo 6– Mapa de Lineamentos de drenagem – AID 15	603
Anexo 7 – Mapa de Localização dos Pontos de Investigação Geotécnica e Perfis no entorno da CNAAA	605
Anexo 8 – Perfis indicados nos estudos geotécnicos.	607
Anexo 9 – Mapa de Localização das Áreas de Exploração Mineral – AII 50	609
Anexo 10 – Mapa Altimétrico – AII 50	611
Anexo 11 – Mapa Altimétrico – AID 15	613
Anexo 12 – Mapa Geomorfológico – AII-50 km	615
Anexo 13 – Mapa Geomorfológico – AID-15 km	617
Anexo 14 – Mapa de Declividade – AII 50	619
Anexo 15 – Mapa Pedológico – AII 50	621
Anexo 16 – Mapa Pedológico – AID 15	623
Anexo 17 – Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos – AII 50	625
Anexo 18 – Mapa de Recursos Hídricos – AII 50	627
Anexo 19 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AID 15	629
Anexo 20 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AII 50	631
Anexo 21 – Mapa 1 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1981) e localização de seis perfis extraídos dos grids de 1981 e 1985.	633
Anexo 22 – Mapa 2 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1981)	635
Anexo 23 – Mapa 3 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado (1981)	637
Anexo 24 – Mapa 4 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1981)	639
Anexo 25 – Mapa 5 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1985)	641
Anexo 26 – Mapa 6 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1985)	643
Anexo 27 – Mapa 7 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado (1985)	645
Anexo 28 – Mapa 8 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1985)	647
Anexo 29 – Mapa 9 (Batimetria) - Planta de Comparação Batimétrica (1981 – 1985)	649
Anexo 30 – Mapa 10 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 1 (2002)	651
Anexo 31 – Mapa 11 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 1 (2002)	653
Anexo 32 – Mapa 12 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 1 (2002)	655
Anexo 33 – Mapa 13 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 1 (2002)	657
Anexo 34 – Mapa 14 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 2 (2002)	659
Anexo 35 – Mapa 15 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 2 (2002)	661
Anexo 36 – Mapa 16 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 2 (2002)	663
Anexo 37 – Mapa 17 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 2 (2002)	665
Anexo 38 – Mapa 18 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 3 (2002)	667
Anexo 39 – Mapa 19 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 3 (2002)	669
Anexo 40 – Mapa 20 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 3 (2002)	671
Anexo 41 – Mapa 21 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 3 (2002)	673
Anexo 42 – Mapa 22 (Granulometria) - Planta de Localização dos Pontos Amostrados	675
Anexo 43 – Mapa 23 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 1 (Classificação segundo Shepard)	677
Anexo 44 – Mapa 24 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 1	679
Anexo 45 – Mapa 25 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 1	681

Anexo 46 – Mapa 26 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 1	683
Anexo 47 – Mapa 27 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 2 (Classificação segundo Shepard).....	685
Anexo 48 – Mapa 28 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 2	687
Anexo 49 – Mapa 29 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 2	689
Anexo 50 – Mapa 30 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 2	691
Anexo 51 – Mapa 31 (Granulometria) – Distribuição textural ÁREA 3 (Classificação segundo Shepard).....	693
Anexo 52 – Mapa 32 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 3.....	695
Anexo 53 – Mapa 33 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 3	697
Anexo 54 – Mapa 34 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 3	699
Anexo 55 – Mapa 35 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Posicionamento das linhas sísmicas e sondagens	701
Anexo 56 – Mapa 36 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Contorno estrutural.....	703
Anexo 57 – Mapa 37 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 1	705
Anexo 58 – Mapa 38 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 2	707
Anexo 59 – Mapa 39 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 3	709
Anexo 60 – Mapa 40 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da lama.....	711
Anexo 61 – Mapa 41 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas total	713



ANEXOS – VOLUME 2



Anexo 1 – Mapa Geológico – AII 50

Inserir “geol130.jpg”



Anexo 2 – Mapa Geológico – AID 15

Inserir “geol40.jpg”

Anexo 3– Mapa de Densidade de Fraturas – AID-15 km

Inserir “densfrat_40.jpg”



Anexo 4 – Mapa de Favorabilidade à Ocorrência de Água Subterrânea – AID-5 km

Inserir “favorab_20.jpg”



Anexo 5– Mapa de Lineamentos de Drenagem – AII 50

Inserir “linea_130.jpg”



Anexo 6– Mapa de Lineamentos de drenagem – AID 15

Inserir “línea_40.jpg”

Anexo 7 – Mapa de Localização dos Pontos de Investigação Geotécnica e Perfis no entorno da CNAAA



FALTA!!!!

Anexo 8 – Perfis indicados nos estudos geotécnicos.



INSERIR “perfis.tif”



Anexo 9 – Mapa de Localização das Áreas de Exploração Mineral – AII 50

Inserir “loc explor_mineral.jpg”



Anexo 10 – Mapa Altimétrico – AII 50

Inserir “alimet_130.jpg”



Anexo 11 – Mapa Altimétrico – AID 15

Inserir “alimet_40.jpg”



Anexo 12 – Mapa Geomorfológico – AII-50 km

Inserir “alimet_130.jpg”



Anexo 13 – Mapa Geomorfológico – AID-15 km

Inserir “geomorf40.jpg”



Anexo 14 – Mapa de Declividade – AII 50

Inserir “decliv_130.jpg”

Anexo 15 – Mapa Pedológico – AII 50

Inserir “pedo130.jpg”

Anexo 16 – Mapa Pedológico – AID 15

Inserir “pedo40.jpg”



Anexo 17 – Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos – AII 50

Inserir “suscept_130.jpg”



Anexo 18 – Mapa de Recursos Hídricos – AII 50

Inserir “rec_hidr130.jpg”



Anexo 19 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AID 15

Inserir “loc_est40.jpg”



Anexo 20 – Mapa de Localização das Estações Pluviométricas e Pontos de Coleta para Análise Química da Água – AII 50

Inserir “loc_est130.jpg”

Anexo 21 – Mapa 1 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1981) e localização de seis perfis extraídos dos grids de 1981 e 1985.

Inserir “xx.jpg”

Anexo 22 – Mapa 2 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1981).

Inserir “xx.jpg”

Anexo 23 – Mapa 3 (Batimetria) - Planta de Relevô Sombreado (1981)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 24 – Mapa 4 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1981)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 25 – Mapa 5 (Batimetria) - Planta de Posicionamento (1985)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 26 – Mapa 6 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico (1985)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 27 – Mapa 7 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado (1985)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 28 – Mapa 8 (Batimetria) - Planta de Gradiente (1985)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 29 – Mapa 9 (Batimetria) - Planta de Comparação Batimétrica (1981 – 1985)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 30 – Mapa 10 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 1 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 31 – Mapa 11 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 1 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 32 – Mapa 12 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 1 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 33 – Mapa 13 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 1 (2002)



Inserir “xx.jpg”



Anexo 34 – Mapa 14 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 2 (2002)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 35 – Mapa 15 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 2 (2002)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 36 – Mapa 16 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 2 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 37 – Mapa 17 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 2 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 38 – Mapa 18 (Batimetria) - Planta de Posicionamento – ÁREA 3 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 39 – Mapa 19 (Batimetria) - Planta de Contorno Batimétrico – ÁREA 3 (2002)



Inserir “xx.jpg”

Anexo 40 – Mapa 20 (Batimetria) - Planta de Relevo Sombreado – ÁREA 3 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 41 – Mapa 21 (Batimetria) - Planta de Gradiente – ÁREA 3 (2002)

Inserir “xx.jpg”



Anexo 42 – Mapa 22 (Granulometria) - Planta de Localização dos Pontos Amostrados

Inserir “xx.jpg”

Anexo 43 – Mapa 23 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 1 (Classificação segundo Shepard)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 44 – Mapa 24 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 1

Inserir “xx.jpg”



Anexo 45 – Mapa 25 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 1

Inserir “xx.jpg”

Anexo 46 – Mapa 26 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 1

Inserir “xx.jpg”

Anexo 47 – Mapa 27 (Granulometria) – Distribuição Textural ÁREA 2 (Classificação segundo Shepard)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 48– Mapa 28 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 2

Inserir “xx.jpg”



Anexo 49 – Mapa 29 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 2

Inserir “xx.jpg”



Anexo 50 – Mapa 30 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 2

Inserir “xx.jpg”

Anexo 51 – Mapa 31 (Granulometria) – Distribuição textural ÁREA 3 (Classificação segundo Shepard)

Inserir “xx.jpg”

Anexo 52 – Mapa 32 (Granulometria) – Percentual de carbonatos ÁREA 3

Inserir “xx.jpg”



Anexo 53 – Mapa 33 (Granulometria) – Percentual de matéria orgânica ÁREA 3



Inserir “xx.jpg”

Anexo 54 – Mapa 34 (Granulometria) – Percentual de areia ÁREA 3

Inserir “xx.jpg”

Anexo 55 – Mapa 35 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Posicionamento das linhas sísmicas e sondagens

Inserir “xx.jpg”

Anexo 56 – Mapa 36 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Contorno estrutural



Inserir “xx.jpg”



Anexo 57 – Mapa 37 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 1



Inserir “xx.jpg”



Anexo 58 – Mapa 38 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 2

Inserir “xx.jpg”

Anexo 59 – Mapa 39 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da megasequência 3

Inserir “xx.jpg”

Anexo 60 – Mapa 40 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas da lama

Inserir “xx.jpg”

Anexo 61– Mapa 41 (Geofísica rasa e estratigrafia) – Isópacas total



Inserir “xx.jpg”