



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

SECRETARIA DE PORTOS - SEP
Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH

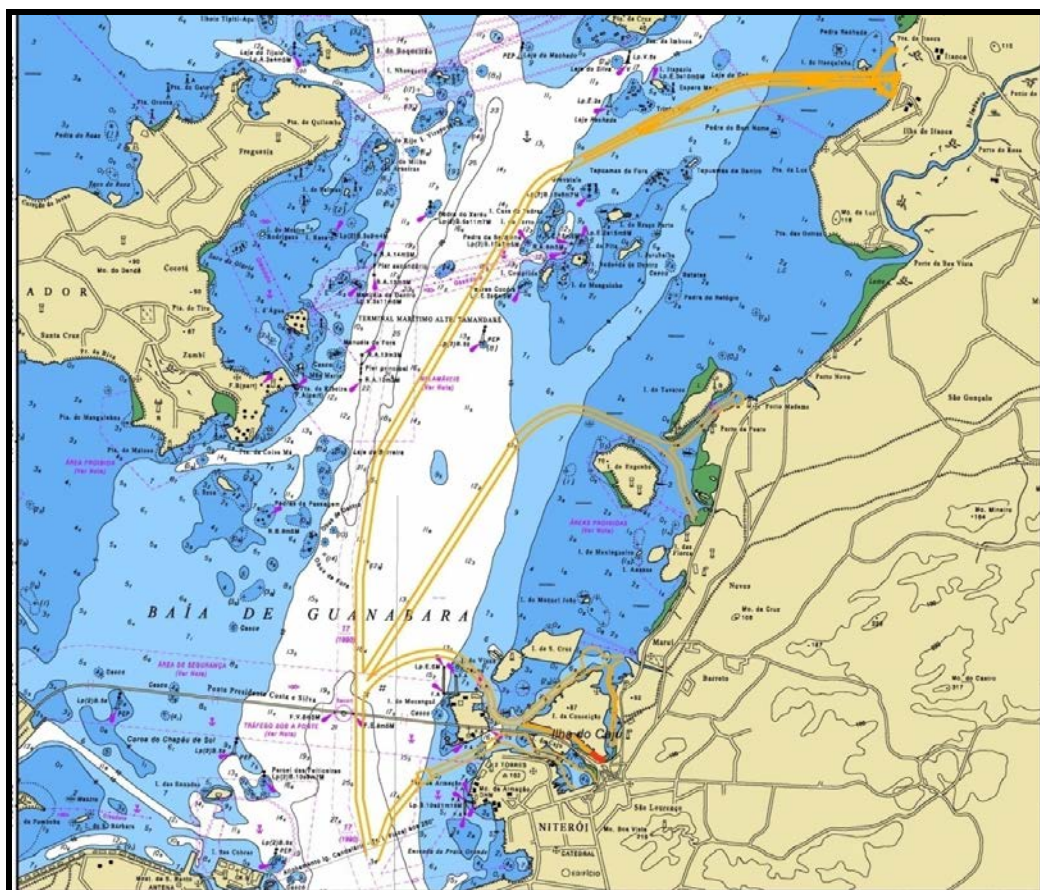


INPH

INPH : 057/ 2015 - REV. 00

CÓDIGO: Niterói - 900

ANTEPROJETO DE DRAGAGEM DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DE NITERÓI E SÃO GONÇALO – RJ



Rio de Janeiro
Novembro / 2015

Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH
Rua General Gurjão, 166 - Caju - Rio de Janeiro - RJ - 20931-040 - Tel: (21) 3978-6070 Fax: (21) 3978-6077
inph@inph.com.br / www.inph.com.br



APRESENTAÇÃO

O presente relatório trata do Anteprojeto de Dragagem do Complexo Industrial e Portuário de Niterói e São Gonçalo – RJ, visando favorecer o desenvolvimento econômico e a melhoria da circulação hídrica na região.

O INPH apresenta os resultados dos estudos e coloca-se à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas.



DOMENICO ACCETTA
Diretor do INPH / SEP



ÍNDICE

1. Introdução	02
2. Dados Ambientais	04
2.1- Maré e Níveis d'água	04
2.2- Correntes de Marés	09
2.3- Ventos	11
2.4- Ondas	17
2.5- Assoreamento	17
2.6- Batimetria	18
2.7- Geologia Regional	19
3. Descrição dos Modelos Matemáticos	22
3.1- Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 HD	22
3.2- Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em suspensão - MIKE 21 PA	25
4. Dados Ambientais Utilizados na Modelagem Matemática	29
4.1- Batimetria	29
4.2- Níveis d'água	30
4.3- Ventos	31
5. Modelagem Hidrodinâmica	32
5.1- Parâmetros de Calibração	32
5.2- Resultados das Simulações	33
5.2.1- Maré de Quadratura	33
5.2.2- Maré de Sízigia	35
6. Modelagem da Pluma de Sedimentos Finos	37
6.1- Área de Bota Fora (Área F)	37
6.2- Parâmetros Numéricos Utilizados	41
6.2.1- Resultados das Simulações	42
7. Avaliação da Qualidade Ambiental	45
7.1 - Acesso aquaviário ao Porto de Niterói	45
7.1.1- Metodologia	52
7.1.1.1- Parâmetros Analisados	55
7.1.1.2- Metodologia Analítica	56
7.1.2 - Avaliação da qualidade dos sedimentos	57
7.1.3 - Avaliação da qualidade granulométrica dos sedimentos	58



7.1.4- Avaliação de carbono orgânico total e nutrientes nos sedimentos	65
7.1.5- Avaliação dos elementos traços nos sedimentos	69
7.1.6- Avaliação de compostos orgânicos nos sedimentos	76
7.2- Ilha do Tavares	87
7.2.1 – Metodologia	87
7.2.2 – Resultados	89
8. Estudos Geológicos	98
8.1. Estaleiro Mauá	99
8.1.1- Introdução	99
8.1.2-Descrição dos Serviços	100
8.1.2.1 - Levantamento sismobatimétrico	100
8.1.2.2 - Sondagens Geológicas	100
8.1.3- Modelagem em 2D e 3D da área investigada	102
8.1.4- Perfis Sismobatimétricos	107
8.1.5- Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2004)	111
8.1.6- Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2000)	121
8.2. Rolls-Royce Marine Brasil	125
8.2.1- Introdução	125
8.2.2- Descrição dos Serviços	126
8.2.2.1- Levantamento sismobatimétrico	126
8.2.2.2- Sondagens Jet-Probe	127
8.2.3- Modelagem em 2D e 3D da área investigada	128
8.2.4- Análise e Interpretação dos Dados	129
8.2.5- Perfis Sismobatimétricos	131
8.2.6- Boletins de Sondagem Jet-Probe	136
8.2.7- Considerações Finais	144
8.3. Wellstream	147
8.3.1- Introdução	147
8.3.2- Serviços Executados	148
8.3.2.1 Maré – Redução das sondagens	148
8.3.3- Apresentação das imagens gráficas das regiões do levantamento	153
8.3.4- Conclusão	159



9. Avaliação da Área de Abertura do Canal da Ilha da Conceição	160
9.1. Resultados e Discussões	165
9.2. Conclusões	170
10. Dimensionamento do Canal de Niterói	171
10.1. Premissas do Estudo	171
10.2. Navio Tipo de Projeto: AHST OSV	171
10.3. Características Gerais	172
10.3.1. Determinação da Profundidade do Canal de Acesso	173
10.3.1.1. Movimentos Verticais	173
10.3.1.1.1. Folga sob a quilha devido à natureza do solo	175
10.3.1.2. Squat	175
10.3.1.3. Tolerâncias	176
10.3.1.4. Profundidade necessária para canais abrigados	177
10.3.2. Determinação da Largura do canal de acesso	178
10.3.2.1. Largura necessária para Canal de acesso com via única	178
10.3.2.2 . Cálculo da largura para canal abrigado	179
11. Quantificação dos Volumes a serem dragados	180

ANEXOS:

PLANTAS LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E ARRANJO GEOMÉTRICO:

INPH-210-10-A – REV 00
INPH-210-10-B – REV 00
INPH-210-10-C – REV 00
INPH-210-10-D – REV 00

PLANTAS DADOS GEOLÓGICOS:

INPH-210-10-E – REV 00
INPH-210-10-F – REV 00
INPH-210-10-G – REV 00



EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral

Eng^o Domenico Accetta

- Diretor do INPH

Eng^o Paulo César da Silva Freire

- Coordenador de Pesquisas

Equipe

Geol. Roberto Bianco

Eng^o Luis Pedro Bicalho

Eng^o Wagner Scisinio

Eng^o Valtair Pires

Ocn. Priscila Ferreira Schilithz

Ocn. Rafael Paes Leme

Ocn. Reniel da Costa Dalbone

Ocn. Jesueliton Ribeiro

Msc. Mat. Suellem Deodoro

Eng^o José Carlos Lomba

Eng^o Felipe Chaves Martins

Geol. Roberta da Silva Moreno

Geol. Cássio Espíndola

Des. Karla Valente Boim

Estagiária Thaísa Montenegro



1. Introdução

A presença de estaleiros na cidade do Rio de Janeiro e em Niterói, para a construção e reparo de embarcações, remonta ao início do século XIX. A consolidação gradual dessas atividades nas duas cidades propiciou a introdução de estabelecimentos comerciais e fabris voltados para a indústria naval ali existente.

A posterior expansão urbana do Rio de Janeiro - e a consequente falta de grandes áreas costeiras - e as baixas profundidades disponíveis para a construção e o deslocamento de embarcações maiores foram determinantes para ocupação de novos espaços pelos estaleiros.

A parte leste da Baía de Guanabara, notadamente os municípios de Niterói e de São Gonçalo, despontou como região capaz de atender às necessidades operacionais e logísticas dos estaleiros e das demais empresas ligadas ao setor de construção naval. Atualmente, Niterói responde por cerca de 25% do parque produtivo da indústria naval brasileira, gerando recursos para o estado e empregos para milhares trabalhadores.

Por outro lado, avalia-se que o crescimento das atividades de construção naval e *offshore*, de transporte e de serviços de apoio correlatos em Niterói, São Gonçalo e adjacências será intensificado em função da exploração de petróleo nas bacias de Campos, Espírito Santo e Santos. Torna-se, pois, necessário, dotar aquela região de condições físicas e ambientais adequadas às atividades previstas.



Tais condições perpassam pela realização de obras hidráulicas capazes de:

- Permitir o acesso ao Porto de Niterói, mediante a construção de um canal;
- Estabelecer profundidades adequadas ao tráfego de embarcações na região de interesse, mediante dragagem;
- Melhorar a qualidade da água e permitir o deslocamento de embarcações na Ilha da Conceição mediante a abertura de um canal.

Neste contexto, o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH, desenvolveu um projeto de engenharia visando à revitalização e restauração das regiões costeiras dos municípios de Niterói e São Gonçalo que sediam estaleiros e estabelecimentos de apoio à indústria naval.

O projeto em questão busca aliar eficácia técnica e abordagem preservacionista, de modo a gerar as condições esperadas ao longo da vida útil das intervenções propostas, porém sob o menor impacto ambiental possível. Pretende-se que as obras aqui propostas redundem em benefícios econômicos, sociais e ambientais para o Estado do Rio de Janeiro e, em consequência, para o País.



2 - DADOS AMBIENTAIS

É fator essencial para o projeto de qualquer obra de dragagem o conhecimento de como se comporta a região que está sendo estudada. Isto é feito através da análise de alguns condicionantes físicos básicos, tais como o relevo de fundo da área, as marés, os ventos, as correntes, etc.

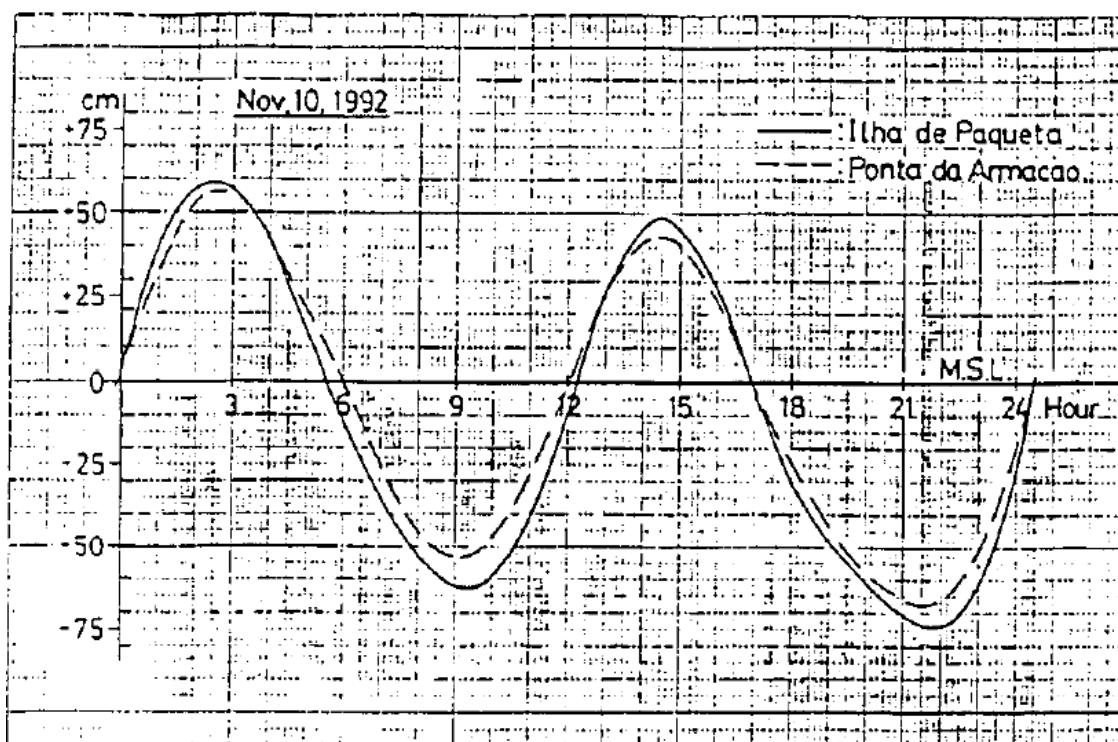
2.1-Maré e Níveis d'água

Para determinar o comportamento dos níveis d'água no interior da Baía de Guanabara, foram utilizados os dados das medições realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN na Ilha Fiscal e na Fortaleza de Santa Cruz (março de 1991 a março de 1992) e os dados das medições realizadas pela JICA na Ponta da Armação (entrada da baía) e na Ilha de Paquetá (fundo da baía), para os estudos de despoluição da Baía de Guanabara (outubro a novembro de 1992).

A maré na Baía de Guanabara tem característica semidiurna (período aproximadamente igual a 12,5 horas). Na Tabela 1 são mostradas, para cada uma das estações de medições mencionadas acima, as alturas das quatro constantes principais da maré (M2, S2, K1 e O1) e na Figura 1 é mostrada uma comparação entre as curvas de maré medidas pela JICA na Ponta da Armação e na Ilha de Paquetá em 10 de novembro de 1992.

Tabela 1- Constantes Harmônicas da Maré

Estação	M2 (cm)	S2 (cm)	K1 (cm)	O1 (cm)	Altura da Maré (cm)	Fonte
Ilha Fiscal	30.9	17.9	5.8	10.5	65.1	DHN
Fortaleza de Santa Cruz	31.6	17.4	6.5	10.5	66.0	DHN
Ponta da Armação	34.1	16.7	5.4	10.2	66.4	JICA
Ilha de Paquetá	38.8	19.7	6.0	10.6	75.0	JICA


Figura 1 – Comparação entre curvas de marés.

A partir da Tabela 1 e da Figura 1, pode-se observar que os níveis d'água na Ilha de Paquetá são cerca de 12 a 13 cm maiores do que na entrada da baía (Ponta da Armação), o que mostra uma amplificação da maré na direção do fundo da baía. Este fenômeno ocorre tanto para a maré de sizígia como para a de quadratura, podendo ser visto também nas medições efetuadas pela HIDROCONSULT e pelo INPH para os estudos de avaliação do impacto causado pelas obras do PROJETO RIO.

A Figura 1 mostra, ainda, que praticamente não existe defasagem entre a maré na entrada da baía e no fundo, embora seja possível observar que em Paquetá a passagem da preamar para a baixa-mar ocorre um pouco mais rápida do que na Ponta da Armação.

A Figura 2 apresenta a correlação entre os níveis de referência do Porto (Portobras), DHN e IBGE para a área e níveis d'água característicos da Baía da Guanabara. A influência do vento, sobretudo os das direções Norte e Sul, sobre o nível médio da maré na Baía de Guanabara são muito sensíveis. Este efeito, conhecido como maré meteorológica, chega a reduzir o nível médio até cerca de 0,70 cm abaixo do nível médio normal, como pode ser visto na Figura 3.

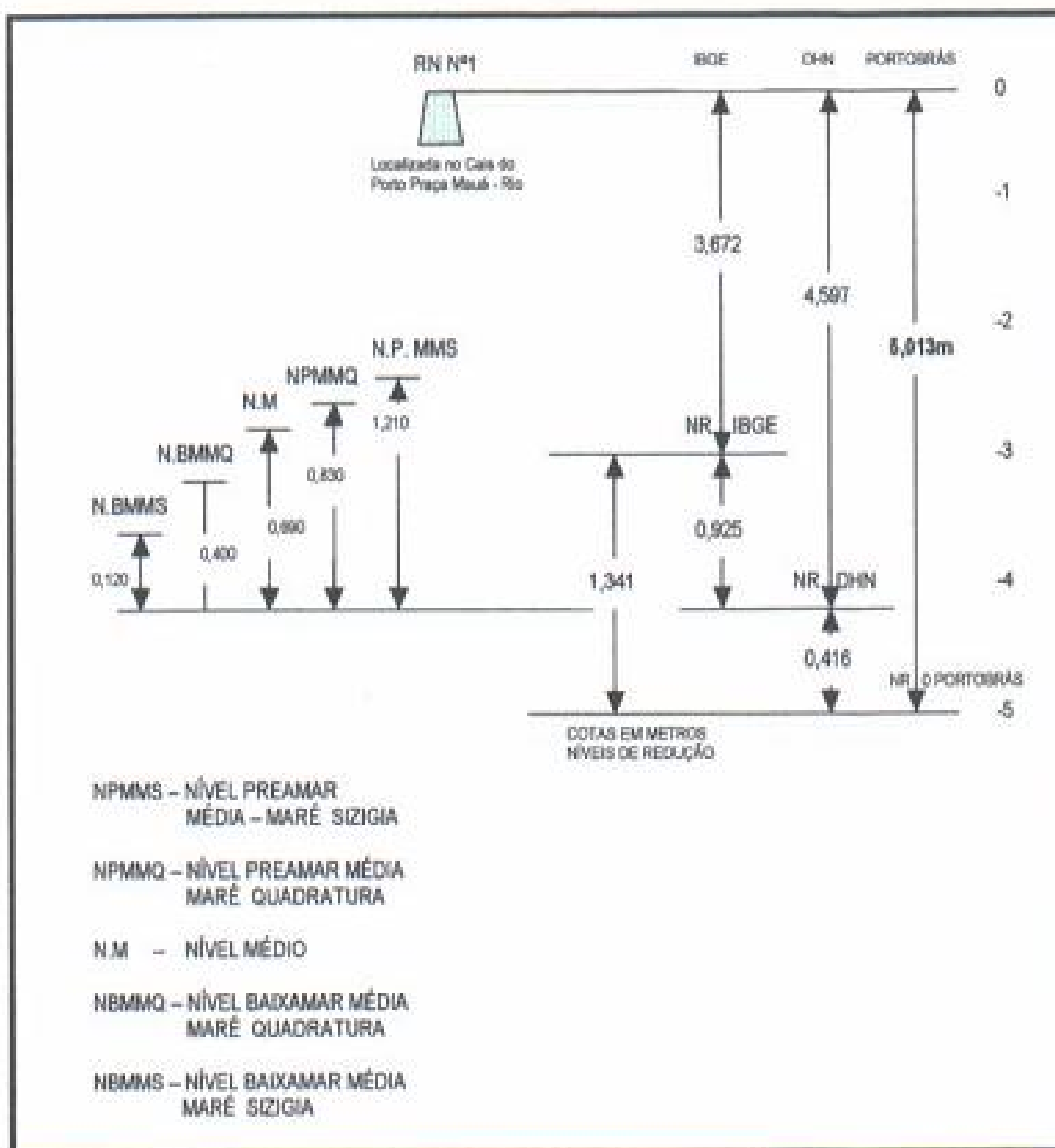


Figura 2

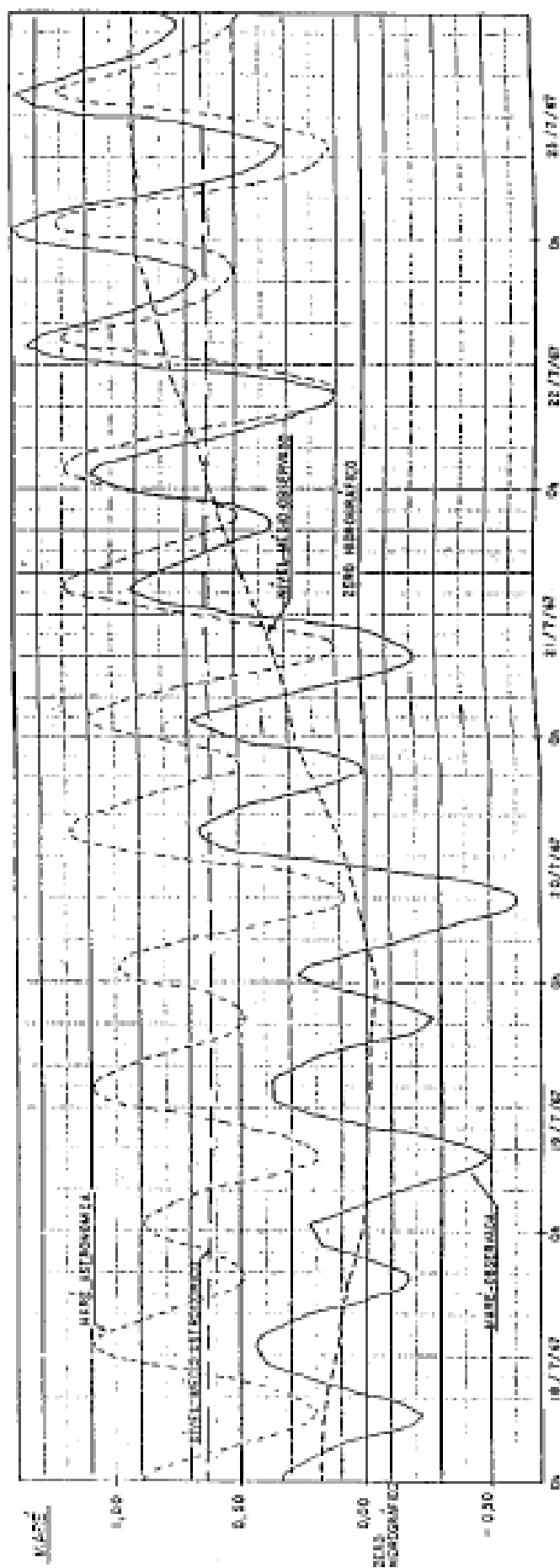


FIGURA 3

2.2- Correntes de Marés

Os dados aqui apresentados foram obtidos das medições realizadas pela JICA para os estudos de despoluição da Baía de Guanabara. A partir desses, pode-se constatar que a circulação d'água na Baía de Guanabara é governada principalmente pelas marés.

Na Figura 4 são mostradas as estações onde as correntes de marés foram medidas e, na Tabela 2, são apresentadas as máximas velocidades observadas em cada estação durante a enchente e durante a vazante, com as correspondentes direções das correntes em relação ao Norte.

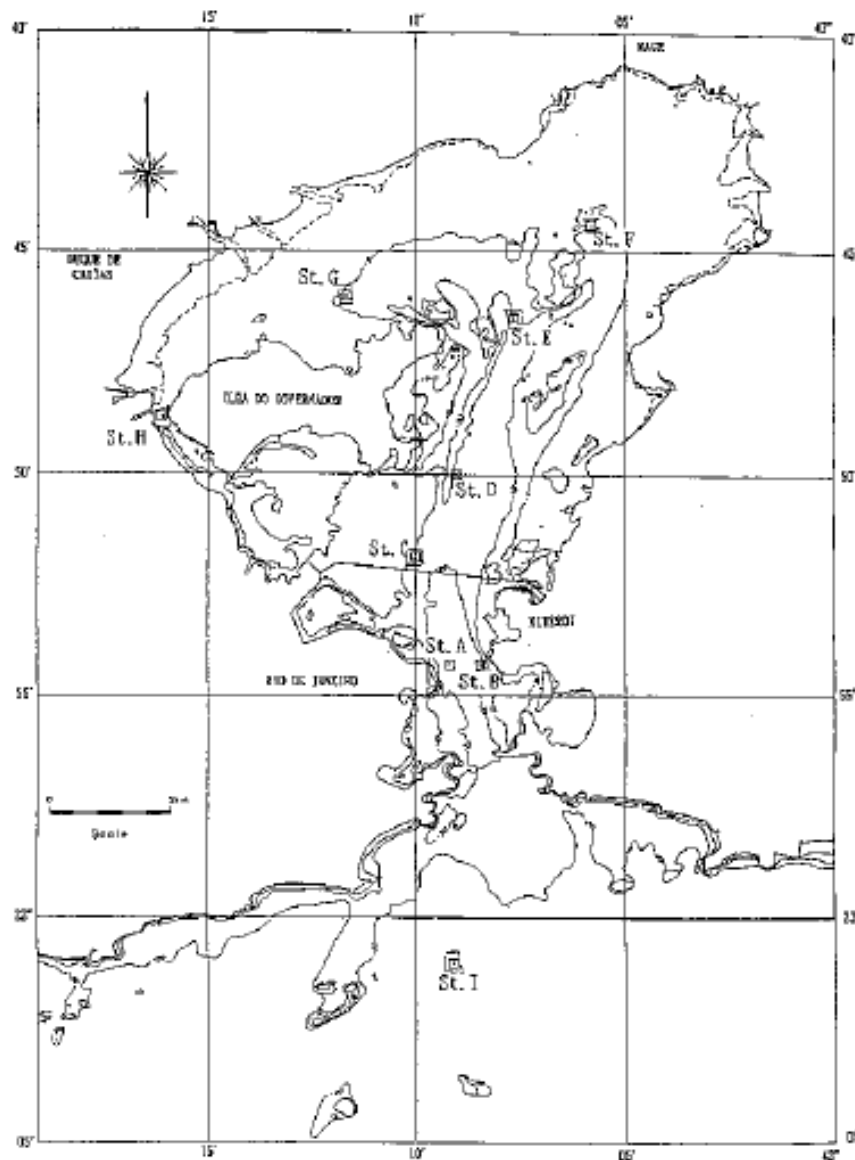


Figura 4

Tabela 2 - Velocidades Máximas das Correntes de Marés

Estação	Camada	Maré	Fase 1 - Junho / 1992		Fase 2 - Out/Nov/1992	
			Vel. Máx. (cm/s)	Dir. (°N)	Vel. Máx. (cm/s)	Dir. (°N)
A	superfície	enchente	49	350	85	19
		vazante	65	148	65	169
	fundo	enchente	75	356	96	2
		vazante	40	158	57	188
B	superfície	enchente	67	346	156	358
		vazante	68	171	137	203
	fundo	enchente	52	338	105	3
		vazante	54	167	53	197
C	superfície	enchente	52	359	54	342
		vazante	48	194	44	158
D	superfície	enchente	56	23	62	42
		vazante	45	200	57	201
E	superfície	enchente	-	-	42	5
		vazante	-	-	21	132
F	superfície	enchente	31	2	48	356
		vazante	16	231	19	199
G	superfície	enchente	-	-	24	110
		vazante	-	-	32	262
H	superfície	enchente	-	-	100	20
		vazante	-	-	57	183
I	superfície	enchente	-	-	10	44
		vazante	-	-	31	213

A partir da Figura 4 e da Tabela 2, pode-se observar que as maiores velocidades das correntes de marés ocorrem na entrada da baía (especialmente na estação B) e no canal situado atrás da Ilha do Governador (estação H). A maior velocidade medida foi de 156 cm/s, tendo sido registrada na estação B, a uma profundidade de 3,0m abaixo do nível do mar. Pode-se observar ainda que a velocidade das correntes de marés na baía tendem a ficar mais fracas à medida que elas se deslocam para o fundo, ou seja, elas são da ordem de 50 - 70 cm/s no centro da baía, 30 - 50 cm/s próximo à Ilha de Paquetá e 20 - 30 cm/s do lado Nordeste da Ilha do Governador. Fora da baía, a máxima velocidade medida foi de 31 cm/s.

2.3- Ventos

Consultando registros técnicos do INPH, tem-se que o regime de ventos no interior da Baía de Guanabara pode ser descrito, de uma forma qualitativa, como se apresenta a seguir, de acordo com o “Roteiro-Costa Sul”, da Diretoria de Hidrografia e Navegação:

- Durante toda a noite, até a parte da manhã, costuma soprar do Norte ou Nordeste, que tem origem nos contrafortes da Serra do Mar. Esta brisa, denominada “terral”, é sucedida por uma calmaria, que dura até cerca de 12 horas, quando vai entrando levemente uma brisa marítima do Sul, que é conhecida como “viração”. Esta brisa dura igualmente até o crepúsculo, quando novamente cai o “terral”.
- No inverno, este regime de ventos pode ser interrompido quando entram as frentes frias, que costumam trazer ventos do Sul e do Sudoeste, com forças 03 e 04 (respectivamente 07 nós a 10 nós e 11 nós a 16 nós).
- No verão, é comum nas partes Oeste e Noroeste da Baía de Guanabara se acumularem grande quantidade de nuvens, que, ao se descarregarem, fazem-no com muita trovoadas e, às vezes, acompanhadas por forte vento Noroeste, conhecido na região como “caju”.

Além desta descrição qualitativa acerca do regime dos ventos no interior da Baía de Guanabara, o “Roteiro-Costa Sul”, da DHN, apresenta alguns dados quantitativos sobre o regime dos ventos no porto do Rio de Janeiro.

Pela proximidade do porto com a região em estudo, estes dados também são pertinentes e, por isto, aqui apresentados:

- Ventos do Sul, com força 04 na escala Beaufort (11 nós a 16 nós) e com percentual de ocorrência de 24% em janeiro. Com força 03 e percentual de ocorrência de 20% a 28% entre fevereiro a abril; com percentual de

ocorrência entre 19% e 35%, de agosto a dezembro. Com força 02 e com percentual de ocorrência de 17% nos meses de junho e julho;

- Ventos de Sudeste, com força 03, de janeiro a abril, com percentuais de 12% a 15%, e de agosto a dezembro, com percentuais de 10% a 23%.
- Ventos Noroeste, com força 02 (04 nós a 06 nós), de janeiro a março, com percentual de ocorrência de 8% a 12%; em julho e de setembro a novembro com percentual de 6% a 11%. Com força 01 (01 nós a 03 nós), em agosto, com percentual de ocorrência de 10%.
- Ventos do Norte com forças 02 (04 nós a 06 nós), em janeiro, de março a agosto e em dezembro, com percentual de 7% a 17%. Com força total 01 (01 nós a 03 nós), com percentual de ocorrência de 10%, em fevereiro.

Com a finalidade de se obter dados quantitativos a respeito do regime de ventos no interior da Baía de Guanabara, foi realizada consulta ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos da DHN.

A Tabela 3 apresenta a frequência de ocorrência dos ventos registrados na estação da Ilha Fiscal para intervalos de velocidades de 05 nós, e direções compreendidas em intervalos de 45°.

Tabela 3- Frequência de Ocorrência de Ventos- Estação da Ilha Fiscal

CALMOS	CALMOS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
01 – 05	-	9,2	5,1	4,3	4,5	4,3	1,5	4,1	7,5
06 – 10	-	5,6	2,9	3,8	7,4	11,5	1,3	2,5	5,3
11 – 15	-	0,6	0,3	0,8	4,9	7,4	0,3	0,5	0,3
16 – 20	-	-	-	0,1	0,8	2,0	0,1	0,04	0,1
21 – 25	-	-	-	-	0,04	0,15	-	-	-
26 – 30	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
30	-	-	0,04	-	-	0,04	-	-	-
TOTAL (%)	0,8	15,4	8,3	9,0	17,6	25,4	3,2	7,1	13,2

Número Total de Observações: **2.87**

Fonte: **Banco Nacional de Dados Oceanográficos -DHN**

A Figura 5, Rosa dos Ventos, apresenta os dados da tabela acima sob forma gráfica.

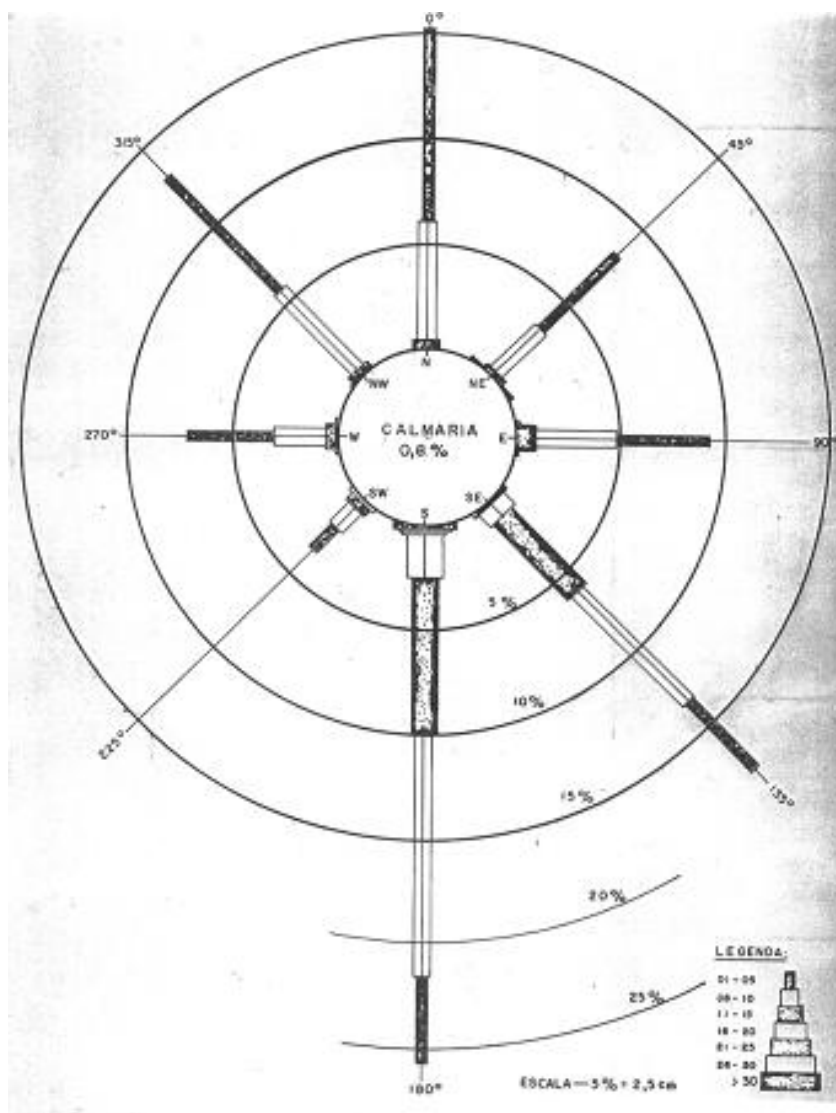


Figura 5 Ilha Fiscal



Do quadro e Rosa dos Ventos apresentados, conclui-se que:

- A ocorrência de calmarias (velocidades menores que 1 nó) é bastante reduzida.

- Apesar da reduzida ocorrência de calmarias, ventos na Baía de Guanabara não são intensos, registrando-se velocidades superiores a 10 nós durante apenas 19% e 17%, para a estação da Ilha Fiscal: ventos com velocidades superiores a 20 nós apresentam freqüência de ocorrência de 0,3% e 0,14%.

É possível se notar a grande concentração de freqüência de ocorrência de ventos dos quadrantes Norte e Sul: esta observação encontra-se em acordo com a descrição qualitativa constante do “Roteiro Costa Sul”.

Somando-se as freqüências de ocorrência para os quadrantes Norte e Sul, tem-se que as mesmas apresentam um total de aproximadamente 83% das observações, como a seguir :

Ilha Fiscal

Quadrante - Norte	36,9%
--------------------------	--------------

Quadrante - Sul	46,2%
------------------------	--------------

Ocorrências extremas foi possível obter-se do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da DHN, registros mensais “ocorrências extremas (máximas)”.

Considerando-se apenas os valores de velocidades superiores a 20 nós, algumas observações podem ser feitas, como se verá a seguir.



De um total de 12 registros realizados em janeiro (01), fevereiro (06), julho (02), agosto (01), outubro (01) e novembro (01), onze observações referem-se a ventos do quadrante Sul, com direções compreendidas entre 150° N e 180° N. Para estas observações, as intensidades estiveram compreendidas entre 20 e 32 nós.

A observação restante, realizada no mês de agosto, apresenta uma intensidade de 31 nós, sendo a direção do vento proveniente da direção NNE (30°N).

De uma análise realizada sobre medições de vento no Aeroporto Santos Dumont, para um período de 10 anos (janeiro de 1952 a dezembro de 1962), serão a seguir reproduzidas algumas conclusões válidas e pertinentes ao estudo ora realizado, quais sejam:

- O número total de observações realizadas no período de janeiro/1952 a dezembro/1962 foi de 87 672;
- Durante aproximadamente 24% do tempo, os ventos apresentam direções de incidência do quadrante Norte (Nordeste a Noroeste);
- Os ventos na região não são intensos, registrando-se velocidades superiores a 12 nós apenas durante 1,23% do tempo; ventos compreendidos entre 1 nó e 12 nós ocorrem durante 74,41% do tempo;
- Ventos superiores a 24 nós apresentam uma freqüência de ocorrência de 0,014% (aproximadamente 12 ocorrências em dez anos); deste total ocorreram ventos do quadrante Norte com velocidades superiores a 24 nós durante 0,004% do tempo (número de ocorrências aproximadamente igual a 4), sempre de direção Norte;



- Vento com intensidade superior a 30 nós ocorreu apenas uma vez, proveniente da direção Norte; esta observação registrou uma velocidade de vento entre 50 nós e 60 nós.

Em que pese a diferença de intervalos de amostragem, todas as medições de vento aqui analisadas e comentadas indicam ser bastante reduzida a ocorrência de intensidade de ventos superiores a 20 nós.

O conhecimento do regime de ventos da região é importante também para o estudo das ondas geradas no interior da baía pela atuação dos ventos locais.

2.4- Ondas

As ondas oceânicas, ou seja, as geradas ao largo da costa do Rio de Janeiro, não são importantes para o presente estudo, pois apesar dessas ondas penetrarem na Baía de Guanabara, elas sofrem um grande amortecimento antes mesmo de chegarem Porto do Rio de Janeiro. Assim sendo, apenas as ondulações de pequena altura e de curto período, geradas pelos ventos locais dos quadrantes Norte a Leste, poderão ocorrer na área do porto.

2.5- Assoreamento

O extinto Canal de São Lourenço não está sujeito a taxa de assoreamento elevada. Porém, algum assoreamento existe, ainda que reduzido, produzido por águas pluviais, esgotos e pelo insignificante movimento da maré.

Quanto ao aspecto geológico e geomorfológico, está muito bem exposto no EIA.

O assoreamento local é constituído por argila orgânica cinza escura, com espessura da camada variável; às vezes é mesclada com silte, conchas, característica de área intensamente revolvida pela intensa movimentação das embarcações.

A profundidade local é variável de Sul para Norte, ou seja, das proximidades do antigo aterro construído, antes mesmo da existência da Ponte Costa e Silva, até atingir a entrada ao Norte.

Assim sendo, as profundidades variam de 0 a 3,8 m (**Ref. DHN 1512 - Edição 2000**).

2.6- Batimetria

Neste item, constam os dados de batimetria obtidos pelo INPH, Estaleiro Mauá, Rolls-Royce Marine Brasil, Wellstream, Estaleiro São Miguel e carta náutica nº 1512. Os dados obtidos encontram-se nas plantas em anexo - INPH 210-10 A, 210-10 B, 210-10 C e 210-10 D.

A região levantada abrangeu a área leste da Baía de Guanabara – Niterói e São Gonçalo, conforme mostra a figura a seguir:

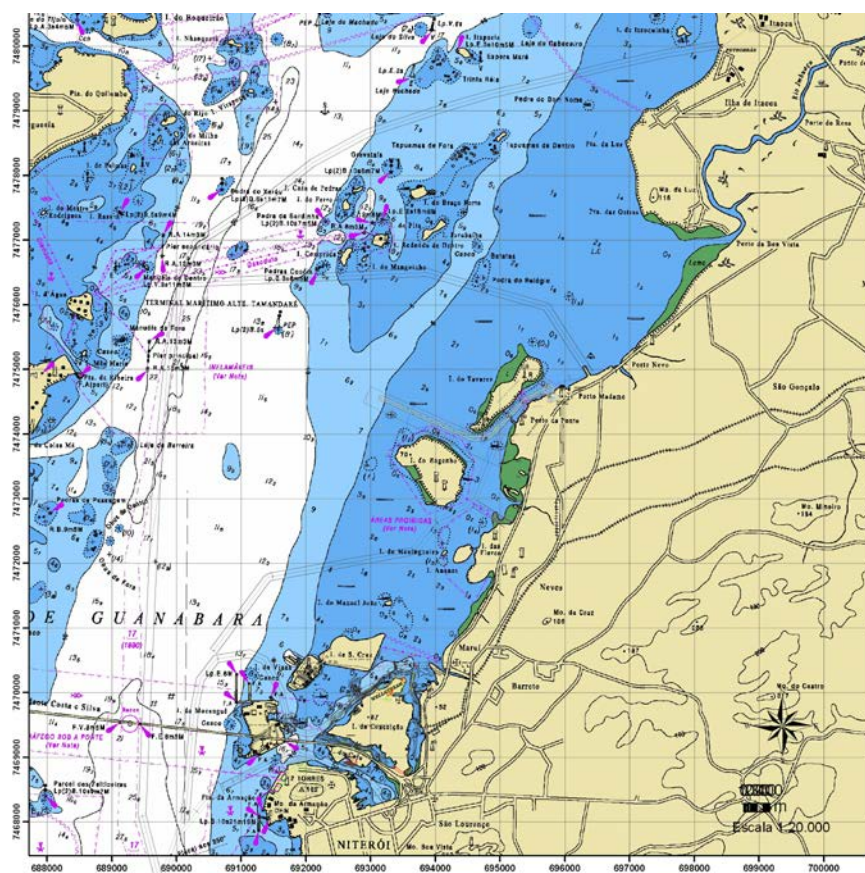


Figura 6 – Batimetria região de Niterói e São Gonçalo.

2.7- Geologia Regional

Na área relativa à Baía de Guanabara ocorrem superposições de depósitos coluvionares, fluviais, fluviolacustres, marinhos e fluviomarinhos, relacionadas às alterações climáticas e eustáticas, que atingiram o litoral fluminense a partir do Pleistoceno, e à proximidade das escarpas íngremes da Serra do Mar.

Quanto à origem, a Baía de Guanabara, com área atual de 377 Km², é definida como um estuário originado pelo afogamento marinho de uma bacia fluvial pleistocênica complexa, condicionada por compartimentos estruturais do embasamento cristalino, mais rebaixados, como a área ao fundo da baía, e mais elevados, como a faixa correspondente ao alinhamento das ilhas do Governador, Paquetá e Itaoca.

Estratigraficamente, o assoalho da Baía de Guanabara é composto de:

- sedimentos estuarinos holocênicos, que correspondem à sedimentação da baía, após o afogamento marinho que a originou;
- sedimentos fluviais da Formação Caceribu, com idade situada entre 40.000 e 12.000 anos, constituídos por areias feldspáticas grosseiras;
- embasamento cristalino, bastante dissecado, constituído por gnaisses e migmatitos diversos.

Os sedimentos estuarinos possuem uma espessura média de cerca de 10 metros, distribuídos de forma irregular, com trechos mais espessos, nas áreas mais centrais, e mais rasos, nas bordas da baía. Compõem-se de depósitos marinhos, constituídos de areia grossa mal selecionada, geralmente bimodal, e de sedimentos fluviomarinhos finos, silto-argilosos ou argilo-siltosos moles, ricos em matéria orgânica.

Dados pretéritos de perfis geofísicos e sondagens, obtidos na Baía de Guanabara, indicaram a ocorrência de sedimentos da Formação Caceribu, em



profundidades superiores a 50 metros, como substrato dos sedimentos marinhos holocênicos.

A idade pleistocênica superior, atribuída a esses depósitos, deve-se à sua posição estratigráfica bem definida, repousando sobre o embasamento pré-cambriano ou sedimentos da Formação Macacu, e sendo capeados pelos depósitos fluviais, coluviais ou marinhos holocênicos.

No eixo cortado pela Ponte Rio-Niterói, ocorrem, ainda, argilas continentais transicionais de origem fluvial, estratigraficamente situadas entre os sedimentos arenosos da Formação Caceribu, do Pleistoceno Superior, e as lamas e areias estuarinas holocênicas.

Sua idade foi estimada entre 8.000 e 10.000 anos, correspondendo a um nível de estabilização do nível do mar, em cota de aproximadamente 40 a 50 metros abaixo do nível do mar atual, quando, provavelmente, instalou-se um sistema de drenagem meandrante.

Devido à sua origem por afogamento marinho, de uma antiga bacia fluvial pleistocênica, a Baía de Guanabara tem um fundo muito irregular, com as isóbatas orientadas por antigos talwegues fluviais, hoje parcial ou totalmente soterrados pela sedimentação estuarina.

Nesse particular, os canais remanescentes da baía são associados com os talwegues de um sistema fluvial afogado por águas marinhas, podendo-se perceber, claramente, a relação das isóbatas com estes antigos canais.

Vários talwegues, com profundidades que oscilam entre 5 e 10 metros, confluem para um grande talwegue central, de orientação Norte-Sul, segundo o eixo principal da Baía de Guanabara, onde as profundidades superam a 20 metros.

Relata-se, ainda, que perfis geofísicos e perfurações efetuadas à época da construção da Ponte Rio-Niterói confirmam esta depressão alongada, orientada segundo a direção estrutural Norte-Sul, escavada no embasamento cristalino e parcialmente preenchida pelos depósitos pleistocênicos da Formação Caceribu e pelos sedimentos marinhos holocênicos.

Esta grande depressão que, no último período interglacial, passou a capturar a drenagem da Baixada, recebeu a denominação de “Paleo Rio Guanabara”. Este canal antigo remanesce no assoalho da baía, como o talvegue principal, que chega até as proximidades da ilha de Paquetá.

Finalmente, Amador, em sua obra, afirma que face aos desmatamentos, aterros, modificações da rede de drenagem, lançamento de lixo e esgotos domésticos e industriais, a Baía de Guanabara vem sofrendo uma perda progressiva de profundidade por assoreamento, cujos valores médios evoluíram de 18cm/século, no final do século XIX, para 81cm/século, na atualidade, chegando a alcançar valores absolutos superiores a 500cm/século.

Amostragens superficiais de fundo, realizadas em toda a área da baía, confirmam estes dados, demonstrando a ampla predominância de lamas terrígenas orgânicas, com teor superior a 75% de lama, capeando o fundo, desde a parte mais interna da baía, até cerca de 3 Km ao sul da Ponte Rio-Niterói.

3- DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

3.1- Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 HD

O MIKE 21 HD é o módulo básico do Sistema Computacional MIKE 21. Ele fornece a base hidrodinâmica para os cálculos computacionais realizados na maioria dos outros módulos, tais como, por exemplo, no módulo de Advecção - Dispersão de Poluentes e no módulo de Transporte de Sedimentos.

O modelo simula as variações dos níveis d'água e dos fluxos, em resposta aos diversos esforços atuantes em lagos, estuários, baías e áreas costeiras (marés, ventos, descargas fluviais, tensões de radiação geradas pela propagação das ondas, etc.). Os níveis d'água e os fluxos são resolvidos numa malha retangular, ou quadrada, cobrindo toda a área de interesse. Os dados de entrada para o modelo matemático são a batimetria, os coeficientes de atrito no fundo, o clima de ventos, as condições hidrográficas no contorno do modelo, etc.

O MIKE 21 HD é aplicável à solução de uma vasta gama de fenômenos hidráulicos, tais como prismas e correntes de marés, redemoinhos e vórtices, seiches em portos, ondas de ruptura de barragens, tsunamis, correntes geradas pelas ondas (combinadas com correntes de maré e/ou correntes geradas pelos ventos, se relevantes), etc.

O módulo hidrodinâmico do MIKE 21 resolve as equações, integradas na vertical, da continuidade e da conservação da quantidade de movimento em duas dimensões horizontais, aplicando o mundialmente conhecido esquema implícito de diferenças finitas ADI, com precisão de segunda ordem. Os efeitos abaixo são levados em conta no modelo:



- Termo convectivo e transversal da quantidade de movimento
- Tensão cisalhante no fundo
- Tensão cisalhante do vento na superfície
- Gradientes de pressão barométrica
- Tensões de radiação provenientes de campo de ondas
- Forças de Coriolis
- Dispersão da quantidade de movimento (viscosidade turbulenta)
- Fontes e sumidouros (de massa e de quantidade de movimento)
- Evaporação / precipitação
- Áreas que tanto podem ficar alagadas, quanto secas, durante a simulação.

Os níveis d'água e os fluxos instantâneos são obtidos a partir da solução das equações de continuidade e de momento. Variáveis tais como a elevação da superfície, velocidade e direção das correntes, e as componentes da velocidade nos eixos dos x e dos y, podem ser obtidas a partir dos dados de saída básicos do programa, mediante a utilização dos recursos de pré e de pós-processamento do MIKE 21.

O MIKE 21 HD foi desenvolvido para trabalhar com números de Courant até 5, sem problemas de estabilidade. No entanto, dependendo das características do corpo d'água, esse valor pode chegar até 20. As equações básicas do modelo são dadas por:

➤ **Continuidade:**

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em x:**

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ & + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q \\ & - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em y:**

$$\begin{aligned} & \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ & + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p \\ & - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

onde:



$h(x,y,t)$ - profundidade

$\zeta(x,y,t)$ - elevação da superfície livre

$p,q(x,y,t)$ - densidades do escoamento nas direções x e y

$C(x,y)$ - coeficiente de Chezy

g - aceleração da gravidade

$f(V)$ - fator de atrito do vento

$V, V_x, V_y(x,y,t)$ - velocidade do vento e de suas componentes nas direções x e y

$\Omega(x,y)$ - parâmetro de Coriolis

$p_a(x,y,t)$ - pressão atmosférica

ρ_w - densidade da água

x,y - coordenadas espaciais

t - tempo

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ - componentes da tensão de cisalhamento

3.2- Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em Suspensão - MIKE 21 PA

O MIKE 21 PA (Advecção de Partículas) pertence ao grupo de módulos ambientais do Sistema Computacional MIKE 21. Ele simula o transporte e o destino final de substâncias em suspensão ou dissolvido na água, quando elas são despejadas acidentalmente ou não em lagos, estuários, áreas costeiras ou no mar aberto.

No MIKE 21 PA o transporte da substância pode ser simulado a duas ou a três dimensões. A substância simulada pode ser um poluente de qualquer tipo, conservativo ou não conservativo. A pluma do poluente é tratada como sendo formada por partículas. A cada uma das partículas é associada uma massa, a qual pode mudar durante a simulação, como resultado do decaimento ou da deposição.

Os movimentos das partículas são definidos como a soma dos deslocamentos advectivos e dispersivos. A componente advectiva é determinada através do campo hidrodinâmico do escoamento (correntes) e a componente de dispersão como o resultado de processos randômicos (turbulência da água). A componente de dispersão está dividida em três categorias, chamadas de dispersão longitudinal (ΔDL), dispersão transversal (ΔDT) e dispersão induzida por efeitos de gravidade (ΔDo).

Processos de deposição, de decaimento e de re-suspensão estão incluídos no modelo. O módulo 3D inclui formulações de sedimentação e de re-suspensão tanto para sedimentos coesivos (silte e argila), quanto para sedimentos não coesivos (areia). O modelo emprega uma formulação Lagrangiana, o que significa que a resolução da pluma do poluente não fica restrita ao tamanho da célula computacional imposta pelo modelo hidrodinâmico.

Para o instante de tempo i , a equação do transporte da partícula pode ser expressa como:

$$\mathbf{X}_{i+1} = \mathbf{X}_i + \mathbf{V} \cdot \Delta t + \underline{\mathbf{D}} \cdot \mathbf{V} + \gamma$$

Onde:

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ -V_{sett} \end{bmatrix}, \quad U = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$\underline{\mathbf{D}} = \frac{1}{U} \begin{bmatrix} \Delta D_L & -\Delta D_T & 0 \\ \Delta D_L & \Delta D_T & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\gamma = \begin{bmatrix} \Delta D_o \\ \Delta D_o \\ \Delta D_{ow} \end{bmatrix}$$

Os deslocamentos devidos à dispersão são dados por:

- ΔD_L , dispersão longitudinal causada pela turbulência da água
- ΔD_T , dispersão transversal causada pela turbulência da água
- ΔD_o , dispersão induzida por efeitos de gravidade
- ΔD_{ow} , dispersão causada pela ação do vento sobre a superfície d'água



Onde:

$$\Delta D_L = \sqrt{6 \cdot D_L \cdot \Delta t} \cdot ([RND_1]_{\sigma}^1 - 1/2) \cdot 2$$

$$\Delta D_T = \sqrt{6 \cdot D_T \cdot \Delta t} \cdot ([RND_2]_{\sigma}^1 - 1/2) \cdot 2$$

$$\Delta D_o = \sqrt{6 \cdot D_o \cdot \Delta t} \cdot ([RND_3]_{\sigma}^1 - 1/2) \cdot 2$$

$$\Delta D_{ow} = \sqrt{6 \cdot (D_o + D_v) \cdot \Delta t} \cdot ([RND_4]_{\sigma}^1 - 1/2) \cdot 2$$

O campo hidrodinâmico do escoamento é considerado como sendo uma função da profundidade, de acordo com a lei logarítmica de Nikuradse.

$$\left| \frac{U_{HD}(x,y)}{U_f} \right| = 8.6 + 2.45 \cdot \ln \left(\frac{h}{k/30} \right)$$

O campo do escoamento inclui a ação do vento através de

$$U(x,y,z) = U_{HD}(x,y,z) + \frac{1}{h_w} \int_0^{h_w} U_w(z) dz + U_w(z)$$

onde a distribuição de velocidades devida às tensões cisalhantes do vento na superfície livre é considerada como sendo dada por

$$U_w(z) = C_w \cdot W \cdot \exp(-k_o z) \quad , \quad k_o = 3 / h_w$$



Os símbolos que aparecem nas equações anteriores correspondem a:

X_i : coordenadas tridimensionais da partícula no instante i (m)

x, y, z : coordenadas da partícula (m)

Δt : incremento de tempo (s)

u_x, u_y : componentes horizontais da velocidade da corrente (m/s)

V_{sett} : velocidade de queda (m/s)

DL : coeficiente de dispersão longitudinal (m²/s)

DT : coeficiente de dispersão transversal (m²/s)

Do : coeficiente de dispersão induzida por efeitos de gravidade (m²/s)

Dw : dispersão devida ao vento (m²/s)

$[RND]$: um número randômico uniformemente distribuído [0;1]

U_f : velocidade de fricção (m/s)

k : rugosidade do fundo (m)

hw : profundidade de influência do vento (m)

h : lâmina d'água (m)

Cw : coeficiente de fricção do vento (-)

W : velocidade do vento (m/s)

$UHD(x,y)$: campo das velocidades das correntes integrado na vertical (m/s)

4- DADOS AMBIENTAIS UTILIZADOS NA MODELAGEM MATEMÁTICA

4.1- Batimetria

A área representada no modelo matemático está mostrada na Figura 7. As informações batimétricas foram extraídas da Carta Náutica DHN nº 1501 (Escala 1:50.000), e de levantamentos recentes, feitos pelo INPH no Porto do Rio de Janeiro, na Enseada de Botafogo, no Porto de Niterói e em outros locais da Baía de Guanabara.

O espaçamento adotado para a malha batimétrica foi de 200 m, tanto na direção x quanto na direção y. A referência de níveis adotada foi o Zero da DHN.

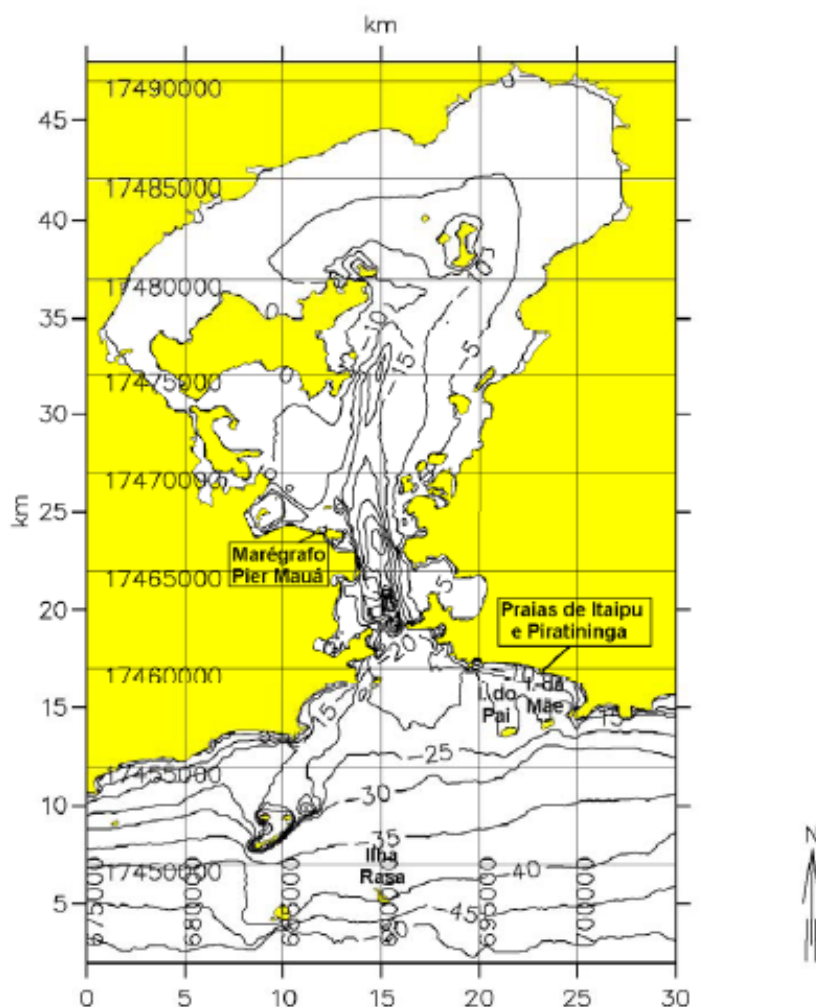


Figura 7 – Batimetria representada no modelo matemático.

4.2- Níveis d'água

Os níveis d'água nos contornos abertos do modelo foram determinados com base nas constantes harmônicas das marés medidas em Copacabana, no Píer do Salvamar do Posto Seis, entre 23/06/93 e 06/03/94, conforme consta do "Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras", elaborado pela Fundação de Estudos do Mar - FEMAR. Essas constantes harmônicas estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Listagem das Constantes Harmônicas

Nome da Estação: Copacabana - RJ (Píer do Salvamar - Posto Seis)

Coordenadas: Lat. 22° 59,1' S Long. 43° 11,2' W

Classificação da Maré: Maré de Desigualdades Diurnas

Componente Harmônica	Semi-Amplitude H (cm)	Fase g (graus)	Componente Harmônica	Semi-Amplitude H (cm)	Fase g (graus)
Q1	2,8	58	S2	17,2	87
O1	10,7	86	MO3	0,5	38
M1	0,9	126	M3	0,5	196
K1	6,3	152	MN4	1,5	351
MU2	1,5	83	M4	3,4	34
N2	3,8	121	MS4	1,5	126
M2	30,3	79			

Na Figura 8 está mostrada a série histórica de 12 dias de marés, usada nas simulações (06 a 18/03/95). Essa série foi gerada utilizando-se o programa de serviço MIKE 21 TIDHPC e as constantes harmônicas apresentadas na Tabela 4. Ela abrange marés de quadratura, assim como marés de sizígia.

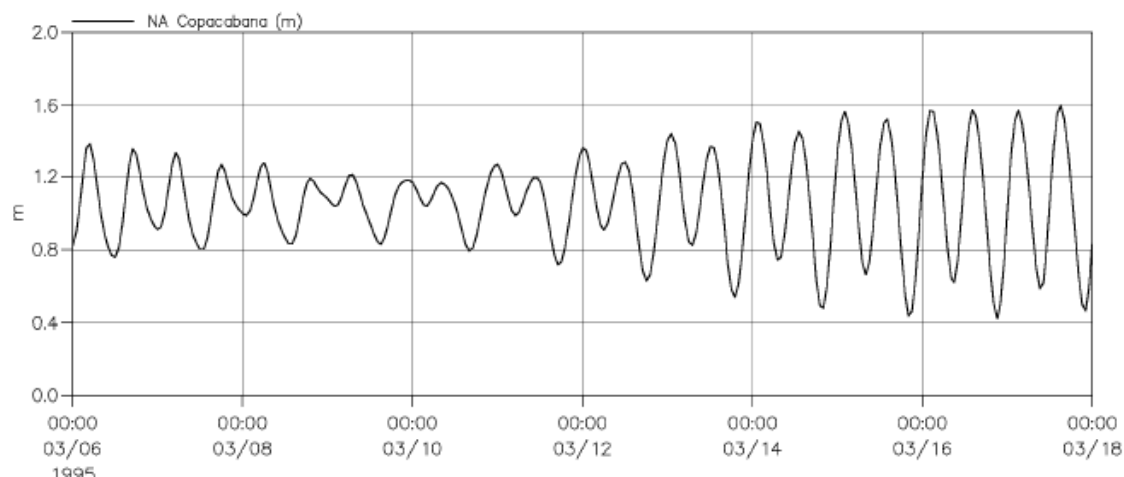


Figura 8 - Série histórica das marés em Copacabana, usada nas simulações.

4.3- Ventos

Os ventos utilizados nas simulações foram medidos a cada 6 horas na Estação Meteorológica da Ilha Rasa, controlada pela DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação, do Ministério da Marinha. A Figura 9 mostra a intensidade e a direção dos ventos registrados durante o período de 06 a 18/03/95.

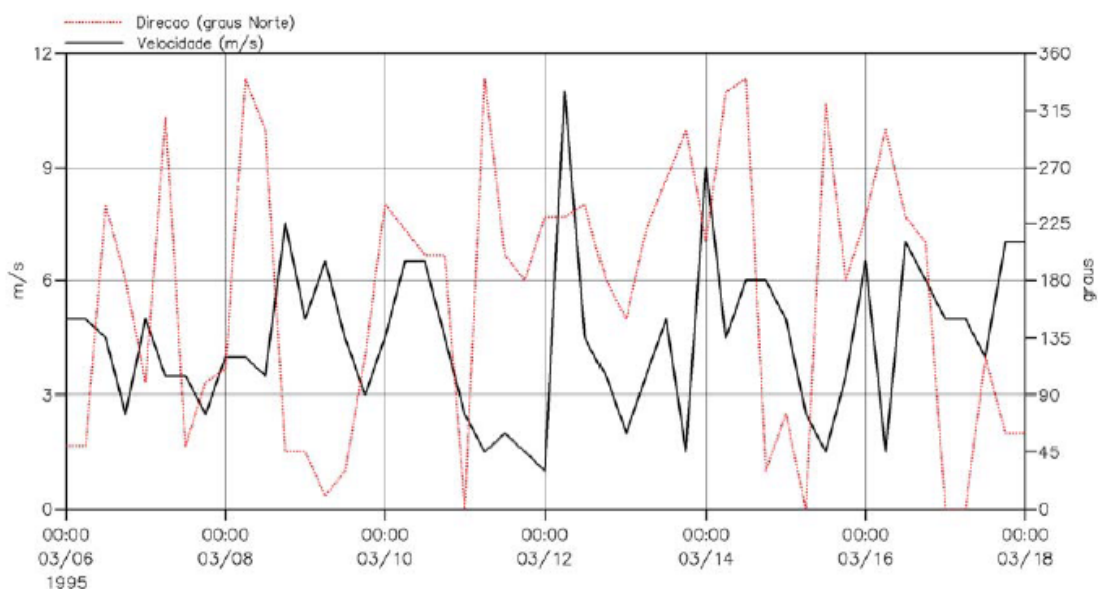


Figura 9 - Características dos ventos medidos de 06 a 18/03/95 na Estação Meteorológica da Ilha Rasa, controlada pela DHN.

5- MODELAGEM HIDRODINÂMICA

5.1- Parâmetros de Calibração

A Tabela 5 mostra os parâmetros usados na calibração do modelo hidrodinâmico e a Figura 10 a comparação entre os níveis d'água medidos e os níveis d'água simulados na Estação Maregráfica do Píer Mauá.

Nº de Manning	32 m ^{1/3} /s
Viscosidade turbulenta	5 m ² /s
Δt dos cálculos	10 s
Coef. de fricção do vento	0,0026

Tabela 5– Parâmetros de calibração.

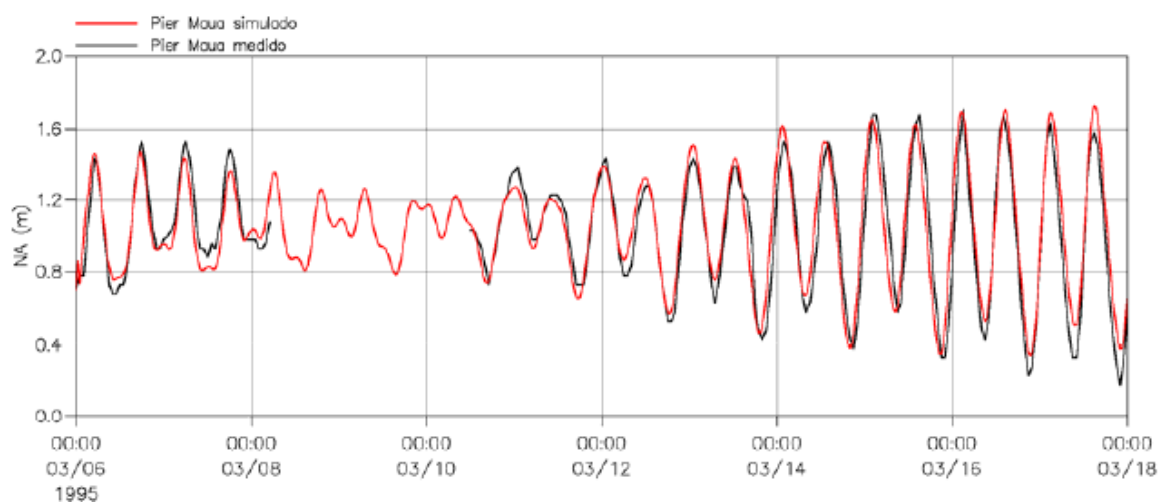


Figura 10 - Estação Maregráfica do Píer Mauá - Comparação entre os níveis d'água medidos e os simulados.

5.2- Resultados das Simulações

Nos itens que se seguem estão apresentadas as correntes de maré de quadratura e de maré de sizígia, que foram simuladas na área do projeto durante o período de tempo analisado.

5.2.1- Maré de Quadratura

As correntes de maré simuladas estão mostradas nas Figuras 11 e 12, para uma situação de maré vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente.

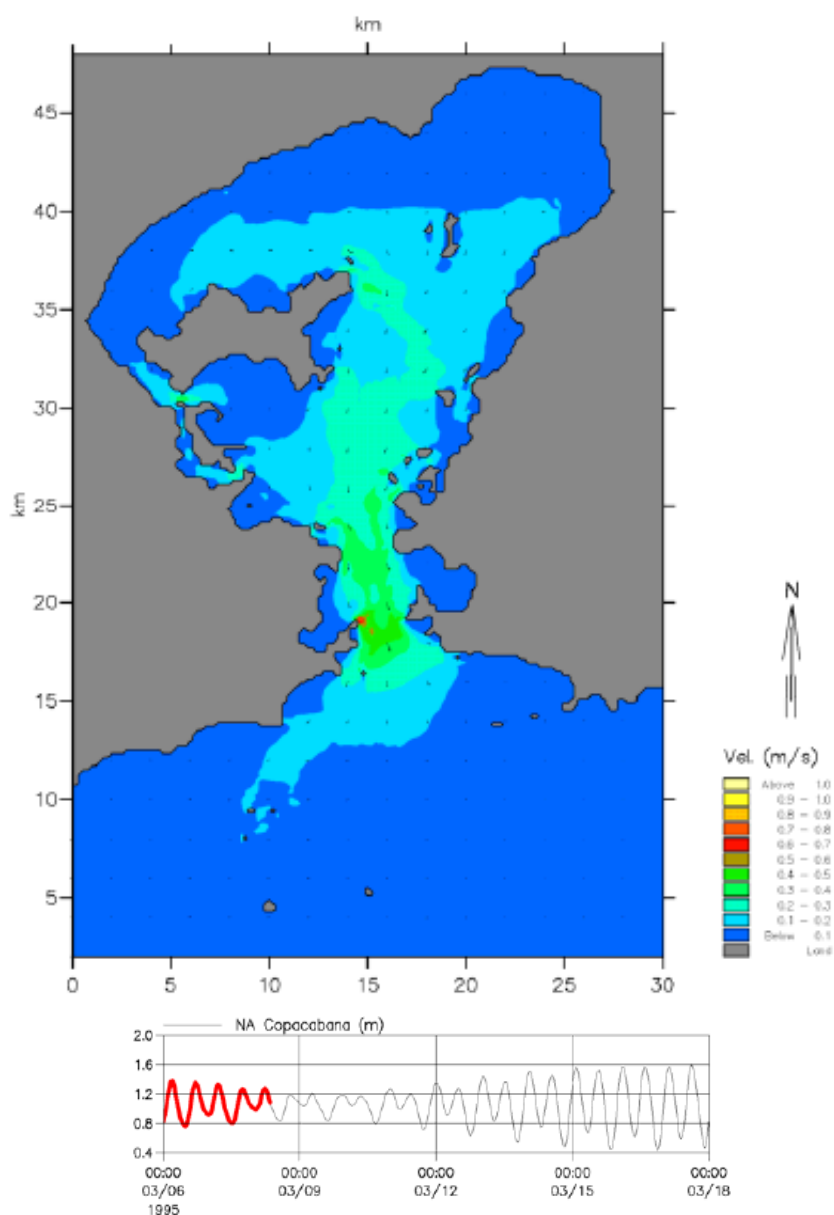


Figura 11 - Maré de Quadratura - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

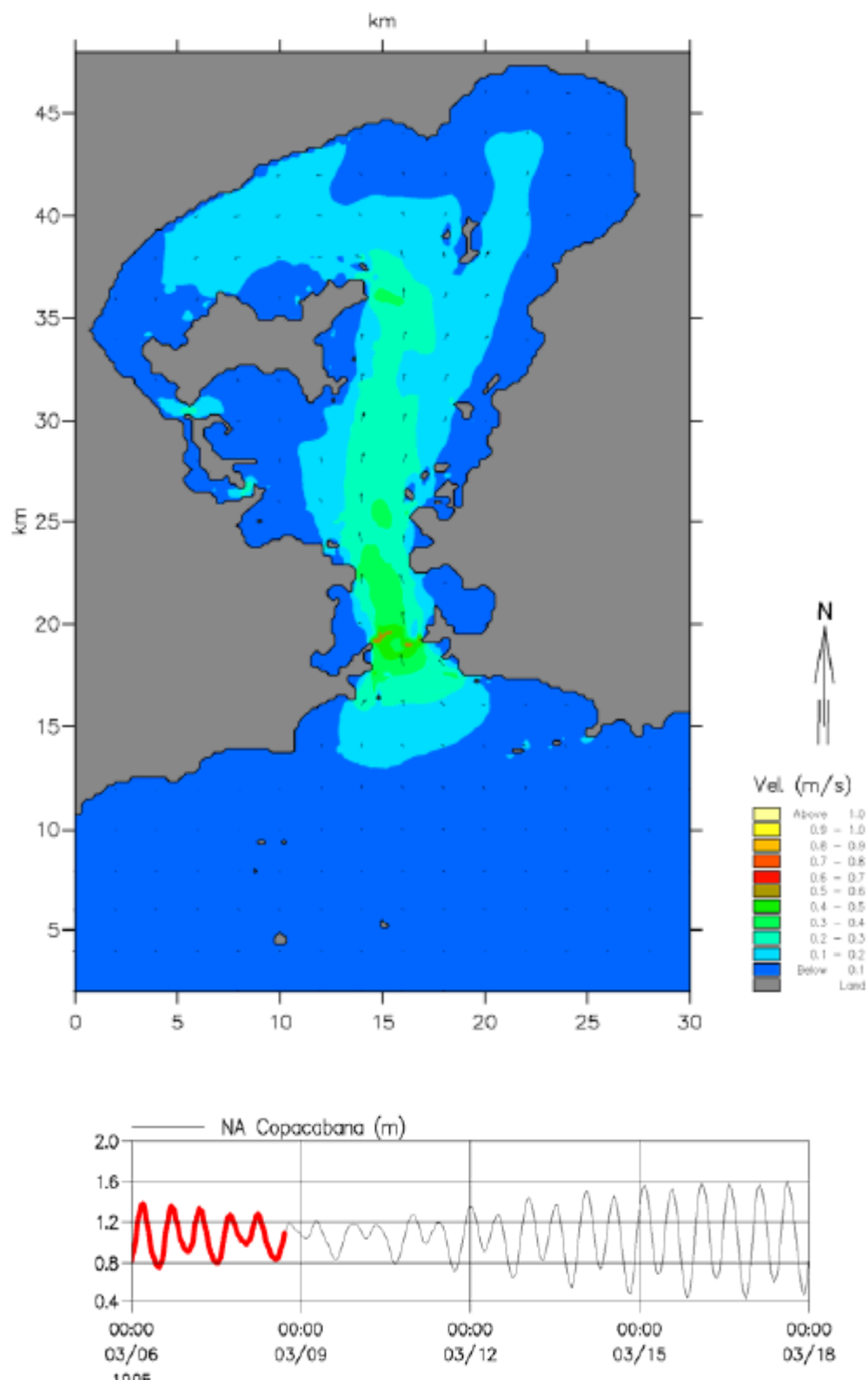


Figura 12 - Maré de Quadratura - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

5.2.2- Maré de Sizígia

As correntes de maré simuladas estão mostradas nas Figuras 13 e 14 para uma situação de maré vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente.

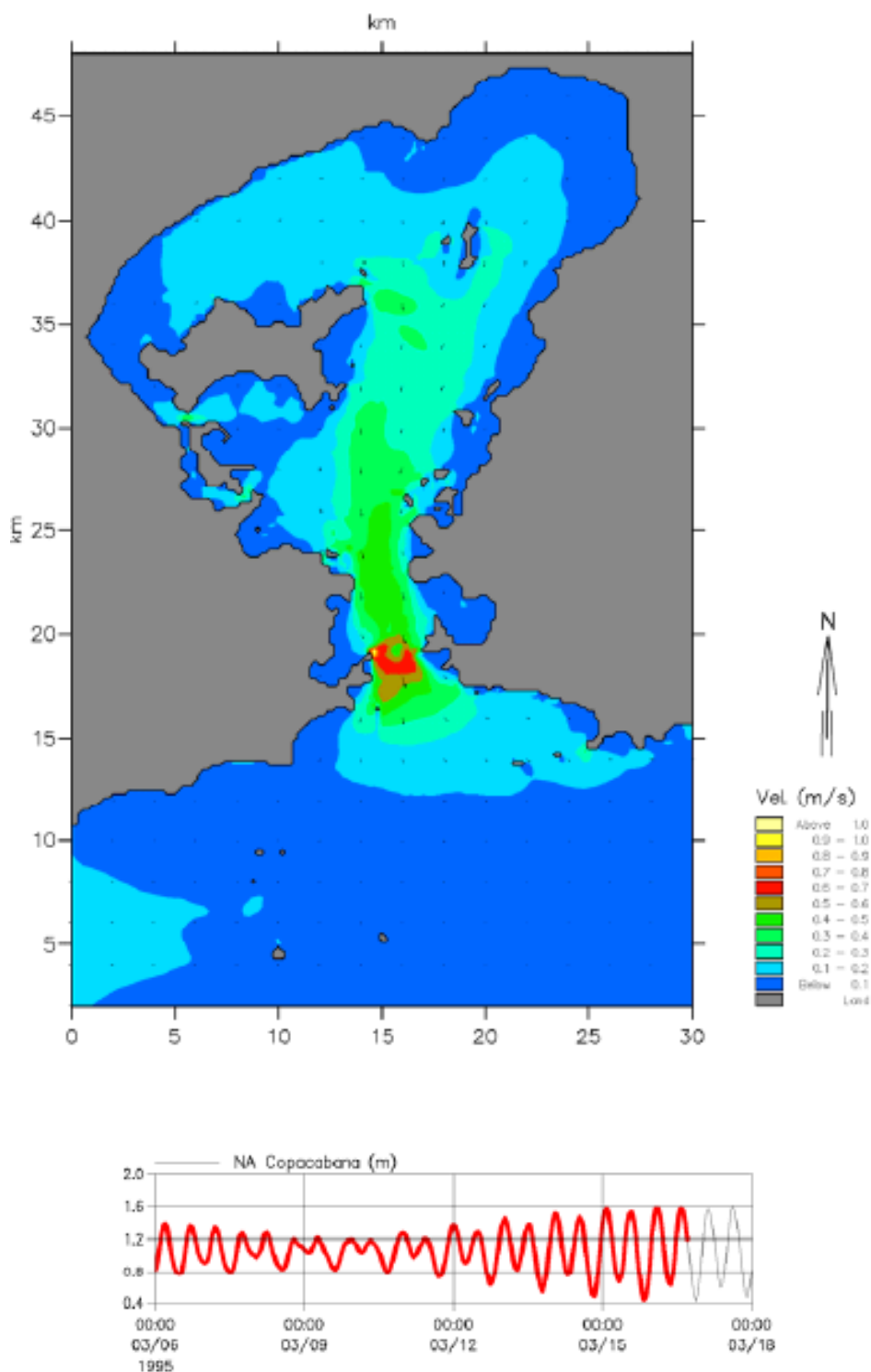


Figura13 - Maré de Sizígia - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

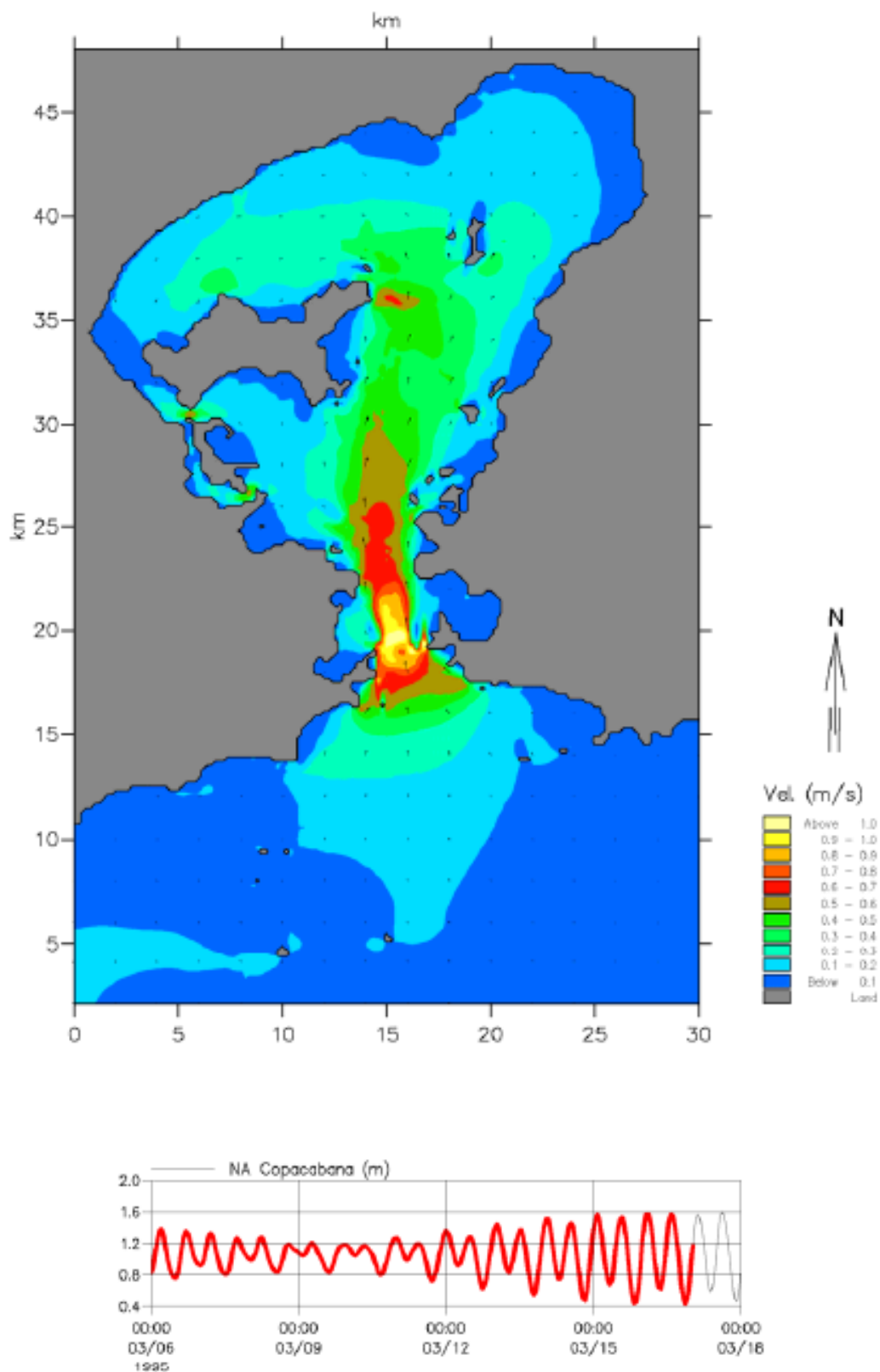


Figura 14 - Maré de Sizígia - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

6- MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS

6.1. Área de Bota Fora (Área F)

O local para lançamento de material será a Área F. As coordenadas do ponto central da área são $23^{\circ}06'55.0''$ S e $043^{\circ}03'50.9''$ W, localizada a uma profundidade média de 53m, conforme pode ser visto sobre a Carta Náutica da DHN 1506 na Figura 15.

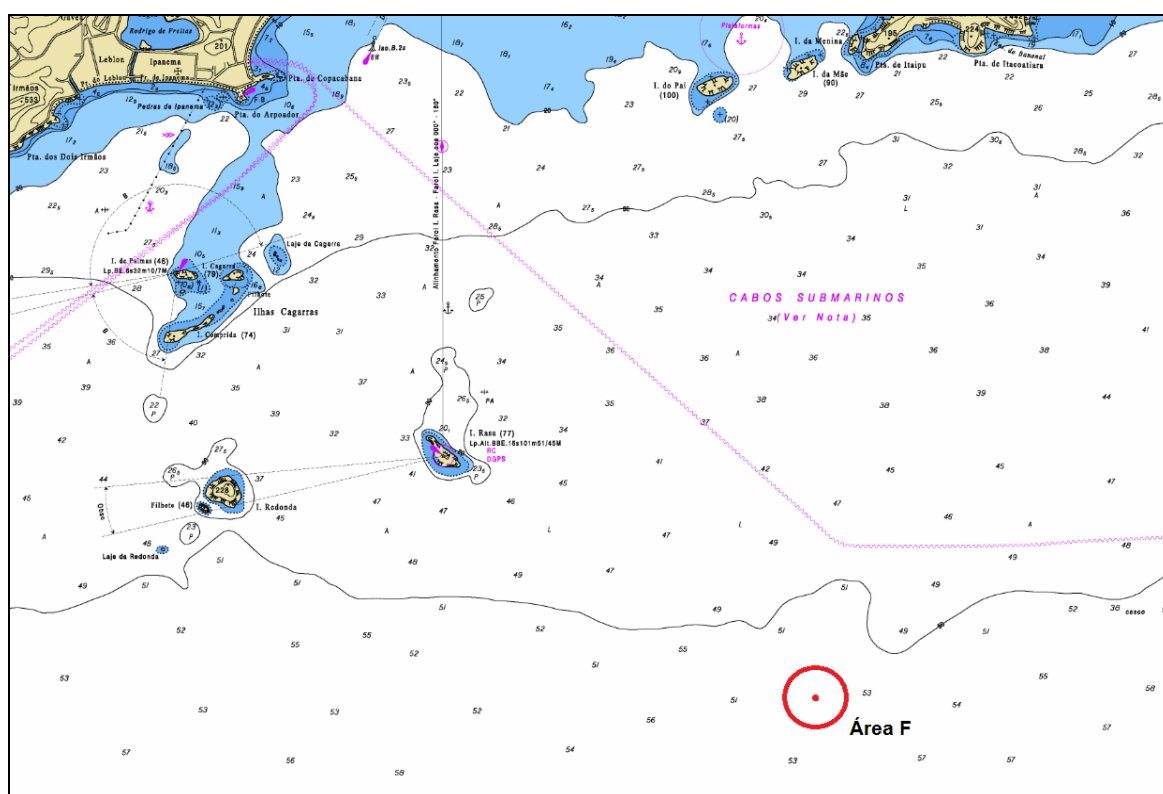


Figura 15. Localização da nova Área F de bota-fora.



A Figura 16 apresenta o resultado de distribuição granulométrica na região da Baía de Guanabara segundo estudo de Amador em 1983 e 1992, conforme apresentado por Rosman (2004). Através dos dados da figura, observa-se que a granulometria na área do anteprojeto de dragagem compreende a faixa entre silte e areia fina.

A fim de se obter resultados para as situações limítrofes, em que pode ocorrer maior parcela de sedimentos em suspensão, foram simuladas 3 situações. Cada uma das simulações contemplou uma fração granulométrica do material, a saber, areia muito fina, silte médio e argila. O cenário representado foi o da situação determinada pelos dados de maré e dos ventos medidos.

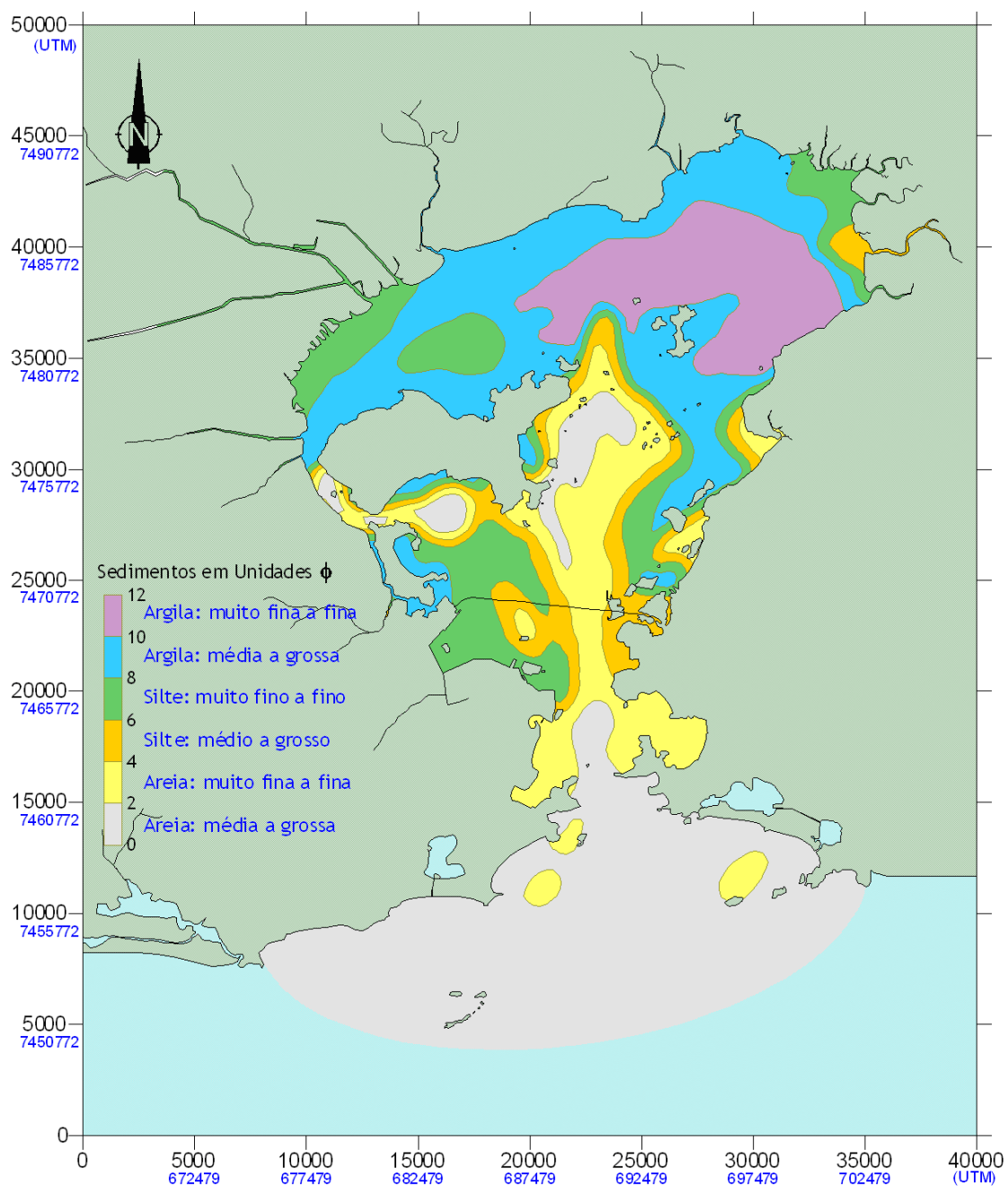


Figura 16. Distribuição de sedimentos na Baía de Guanabara. (Fonte: Rosman 2004, baseada em dados de Amador 1983, 1992).

6.2. Parâmetros Numéricos Utilizados

As 3 simulações foram realizadas da seguinte forma: a primeira apenas com areia muito fina, a segunda apenas com silte médio e a terceira apenas com argila.

A velocidade de queda dos sedimentos foi calculada pela Lei de Stokes, a qual se aplica satisfatoriamente para sedimentos finos, e é dada por:

$$W = \frac{\Delta g D^2}{18\eta}$$

onde:

W = velocidade de queda

Δ = densidade relativa

η = viscosidade dinâmica

g = aceleração da gravidade

D = diâmetro médio do sedimento

Respectivamente, as velocidades de sedimentação foram calculadas para a areia muito fina, silte e argila como 0,00341m/s, 0,00098m/s e 0,000014m/s.

Na simulação do lançamento de argila foi incluída a floculação, fenômeno muito importante na sedimentação dessa fração do material. Na floculação ocorre a agregação de grãos, aumentando significativamente a velocidade de queda. Segundo TRENTO (2005), este fenômeno em água salgada começa a ocorrer para concentrações a partir de 0,1 a 0,3 g/l. Nesta simulação adotou-se a concentração inicial limite de 0,5g/l , o que representaria maior espalhamento da pluma.



Considerando-se que a draga realiza ciclos de lançamentos a cada 6 horas, na simulação foram realizados 40 ciclos consecutivos, num total de 10 dias, cobrindo momentos de maré cheia e vazante, na sizígia e na quadratura.

6.2.1. Resultados das Simulações

Observa-se uma importante componente das correntes na região na direção Leste-Oeste, o que não permite que as plumas alcancem o litoral ou retornem para a Baía de Guanabara. As Figuras 17, 18 e 19 mostram o local de sedimentação do material lançado na Área F após o fim dos 40 ciclos, respectivamente para areia muito fina, silte e argila.

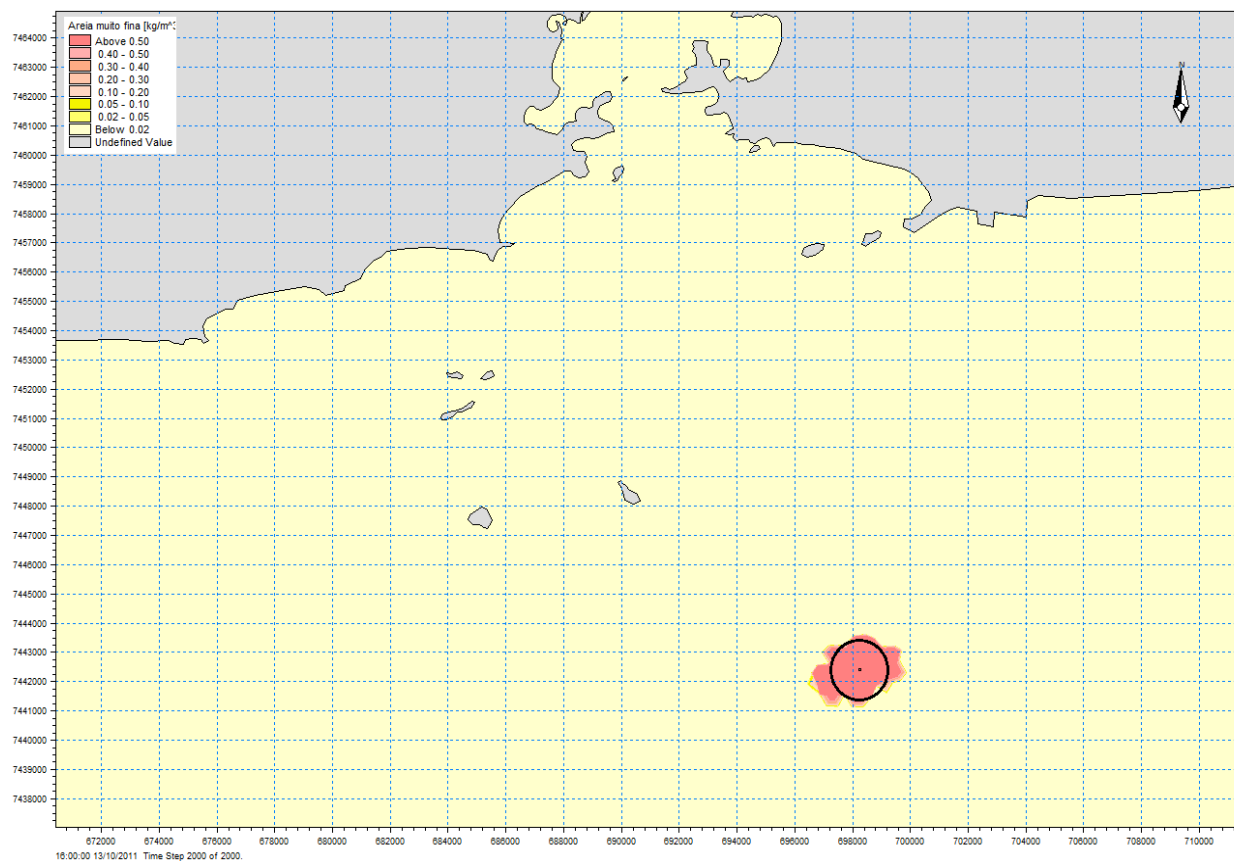


Figura 17. Local de deposição de areia muito fina após término dos lançamentos na Área F.

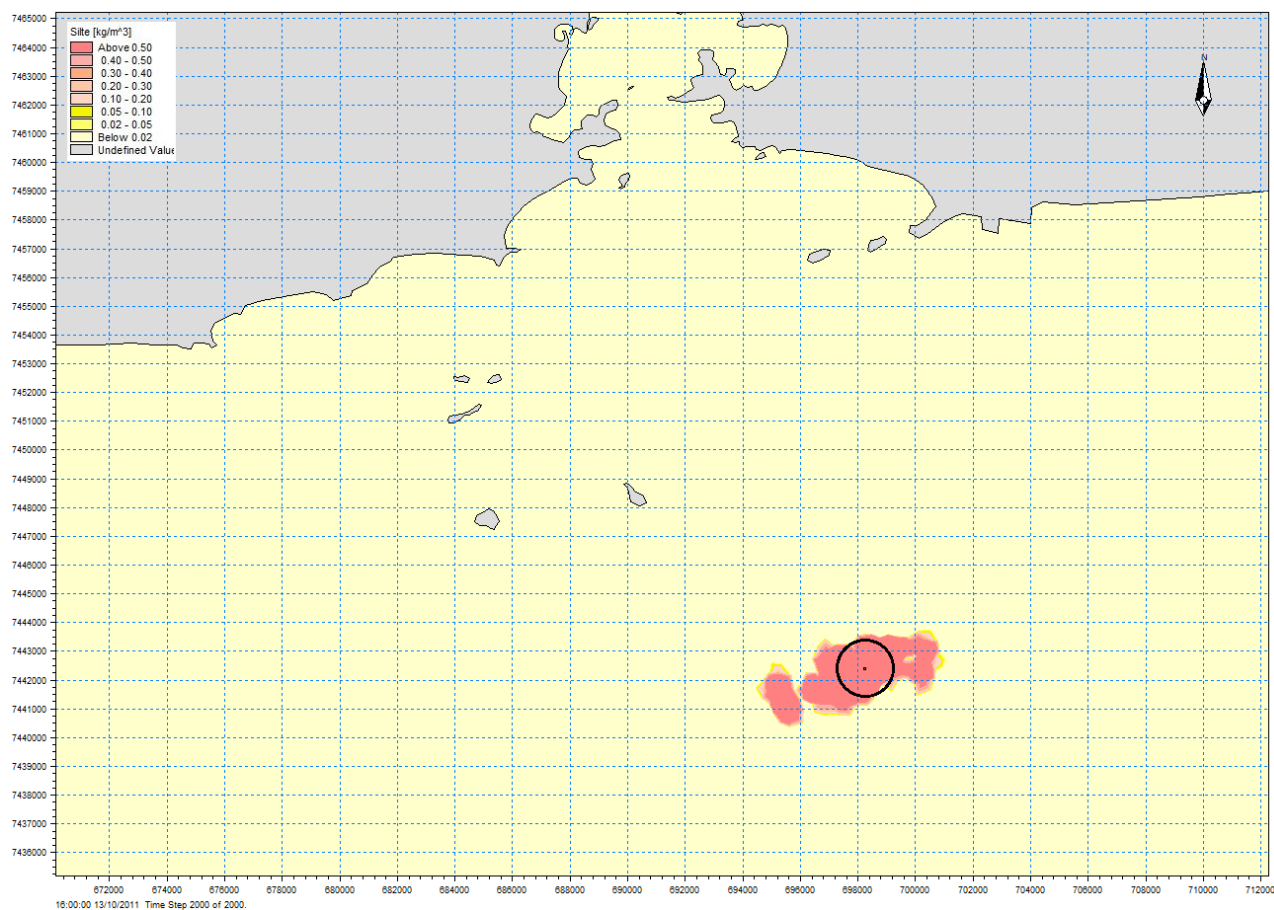


Figura 18. Local de deposição de silte após término dos lançamentos na Área F.

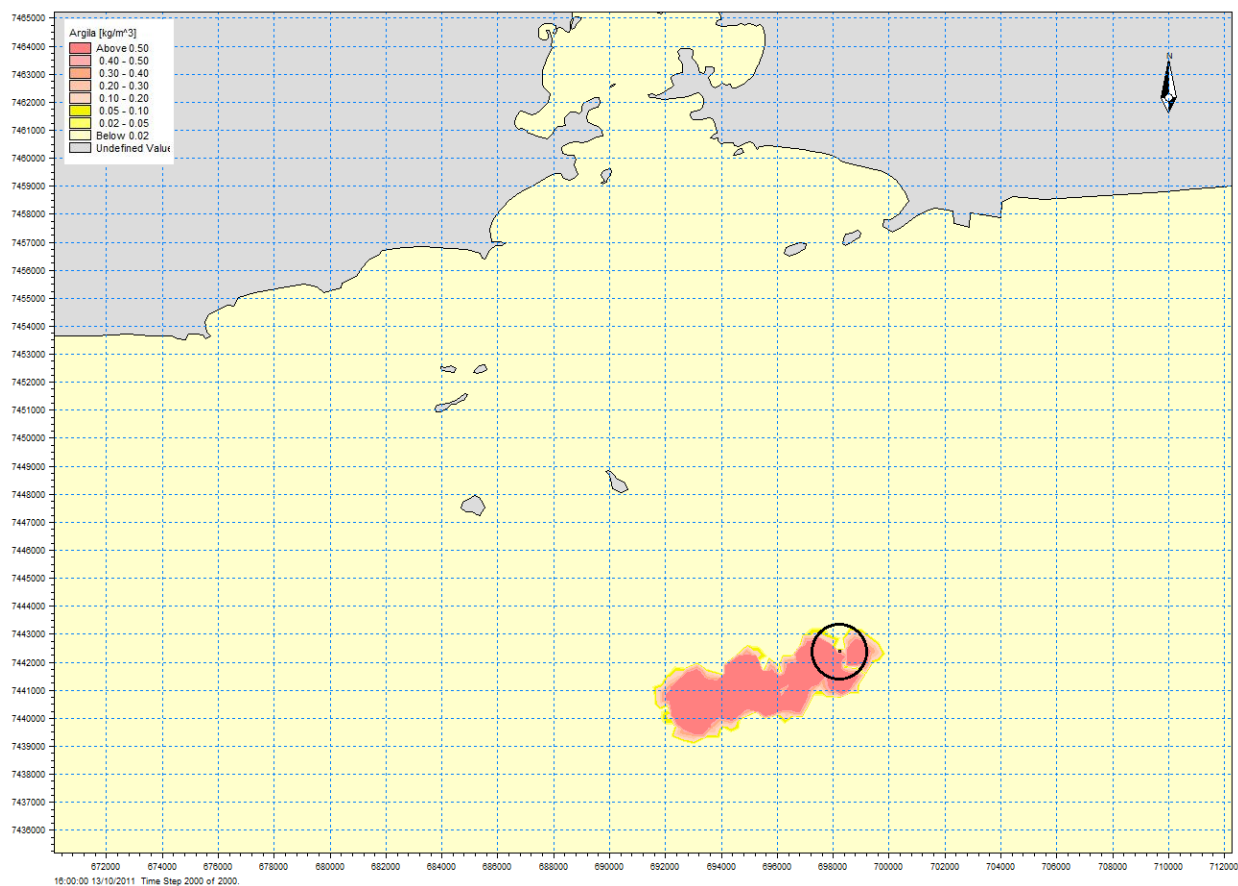


Figura 19. Local de deposição de argila após término dos lançamentos na Área F.

7 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Com vistas a subsidiar projetos e obras de alargamento e aprofundamento, em áreas específicas de Niterói e São Gonçalo - RJ (canais de acesso e bacias de evolução), foram analisados dados de contaminantes como metais pesados, pesticidas organoclorados, bifenilas policloradas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH's), além de parâmetros como carbono orgânico total (TOC), nitrogênio kjeldahl total e fósforo, os quais foram obtidos em áreas próximas ao acesso aquaviário do porto de Niterói e nas proximidades da Ilha do Tavares.

Tais resultados estão listados nos tópicos a seguir.

7.1 - Acesso aquaviário ao Porto de Niterói

Em 25 de setembro de 2008, foram realizadas coletas de amostras de sedimentos nas proximidades do Porto de Niterói para a realização de dragagem do canal de acesso, berços de atracação e bacia de evolução ao Porto de Niterói, visando atender prioritariamente às diretrizes gerais e aos procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado, bem como a sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras estabelecidas pela Resolução CONAMA 344/2004.

A questão dos critérios de qualidade dos sedimentos é abordada continuamente, quer se deseje diagnosticar a qualidade dos sedimentos, quer se pretenda praticar intervenções em corpos d'água. Atualmente, em nível nacional, a Resolução nº 344, de 25 de março de 2004, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Para a classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis de classificação desse material, conforme procedimentos estabelecidos nesta Resolução (Tabela 7).



CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO	
Nível 1	Limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota
Nível 2	Limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota

Tabela 7 - Níveis de Classificação do Material a Ser Dragado. Níveis 1 e 2 – águas salinas/salobras segundo a Resolução CONAMA n.344/2004.



POLUENTES			NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO				
			Água Doce		Águas Salinas-Salobras		
			Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	
Metais Pesados e Arsênio (mg/kg)	Arsênio		5,9	17	8,2	70	
	Cádmio		0,6	3,5	1,2	9,6	
	Chumbo		35	91,3	46,7	218	
	Cobre		35,7	197	34	270	
	Cromo		37,3	90	81	370	
	Mercúrio		0,17	0,486	0,15	0,71	
	Níquel		18	35,9	20,9	51,6	
	Zinco		123	315	150	410	
	Pesticidas Organoclorados	BHC (<i>alfa</i>)		-	-	0,32	0,99
BHC (<i>beta</i>)		-	-	0,32	0,99		
BHC (<i>delta</i>)		-	-	0,32	0,99		
BHC (<i>gama</i> Lindano)		0,94	1,38	0,32	0,99		
Clordano (<i>alfa</i>)		-	-	2,26	4,79		
Clordano(<i>gama</i>)		-	-	2,26	4,79		
DDD		3,54	8,51	1,22	7,81		
DDE		1,42	6,75	2,07	374		
DDT		1,19	4,77	1,19	4,77		
Bifenilas Policloradas Totais (µg/kg)	Dieldrin		2,85	6,67	0,71	4,3	
	Endrin		2,67	62,4	2,67	62,4	
	PCB's		34,1	277	22,7	180	
	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos PAH's(µg/kg)	GRUPO A	Benzo (a) antraceno	31,7	385	74,8	693
			Benzo (a) pireno	31,9	782	88,8	763
			Críseno	57,1	862	108	846
		GRUPO B	Dibenzo (a,h) antraceno	6,22	135	6,22	135
			Acenafteno	6,71	88,9	16	500
			Acenaftileno	5,87	128	44	640
Antraceno			46,9	245	85,3	1100	
Fenantreno			41,9	515	240	1300	
Fluoranteno			111	2355	600	5100	
Fluoreno			21,2	144	191	540	
2-metil naftaleno			20,2	201	70	670	
Naftaleno			34,6	391	170	2100	
Pireno			53	875	665	2600	
Σ de HPA's			1000	3000			

Tabela 8 – Transcrição, na íntegra, da tabela 4 da RESOLUÇÃO CONAMA nº344/2004.

Parâmetros	Valor Alerta
Carbono Orgânico Total – TOC (%)	10
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg)	4800
Fósforo Total (mg/kg)	2000

Tabela 9 - Valor Alerta. Valores Orientadores para Carbono Orgânico Total – TOC e Nutrientes.

Para construir esses dois níveis de classificação do material a ser dragado, o Conselho Nacional de Meio Ambiente se baseou nos valores guia recomendados pela *Canadian Environmental Quality Guidelines* e pela *Environmental Protection Agency/EUA*.

No âmbito da avaliação da qualidade dos sedimentos, período que antecedeu a promulgação da resolução CONAMA 344/2004, os resultados de sedimentos obtidos foram comparados aos valores de referência canadenses, *Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, updated 2001*.

É de fundamental importância, contudo, destacar que tanto o *Protocol for the Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, quanto o *Sediment Quality Guidelines developed for the National Status and Trend Program, NOAA/EPA*, recomendam veementemente estabelecer as concentrações dos *backgrounds* naturais das áreas específicas em estudo, envolvendo um intenso monitoramento em áreas contaminadas e não contaminadas. Preconizam, também, a utilização de testes ecotoxicológicos que permitam a ratificação dos valores de background, direcionando as pesquisas no sentido de melhor entender o processo de toxicidade dos sedimentos contaminados em relação aos organismos.

Nessa premissa, pode-se afirmar que os valores de referência de qualidade dos sedimentos do Canadá¹ e dos EUA² vêm se constituindo em ferramentas de interpretação flexíveis para a avaliação, por agregarem o significado toxicológico dos resultados das análises químicas de sedimentos.

A utilização dos valores de referência ISQG (*Canadian Sediment Guidelines*) e EPA (*Environmental Protection Agency/EUA*) representa uma forma prática de classificar o sedimento em relação ao seu efeito tóxico: mínimo, potencial ou significativo.

¹ *Canadian Environmental Quality Guidelines – Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Interim freshwater sediment guidelines (ISQGs; dry weight), probable effect levels (PELs; dry weight)*. www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe.

² EPA – United States Environmental Agency. EPA – 823-R-00-001 – February 2000.

No âmbito dos valores de referência canadenses, pode-se dizer, então, que as concentrações de substâncias químicas nos sedimentos, abaixo dos valores da *Sediment Quality Guidelines – ISQGs*, não se encontram associadas a nenhum efeito adverso à biota. Por outro lado, as concentrações acima dos valores definidos no *Protection of Aquatic Life - PELs* estão frequentemente associadas a efeitos adversos à biota.

As concentrações com valores entre ISQGs e PELs representam a faixa na qual, ocasionalmente, efeitos adversos podem ser observados. O uso desses dois níveis de valores significa a caracterização da área onde os sedimentos foram coletados, bem como o potencial mínimo ou a significância toxicológica no foco da investigação. Portanto, isso significa que os valores adotados para fins de comparação têm como objetivo prioritário a proteção da flora e fauna naturais, e, adicionalmente, a proteção da saúde humana.

Da mesma forma os valores de referência determinados pela EPA também indicam as concentrações de substâncias químicas nos sedimentos. Abaixo dos valores da *Effects Range Low – ERL*, indica que valores abaixo dessas concentração raramente podem produzir efeitos adversos. Por outro lado, as concentrações acima dos valores definidos no *Effects Range Median - ERM* estão frequentemente associadas a efeitos adversos à biota.

As concentrações com valores entre *ERL* e *ERM* representam a faixa na qual, ocasionalmente, efeitos adversos podem ser observados. O uso desses dois níveis de valores significa a caracterização da área onde os sedimentos foram coletados, bem como o potencial mínimo ou a significância toxicológica no foco da investigação. Portanto, isso significa que os valores adotados para fins de comparação têm como objetivo prioritário a proteção da flora e fauna naturais, e, adicionalmente, a proteção da saúde humana.

Parâmetros	ISQG's	PEL's	% ISQG	> % ISQG e < PEL	% PEL
Arsênio (mg/kg)	7,24	41,6	3	13	47
Cádmio (mg/kg)	0,7	4,2	6	20	71
Chumbo (mg/kg)	30,2	112	6	26	58
Cobre (mg/kg)	18,7	108	9	22	56
Cromo (mg/kg)	52,3	160	4	15	53
Mercúrio (mg/kg)	0,13	0,70	8	24	37
Níquel	-	-			
Zinco (mg/kg)	124	271	4	27	65
BHC (alfa) (µg/kg)	-	-			
BHC (beta) (µg/kg)	-	-			
BHC (delta) (µg/kg)	-	-			
BHC (gama Lindano) (µg/kg)	0,32	0,99	3	21	26
Clordano (µg/kg)	2,26	4,79	9	12	17
DDD (µg/kg)	1,22	7,81	4	11	46
DDE (µg/kg)	2,07	374	5	16	50
DDT (µg/kg)	1,19	4,77	8	5	59
Dieldrin (µg/kg)	0,71	4,30	4	13	50
Endrin (µg/kg)	2,67	62,4	-	-	-
PCB's (µg/kg)	21,5	189	16	37	55
Benzo (a) pireno (µg/kg)	88,8	763	8	22	71
Criseno (µg/kg)	108	846	9	19	72
Dibenzo (a,h) antraceno (µg/kg)	6,22	135	16	12	65
Acenafteno (µg/kg)	6,71	88,9	8	29	57
Acenaftileno (µg/kg)	5,87	128	7	14	51
Antraceno (µg/kg)	46,9	245	9	20	75
Fenantreno (µg/kg)	86,7	544	8	23	78
Fluoranteno (µg/kg)	113	1494	10	20	80
Fluoreno (µg/kg)	21,2	144	12	20	70
2-metil naftaleno (µg/kg)	20,2	201	0	23	82
Naftaleno (µg/kg)	34,6	391	3	19	71
Pireno (µg/kg)	153	1398	7	19	83
Σ de HPA's (µg/kg)	691,2	6377,9			

Tabela 10 – Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

Parâmetros	Valores Guias		Percentual de Incidência de Efeitos		
	ERL	ERM	< ERL	ERL - ERM	> ERM
Arsênio (mg/kg)	8,2	70	5,0	11,1	63,0
Cádmio (mg/kg)	1,2	9,6	6,6	36,6	65,7
Chumbo (mg/kg)	46,7	218	2,9	21,1	95,0
Cobre (mg/kg)	34	270	9,4	29,1	83,7
Cromo (mg/kg)	81	370	8,0	35,8	90,2
Mercúrio (mg/kg)	0,15	0,71	8,3	23,5	42,3
Níquel	20,9	51,6	1,9	16,7	16,9
Prata	1,0	3,7	2,6	32,3	92,8
Zinco (mg/kg)	150	410	6,1	47,0	69,8
BHC (alfa) (µg/kg)	-	-	-	-	-
BHC (beta) (µg/kg)	-	-	-	-	-
BHC (delta) (µg/kg)	-	-	-	-	-
BHC (gama Lindano) (µg/kg)	-	-	-	-	-
Clordano (µg/kg)	-	-	-	-	-
DDD (µg/kg)	-	-	-	-	-
p.p'DDE (µg/kg)	2,2	27	5,0	50,0	50,0
Σ DDT (µg/kg)	1,58	46,1	20,0	75,0	53,6
Dieldrin (µg/kg)	-	-	-	-	-
Endrin (µg/kg)	-	-	-	-	-
Total PCB's (µg/kg)	22,7	180	18,5	40,8	51,0
Acenafteno (µg/kg)	16	500	20,0	32,4	84,2
Acenaftileno (µg/kg)	44	640	14,3	17,9	100
Antraceno (µg/kg)	85,3	1100	25,0	44,2	85,2
Fluoreno (µg/kg)	19	540	27,3	36,5	86,7
2-metil naftaleno (µg/kg)	70	670	12,5	73,3	100
Naftaleno (µg/kg)	160	2100	16,0	41,0	88,9
Fenantreno (µg/kg)	240	1500	18,5	46,2	90,3
Σ de LPAH (µg/kg)	552	3160	13,0	48,1	100
Benzo(a)antraceno	261	1600	21,1	43,8	92,6
Benzo (a) pireno (µg/kg)	430	1600	10,3	63,0	80,0
Criseno (µg/kg)	384	2800	19,0	45,0	88,5
Dibenzo (a,h) antraceno (µg/kg)	63,4	260	11,5	54,5	66,7
Fluoranteno (µg/kg)	600	5100	20,6	63,6	92,3
Pireno (µg/kg)	665	2600	17,2	53,1	87,5
Σ de HPAH (µg/kg)	1700	9600	10,5	40,0	81,2
Σ de HPA's (µg/kg)	4022	44792	14,3	36,1	85

Tabela 11- Valores de Referência *Environment Protection Agency* - EPA para sedimentos marinhos.

ISQG	(Interim Marine Sediment Quality Guidelines) Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Interim Marine Quality Guidelines http://www.ec.gc.ca/cegg/index
PEL	(Probable effects Levels and Incidence of Adverse Biological Effects) Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Interim Marine Quality Guidelines http://www.ec.gc.ca/cegg/index
ERL	(Effects Range-Low) EPA - National Sediment Quality Survey - Screening Values for Chemicals Evaluate http://www.epa.gov/waterscience/cs/vol1/appdx_d.pdf http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/SQGs.html
ERM	(Effects Range-Median) EPA - National Sediment Quality Survey - Screening Values for Chemicals Evaluate http://www.epa.gov/waterscience/cs/vol1/appdx_d.pdf http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/SQGs.html

Tabela 12 - Significado dos Níveis para os Valores de Referência Canadenses e Americanos.

7.1.1- Metodologia

Foram realizadas coletas em trinta e três (33) pontos de amostragem georreferenciados, gerando um total de sessenta e seis (66) amostras de sedimentos, que foram homogeneizadas e quarteadas a cada três pontos circunjacentes, ou triangulados, totalizando vinte e duas (22) amostras a serem analisadas, ou seja, onze (11) de superfície (0,0 a 0,50m), e onze (11) sub-superficial (0,50 a 1,50m). A seguir, são apresentados tabelas e mapas com a localização dos pontos amostrados.

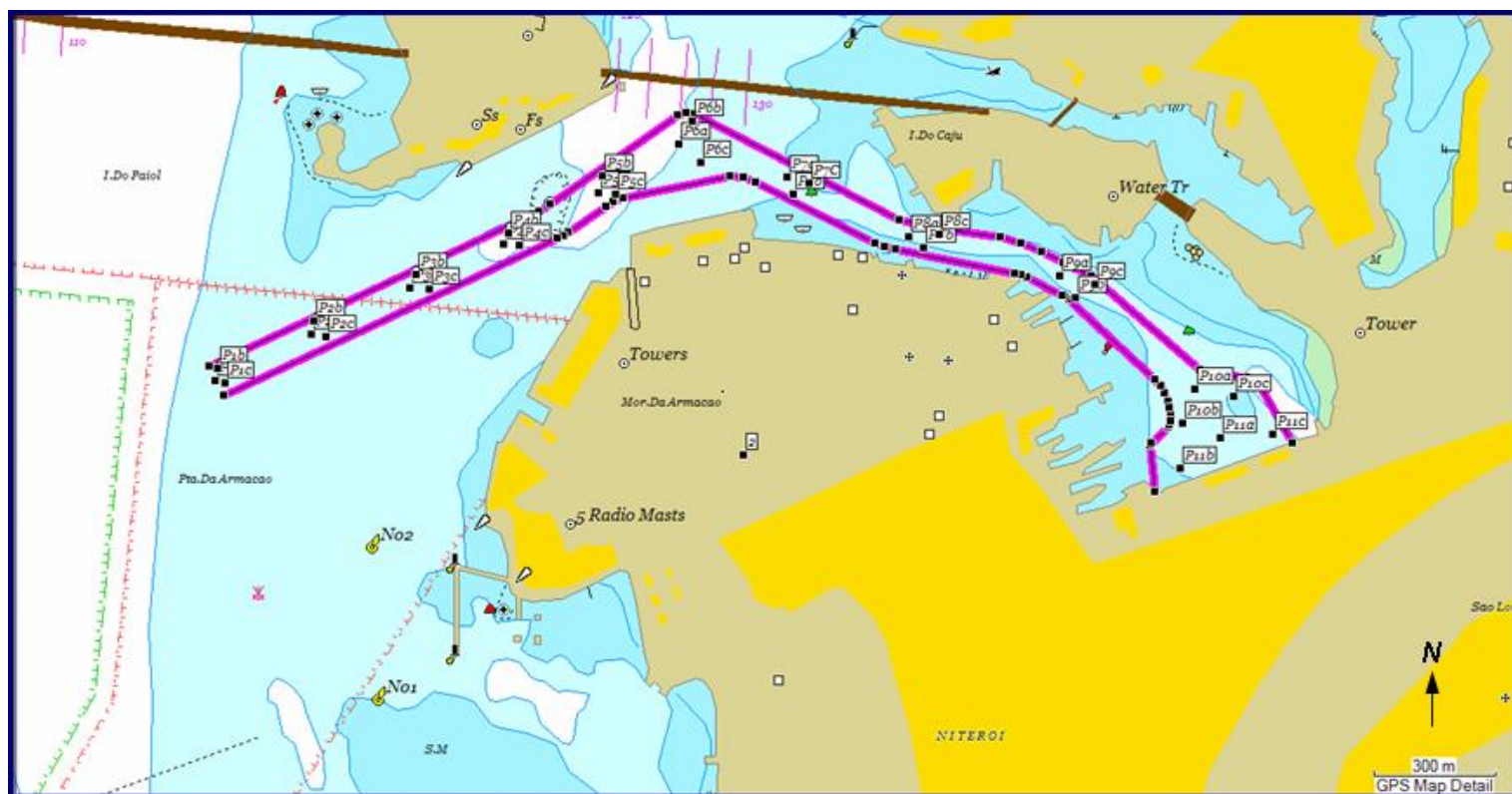


Figura 20 - Mapa com os Pontos Monitorados no Canal de Acesso ao Porto de Niterói.

ESTAÇÕES DE COLETA	DESCRIÇÃO
P-01 P-02 P-03 P-04 P-05 P-06	<i>Canal de Acesso ao Porto de Niterói, no trecho entre a Ponta da Armação e Oficina de Corte/Ponte Rio-Niterói</i>
P-07 P-08 P-09 P-10	<i>Canal de Acesso ao Porto de Niterói, no trecho do Cais de Ferro da Ilha do Cajú até a Área da Bacia de Evolução</i>
	<i>Bacia de Evolução</i>
P-11	<i>Berço de Atracação</i>

Tabela 13 – Localização das Estações de Amostragem, tendo como referência pontos de terra.



PONTOS		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (LAT/LON - HDDD ⁰ MM' SS.S")	UTM (LESTE/NORTE)	
P1	a	S22 52 47.3 W43 08 27.6	690714	7468549
	b	S22 52 46.3 W43 08 27.3	690720	7468579
	c	S22 52 47.5 W43 08 26.7	690737	7468543
P2	a	S22 52 43.7 W43 08 19.2	690953	7468658
	b	S22 52 42.6 W43 08 19.0	690960	7468692
	c	S22 52 43.9 W43 08 17.9	690990	7468651
P3	a	S22 52 40.0 W43 08 10.7	691198	7468769
	b	S22 52 38.9 W43 08 10.1	691214	7468803
	c	S22 52 40.1 W43 08 09.0	691245	7468766
P4	a	S22 52 36.4 W43 08 02.6	691429	7468875
	b	S22 52 35.6 W43 08 02.2	691442	7468902
	c	S22 52 36.5 W43 08 01.2	691469	7468871
P5	a	S22 52 32.4 W43 07 54.4	691664	7468996
	b	S22 52 31.1 W43 07 54.1	691675	7469037
	c	S22 52 32.4 W43 07 52.9	691708	7468994
P6	a	S22 52 28.5 W43 07 47.4	691865	7469112
	b	S22 52 26.7 W43 07 46.3	691899	7469169
	c	S22 52 30.0 W43 07 45.6	691918	7469067
P7	a	S22 52 31.2 W43 07 38.1	692130	7469027
	b	S22 52 32.5 W43 07 37.6	692145	7468985
	c	S22 52 31.6 W43 07 36.1	692186	7469013
P8	a	S22 52 35.9 W43 07 27.6	692429	7468877
	b	S22 52 36.8 W43 07 26.3	692464	7468850
	c	S22 52 35.7 W43 07 24.9	692506	7468884
P9	a	S22 52 39.0 W43 07 14.5	692801	7468778
	b	S22 52 40.8 W43 07 13.1	692839	7468723
	c	S22 52 39.7 W43 07 11.5	692886	7468755
P10	a	S22 52 48.0 W43 07 02.8	693129	7468496
	b	S22 52 50.8 W43 07 03.8	693100	7468413
	c	S22 52 48.6 W43 06 59.4	693227	7468477
P11	a	S22 52 51.9 W43 07 00.6	693192	7468376
	b	S22 52 54.4 W43 07 04.1	693091	7468302
	c	S22 52 51.6 W43 06 56.0	693321	7468383

Tabela 14 - Localização das estações de coleta de amostras.

A coleta de amostras dos sedimentos foi realizada por meio de equipamento gravimétrico, com tubos de acrílico, sendo divididas em duas sub-amostras: superficial e sub-superficial, o que equivale a dizer que essas amostras foram homogeneizadas em quantidade suficiente, separada dos volumes iniciais, formando uma sub-amostra que deverá ser acondicionada separadamente, novamente muito bem homogeneizada, para o procedimento de análise laboratorial. No entanto, caso exista a necessidade de dirimir qualquer incerteza e questionamento possível, as amostras originais deverão estar bem acondicionadas e devidamente preservadas e guardadas, até que todo o processo esteja concluído.

7.1.1.1- Parâmetros Analisados

As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório para análise – caracterização granulométrica, bem como caracterização química, com a análise de metais pesados e arsênio, pesticidas organo-clorados, PCB's, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos HPA's (Grupos A e B), carbono orgânico total (TOC) e nutrientes nos sedimentos.

Os contaminantes orgânicos semivoláteis (HPA's) são compostos químicos apolares, hidrofóbicos, que se associam rapidamente às partículas em suspensão na água. São substâncias tóxicas persistentes, podendo ser introduzidas no ambiente por processos naturais ou antrópicos, ocorrendo, principalmente, como resultado da combustão de petróleo, indiretamente por deposição atmosférica e seus derivados (fonte pirolítica) ou por lançamentos diretos destas substâncias no meio ambiente, pelo *runoff* e (fonte petrogênica). Atualmente, estudos demonstram, também, a contribuição por meio da biosíntese de certos HPA's por algumas plantas ou insetos, principalmente em áreas de florestas.



A acumulação direta de HPA's pela biota, no solo e nos sedimentos, é pontual e contrasta com o transporte que podem sofrer na água e no ar. Na água, são transportados pelo material particulado em suspensão e sedimentos. No entanto, na atmosfera, são transportados por longa distância, em fase gasosa ou associados à partículas atmosféricas, onde a emissão por veículos automotores representa uma das maiores contribuições.

7.1.1.2- Metodologia Analítica

Para a caracterização química, as concentrações de poluentes nos sedimentos foram determinadas na fração total, conforme determinação da Resolução CONAMA n° 344/2004.

O procedimento analítico para a determinação das concentrações de metais pesados foi realizado na fração total, por meio de extração com ácido forte — água régia (ácido nítrico e ácido clorídrico, [1:3]), que solubiliza a maior parte dos metais, exceto aqueles ligados a silicatos e corresponde à fração antropogênica total.

Todas as amostras de sedimentos foram submetidas à extração e analisadas em seu teor de compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) de acordo com o *Standard Operating Procedures*, da USEPA SW 8270C.

7.1.2 - Avaliação da qualidade dos sedimentos

Para a avaliação da qualidade dos sedimentos, as amostras foram analisadas no laboratório INNOLAB³. A seguir, são relacionados os parâmetros físicos e químicos analisados nos sedimentos.

Granulometria	Areia, Silte / Argila
Metais Pesados e Arsênio PCB's Pesticidas Organoclorados	Arsênio e Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco. Bifenila policloradas BHC (alfa), BHC (beta), BHC (delta), BHC (gama Lindano), Clordano (alfa), Clordano(gama), DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Endrin
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos PAH's(µg/kg)	Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo (a) Antraceno, Criseno, Benzo (b) Fluoranteno, Benzo (k) Fluoranteno, Benzo (a) Pireno, DiBenzo (a,h)Antraceno, Benzo (g,h,i) Pirileno, Indeno (1,2,3-cd) Pireno

Tabela 15 – Parâmetros físicos e químicos analisados nos sedimentos.

Foram, ainda, obtidos dados de sedimentos superficiais e subsuperficiais e, assim, comparados aos valores determinados na Resolução CONAMA n.344/2004.

³ INNOLAB – Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre/INMETRO de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC17.025, sob o número CRL0310

7.1.3 - Avaliação da qualidade granulométrica dos sedimentos

Quanto às características granulométricas da área em estudo, tanto das amostras de superfície quanto das subsuperficiais, observa-se que o material é predominantemente arenoso no trecho do início Canal de Acesso ao Porto de Niterói, entre a Ponta da Armação e Oficina de Corte/Ponte Rio-Niterói, o que equivale dizer, da estação de coleta denominada P-01 até P-06, tanto nas camadas superficiais quanto nas subsuperficiais. Deste trecho em diante, até o berço de atracação, a predominância é de grãos silte-argilosos, com expressiva camada de argila, com percentuais em torno de 70 a 80%.

Contudo, os resultados totais – superfície e subsuperfície - quando analisados por meio dos gráficos de *pizza*, mostram que o maior percentual (58%) é de grãos de areia e que o restante (42%) é composto por silte e argila, sendo que o percentual de silte é de aproximadamente 6%.

Por outro lado, os percentuais dos dados obtidos nas camadas de superfície e fundo, utilizando-se o mesmo tipo de representação gráfica, porém, manipulados por trechos, indicam que:

- no trecho que compreende os pontos de coleta de **P-01 a P-06**, há 97% de cascalho e granulometria arenosa, e o restante, de silte (1%) e Argila(2);
- no segmento de **P-07 a P-09** as características granulométricas são representadas por 15% de areia e 76% de argila e apenas 9% de Silte;
- na Bacia de Evolução, representada pelo ponto **P-10**, nota-se apenas 12% de areia e o restante do material compõe-se por 72% de argila e 16% de silte; e
- no ponto P-11, berço de atracação, verifica-se 7% de areia, 80% de argila e apenas 13% de Silte.



As tabelas e figuras a seguir discriminam o percentual das características granulométricas, conforme a descrição acima.

GRANULOMETRIA (%)	CASCALHO	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREA FINA	ARGILA	SILTE
Sedimento Total - Superfície e no Fundo	5	15	23	15	36	6
Sedimento Total – Superfície	4	15	25	14	35	7
Sedimento Total - Fundo	7	14	21	16	37	5
Sedimentos Superfície e Fundo entre os Pontos P-01 a P-06	9	26	41	21	2	1
Sedimentos Superfície e Fundo entre os Pontos P-07 a P-09	2	2	2	0	76	9
Sedimentos Superfície e Fundo no Ponto P-10	0	1	2	9	72	16
Sedimentos Superfície e Fundo no Ponto P-11	0	1	1	5	80	13

Tabela 16 – Percentuais granulométricos, de acordo com os gráficos de “pizza”.



Granulometria %	P-01		P-02		P-03		P-04		P-05	
	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>
Cascalho	8,3	15,0	4,00	9,20	13,20	13,70	10,30	20,50	3,50	3,80
Areia Grossa	29,4	31,8	28,60	29,70	24,60	27,70	27,00	26,00	19,70	16,40
Areia Média	47,20	34,20	48,70	34,20	32,90	33,70	33,50	27,70	46,00	44,10
Areia Fina	1,70	17,50	15,10	22,00	25,20	22,00	23,80	20,00	27,60	32,70
Silte	0,50	0,90	1,90	0,60	0,60	0,50	1,50	0,60	0,60	0,50
Argila	1,90	0,50	1,60	4,20	3,50	2,40	4,00	5,10	2,60	2,40

Tabela 17 – Características granulométricas dos sedimentos nos pontos amostrados.

Granulometria %	P-06		P-07		P-08		P-09		P-10		P-11	
	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>	<i>Sup</i>	<i>Fundo</i>
Cascalho	1,80	3,60	ND	1,20	2,60	0,20	ND	4,70	0,30	ND	ND	1,3
Areia Grossa	25,70	20,80	0,70	1,10	4,00	0,80	1,40	3,90	1,20	0,4	0,5	1
Areia Média	53,60	46,80	1,30	1,80	3,30	1,10	1,60	4,10	3,30	0,5	1	1,2
Areia Fina	17,90	26,80	7,40	11,30	10,50	5,10	8,10	12,80	11,20	6,6	5,7	4,6
Silte	0,20	0,50	9,70	9,50	7,70	5,60	12,80	11,40	22,20	10,4	14,3	11
Argila	0,80	1,50	80,90	75,10	71,90	87,20	76,00	63,20	61,80	82,1	78,5	80,9

Tabela 18 – Características granulométricas dos sedimentos nos pontos amostrados.

Características Granulométricas %	P-01 a P-06	P-07 a P-09	P-10	P-11
Areia	97	15	12	7
Silte	1	9	16	13
Argila	2	76	72	80

Tabela 19 – Percentual de areia, silte e argila por Trecho.

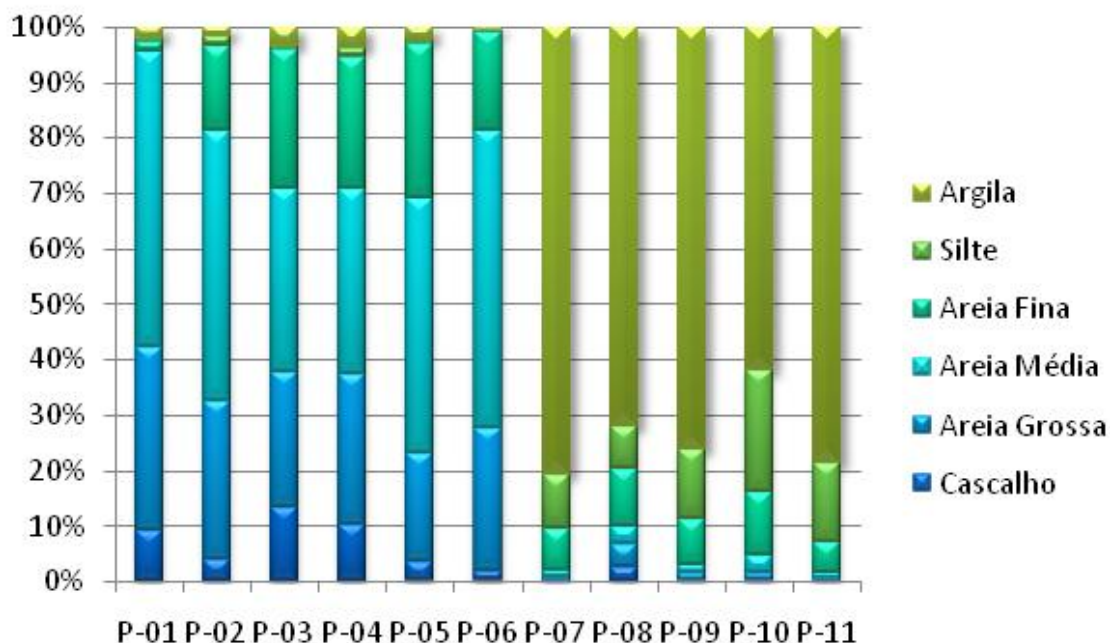


Figura 21 - Características granulométricas (%) nos sedimentos de superfície.

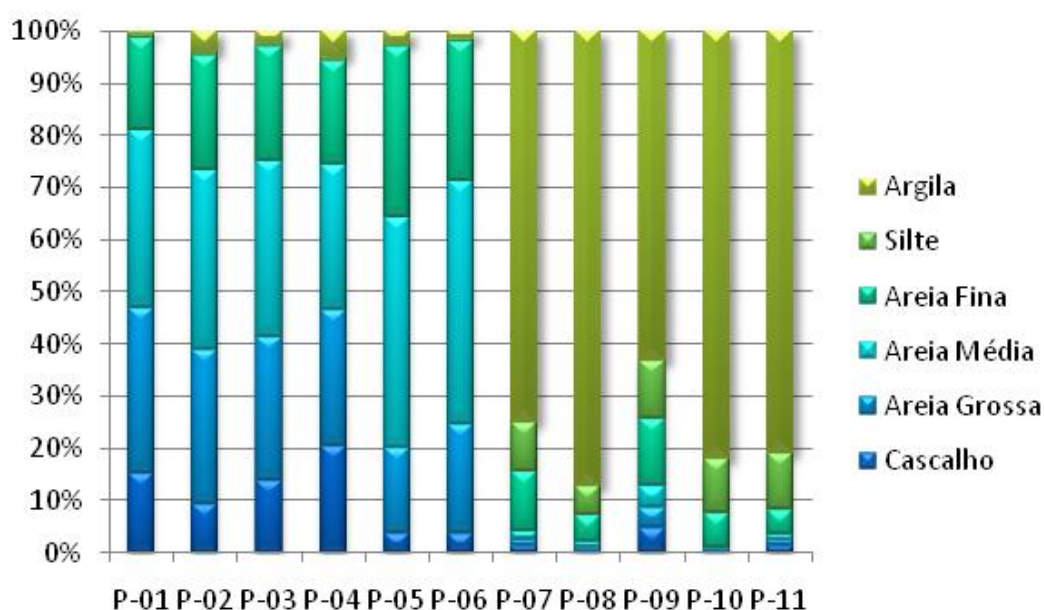


Figura 22 - Características granulométricas (%) nos sedimentos de fundo.

■ Cascalho ■ Areia Grossa ■ Areia Média ■ Areia Fina ■ Silte ■ Argila

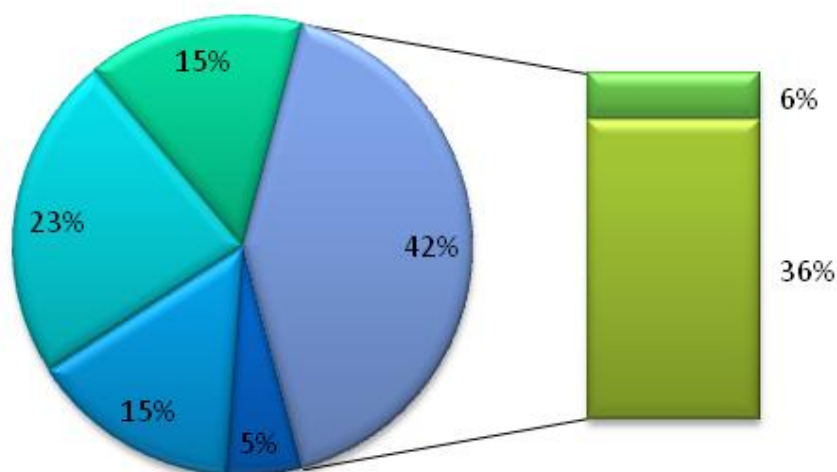


Figura 23 - Características granulométricas (%) dos sedimentos totais - superfície e fundo.

■ Cascalho ■ Areia Grossa ■ Areia Média ■ Areia Fina ■ Silte ■ Argila

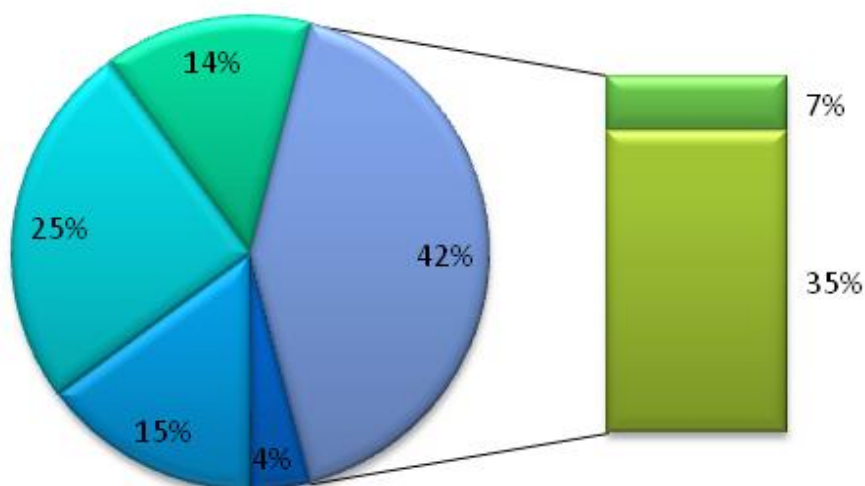


Figura 24 - Características granulométricas (%) dos sedimentos totais na superfície.

■ Cascalho ■ Areia Grossa ■ Areia Média ■ Areia Fina ■ Silte ■ Argila

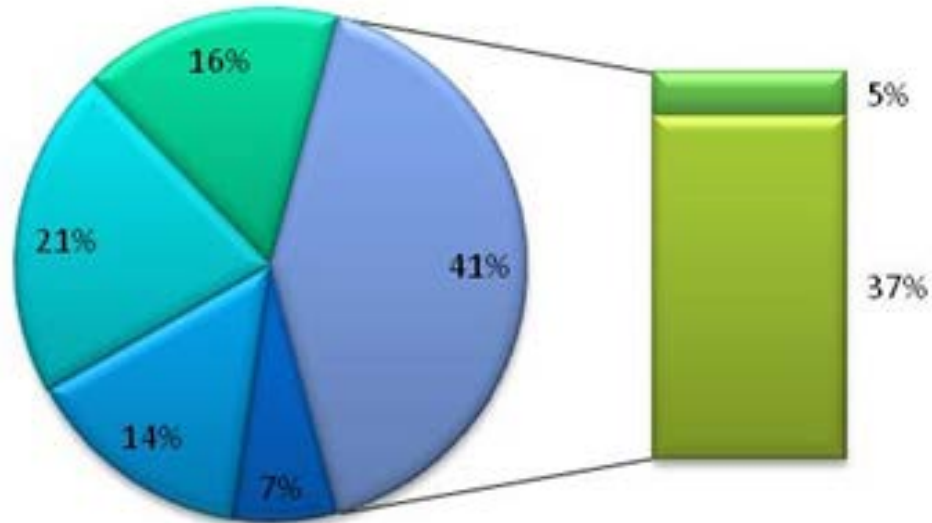


Figura 25 – Características granulométricas (%) dos sedimentos totais no fundo.

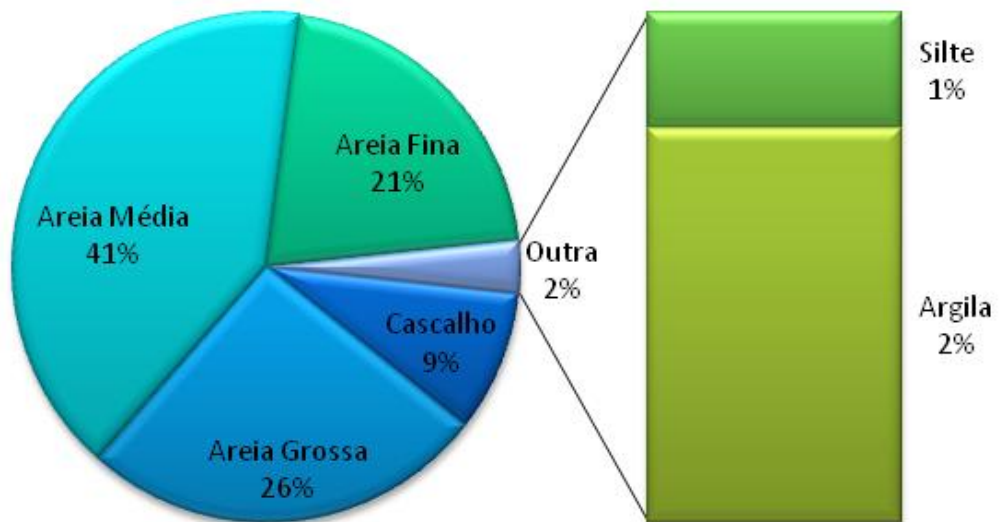


Figura 26 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo dos pontos P-01 a P-06.

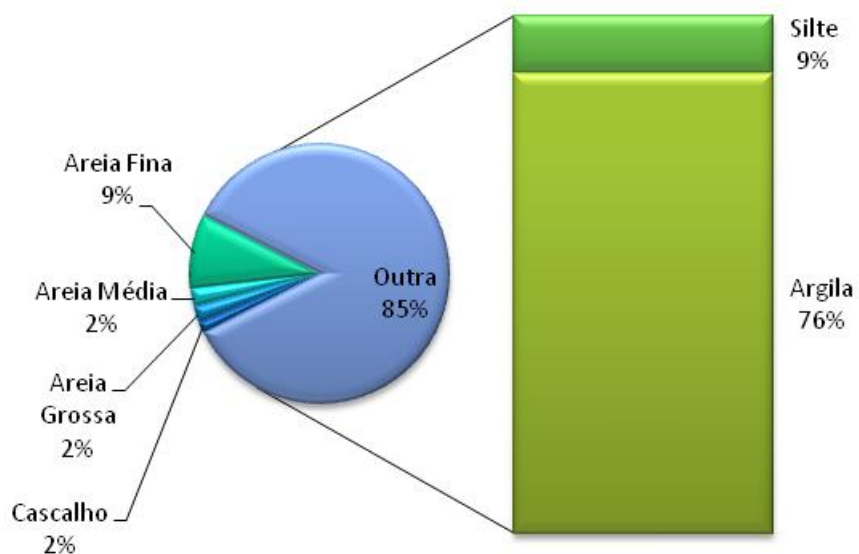


Figura 27- Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo dos pontos P-07 a P-09.

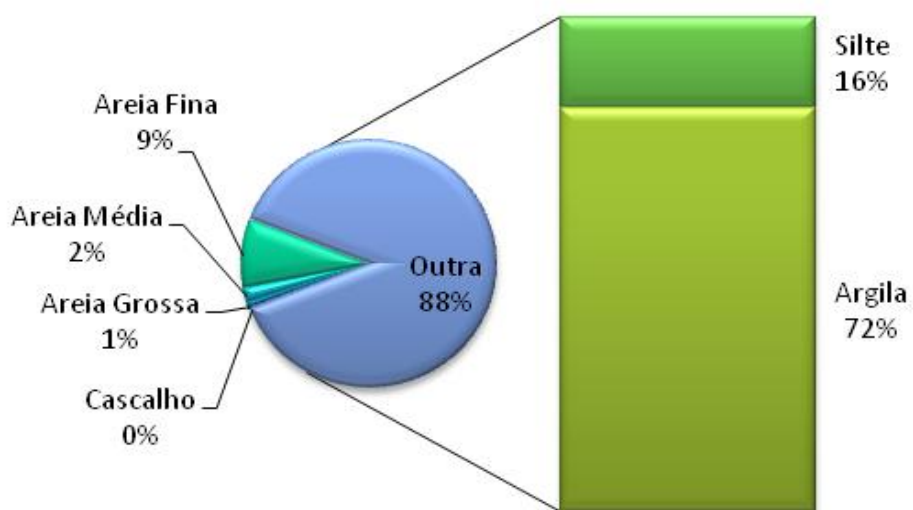


Figura 28 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo do ponto P-10 – Bacia de Evolução.

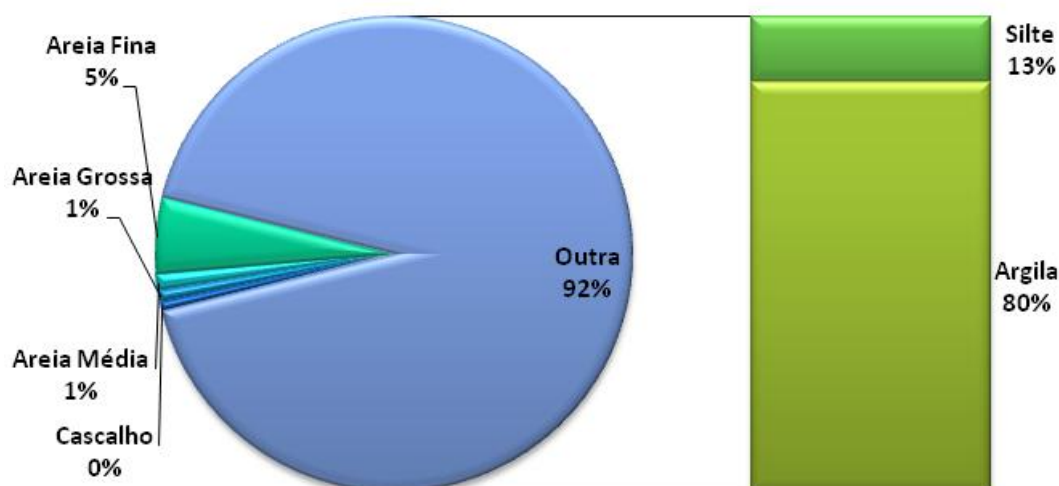


Figura 29 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo do ponto P-11 – Berço de Atracação.

7.1.4- Avaliação de carbono orgânico total e nutrientes nos sedimentos

Em relação aos indicadores físico-químicos, os resultados indicam a contaminação por aporte de matéria orgânica proveniente, fundamentalmente, da drenagem urbana, desprovida, até meses atrás, de infraestrutura sanitária, e que tem a sua distribuição vinculada ao conjunto de variações hidrodinâmicas, que promove uma significativa sedimentação junto à estrutura portuária. Destaca-se o parâmetro carbono orgânico total (TOC) que, no trecho de P-07 a P-011, apresenta concentrações mais elevadas que nos demais, porém abaixo do valor de alerta determinado pela Resolução CONAMA 344/2004, para as amostras tomadas na camada de superfície, refletindo e indicando a fragilidade do sistema de infraestrutura sanitária da região.



NUTRIENTES	Valor de Alerta	P-01	P-01	P-02	P-02	P-03	P-03	P-04	P-04	P-05	P-05
		Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo
Fósforo(mg/kg)	2000	230	136	176	46	158	41	96	211	95	104
N-kjeldahl(mg/kg)	4800	100	97	280	275	334	400	342	618	113	133
TOC (%)	10	0,86	1,32	1,64	1,28	1,20	1,50	0,97	1,05	1,22	0,45

Tabela 20 – Concentrações de nutrientes e TOC nos sedimentos - Pontos amostrados nas camadas de superfície e de subsuperfície.

NUTRIENTES	Valor de Alerta	P-06	P-06	P-07	P-07	P-08	P-08	P-09	P-09	P-10	P-10	P-11	P-11
		Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo
Fósforo(mg/kg)	2000	140	153	170	136	175	133	92	347	66	81	126	72
N-kjeldahl(mg/kg)	4800	114	208	2327	3341	2971	2887	1851	4005	1573	1112	1905	1942
TOC (%)	10	0,81	0,69	5,89	5,43	6,11	5,82	4,83	5,16	3,57	1,49	3,61	2,82

Tabela 21 – Concentrações de nutrientes e TOC nos sedimentos - Pontos amostrados nas camadas de superfície e de subsuperfície.

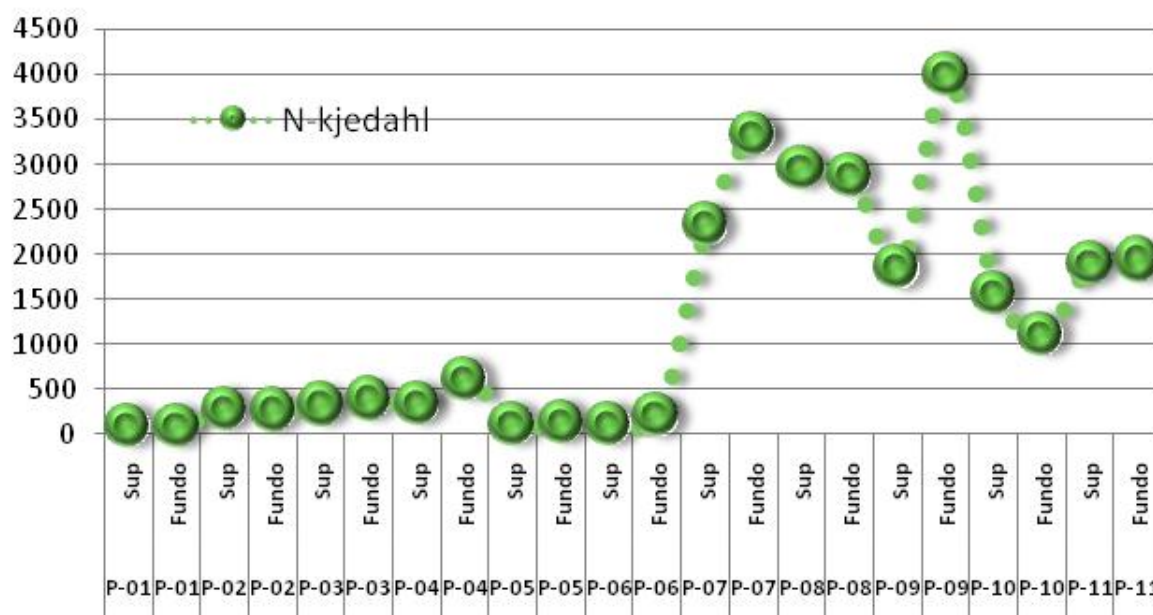


Figura 30 – Concentrações de N-kjedahl nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

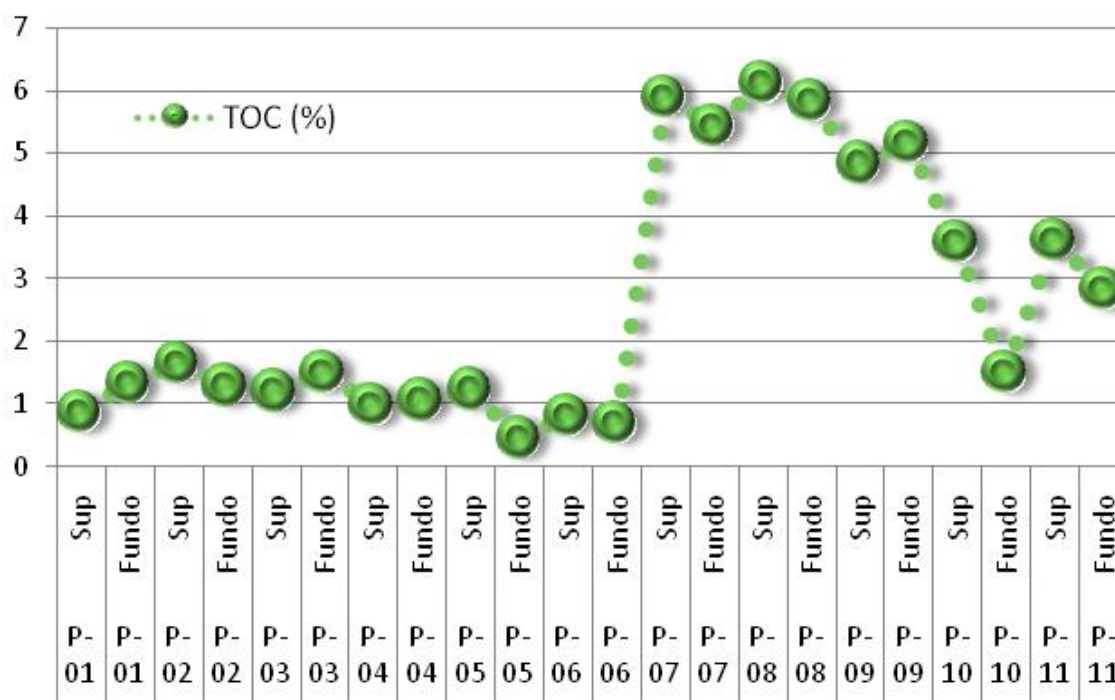


Figura 31 – Percentuais de Carbono Orgânico Total nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

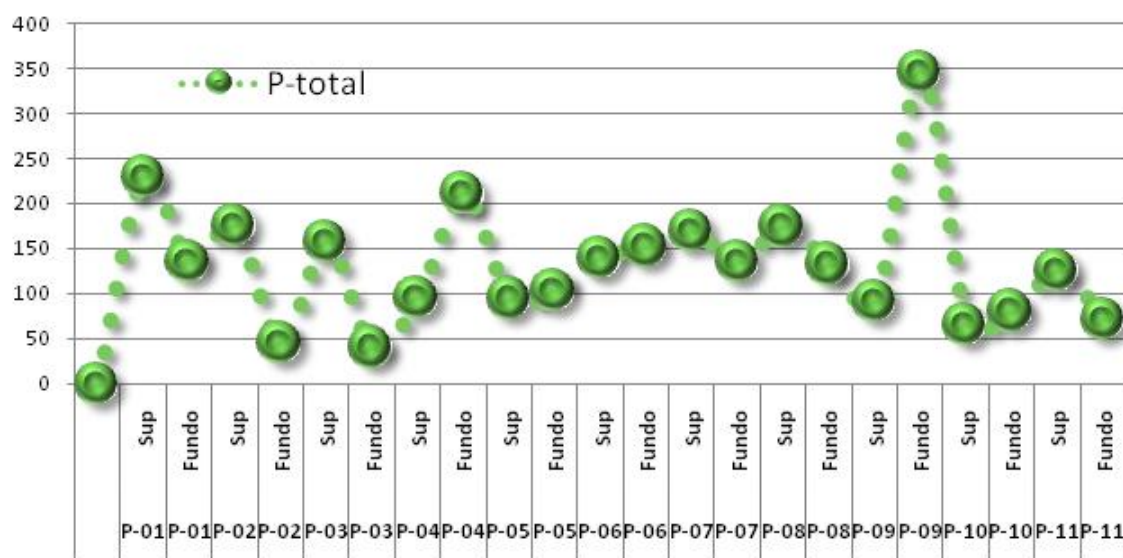


Figura 32 – Concentrações de fósforo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

7.1.5- Avaliação dos elementos traços nos sedimentos

Os elementos traços, presentes na fração total dos sedimentos, expressam as seguintes condições para os diferentes metais abaixo discriminados:

- **Arsênio** – todas as concentrações de arsênio no trecho que compreende os pontos de coleta P-01 a P-06 encontram-se abaixo do nível 1 da Resolução CONAMA N° 344/2004, sendo que nos demais trechos, os valores estão entre o nível 1 e 2. Cabe destacar, portanto, que os resultados entre os níveis 1 e 2 encontram-se com concentrações muito próximas do valor limite do nível 1.
- **Cádmio** – o conjunto dos dados deste metal demonstra que todos os valores apresentam-se abaixo do nível 1, para o valor de referência da CONAMA 344/2004.
- **Chumbo** – as concentrações do metal chumbo, no trecho entre P-01 a P-06, mostram-se abaixo do nível 1, exceto no ponto de coleta denominado P-03 fundo, onde a concentração foi detectada acima do nível 2. Porém, destaca-se que entres os trechos P-07 a P-11, as concentrações apresentam-se entre o nível 1 e 2, para o valor de referência da CONAMA 344/2004.
- **Cobre** – as concentrações do metal cobre no trecho entre P-01 a P-06 mostram-se abaixo do nível 1, à exceção dos pontos P-03 e P-04 camada de superfície, onde a concentração foi detectada acima do nível 1 e abaixo do nível 2, para o valor de referência da CONAMA 344/2004. No restante dos trechos, pode-se notar teores entre os níveis 1 e 2.
- **Cromo** – todas as concentrações obtidas se apresentam abaixo do nível 1, para o valor de referência da CONAMA 344/2004.
- **Mercúrio** – os resultados do parâmetro mercúrio indicam que grande parte das concentrações está entre o nível 1 e 2. Contudo, no trecho que engloba os pontos de P-07 a P-11, verificam-se valores acima do nível 2. Ressalta-se aqui que a mais provável e

principal via de aporte é a bacia drenante, densamente urbanizada - precária em seus sistemas de infraestrutura sanitária e pluvial e ainda com atividades de reparos e construção naval que se encontram instaladas naquela área há décadas.

➤ **Níquel** – no trecho de P-01 a P-06, todas as concentrações desse metal apresentam-se abaixo do nível 1. Nos demais segmentos, P-07 a P-11, a maior parte das concentrações obtidas apresenta-se entre os níveis 1 e 2, entretanto com teores muito próximos ao valor limite determinado para o valor de referência do nível 1, CONAMA 344/2004.

➤ **Zinco** - no trecho de P-01 a P-06, todas as concentrações desse metal apresentam-se abaixo do nível 1. Nos demais segmentos, P-07 a P-11, a maior parte das concentrações obtidas apresenta-se entre os níveis 1 e 2, entretanto com teores muito próximos ao valor limite determinado para o valor de referência do nível 1, CONAMA344/2004.



ELEMENTOS TRAÇOS	Resolução 344/2004		P-01	P-01	P-02	P-02	P-03	P-03	P-04	P-04	P-05	P-05
	Nível 1	Nível 2	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo
As	8,2	70	1	2	1	2	2	3	3	3	1	ND
Cd	1,2	9,6	ND	ND	0,1	ND	ND	0,1	0,2	0,1	ND	ND
Pb	46,7	218	65,7	113	18	22,6	27,4	324	57,9	20,3	24	128,8
Cu	34	270	22	19,6	33,3	21,2	40,7	30,3	70,1	30,1	2,6	20,7
Cr	81	370	4,9	4,9	6,3	5,1	7,4	6,4	8,9	9	7,3	5,9
Hg	0,15	0,71	0,4	0,05	0,91	0,17	0,42	0,87	0,39	0,16	0,25	0,1
Ni	20,9	51,6	5,9	5,4	7	5,5	6,4	6,5	8,5	10,7	7	5,4
Zn	150	410	22,4	35	55,8	25,3	35,1	53,8	82,2	35,3	46,2	23

Tabela 22 – Concentrações de elementos traços (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.

ELEMENTOS TRAÇOS	Resolução 344/2004		P-06	P-06	P-07	P-07	P-08	P-08	P-09	P-09	P-10	P-10	P-11	P-11
	Nível 1	Nível 2	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo	Sup	Fundo
As	8,2	70	1	1	10	9	9	10	9	9	9	6	10	9
Cd	1,2	9,6	ND	ND	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6	0,3	0,7	0,5
Pb	46,7	218	8,2	17,9	123,6	149,8	116,4	148,8	117,9	100,9	124,8	73,6	158,5	96,9
Cu	34	270	13,2	19,9	78,1	89,1	90,2	92,5	84,8	105,2	84	25,9	99,9	63,8
Cr	81	370	4,8	5,6	43,2	43,2	43	45,8	40,5	34,4	29,9	20,7	38,1	25,2
Hg	0,15	0,71	0,11	0,3	2,41	2,42	1,78	2,34	2,43	1,6	1,39	0,51	1,93	0,93
Ni	20,9	51,6	5,4	5,7	25,6	25,9	24,1	26,5	23,1	21,6	18,3	11,9	22,1	14,7
Zn	150	410	25,6	27	224,8	233,7	254,4	239,2	229,2	235	264,1	93,7	264,2	195,1

Tabela 23 – Concentrações de elementos traços (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.

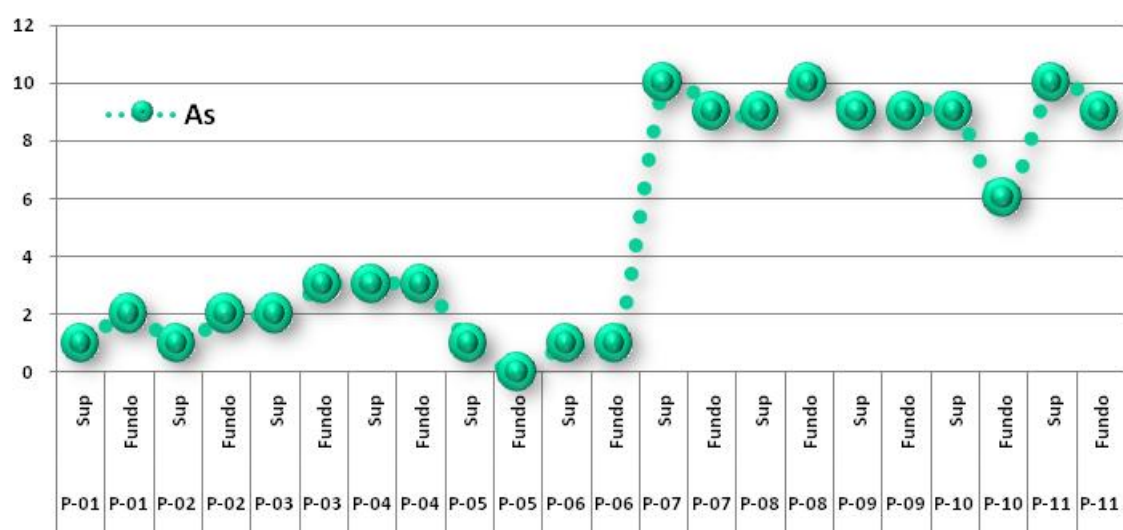


Figura 33 – Concentrações de arsênio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

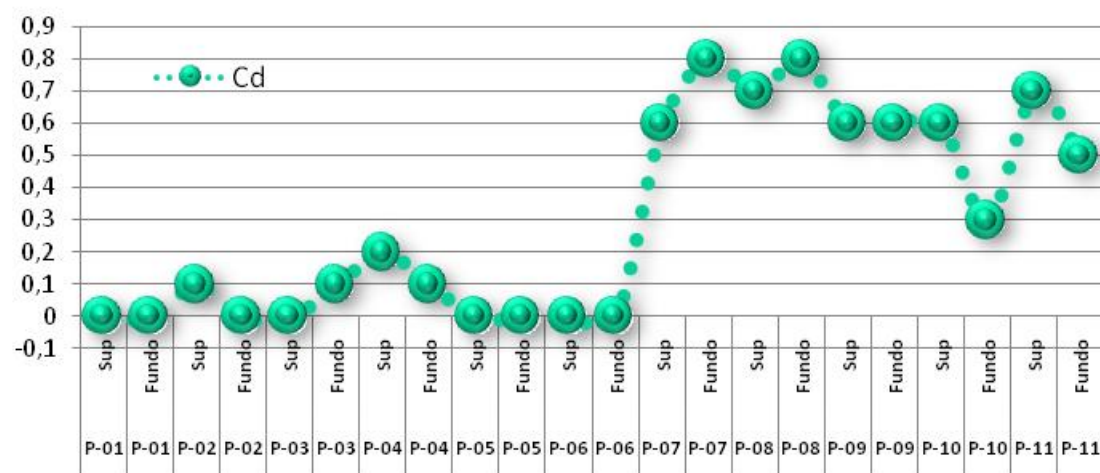


Figura 34 – Concentrações de cádmio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

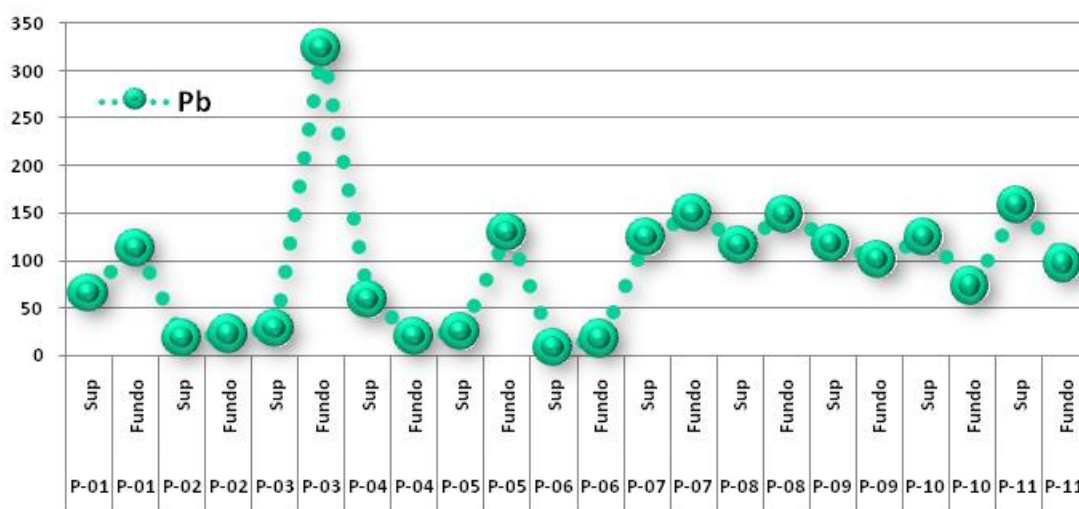


Figura 35 – Concentrações de chumbo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

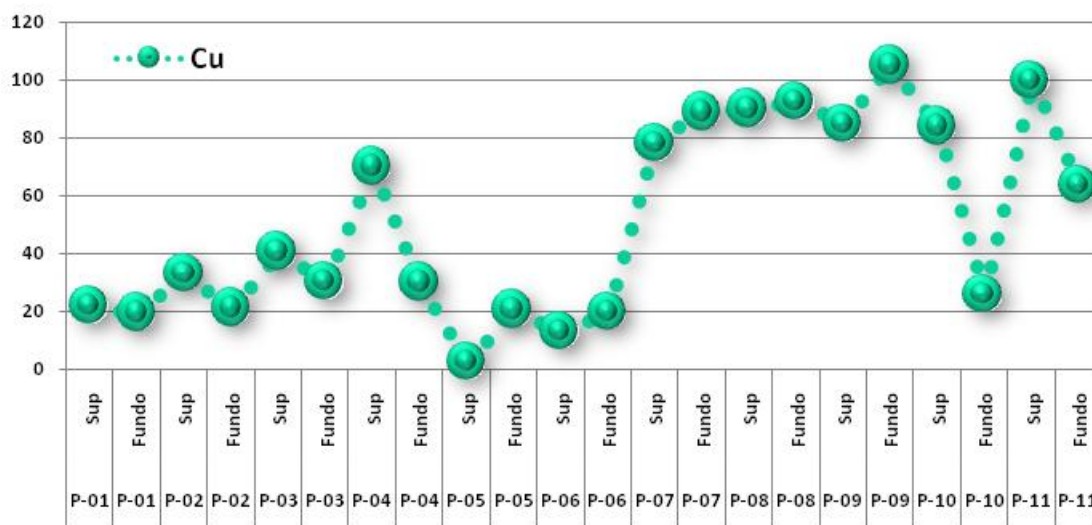


Figura 36 – Concentrações de cobre nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

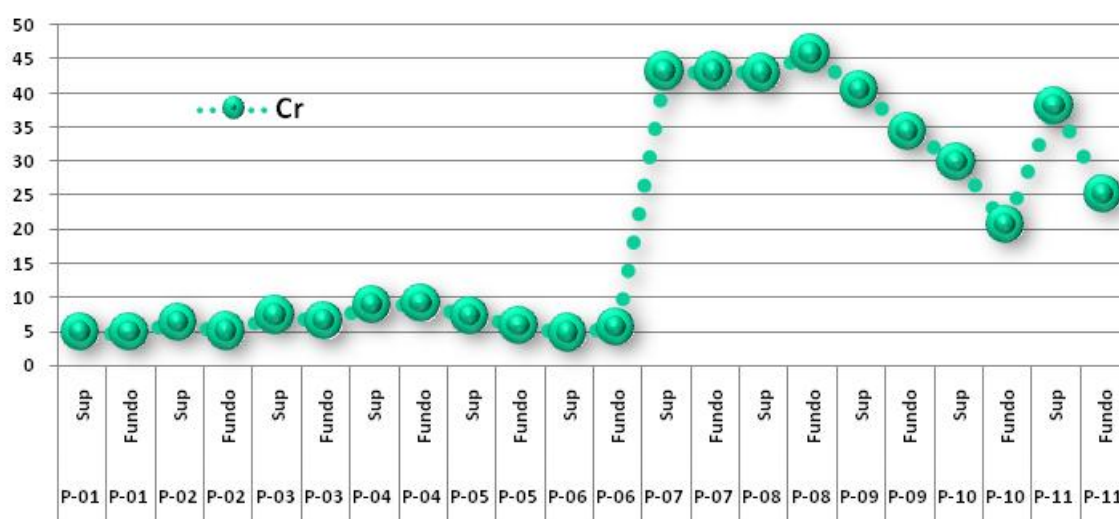


Figura 37 – Concentrações de cromo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

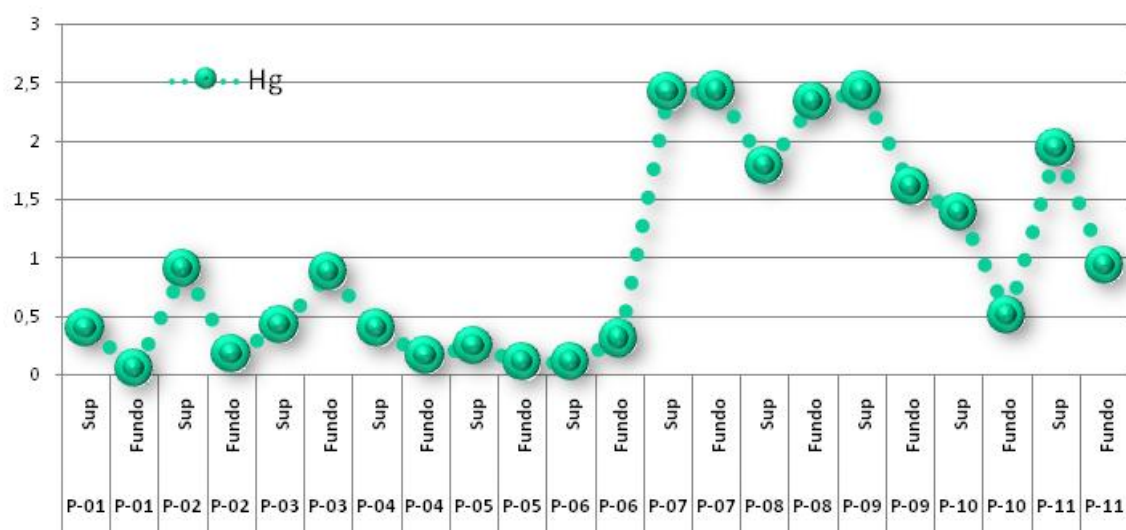


Figura 38 – Concentrações de mercúrio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

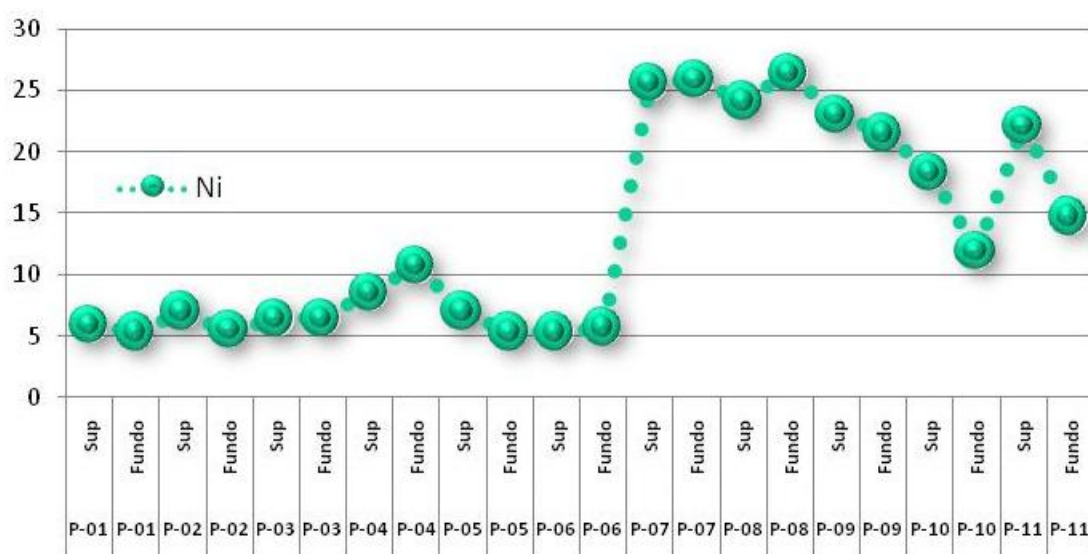


Figura 39– Concentrações de níquel nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

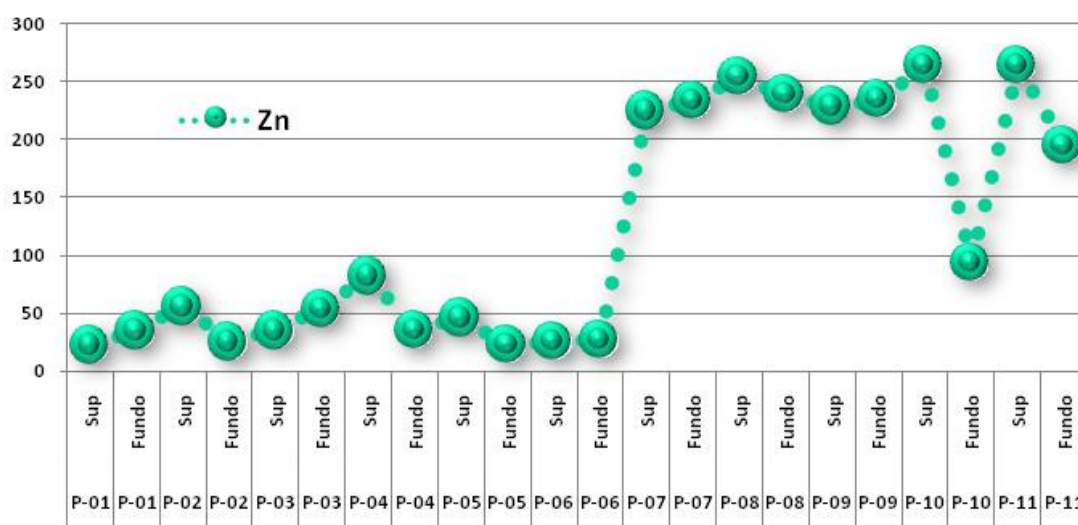


Figura 40 – Concentrações de zinco nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

7.1.6- Avaliação de compostos orgânicos nos sedimentos

■ PESTICIDAS ORGANOCLORADOS ($\mu\text{g/kg}$)

Todos os resultados de pesticidas organoclorados estão representados pela sigla **nd**, significando não detectado para cada um desses compostos orgânicos analisados nas amostras de sedimentos.

■ BIFENILAS POLICLORADOS - PCB's ($\mu\text{g/kg}$)

Quanto aos resultados de isômeros de PCB's, estão representados pela sigla **nd**, significando não detectado para cada um desses compostos orgânicos analisados nas amostras de sedimentos, com restrição aos pontos de código P-09 camada de superfície e P-11 na camada de fundo, contudo abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA 344/2004, nível1.

■ HPA's (mg/kg)

Com relação aos resultados de HPA's, boa parte dos resultados é detectada pela sigla **nd**, ou dentro do limite de detecção da metodologia analítica. Contudo, ressalta-se que os resultados observados no trecho de P-07 a P-09, do **Grupo A**, encontram-se entre o nível 1 e 2. Da mesma forma, no mesmo trecho, o **Grupo B** também demonstra teores entre o nível 1 e 2, mais especificamente, o Acenaftileno. Por outro lado, o somatório de HPA's, **Grupo A e Grupo B**, é notado em concentrações abaixo do nível 1.

GRUPO		Nº DE ANÉIS	COMPOSTOS ORGÂNICOS
Petrogênicos	B	2 anéis	Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno e Fluoreno
		3 anéis	Fenantreno, Antraceno e Fluoranteno
Pirolíticos	A	4 anéis	Pireno*, Benzo(a)antraceno, Criseno Benzo(b)fluoranteno e Benzo(k)fluoranteno,
		5 anéis	Indeno(1,2,3-cd), Benzo(a)pireno Dibenzo(a,h)antraceno, Benzo(g,h,i)perileno e pireno

Tabela 24 - Classificação dos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos. O Pireno pode ser também subproduto da indústria petrolífera.



Unidade	P-01		P-02		P-03		P-04		P-05	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
PCB 28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 101	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 118	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 138	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 153	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 180	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 25 – Concentrações de PCB's (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.

Unidade	P-06		P-07		P-08		P-09		P-10		P-11	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
PCB 28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 101	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6
PCB 118	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 138	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 153	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7	nd	nd	nd	nd	7
PCB 180	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7	nd	nd	nd	nd	13

Tabela 26 – Concentrações de PCB's (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.



Unidade	P-01		P-02		P-03		P-04		P-05	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
alfa-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hexaclorobenzeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
gama-BHC (Lindano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
delta-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epsilon-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Isodrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Oxy-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
alfa-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDT	nd	nd	14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDT	nd	nd	8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Metoxiclloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mirex	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 27 – Concentrações de Organoclorados (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.



Unidade	P-06		P-07		P-08		P-09		P-10		P-11	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
alfa-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hexaclorobenzeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
gama-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
(Lindano)												
delta-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epsilon-BHC	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Isodrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epóxido												
Oxy-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epóxido												
Trans-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
alfa-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd



Metoxicloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mirex	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 28 – Concentrações de Organoclorados (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.



HPA's	P-01		P-02		P-03		P-04		P-05	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Naftaleno	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	0,01	nd	0,01
2-metilnaftaleno	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	nd	0,01	0,02	0,01	0,01
1-metilnaftaleno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Acenaftileno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	< 0,01	nd	< 0,01	0,02	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Fenantreno	0,04	nd	0,02	0,01	0,02	< 0,01	0,04	0,04	0,02	0,04
Antraceno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01	nd	0,01
Fluoranteno	0,11	< 0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,09	0,08	0,05	0,18
Pireno	0,11	< 0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,07	0,06	0,05	0,12
Benzo(a)antraceno	0,09	< 0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	0,06	0,05	0,01
Criseno	0,07	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,06	0,04	0,08
Benzo(b)fluoranteno	0,10	< 0,01	0,05	0,01	0,04	0,01	0,10	0,08	0,03	0,16
Benzo(k)fluoranteno	0,05	nd	0,02	< 0,01	0,02	< 0,01	0,03	0,02	0,03	0,05
Benzo(a) Pireno	0,08	nd	0,04	0,01	0,03	< 0,01	0,07	0,06	0,04	0,12
Indeno(123-cd)pireno	0,02	nd	0,02	< 0,01	0,02	< 0,01	0,02	0,02	nd	0,03
Dibenzo(a,h)antraceno	0,02	nd	0,01	nd	< 0,01	nd	0,01	nd	nd	0,02
Benzo(ghi)perileno	0,01	nd	0,02	< 0,01	0,01	nd	0,01	0,01	0,01	0,02
TOTAL	0,71	nd	0,29	0,14	0,24	0,06	0,56	0,53	0,34	0,95

Tabela 29 – Concentrações de Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.



HPA's	P-01		P-02		P-03		P-04		P-05	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Naftaleno	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	0,01	nd	0,01
2-metilnaftaleno	< 0,01	nd	< 0,01	nd	< 0,01	nd	0,01	0,02	0,01	0,01
Acenaftileno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	< 0,01	nd	< 0,01	0,02	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Fenantreno	0,04	nd	0,02	0,01	0,02	< 0,01	0,04	0,04	0,02	0,04
Antraceno	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01	nd	0,01
Fluoranteno	0,11	< 0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,09	0,08	0,05	0,18
Pireno	0,11	< 0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,07	0,06	0,05	0,12
Benzo(a)antraceno	0,09	< 0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	0,06	0,05	0,01
Criseno	0,07	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,06	0,04	0,08
Benzo(a) Pireno	0,08	nd	0,04	0,01	0,03	< 0,01	0,07	0,06	0,04	0,12
Dibenzo(a,h)antraceno	0,02	nd	0,01	nd	< 0,01	nd	0,01	nd	nd	0,02
TOTAL	0,53	0	0,18	0,13	0,15	0,05	0,4	0,38	0,28	0,59

Tabela 30– Concentrações de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo. HPA'S DO GRUPO A E B DA RESOLUÇÃO CONAMA N° 344/2004



HPA's	P-06		P-07		P-08		P-09		P-10		P-11	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Naftaleno	0,04	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	nd	0,03	nd
2-metilnaftaleno	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,02	0,01	nd	0,03	0,03
1-metilnaftaleno	0,02	< 0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	< 0,01	nd	0,02	0,03
Acenaftileno	nd	nd	0,08	0,1	0,11	0,03	0,03	0,12	0,02	< 0,01	0,01	0,02
Acenafteno	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	0,06	< 0,01	0,01	0,01	0,02	nd	0,01	0,02	nd	0,01	nd	< 0,01
Fenantreno	0,14	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	< 0,01	nd	0,05
Antraceno	0,02	< 0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,01	nd	nd	nd
Fluoranteno	0,22	0,06	0,08	0,09	0,08	0,14	0,14	0,22	nd	0,04	0,05	0,1
Pireno	0,16	0,05	0,18	0,18	0,15	0,17	0,15	0,49	0,08	0,03	0,06	0,16
Benzo(a)antraceno	0,13	0,03	0,38	0,23	0,11	0,34	0,42	0,65	0,04	0,08	0,14	0,09
Criseno	0,1	0,03	0,27	0,18	0,1	0,24	0,29	0,42	0,06	0,06	0,08	0,08
Benzo(b)fluoranteno	0,12	0,05	0,14	0,13	0,26	0,17	0,36	0,37	0,18	0,04	0,05	0,16
Benzo(k)fluoranteno	0,04	0,02	0,13	0,06	0,09	0,12	0,13	0,19	0,04	0,01	0,02	0,05
Benzo(a) Pireno	0,08	0,04	0,27	0,36	0,25	0,17	0,31	0,5	0,1	0,02	0,03	0,1
Indeno(123-cd)pireno	0,02	0,02	0,05	0,08	0,03	0,04	0,06	0,05	< 0,01	nd	0,02	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	<0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(ghi)perileno	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	< 0,01	nd	0,01	< 0,01
TOTAL	1,25	0,35	1,74	1,57	1,36	1,58	2,19	3,23	0,58	0,29	0,55	0,9

Tabela 31– Concentrações de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo.



HPA's	P-06		P-07		P-08		P-09		P-10		P-11	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Naftaleno	0,04	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	nd	0,03	nd
2-metilnaftaleno	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,02	0,01	nd	0,03	0,03
Acenaftileno	nd	nd	0,08	0,10	0,11	0,03	0,03	0,12	0,02	< 0,01	0,01	0,02
Acenafteno	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	0,06	< 0,01	0,01	0,01	0,02	nd	0,01	0,02	nd	0,01	nd	< 0,01
Fenantreno	0,14	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	< 0,01	nd	0,05
Antraceno	0,02	< 0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,01	nd	nd	nd
Fluoranteno	0,22	0,06	0,08	0,09	0,08	0,14	0,14	0,22	nd	0,04	0,05	0,1
Pireno	0,16	0,05	0,18	0,18	0,15	0,17	0,15	0,49	0,08	0,03	0,06	0,16
Benzo(a)antraceno	0,13	0,03	0,38	0,23	0,11	0,34	0,42	0,65	0,04	0,08	0,14	0,09
Criseno	0,1	0,03	0,27	0,18	0,1	0,24	0,29	0,42	0,06	0,06	0,08	0,08
Benzo(a) Pireno	0,08	0,04	0,27	0,36	0,25	0,17	0,31	0,5	0,1	0,02	0,03	0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	<0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
TOTAL	1,03	0,25	1,37	1,26	0,94	1,21	1,57	2,59	0,36	0,24	0,43	0,63

Tabela 32 – Concentrações de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (mg/kg) nas camadas de superfície e fundo. HPA'S DO GRUPO A E B DA RESOLUÇÃO CONAMA N° 344/2004.

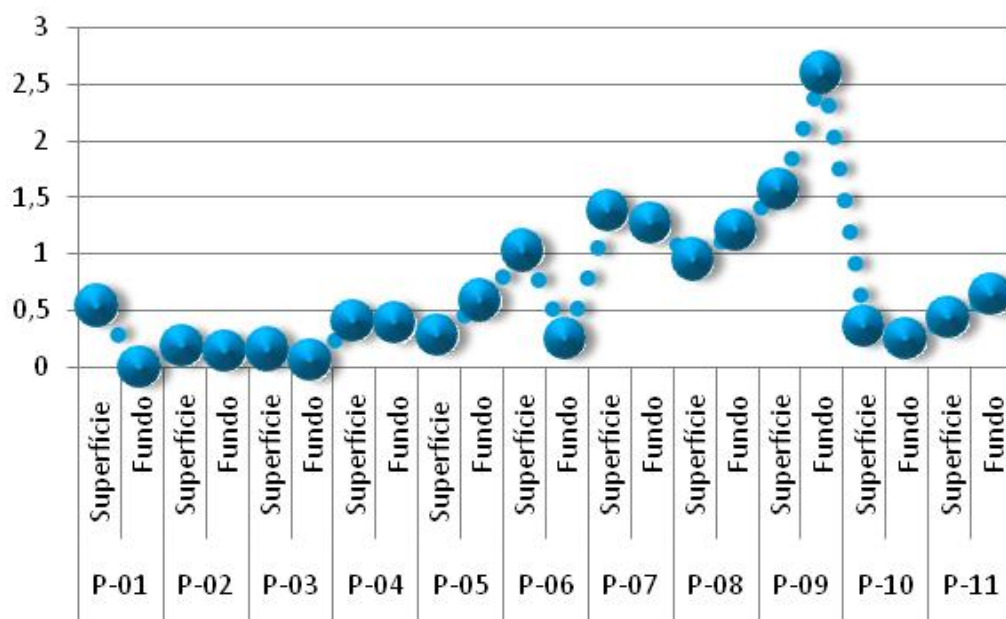


Figura 41– Somatório de HPA's.

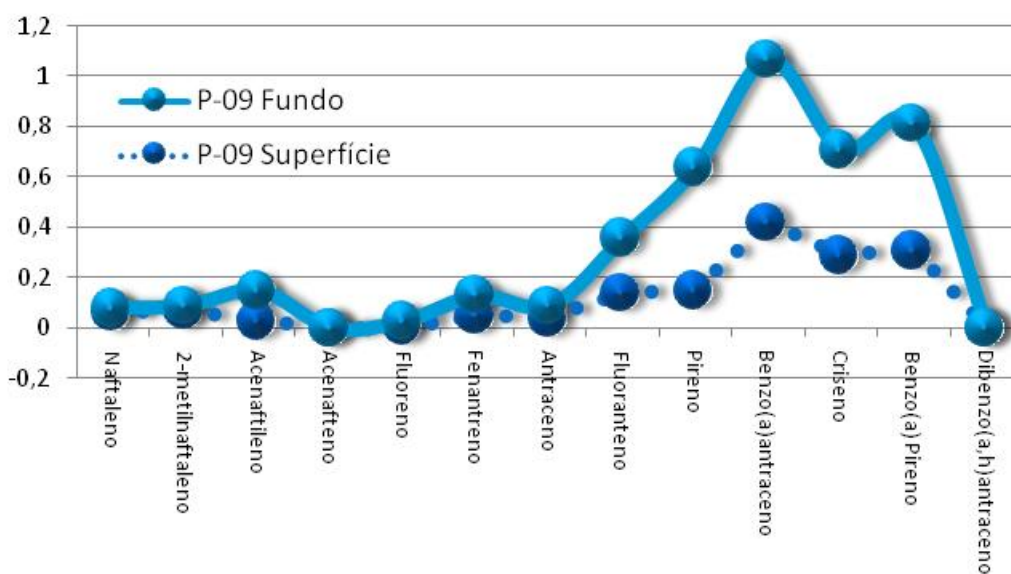


Figura 42 - HPA's no ponto de coleta P-09 superfície e fundo.

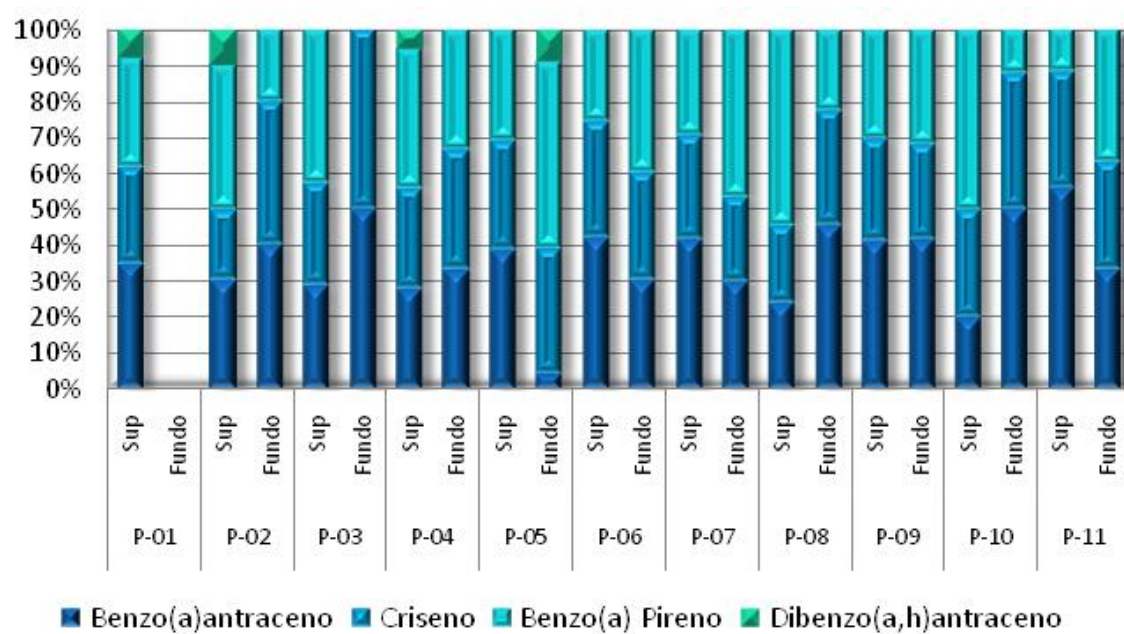


Figura 43 – Concentrações de HPA's nos pontos de coleta de P-01 a P-11.

7.2 – Ilha do Tavares

São apresentados os resultados da coleta e análise laboratorial de amostras de sedimentos ao longo do acesso aquaviário entre as ilhas Tavares e do Engenho. A coleta de amostras de fundo foi realizada em 18/09/2010.

7.2.1 – Metodologia

Foram realizadas análises de poluentes como: PAH (hidrocarbonetos policíclicos Aromáticos), Pesticidas Organoclorados e metais pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, P, PB, TOC, Zn).

A região levantada abrangeu a área delimitada conforme mostra a figura a seguir:

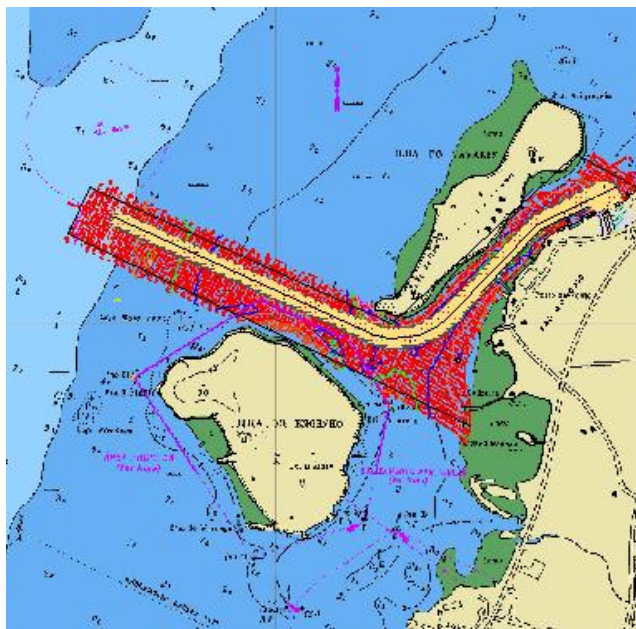


Figura 44 – Área de estudo.

Na área do levantamento foram coletadas 20 (vinte) amostras de sedimentos com o busca-fundo Dietz Lafond, conforme abaixo especificado:

Nº. AMOSTRA	LAT (S)	LONG (W)	PROFUNDIDADE (m)
01	22° 49' 28,24''	043° 05' 32,47''	3,0
02	22° 49' 25,03''	043° 05' 32,90''	2,2
03	22° 49' 27,10''	043° 05' 34,90''	3,5
04	22° 49' 28,50''	043° 05' 37,51''	3,5
05	22° 49' 48,31''	043° 06' 03,68''	3,8
06	22° 49' 51,11''	043° 06' 06,83''	3,1
07	22° 49' 52,57''	043° 06' 09,16''	3,1
08	22° 49' 51,83''	043° 06' 12,71''	3,6
09	22° 49' 50,25''	043° 06' 16,24''	3,8
10	22° 49' 50,18''	043° 06' 18,77''	3,0
11	22° 49' 49,90''	043° 06' 21,96''	2,7
12	22° 49' 48,10''	043° 06' 24,06''	2,6
13	22° 49' 46,34''	043° 06' 26,43''	2,4
14	22° 49' 45,67''	043° 06' 29,88''	2,4
15	22° 49' 45,34''	043° 06' 32,86''	2,3
16	22° 49' 43,17''	043° 06' 36,19''	2,4
17	22° 49' 41,31''	043° 06' 38,64''	2,3
18	22° 49' 40,58''	043° 06' 42,50''	2,3
19	22° 49' 39,78''	043° 06' 46,37''	2,6
20	22° 49' 37,35''	043° 06' 49,21''	3,3



7.2.2 - Resultados

A seguir são apresentados os resultados das análises de poluentes.



ELEMENTOS TRAÇOS	Resolução 344/2004		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
	Nível 1	Nível 2										
As	8,2	70	nd	nd	2	nd	nd	1	2	nd	1	nd
Cd	1,2	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb	46,7	218	2,2	2,4	2,9	2,4	3,6	2,0	3,7	2,5	2,5	2,9
Cu	34	270	3,7	4,4	5,0	3,4	2,9	2,5	4,2	4,9	3,8	4,4
Cr	81	370	5,1	3,8	5,7	3,8	4,0	4,3	4,8	4,5	4,2	4,3
Hg	0,15	0,71	0,03	nd	nd	nd	0,02	0,04	0,02	0,07	0,04	0,03
Ni	20,9	51,6	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,7	2,7	0,9	0,8	1,1
Zn	150	410	9,8	8,3	11,9	8,7	8,6	7,6	11,9	10,9	10,8	13,9

Tabela 33 – Concentrações de elementos traços (mg/kg) nos pontos amostrados.

ELEMENTOS TRAÇOS	Resolução 344/2004		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Nível 1	Nível 2										
As	8,2	70	2	nd	2	nd	nd	nd	1	1	nd	nd
Cd	1,2	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb	46,7	218	2,1	2,3	2,3	2,1	3,7	2,4	1,9	2,4	2,3	2,1
Cu	34	270	3,5	2,9	5,4	3,0	2,8	4,0	5,2	3,9	4,0	3,7
Cr	81	370	9,5	3,8	19,9	3,9	4,9	4,3	3,2	4,0	4,0	3,5
Hg	0,15	0,71	nd	0,06	0,03	nd	nd	0,09	0,04	nd	nd	nd
Ni	20,9	51,6	1,5	0,9	19,0	0,8	4,2	1,5	0,9	0,9	1,0	0,9
Zn	150	410	8,8	9,0	8,7	8,4	6,4	9,2	9,5	9,9	7,9	9,5

Tabela 34– Concentrações de elementos traços (mg/kg) nos pontos amostrados.



NUTRIENTES	Valor de Alerta	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Fósforo(mg/kg)	2000	98	75	72	72	87	76	69	99	234	135
N-kjeldahl(mg/kg)	4800	214	172	219	227	238	207	160	291	224	225
TOC (%)	10	1,56	1,51	1,72	1,43	1,58	1,80	1,98	1,76	1,59	1,42

Tabela 35– Concentrações de nutrientes e TOC nos pontos amostrados.

NUTRIENTES	Valor de Alerta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fósforo(mg/kg)	2000	95	65	84	93	57	79	94	77	34	174
N-kjeldahl(mg/kg)	4800	239	201	467	162	123	238	179	247	197	274
TOC (%)	10	1,29	1,61	1,54	1,56	1,69	1,76	1,69	1,63	1,60	1,70

Tabela 36– Concentrações de nutrientes e TOC nos pontos amostrados.



Granulometria %	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
> 2mm	3,8	2,2	5,6	4,8	4,1	5,6	3,9	4,8	3,5	2,0
1 a ≤ 2mm	4,6	4,7	5,0	4,0	5,5	5,0	3,9	4,2	4,8	4,8
0,5 a ≤ 1mm	30,1	31,4	31,8	35,2	40,0	36,3	34,5	32,8	33,6	30,9
0,25 a ≤ 0,5mm	39,1	41,7	38,6	40,0	35,2	35,4	41,8	41,8	39,3	42,2
0,125 a ≤ 0,25mm	10,2	11,2	7,7	7,6	6,9	6,5	7,8	9,6	7,7	9,5
0,062 a ≤ 0,125mm	4,5	3,8	3,4	3,7	3,5	3,3	2,9	4,2	3,2	4,8
0,002 a ≤ 0,06mm	2,0	1,3	1,1	1,1	0,8	4,4	1,0	1,0	1,0	1,3

Tabela 37– Características granulométricas dos sedimentos nos pontos amostrados.

Granulometria %	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
> 2mm	4,2	4,3	3,2	3,3	5,2	3,5	3,5	3,3	3,8	5,3
1 a ≤ 2mm	3,7	3,7	3,8	4,0	4,2	3,3	3,2	3,2	4,4	4,9
0,5 a ≤ 1mm	31,4	33,2	34,0	34,7	33,4	30,9	33,1	33,5	35,9	37,6
0,25 a ≤ 0,5mm	42,4	40,1	43,3	40,9	38,8	39,0	38,6	37,0	39,4	37,7
0,125 a ≤ 0,25mm	10,0	8,2	8,5	7,3	7,0	7,9	7,4	8,9	7,5	7,9
0,062 a ≤ 0,125mm	4,3	3,7	4,1	3,6	3,2	3,8	3,9	4,2	4,4	4,9
0,002 a ≤ 0,06mm	1,0	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	1,1	1,1

Tabela 38– Características granulométricas dos sedimentos nos pontos amostrados.



Unidade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
PCB 28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 101	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 118	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 138	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 153	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 180	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 39 – Concentrações de PCB's (mg/kg) nos pontos amostrados.

Unidade	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PCB 28	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 52	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 101	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 118	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 138	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 153	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB 180	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 40 – Concentrações de PCB's (mg/kg) nos pontos amostrados.



Unidade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
alfa-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hexaclorobenzeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
gama-HCH (Lindano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
delta-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epsilon-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Isodrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Oxy-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
alfa-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Metoxicloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mirex	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 41 – Concentrações de Pesticidas Organoclorados ($\mu\text{g/kg}$) nos pontos amostrados.



Unidade	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
alfa-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hexaclorobenzeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
gama-HCH (Lindano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
delta-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Epsilon-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptacloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Isodrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Oxy-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Heptacloro Epóxido	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Trans-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
alfa-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cis-Clordano	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
beta-Endosufan	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Metoxicloro	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mirex	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 42 – Concentrações de Pesticidas Organoclorados ($\mu\text{g/kg}$) nos pontos amostrados.



HPA's	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Naftaleno	nd	nd	nd	nd	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd
2-metilnaftaleno	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,02	nd
Acenaftileno	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	nd	< 0,01	nd
Fenantreno	0,02	0,02	0,02	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Antraceno	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoranteno	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	nd	nd
Pireno	0,01	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	nd	< 0,01	nd
Benzo(a)antraceno	< 0,01	nd	nd	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Criseno	< 0,01	nd	nd	< 0,01	< 0,01	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(b)fluoranteno	< 0,01	nd	nd	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(k)fluoranteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(a) Pireno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Indeno(123-cd)pireno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(ghi)perileno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
TOTAL	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,01

Tabela 43 – Concentrações de Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (mg/kg) nos pontos amostrados.



HPA's	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Naftaleno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-metilnaftaleno	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01	nd	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Acenaftileno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01	nd	nd	nd	< 0,01
Fenantreno	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
Antraceno	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	nd	nd	nd	< 0,01
Fluoranteno	nd	< 0,01	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05
Pireno	< 0,01	0,01	0,01	nd	nd	< 0,01	nd	nd	0,02	0,05
Benzo(a)antraceno	nd	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03
Criseno	< 0,01	0,01	0,01	nd	nd	< 0,01	nd	nd	0,02	0,02
Benzo(b)fluoranteno	nd	0,02	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03
Benzo(k)fluoranteno	nd	< 0,01	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	0,01
Benzo(a) Pireno	nd	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Indeno(123-cd)pireno	nd	< 0,01	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzo(ghi)perileno	nd	< 0,01	< 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	< 0,01	< 0,01
TOTAL	0,02	0,05	0,09	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,10	0,22

Tabela 44 – Concentrações de Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (mg/kg) nos pontos amostrados.

8- ESTUDOS GEOLÓGICOS

Com vistas a subsidiar projetos e obras de alargamento e aprofundamento em áreas específicas de Niterói e São Gonçalo - RJ (canais de acesso e bacias de evolução), foram analisados dados geológicos, obtidos em levantamentos geofísicos (sonar de varredura lateral, levantamento sísmico e batimetria), sondagens por jet-probe, sondagens a percussão e sondagens mistas, pelo Estaleiro Mauá, Rolls-Royce Marine Brasil, e Wellstream. Nos tópicos a seguir, são apresentados os serviços e os dados fornecidos pelas respectivas empresas.

Tais resultados servem como base à compreensão do comportamento dos solos existentes em diversas localidades das proximidades de Niterói e São Gonçalo.

Os dados obtidos estão apresentados nas plantas em anexo: INPH - 210 - 10 – E, INPH – 210 – 10 – F e INPH – 210 – 10 – G.

8.1. Estaleiro Mauá – Ilha do Caju/ Ilha da Mocanguê/ Ponta da Areia

8.1.1. Introdução

Com a finalidade de subsidiar projeto de dragagem de aprofundamento na área dos Terminais Marítimos dos Estaleiros Mauá-Jurong e da CEC, em Niterói – RJ, a **Mauá-Jurong** contratou serviços de **levantamento sismobatimétrico e sondagens geológicas**, visando o estudo preliminar da área de influência do referido projeto. Tais serviços foram executados no período de 01/05/2004 a 19/05/2004.

A região levantada abrangeu a área delimitada conforme mostra a figura a seguir:

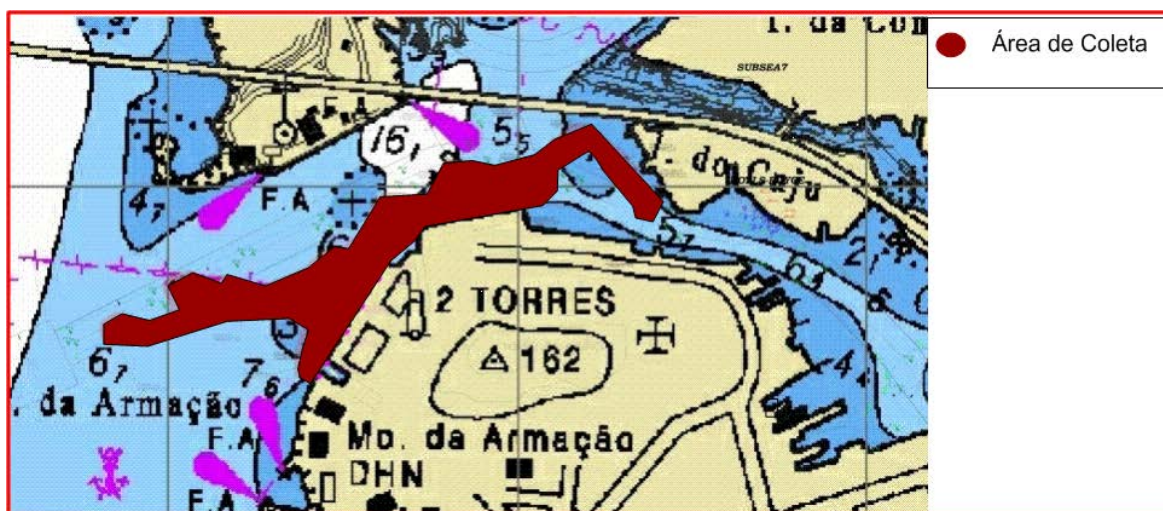


Figura 45 – Área de coleta.

8.1.2. Descrição dos Serviços

8.1.2.1- Levantamento sismobatimétrico

A área de abrangência de estudo foi dividida em 3 sub-áreas, para melhor aplicação da metodologia de levantamento e visando o melhor recobrimento de toda a área. Duas sub-áreas foram espaçadas com linhas a cada 20 metros, cumprindo um projeto de levantamento na escala de 1:2.000. A terceira sub-área foi levantada na escala de 1:1.000, detalhando com mais precisão a área em frente ao cais da CEC.

Foram realizadas 52 seções sismobatimétricas, totalizando, em toda a área, aproximadamente 40 km percorridos.

A referência de nível para maregrafia e altimetria foi tomada do marégrafo instalado na estação maregráfica da Ponta da Armação, Niterói – RJ, contendo os valores para a correção das variações de maré durante o período de sondagem.

8.1.2.2- Sondagens Geológicas

Foram executadas 20 sondagens geológicas por Jet-probe, em pontos previamente programados, distribuídos em alguns alto-fundos batimétricos e em locais onde a interpretação prévia da sísmica indicava a necessidade de maior conhecimento do pacote de sedimentos.

A seguir, são informadas as posições dos pontos mencionados, com suas coordenadas, no Sistema UTM, Datum Córrego Alegre:

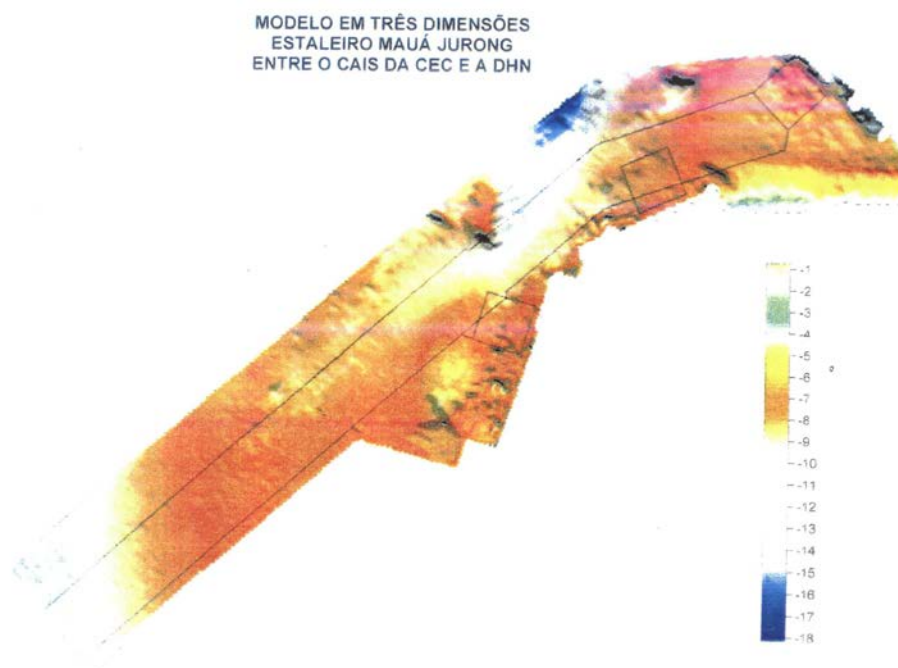
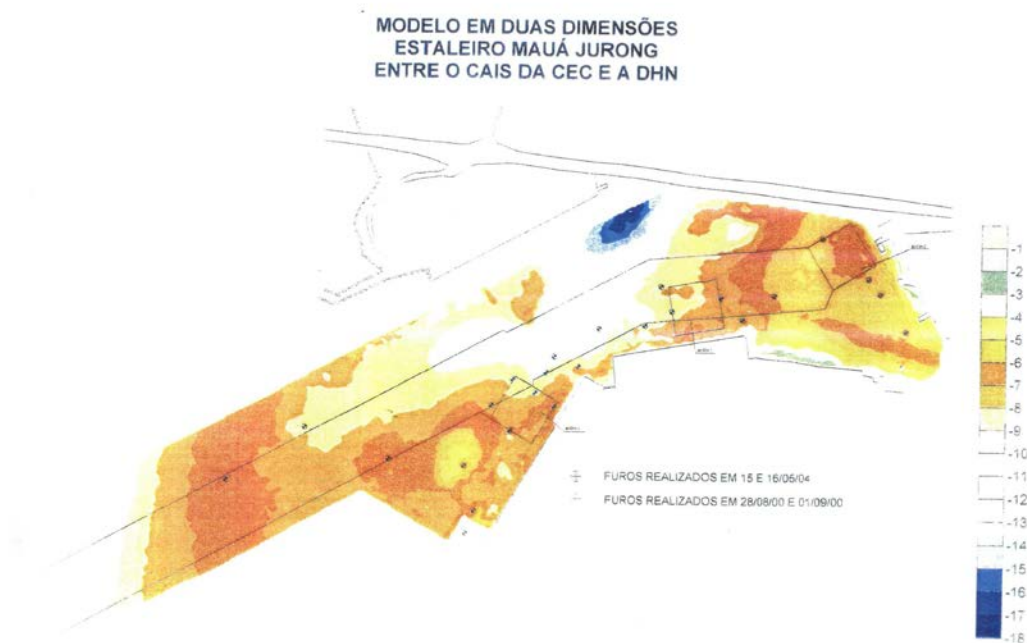
**SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2004**

FURO	COORDENADAS UTM (Datum Córrego Alegre)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
J-01	690.869,00	7.468.603,00
J-02	691.047,00	7.468.721,00
J-03	691.237,00	7.468.652,00
J-04	691.416,00	7.468.490,00
J-05	691.410,00	7.468.638,00
J-06	691.435,00	7.468.540,00
J-07	691.513,00	7.468.717,00
J-08	691.470,00	7.468.774,00
J-09	691.712,00	7.468.947,00
J-10	691.610,00	7.468.884,00
J-11	691.816,00	7.468.955,00
J-12	691.852,00	7.469.042,00
J-13	691.877,00	7.468.987,00
J-14	691.987,00	7.469.017,00
J-15	692.036,00	7.468.970,00
J-16	692.108,00	7.469.024,00
J-17	692.215,00	7.469.152,00
J-18	692.318,00	7.469.062,00
J-19	692.344,00	7.469.029,00
J-20	692.400,00	7.468.946,00

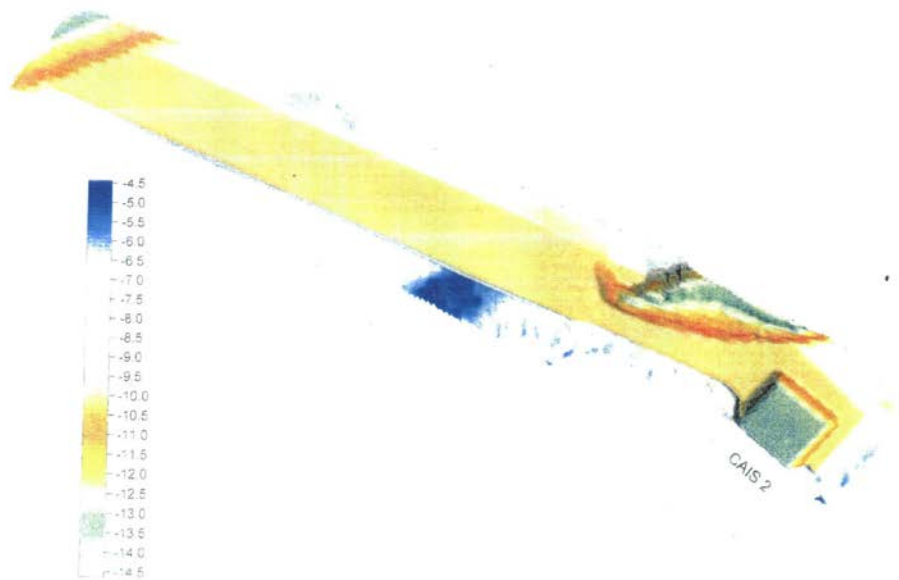
SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2000

FURO	COORDENADAS UTM (Datum Córrego Alegre)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
F-01	691.611,50	7.468.771,30
F-02	691.567,50	7.468.802,00
F-03	691.518,30	7.468.832,40
F-04	691.593,00	7.468.847,50
F-05	691.665,00	7.468.861,80

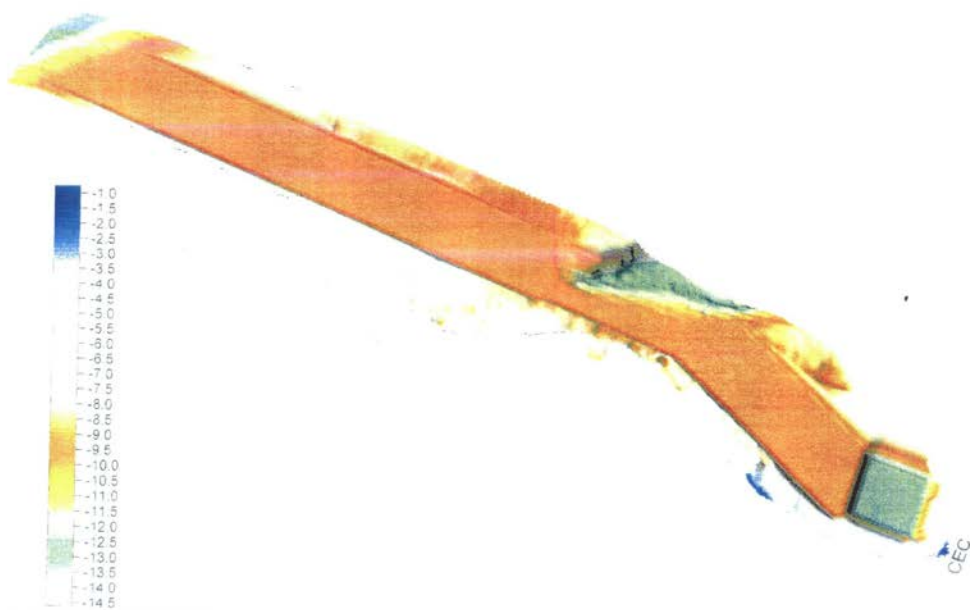
8.1.3- Modelagem em 2D e 3D da área investigada



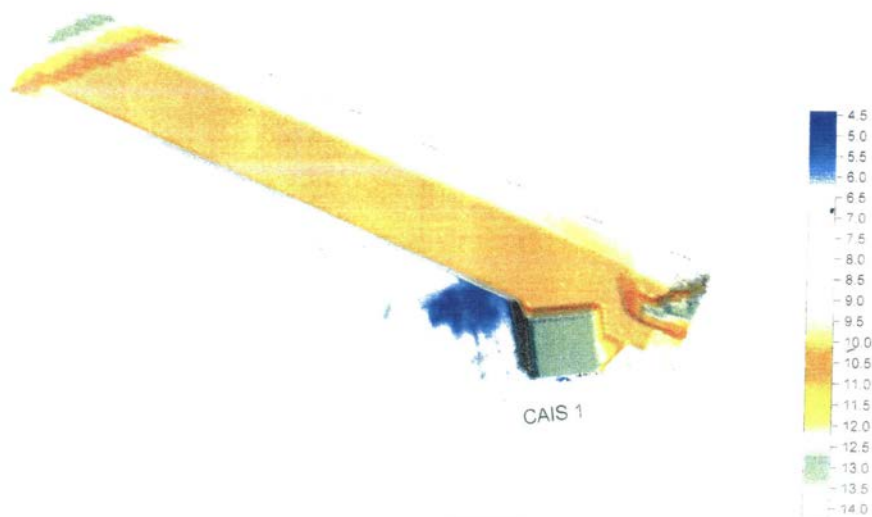
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



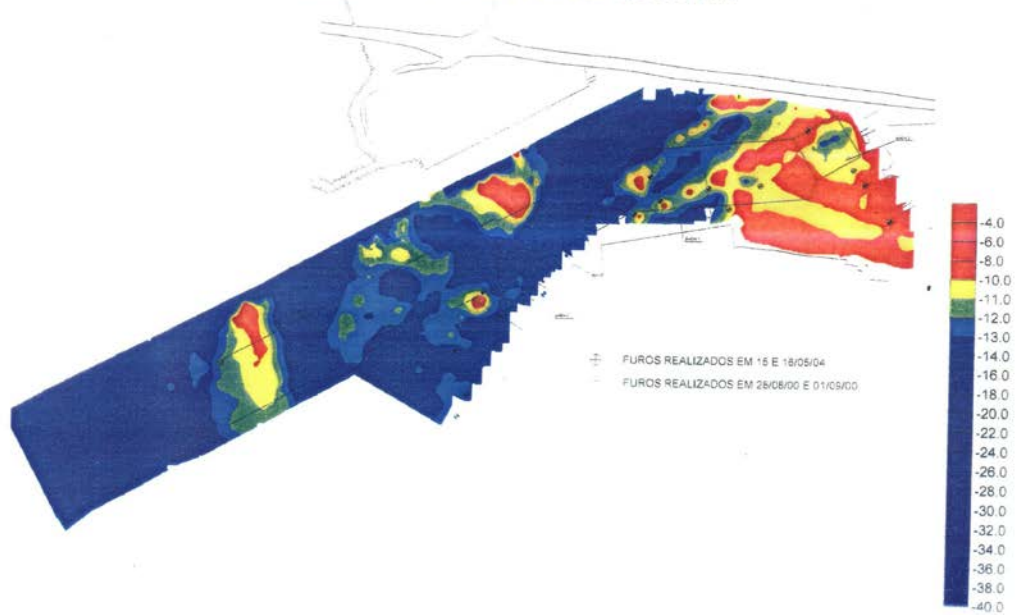
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 2 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



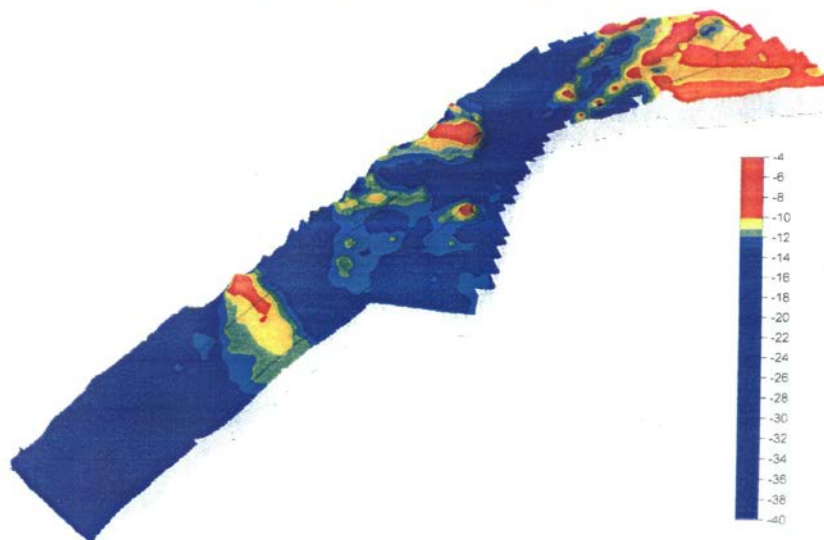
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 3 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



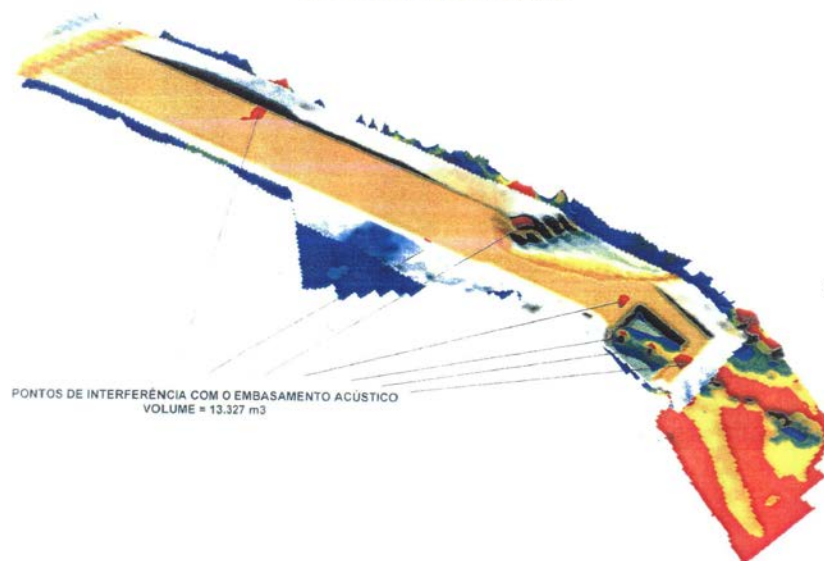
MODELO EM DUAS DIMENSÕES
EMBASAMENTO ACÚSTICO
PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)
MAUÁ JURONG ENTRE OS CAIS DA CEC E A DHN



MODELO EM TRÊS DIMENSÕES
EMBASAMENTO ACÚSTICO
PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)
MAUÁ JURONG ENTRE OS CAIS DA CEC E A DHN

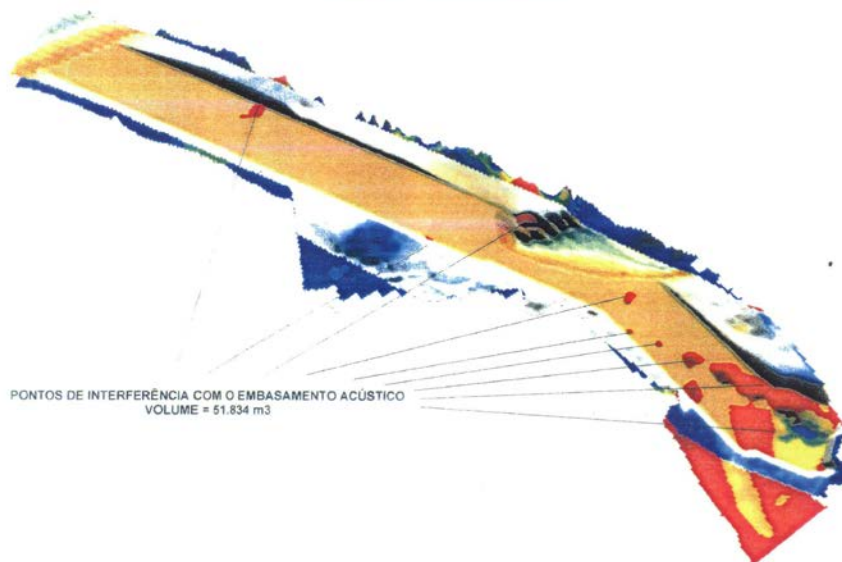


ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES

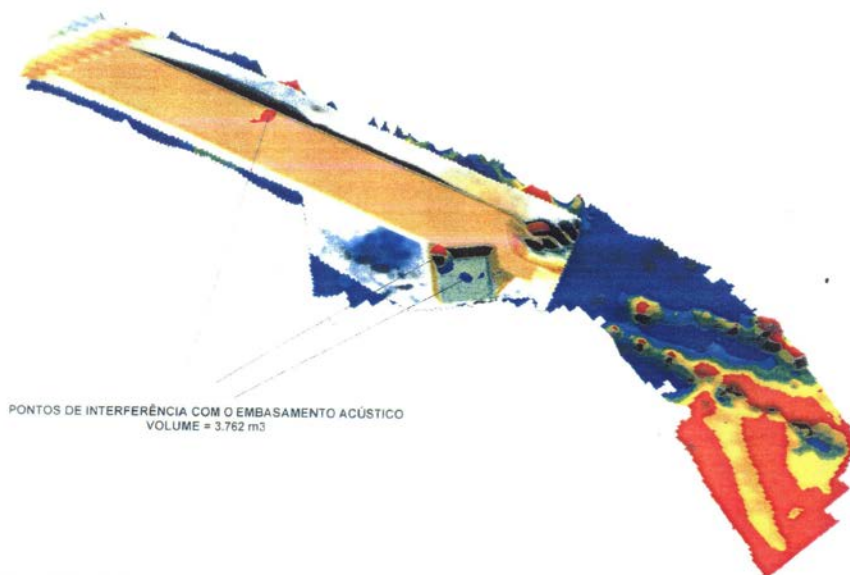




ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 2 APÓS A DRAGAGEM
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 3 APÓS A DRAGAGEM
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



8.1.4- Perfis Sismobatimétricos

Com fins ilustrativos, foram gerados perfis da superfície de fundo, obtidos dos modelos digitais de terreno, gerados a partir dos dados do levantamento sismobatimétrico. A obtenção destes perfis da superfície de fundo, do horizonte geofísico e da superfície de projeto foi feita através de seções de corte nestas superfícies, tomando-se uma linha arbitrária como ponto de partida para o corte das seções.

Na Figura 46, pode-se observar o desenho em duas dimensões apresentando a área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis. Os seis perfis gerados estão ilustrados a seguir, onde se observa a justaposição entre as seções batimétrica, sísmica e de projeto.

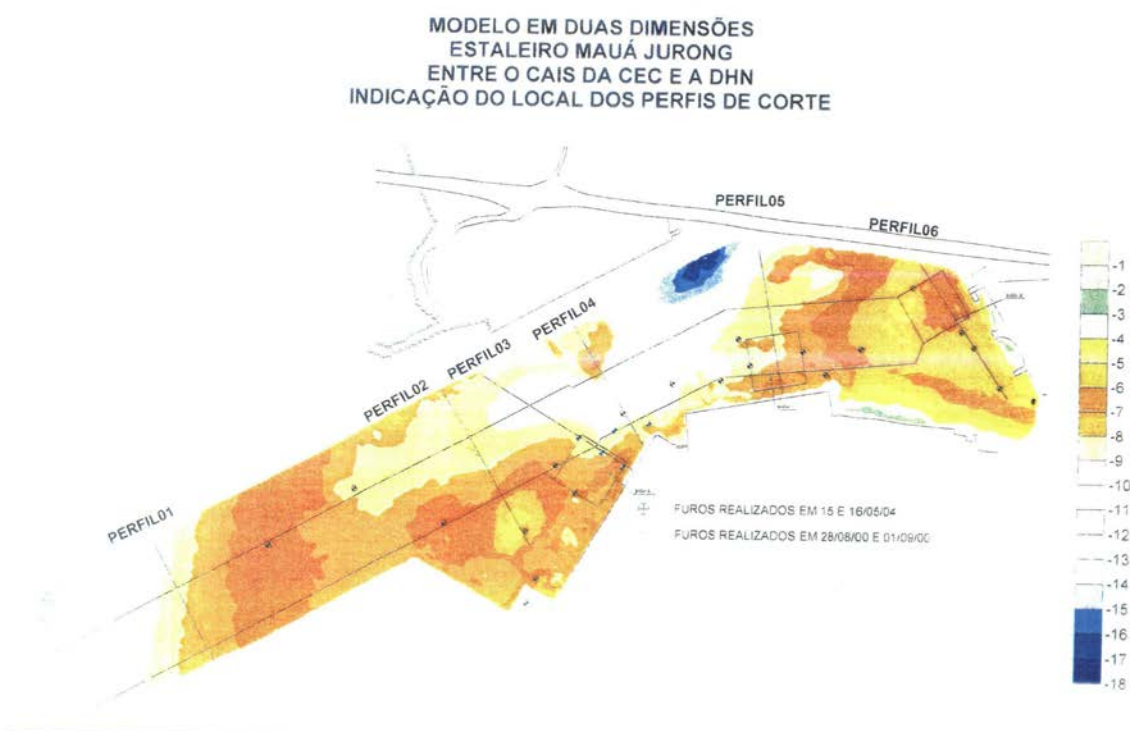
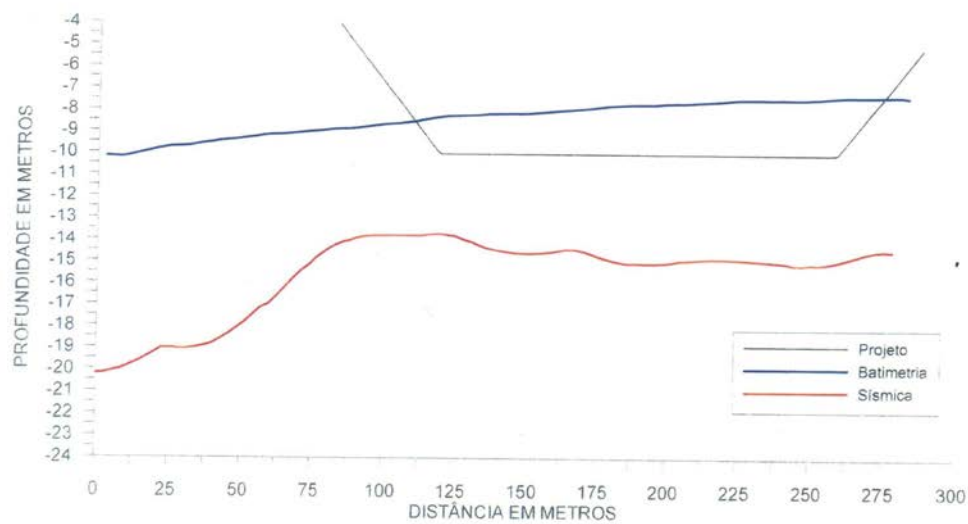


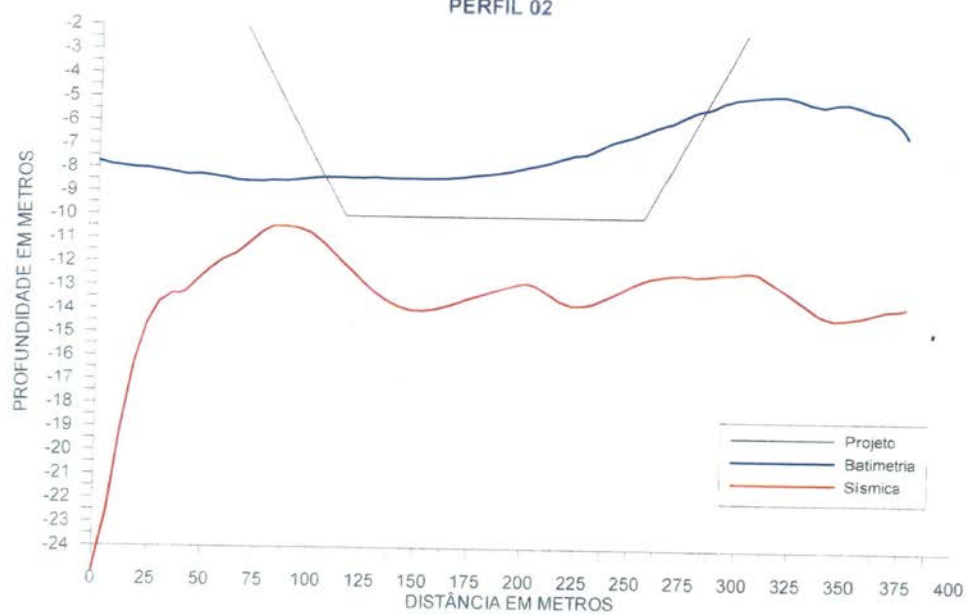
Figura 46 – Área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis.

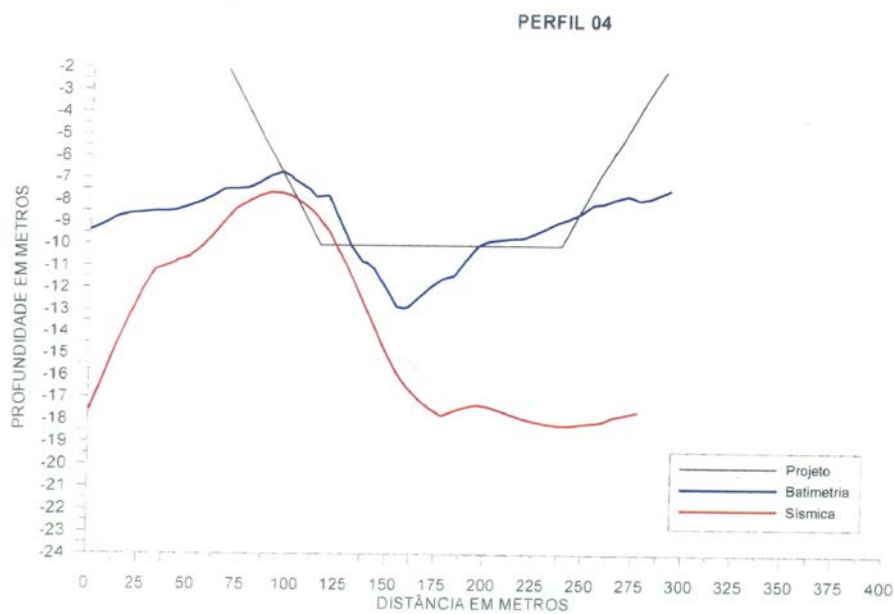
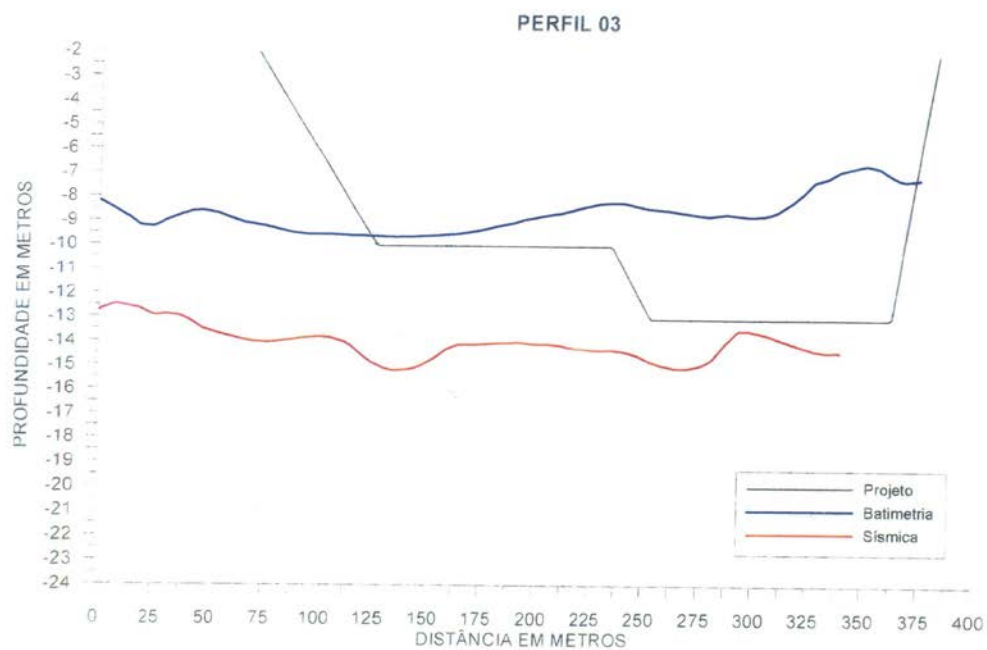


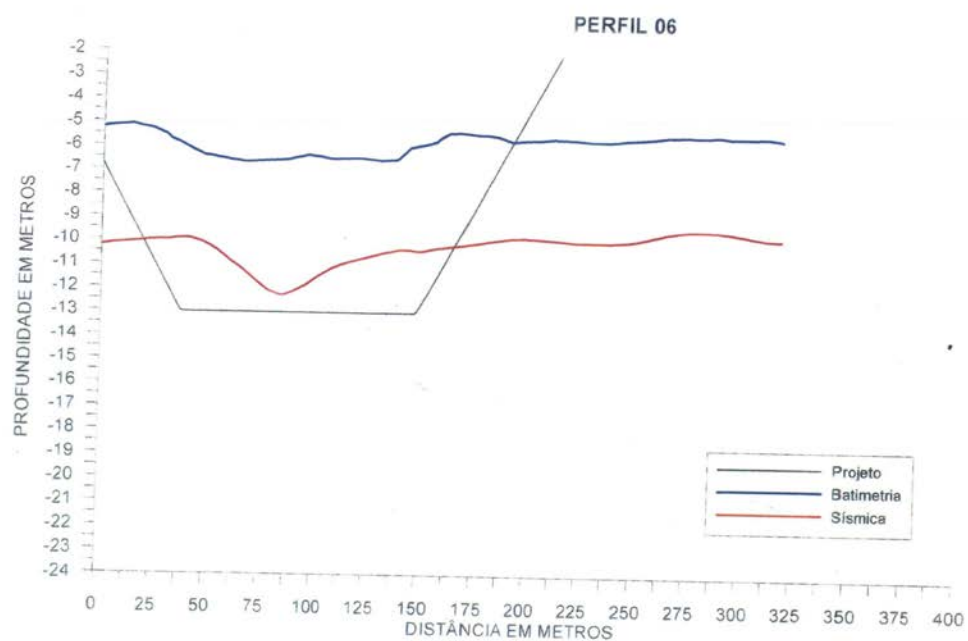
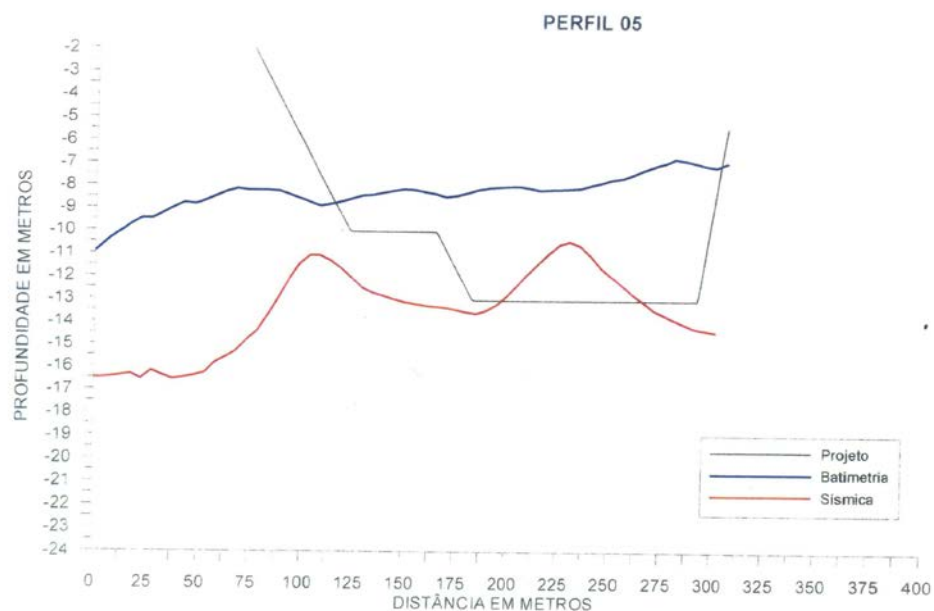
PERFIL 01



PERFIL 02







MAUÁ-JURONÍ.

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	8,30	Silte argiloso, com muita areia fina, cinza esverdeada.
0,80	9,10	Areia fina, quartzosa, cinza.
6,00	14,30	Limite de Sondagem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-05 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	5,30	Areia grossa e média, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
6,50	11,80	Areia grossa, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
7,50	12,80	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-06 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	6,10	Areia grossa e média, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
7,00	13,10	Limite de Sondagem.

**BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA**

Furo: J-11 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	8,40	Argila siltosa, com areia fina e fragmentos grossos de conchas e cracas, semi-fluída a plástica, cinza esverdeada.
5,00	13,40	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

Furo: J-12 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	8,10	Argila siltosa, com areia fina e fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
6,00	14,10	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-15 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói - RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-16 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-19 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	5,60	Argila siltosa, orgânica, semi-fluida, cinza escura.
3,00	8,60	Areia grossa a média, quartzosa, com pedregulhos finos de quartzo e feldspato, cinza.
4,50	10,10	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.
		Obs.: Possível início de camada de argila dura (tabatinga) amarelada. Sem recuperação de amostra.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-20 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói - RJ

[illegible]



8.1.6. Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2000)



BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

F-01 – Ano 2000

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-5,90	Silte argiloso, com muita areia fina, pouco micáceo, preto.
0,00 a 2,00	-5,90 a -7,90	Argila siltosa, com areia fina, muitos fragmentos de mariscos e restos de matéria orgânica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-7,90 a -9,90	Idem.
4,00 a 6,00	-9,90 a -11,90	Argila siltosa, com areia fina a grossa e muitos fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.
6,00 a 7,50	-11,90 a -13,40	Argila arenosa, com fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

F-02 – Ano 2000

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,50	Areia grossa a fina, siltosa, com muitos fragmentos de mariscos e restos orgânicos, grande quantidade de lixo e detritos diversos, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,50 a -9,50	Argila siltosa, com areia fina e média, presença de núcleos de argila plástica, com fragmentos de mariscos e conchas, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-9,50 a -11,50	Idem.
4,00 a 6,00	-11,50 a -13,50	Argila arenosa, com fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.

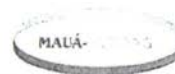
**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA****F-03 – Ano 2000****Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong****Local: Niterói – RJ**

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,70	Areia fina a grossa, com muitos fragmentos de mariscos e conchas, pouco micácea, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,70 a -9,70	Argila siltosa, com presença de núcleos de argila plástica, com fragmentos de conchas e mariscos, plástica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-9,70 a -11,70	Idem.
4,00 a 6,00	-11,70 a -13,70	Idem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo **F-04 – Ano 2000**
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-8,60	Silte arenoso, com areia fina e média, e fragmentos de mariscos e conchas, presença de restos de matéria orgânica, pouco micáceo, castanho-acinzentado.
0,00 a 2,00	-8,60 a -10,60	Argila siltosa, com pouca areia fina, presença de núcleos de argila plástica e fragmentos esparsos de mariscos e conchas, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-10,60 a -12,60	Idem.
4,00 a 6,00	-12,60 a -14,60	Idem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA****F-05 – Ano 2000**

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,20	Areia fina a grossa, com muitos fragmentos de mariscos e conchas, pouco micácea, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,20 a -9,20	Argila siltosa, com areia fina e média, e fragmentos de conchas e mariscos, orgânica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-9,20 a -11,20	Argila siltosa, com presença de núcleos de argila plástica e poucos fragmentos de conchas, plástica, cinza esverdeada.
4,00 a 6,00	-11,20 a -13,20	Idem.

8.2. Rolls-Royce Marine Brasil – Ilha do Caju

8.2.1. Introdução

Foram executados serviços de **sondagem por jet-probe, batimetria e perfilagem sísmica contínua**, com a utilização de perfilador de baixa frequência (tipo Boomer), operando com *range* aproximado de frequências entre 200 Hz e 1500 Hz. Tais serviços foram executados, respectivamente, nos dias 11 e 13/03/2008.

As referências de nível para a redução maregráfica foram tomadas da estação maregráfica da Ponta da Armação, em Niterói, mantida e operada pela Marinha do Brasil, através da DHN.

A região levantada abrangeu a área delimitada conforme mostra a figura a seguir:



Figura 47 – Área de coleta.

8.2.2. Descrição dos Serviços

8.2.2.1. Levantamento sismobatimétrico

A área de abrangência do estudo foi programada com metodologia de levantamento visando o melhor recobrimento de toda a área, considerando a execução de linhas espaçadas a cada 10 (dez) metros, cumprindo um projeto de levantamento na escala de 1:1.000, e detalhando com máxima precisão possível a área em frente ao cais da ROLLS-ROYCE.

Foi realizado um total de 7 (sete) seções sismobatimétricas subparalelas ao Cais da ROLLS-ROYCE, totalizando, em toda a área, aproximadamente 1500 m percorridos.

A referência de nível para maregrafia e altimetria foi tomada do marégrafo instalado na estação maregráfica da Ponta da Armação, Niterói-RJ, contendo os valores para a correção das variações de maré durante o período da sondagem. Os dados relativos à estação maregráfica foram obtidos da ficha descritiva de estação maregráfica F-41-1501-001/88, obtida junto ao Centro de Hidrografia da Marinha – CHM.

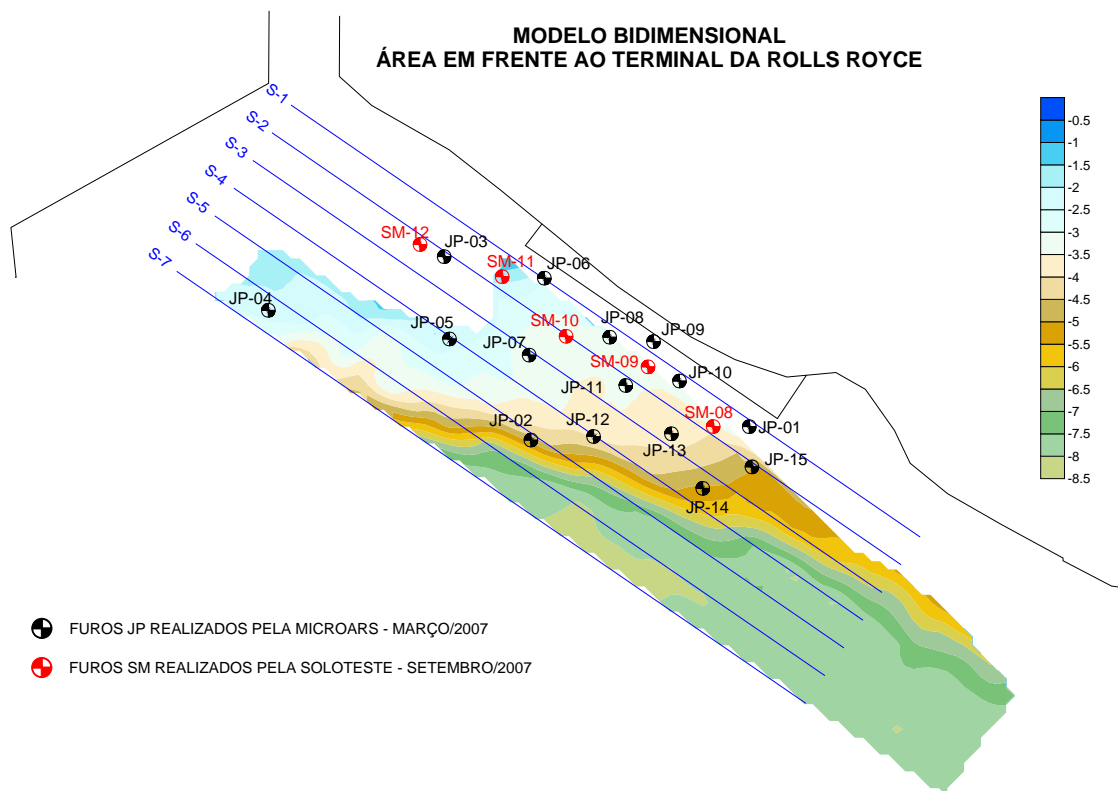
8.2.2.2. Sondagens Jet-Probe

Foram executadas 15 (quinze) sondagens geológicas por jet-probe, com coleta e análise de 30 (trinta) amostras de sedimentos, em pontos previamente programados, de maneira a recobrir a área investigada e verificar a possibilidade de ocorrência de rochas e/ou sedimentos de elevada consistência.

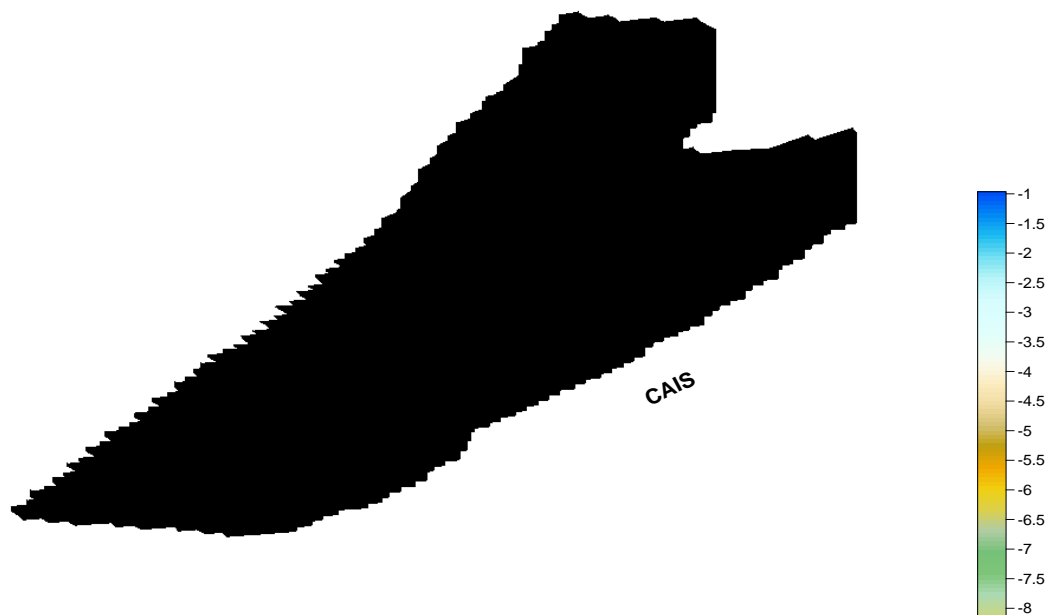
A seguir, são informadas as posições dos pontos mencionados, com suas coordenadas no Sistema UTM:

Furo	Coordenadas UTM (Datum Córrego Alegre)		Limite do Furo (m)	Prof. Refletor (m)	Comentários
	Este (m)	Norte (m)			
JP-01	692.771,13	7.468.890,00	9,2	8,0	
JP-02	692.706,22	7.468.886,01	10,2	9,0	
JP-03	692.680,42	7.468.940,55	7,0	--	Base: Batimetria Ago/2007
JP-04	692.628,15	7.468.924,59	8,1	5,0	
JP-05	692.682,01	7.468.916,07	8,5	6,0	
JP-06	692.710,21	7.468.934,16	8,7	5,0	
JP-07	692.705,69	7.468.911,28	9,3	7,2	
JP-08	692.729,63	7.468.916,61	4,0	6,0	Quebra hastes (ferragens)
JP-09	692.742,67	7.468.915,28	7,3	6,0	
JP-10	692.750,38	7.468.903,57	9,4	6,5	
JP-11	692.734,42	7.468.902,24	9,5	7,5	
JP-12	692.724,84	7.468.887,08	10,2	8,0	
JP-13	692.747,99	7.468.887,88	10,1	8,3	
JP-14	692.757,30	7.468.871,65	10,9	9,0	
JP-15	692.771,93	7.468.878,03	10,5	9,5	

8.2.3. Modelagem em 2D e 3D da área investigada



MODELO TRIDIMENSIONAL
ÁREA EM FRENTE AO TERMINAL DA ROLLS ROYCE



8.2.4. Análise e Interpretação dos Dados

Os serviços foram executados numa área total aproximada de 13.000 m², compreendendo a execução e interpretação de perfis sísmicos e batimétricos, complementados por 15 (quinze) sondagens jet-probe.

As diversas operações, efetuadas no trabalho de campo, visando a aquisição de registros de boa qualidade, e a dificuldade encontrada na fase de interpretação, buscando identificar refletores associados à rocha e/ou sedimentos de maior compacidade, confirmam experiências anteriores, indicando que parte do assoalho e subfundo da Baía de Guanabara não fornece uma resposta acústica favorável.

Considerando o objetivo do levantamento – subsidiar projeto de dragagem de aprofundamento para cerca de 8,00 m (DHN) –, os trabalhos de interpretação dos sismogramas, desde o primeiro instante, dirigiram-se à identificação de um refletor, cujas características acústicas pudessem ser associadas ao embasamento rochoso.

Com essa finalidade, foram utilizadas, em análise conjunta, também as informações das sondagens por jet-probe, executadas pela MICROARS, em 11/03/2008, assim como os resultados das sondagens mistas SM-08, SM-09, SM-10, SM-11 e SM-12, realizadas pela SOLOTESTE, em Setembro/2007, fornecidas pela **Rolls-Royce**.

Principalmente como função das baixas profundidades existentes em toda a área investigada, associadas à presença de sedimentos argilo-siltosos orgânicos, optou-se por determinar apenas um refletor, considerando a impossibilidade de acompanhar o desenvolvimento lateral de outros refletores subjacentes, algumas vezes visíveis, porém difusos e de difícil interpretação.

Tal refletor, face à dificuldade descrita, foi representado em planta como embasamento acústico, definido como o refletor mais profundo observado – limite até o qual não se detectou a presença de rocha –, ocorrendo em toda a área, como o principal refletor mapeável.

Foi também identificada uma área de anomalia acústica, próxima ao Cais da **Rolls-Royce**, representada por hipérboles ocorrentes no fundo e subfundo, que podem estar associadas à simples existência de pontos de maior resistência do solo, a mudanças abruptas na natureza do substrato, à presença de rochas ou a detritos estranhos ao assoalho marinho (objetos metálicos, poitas, âncoras, cabos de aço e outros).

A seguir, apresenta-se a Figura 48, mostrando a área de ocorrência de hipérboles mencionadas:

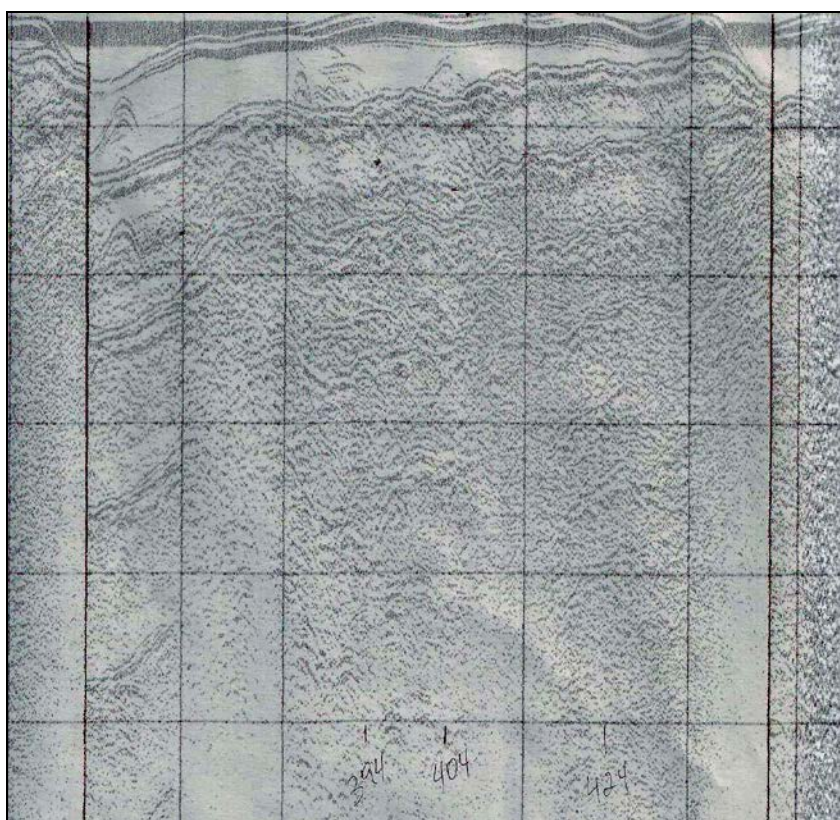


Figura 48: Exemplo de registro sísmico colhido na área investigada, ilustrando a baixa qualidade de resposta acústica e o trecho de hipérboles, existente no fundo e subfundo marinhos, colhido próximo ao Cais da Rolls-Royce (Seção L-02, Março/2008).

A representação do embasamento acústico em planta – aqui entendido como o refletor mais profundo, interpretado nos registros – não está obrigatoriamente relacionado ao embasamento rochoso, estando antes associado a uma interface situada entre dois pacotes sedimentares, possivelmente de natureza e/ou consistência distintas.

8.2.5. Perfis Sismobatimétricos

Com fins ilustrativos, foram gerados perfis da superfície de fundo, obtidos dos modelos digitais de terreno, gerados a partir dos dados do último levantamento sismobatimétrico, realizado em 13/03/2008, como também de informações do levantamento realizado pela MICROARS em Agosto/2007.

A obtenção destes perfis da superfície de fundo, do horizonte geofísico e da superfície de projeto, foi feita através de seções de corte nestas superfícies, tomando-se uma linha arbitrária como ponto de partida para o corte das seções.

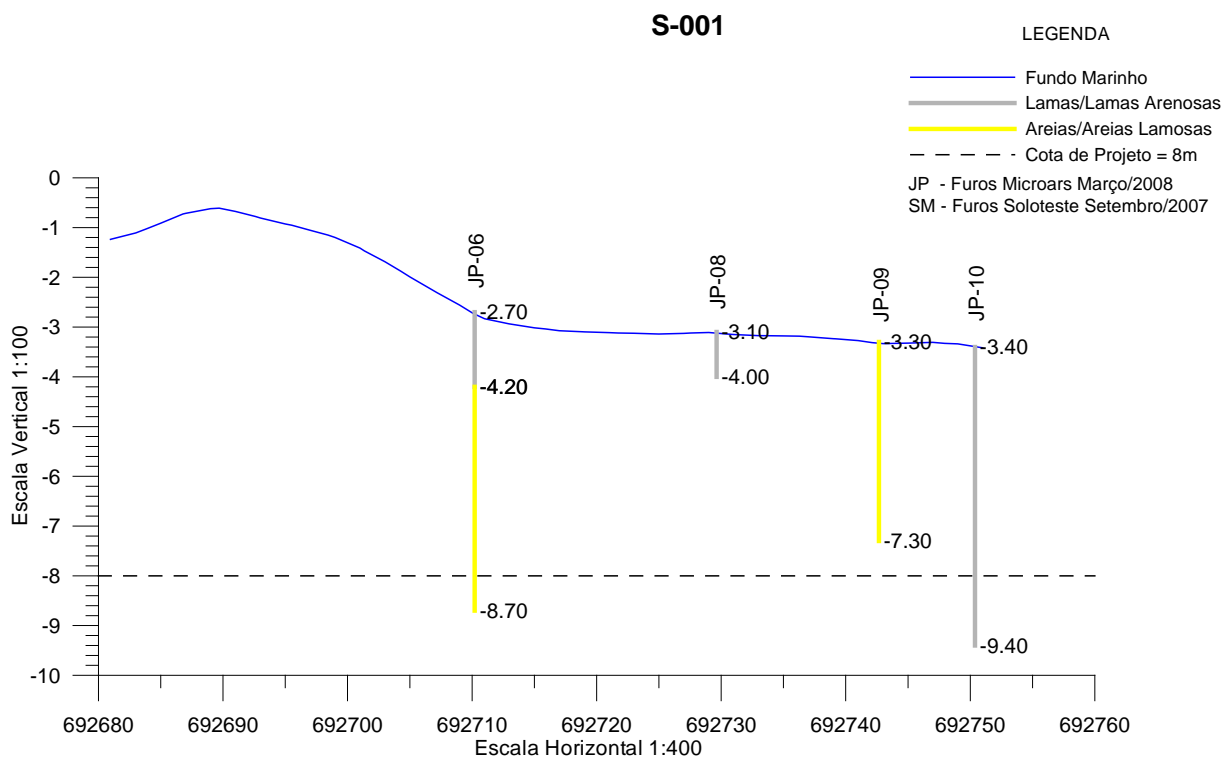
O desenho em duas dimensões, apresentando a área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis, encontram-se nas figuras a seguir, onde também podem ser encontrados os perfis gerados, nos quais se pode observar a justaposição entre as seções batimétrica, sísmica e de projeto, acrescida das posições das sondagens executadas pela MICROARS e aquelas executadas pela SOLOTESTE.

Finalmente, convém acrescentar que as profundidades, indicadas na vertical de cada sondagem, foram extraídas dos dados do levantamento batimétrico realizado, somando-os às espessuras das sucessivas camadas de solo, conforme informadas nos boletins desses furos.

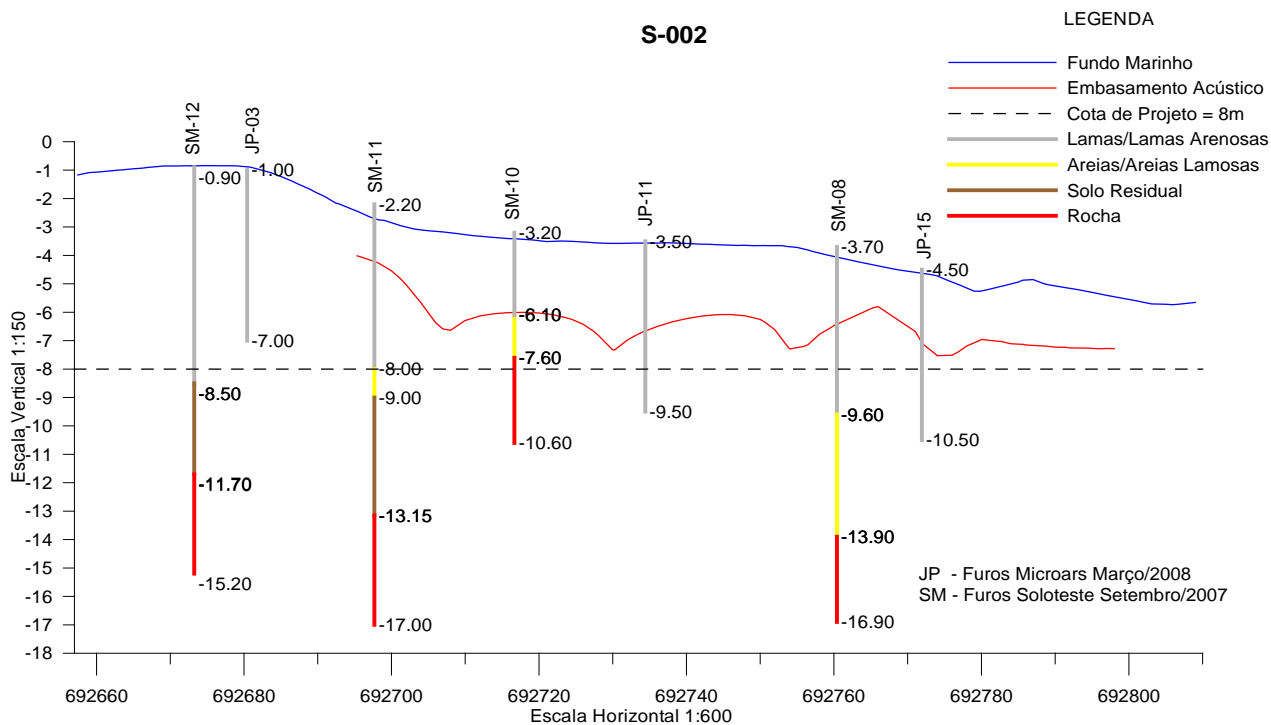
No caso dos furos da SOLOTESTE, foram assumidas as profundidades extraídas da batimetria de Agosto/2007, considerando-se as espessuras de cada camada perfurada, a partir do fundo marinho.



Perfil 1

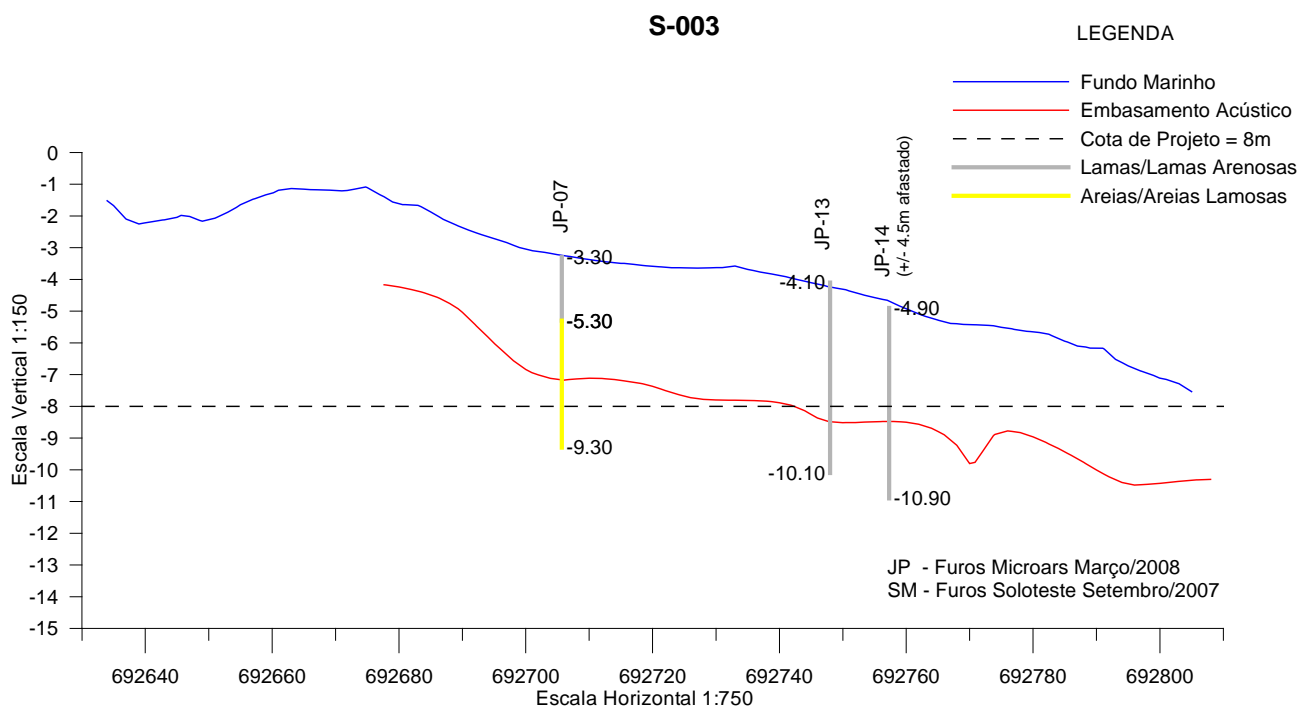


Perfil 2

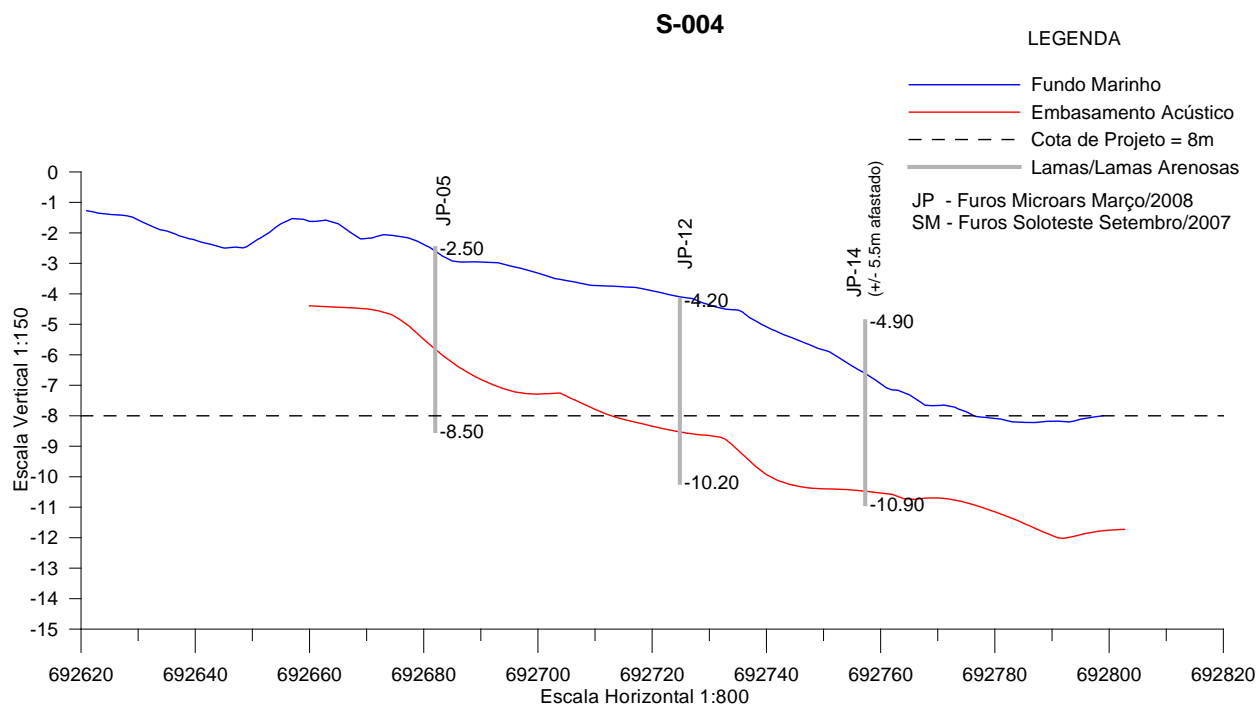




Perfil 3



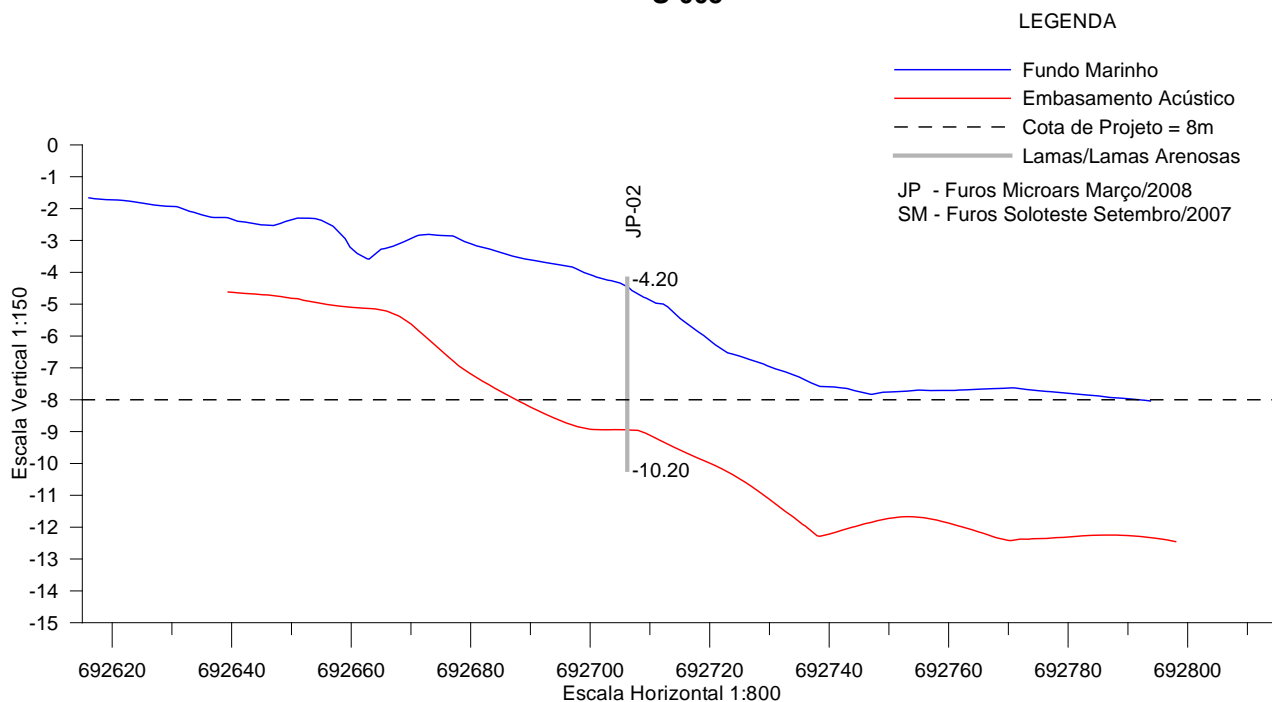
Perfil 4





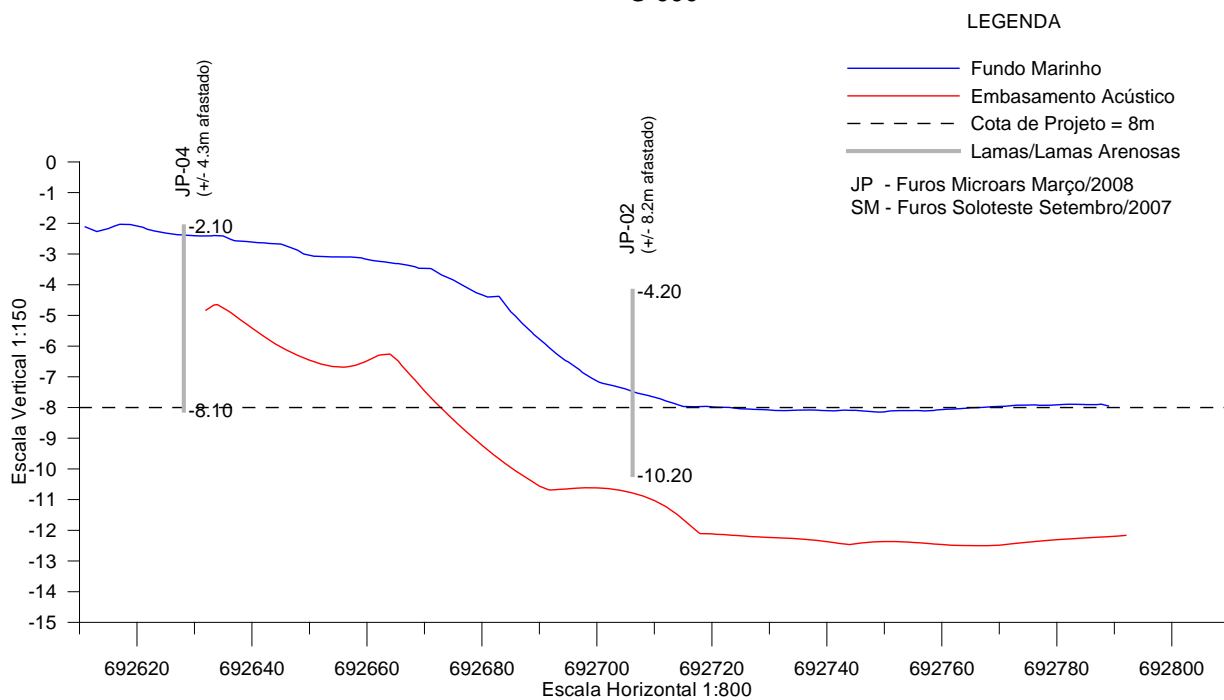
Perfil 5

S-005



Perfil 6

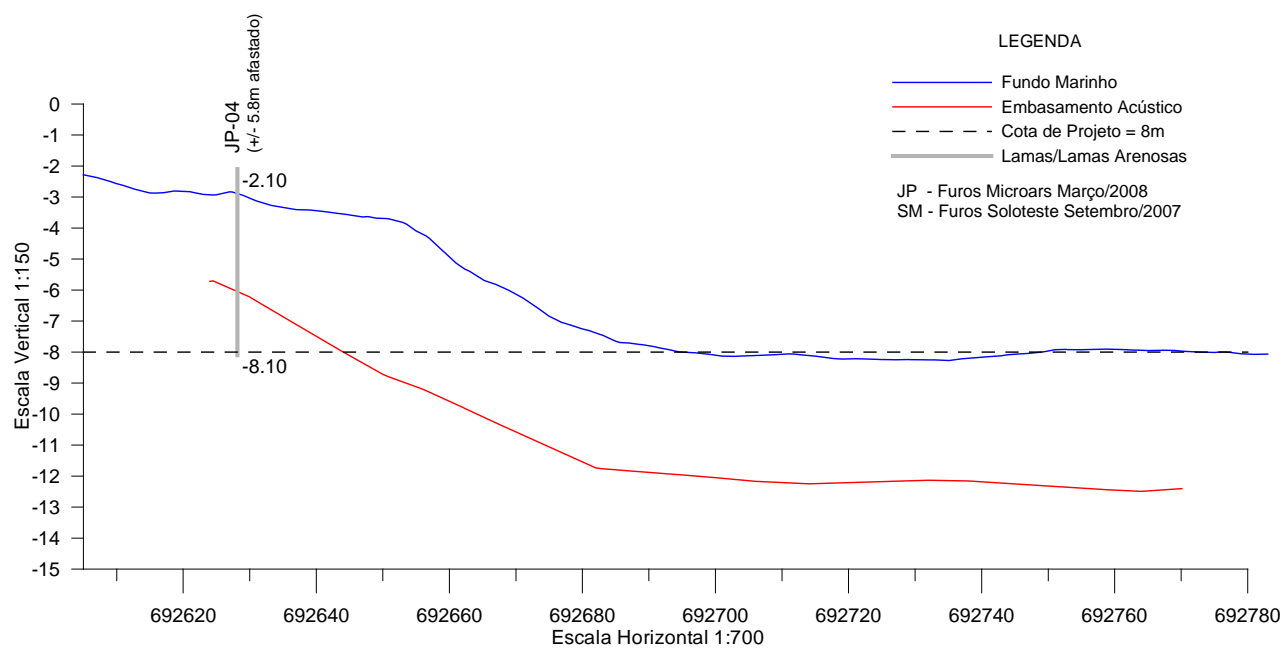
S-006





Perfil 7

S-007





8.2.6. Boletins de Sondagem Jet-Probe

Furo: JP-01 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,20	Cascalho, com pedregulhos grossos de quartzo e fragmentos de conchas, cinza escuro.
1,20	-4,40	Areia grossa, argilosa, com poucos pedregulhos, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-9,20	Limite de Sondagem.

Furo: JP-02 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,20	Argila siltosa, com poucos pedregulhos, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-10,20	Limite de Sondagem.



Furo: JP-03 / Data: Março/2008
Cliente: Rolls-Royce
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	-1,00	Argila siltosa, com areia fina e detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-7,00	Limite de Sondagem.
		Obs.: Esta sondagem foi realizada em ponto fora da sismobatimetria realizada em 13/03/2008. Cotas estimadas com base no levantamento batimétrico executado em 10/08/2007 (Desenho Microars 0827-00).

Furo: JP-04 / Data: Março/2008
Cliente: Rolls-Royce
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	-2,10	Argila siltosa, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-8,10	Limite de Sondagem.

**Furo: JP-05 / Data: Março/2008****Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-2,50	Argila siltosa, com pouca areia fina e fragmentos de conchas, cinza escura.
6,00	-8,50	Limite de Sondagem.

Furo: JP-06 / Data: Março/2008**Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-2,70	Argila siltosa, orgânica, cinza esverdeada.
1,50	-4,20	Areia quartzosa, com pedregulhos de quartzo e feldspato, cinza clara.
6,00	-8,70	Limite de Sondagem.

**Furo: JP-07 / Data: Março/2008****Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,30	Argila siltosa, com pouca areia fina e muitos detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
2,00	-5,30	Argila muito arenosa (areia média e grossa), cinza esverdeada.
6,00	-9,30	Limite de Sondagem.

Furo: JP-08 / Data: Março/2008**Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,10	Argila siltosa, com muitos detritos vegetais, cinza esverdeada.
0,90	-4,00	Limite de Sondagem.
		Obs.: Quebra da composição de sondagem. Mergulhador reportou a existência de ferragens recobertas por sedimentos no local.

**Furo: JP-09 / Data: Março/2008****Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,30	Cascalho argiloso, com muitos fragmentos de conchas e detritos vegetais, cinza esverdeado.
0,50	-3,80	Areia grossa, siltosa, com muitos fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
4,00	-7,30	Limite de Sondagem.

Furo: JP-10 / Data: Março/2008**Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,40	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-9,40	Limite de Sondagem.

**Furo: JP-11 / Data: Março/2008****Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	-3,50	Argila siltosa, com pouca areia fina e detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-9,50	Limite de Sondagem.

Furo: JP-12 / Data: Março/2008**Cliente: Rolls-Royce****Local: Niterói – RJ**

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	-4,20	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,20	Limite de Sondagem.



Furo: JP-13 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,10	Argila siltosa, com detritos vegetais e animais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,10	Limite de Sondagem.

Furo: JP-14 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,90	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,90	Limite de Sondagem.



Furo: JP-15 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,50	Argila siltosa, com pouca areia grossa e pedregulhos grossos, cinza escura.
6,00	-10,50	Limite de Sondagem.
		Obs.: Furo deslocado da posição original. Mergulhador reportou objeto metálico afundado (chata).

8.2.7. Considerações Finais

Na área investigada, ocorrem sedimentos argilo-siltosos de baixa consistência, dispostos sobre sedimentos areno-argilosos, contendo pedregulhos finos de quartzo e feldspato, de elevada compacidade.

Tais sedimentos são associados, respectivamente, aos sedimentos estuarinos holocênicos e aos sedimentos fluviais da Formação Caceribu, mencionados na literatura técnica comentada.

A existência de padrões hiperbólicos na área investigada, e que por vezes podem ser atribuíveis à ocorrência de rochas, neste caso – considerando a identificação de um refletor bastante difuso e subjacente a tais padrões, na maior parte da área investigada – parece estar mais provavelmente associada a drásticas mudanças na natureza do substrato ou à ocorrência, confirmada em algumas sondagens jet-probe (JP-08 e JP-15), de detritos metálicos, que estão parcial ou totalmente soterrados pelos sedimentos de fundo.

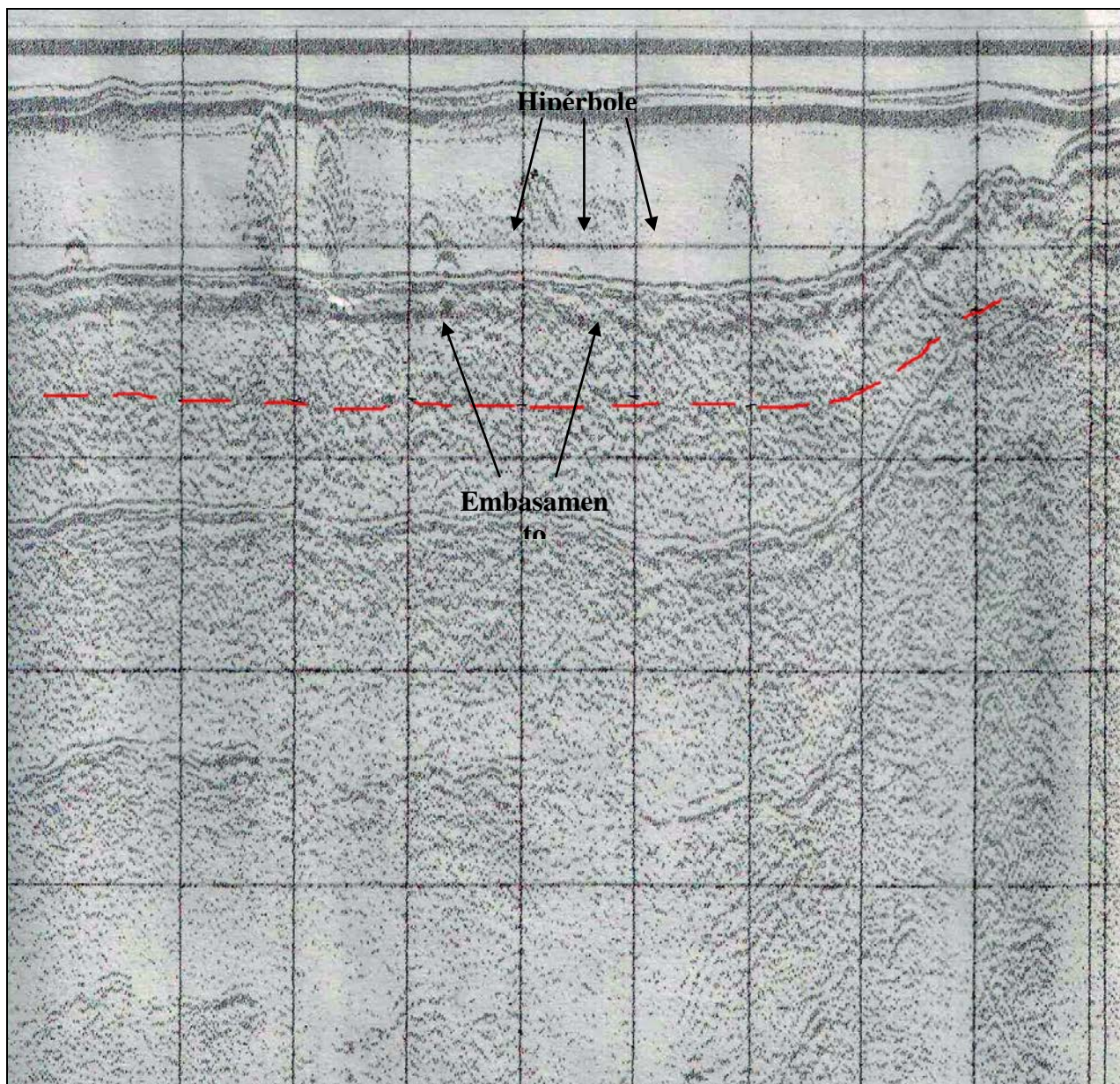


Figura 49: Exemplo de registro sísmico colhido na área investigada, com feições hiperbólicas que poderiam sugerir a existência de rocha, hipótese descartada face à verificação de um refletor difuso subjacente, mapeado como embasamento acústico (Seção L-07, Março/2008).

A presença apenas do refletor denominado como embasamento acústico, identificado na área investigada, caracteriza, na verdade, uma extensa região de baixa permeabilidade acústica, cuja resposta sísmica é extremamente prejudicada, graças às pequenas profundidades e/ou ao tipo de sedimento essencialmente lamoso orgânico, aí encontrado.

Considerando os registros sísmicos das linhas realizadas e face às informações contidas nos furos jet-probe, executados pela MICROARS, que em sua maior parte tiveram um avanço a profundidades próximas ou superiores a 8 m (DHN), pode-se praticamente descartar a possibilidade de embasamento rochoso, muito próximo à profundidade de projeto, na maior parte da área.

Contudo, o conjunto de fatos a seguir recomenda uma investigação mais detalhada num pequeno trecho da futura bacia de evolução do Terminal da **Rolls-Royce**, compreendido pela área de influência dos furos SM-09, JP-08, JP-09 e, secundariamente, pelo furo SM-10, considerando que:

- todas essas sondagens encontram-se no interior ou muito próximas da área de anomalia acústica com padrões hiperbólicos de fundo e subfundo (vide planta de interpretação sísmica);
- o furo SM-09 mostra o topo do embasamento rochoso com profundidade de 3,60m (DHN);
- o furo SM-10 mostra o topo do embasamento rochoso com profundidade de 7,60m (DHN);
- o furo JP-08 teve seu limite em 4,00 m (DHN);
- o furo JP-09 teve seu limite em 7,30 m (DHN);
- a interpretação do embasamento acústico, em todos esses pontos, também indica profundidades bem menores do que 8,00 m.

Sendo assim, face às condições listadas, recomenda-se detalhar a área de influência definida pelos furos SM-09, JP-08, JP-09 e SM-10, através da programação e execução de sondagens mistas que alcancem a profundidade de projeto desejada, a fim de subsidiar a adequação do projeto de aprofundamento pretendido.

8.3. Wellstream – Ilha da Conceição

8.3.1. Introdução

Foram executados **levantamentos sísmicos** em 05 (cinco) regiões da Baía de Guanabara nas proximidades da Ilha da Conceição, conforme a Figura 50 a seguir, no período de 13 de janeiro de 2011 até o dia 16 de janeiro de 2011. A área da região 01 (um) é de 276.000,00 m², a área da região 02 (dois) é de 160.000,00 m², a área da região 03 (três) é de 87.000,00 m², a área da região 04 (quatro) é de 31.200,00 m² e a área da região 05 (cinco) é de 54.000,00 m², totalizando a área de 608.200,00 m².

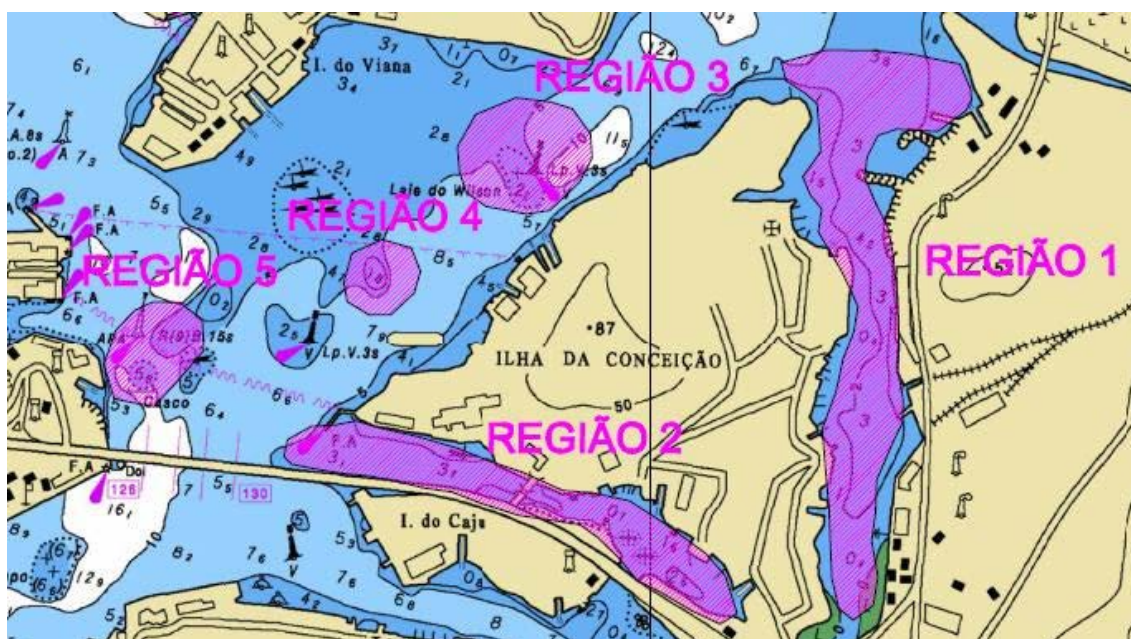


Figura 50. Área de abrangência do levantamento sísmico.

8.3.2. Serviços Executados

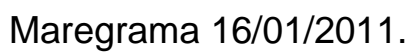
O percurso para o levantamento foi programado visando a abrangência de máxima precisão de toda a área de estudo, considerando a execução de linhas espaçadas a cada 10m.

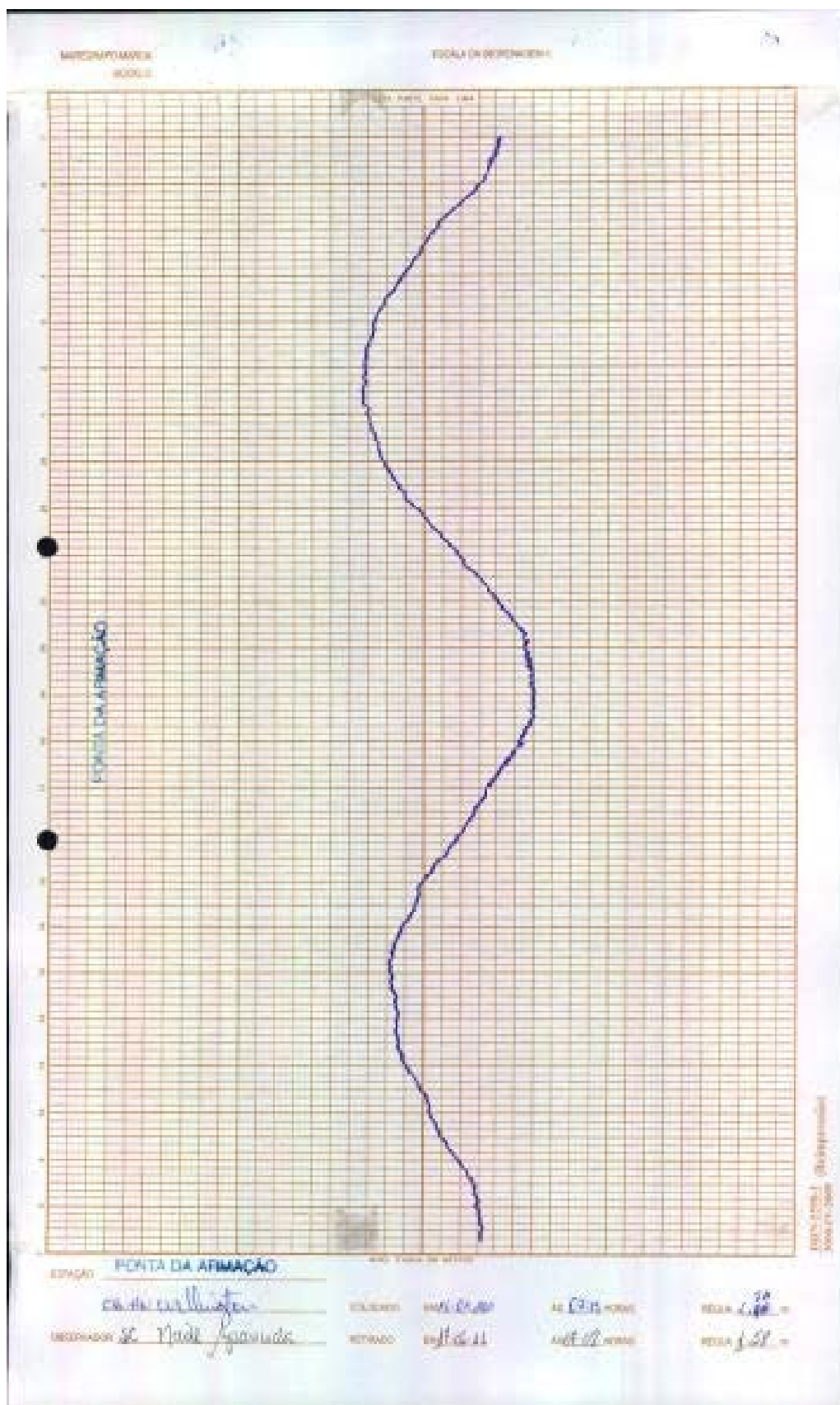
A aquisição de dados ocorreu no período de 13/01/2011 a 16/01/2011 nas regiões acima descritas e ilustradas. Para a região 01 a distância navegada linearmente foi 28,097 km, para a região 02 foi 10,402 km, para a região 03 foi 7,643 km, para a região 04 foi 4,415 km e para a região 05 foi 5,694 km.

8.3.2.1 Maré – Redução das sondagens

O resultado da variação das marés nas regiões nas datas dos levantamentos foi fornecido pelo CHM – Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil.

Seguem informações adquiridas da maré nas regiões no período de duração do levantamento (os dados referentes à maré são registrados a cada 10 minutos).





Maregrama 17/01/2011.



Projeto : Niterói-Rj - Interdraga Consultoria e Serviços Ltda.

Data: 15-jan-2011

Área : Proximidades da Ilha da Conceição

Local da Leitura e Leitor: Ponta da armação - DHN

Obs.:						nível de redução: 1,19		
Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida
04:00			10:10			16:20	1,78	0,59
04:10			10:20			16:30	1,76	0,57
04:20			10:30			16:40	1,73	0,54
04:30			10:40			16:50	1,71	0,52
04:40			10:50			17:00	1,68	0,49
04:50			11:00			17:10	1,67	0,48
05:00			11:10			17:20	1,65	0,46
05:10			11:20	2,14	0,95	17:30	1,63	0,44
05:20			11:30	2,14	0,95	17:40	1,62	0,43
05:30			11:40	2,14	0,95	17:50	1,60	0,41
05:40			11:50	2,14	0,95	18:00	1,60	0,41
05:50			12:00	2,15	0,96	18:10		
06:00			12:10	2,15	0,96	18:20		
06:10			12:20	2,14	0,95	18:30		
06:20			12:30	2,13	0,94	18:40		
06:30			12:40	2,12	0,93	18:50		
06:40			12:50	2,13	0,94	19:00		
06:50			13:00	2,12	0,93	19:10		
07:00			13:10	2,12	0,93	19:20		
07:10			13:20	2,12	0,93	19:30		
07:20			13:30	2,11	0,92	19:40		
07:30			13:40	2,10	0,91	19:50		
07:40			13:50	2,10	0,91	20:00		
07:50			14:00	2,10	0,91	20:10		
08:00			14:10	2,09	0,90	20:20		
08:10			14:20	2,07	0,88	20:30		
08:20			14:30	2,04	0,85	20:40		
08:30			14:40	2,01	0,82	20:50		
08:40			14:50	2,00	0,81	21:00		
08:50			15:00	1,99	0,80	21:10		
09:00			15:10	1,98	0,79	21:20		
09:10			15:20	1,94	0,75	21:30		
09:20			15:30	1,92	0,73	21:40		
09:30			15:40	1,90	0,71	21:50		
09:40			15:50	1,87	0,68	22:00		
09:50			16:00	1,82	0,63	22:10		
10:00			16:10	1,79	0,60	22:20		

Tabela 45 - Transcrição dos dados obtidos através dos Maregramas

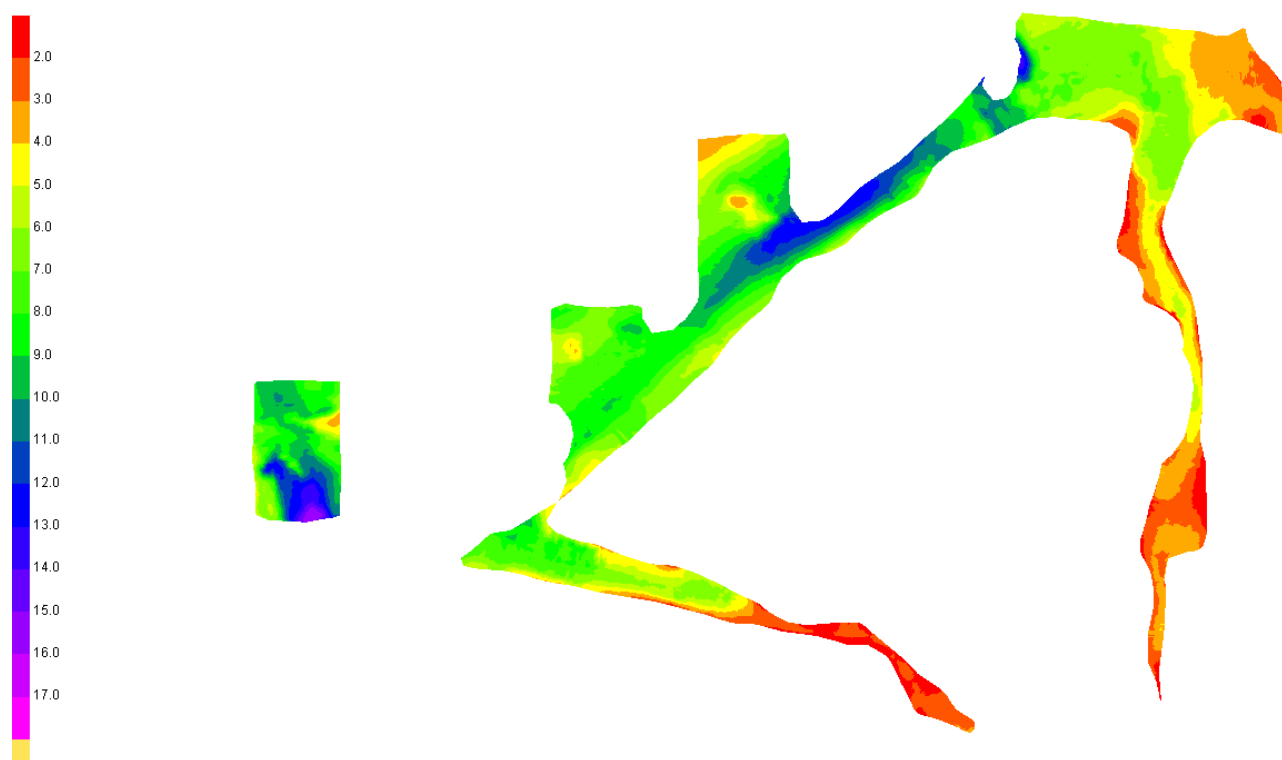


Projeto: Niterói-Rj - Interdraga Consultoria e Serviços Ltda.								
Data: 16-jan-2011								
Área : Proximidades da Ilha da Conceição								
Local da Leitura e Leitor: Ponta da armação- DHN								
Obs.:						nível de redução: 1,19		
Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida
04:00			10:10	1,98	0,79	16:20	1,76	0,57
04:10			10:20	1,99	0,80	16:30	1,73	0,54
04:20			10:30	2,01	0,82	16:40	1,70	0,51
04:30			10:40	2,03	0,84	16:50	1,68	0,49
04:40			10:50	2,07	0,88	17:00	1,67	0,48
04:50			11:00	2,10	0,91	17:10	1,61	0,42
05:00			11:10	2,11	0,92	17:20	1,59	0,40
05:10			11:20	2,12	0,93	17:30	1,56	0,37
05:20			11:30	2,12	0,93	17:40	1,52	0,33
05:30			11:40	2,13	0,94	17:50	1,50	0,31
05:40			11:50	2,15	0,96	18:00	1,48	0,29
05:50			12:00	2,14	0,95	18:10		
06:00			12:10	2,14	0,95	18:20		
06:10			12:20	2,16	0,97	18:30		
06:20			12:30	2,16	0,97	18:40		
06:30			12:40	2,18	0,99	18:50		
06:40			12:50	2,18	0,99	19:00		
06:50			13:00	2,18	0,99	19:10		
07:00			13:10	2,19	1,00	19:20		
07:10			13:20	2,17	0,98	19:30		
07:20			13:30	2,17	0,98	19:40		
07:30			13:40	2,16	0,97	19:50		
07:40			13:50	2,12	0,93	20:00		
07:50			14:00	2,11	0,92	20:10		
08:00			14:10	2,08	0,89	20:20		
08:10			14:20	2,07	0,88	20:30		
08:20			14:30	2,05	0,86	20:40		
08:30			14:40	2,03	0,84	20:50		
08:40			14:50	2,03	0,84	21:00		
08:50			15:00	2,00	0,81	21:10		
09:00			15:10	1,97	0,78	21:20		
09:10			15:20	1,96	0,77	21:30		
09:20			15:30	1,90	0,71	21:40		
09:30	1,90	0,71	15:40	1,88	0,69	21:50		
09:40	1,92	0,73	15:50	1,83	0,64	22:00		
09:50	1,94	0,75	16:00	1,80	0,61	22:10		
10:00	1,98	0,79	16:10	1,78	0,59	22:20		

Tabela 46 - . Transcrição dos dados obtidos através dos Maregramas

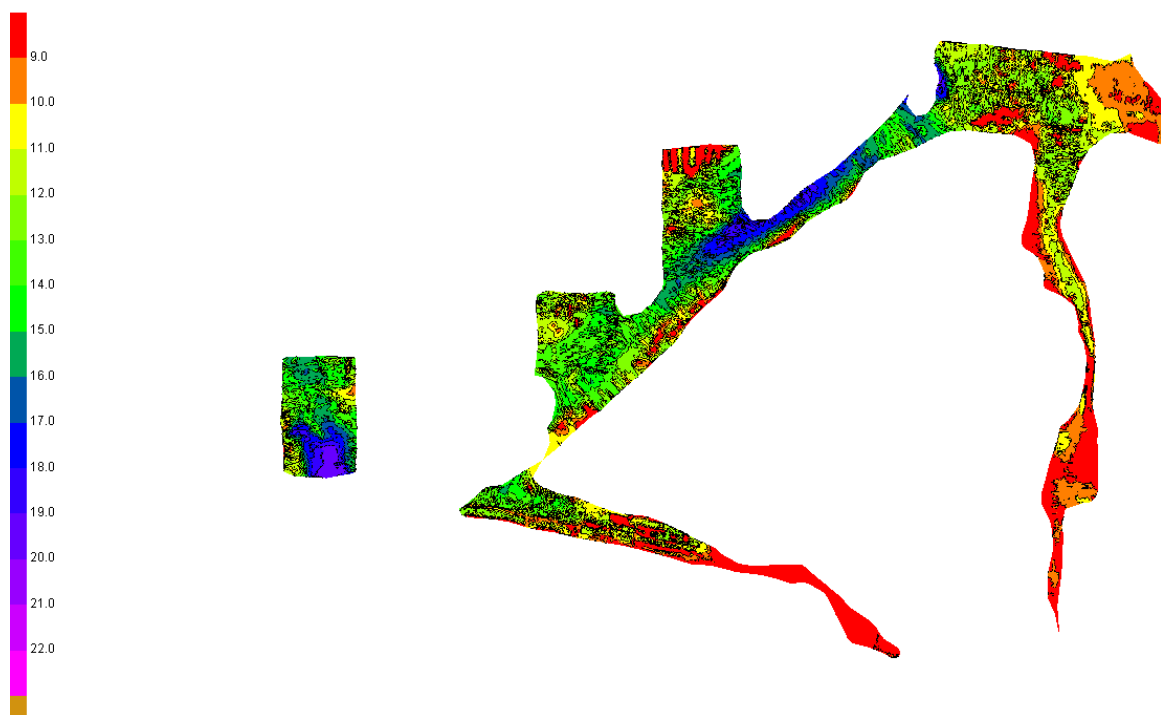
8.3.3. Apresentação das imagens gráficas das regiões do levantamento

A. Área total levantada – Alta Frequência (200 kHz)

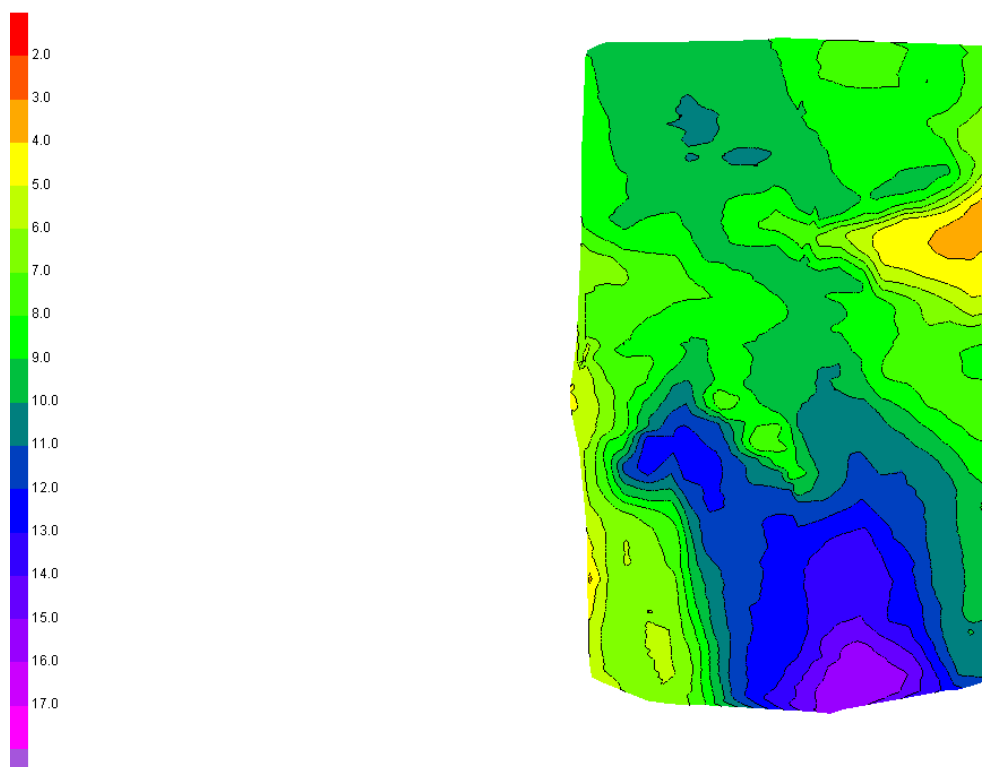




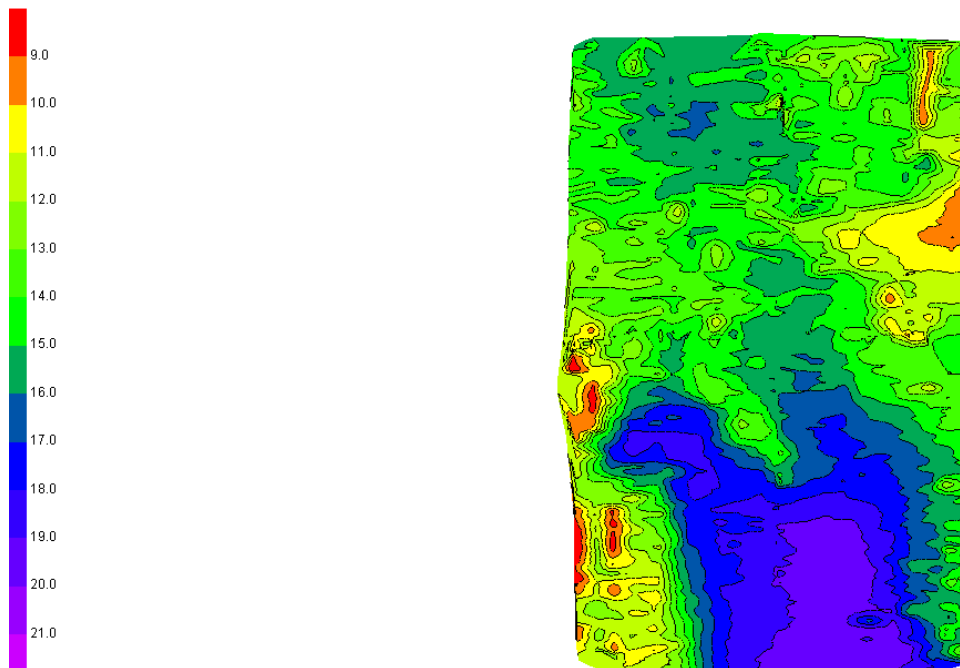
B. Área total levantada – Baixa Frequência (4 kHz)



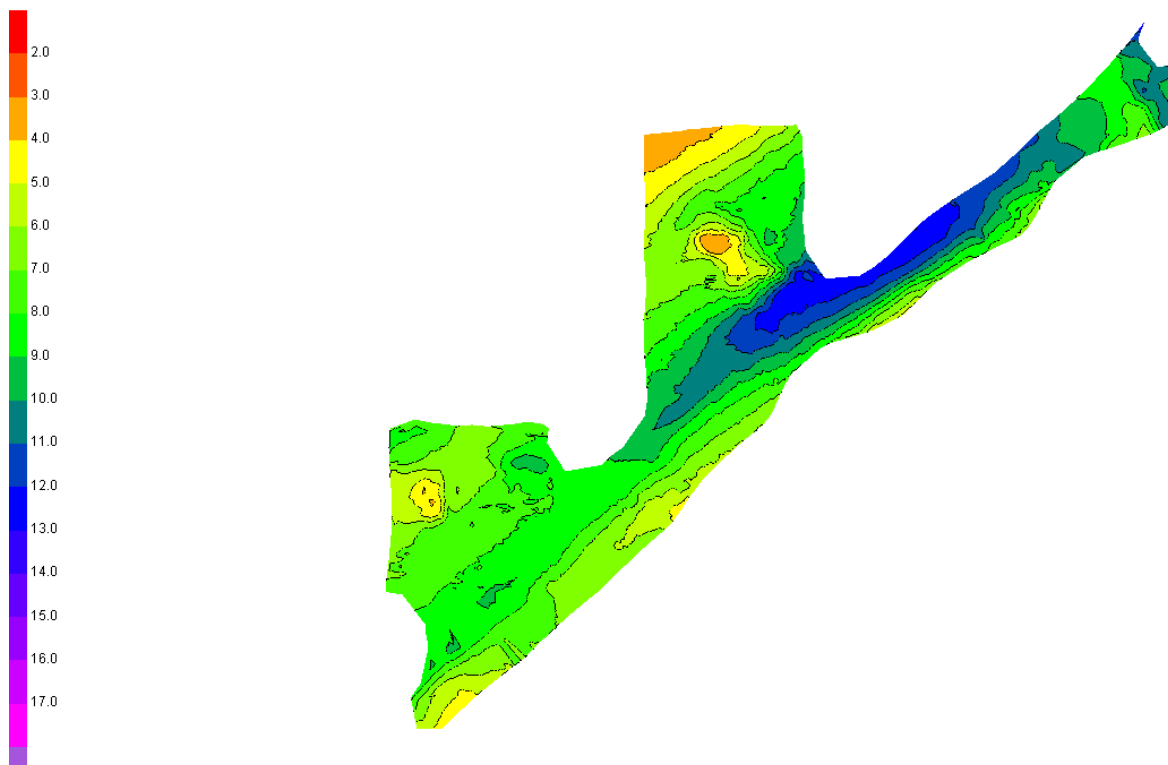
C. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 kHz)



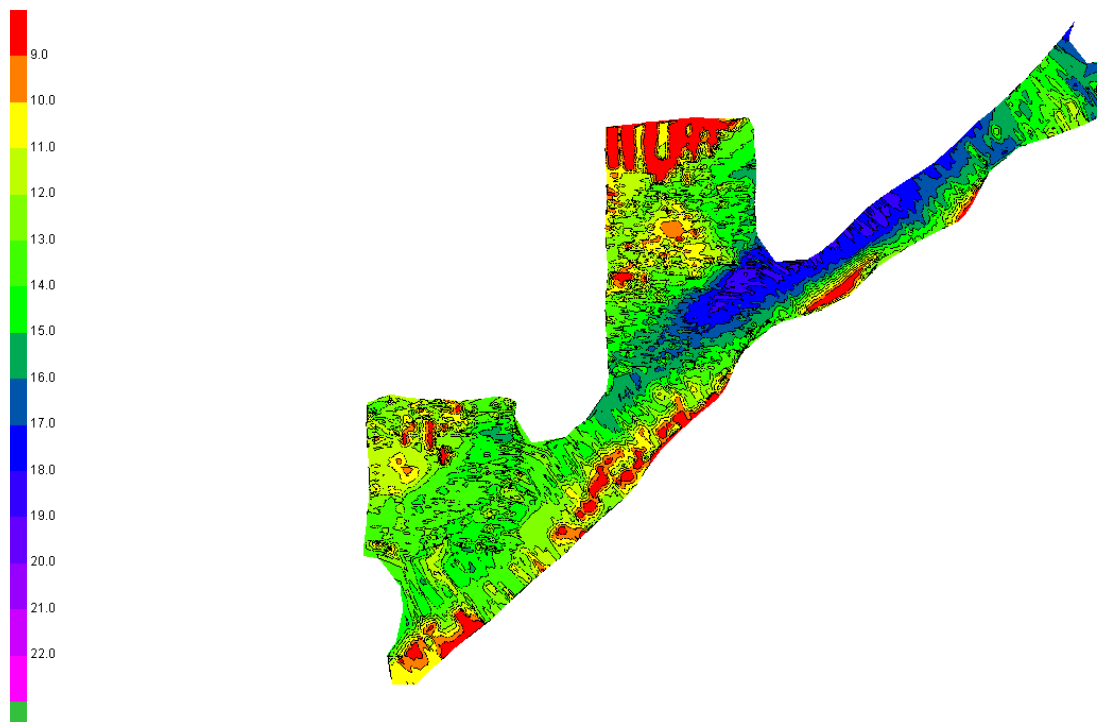
D. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Baixa Frequência (4 KHz)



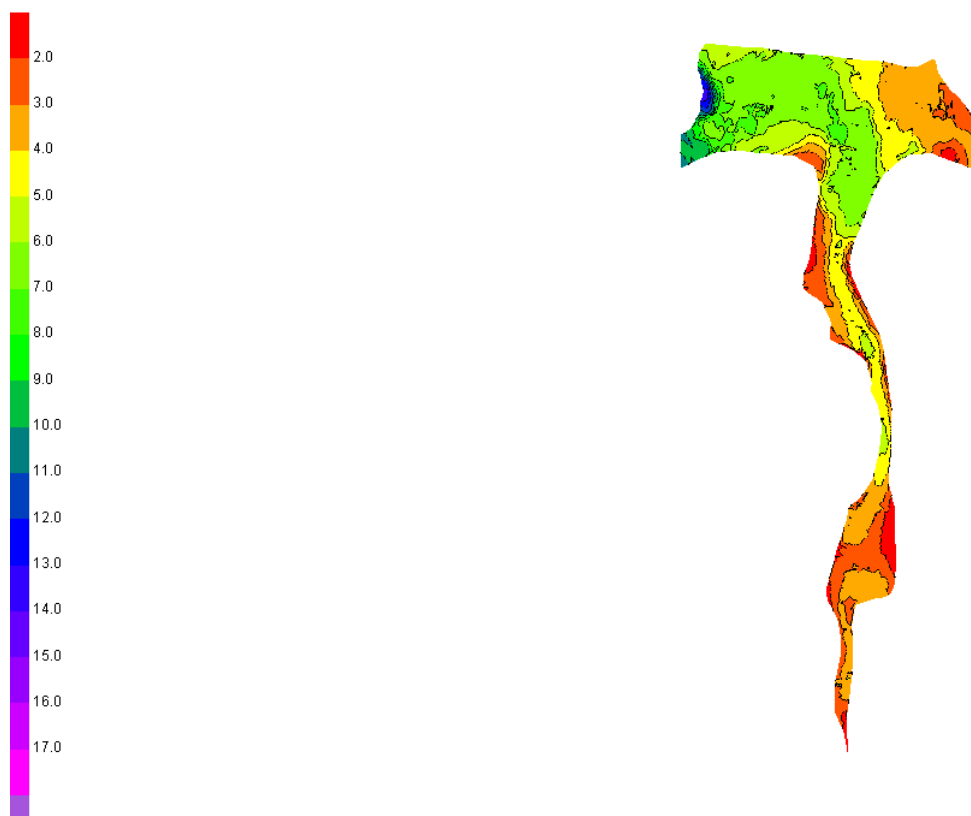
E. Áreas 2 e 3 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 KHz)



F. Áreas 2 e 3 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Baixa Frequência (4 KHz)

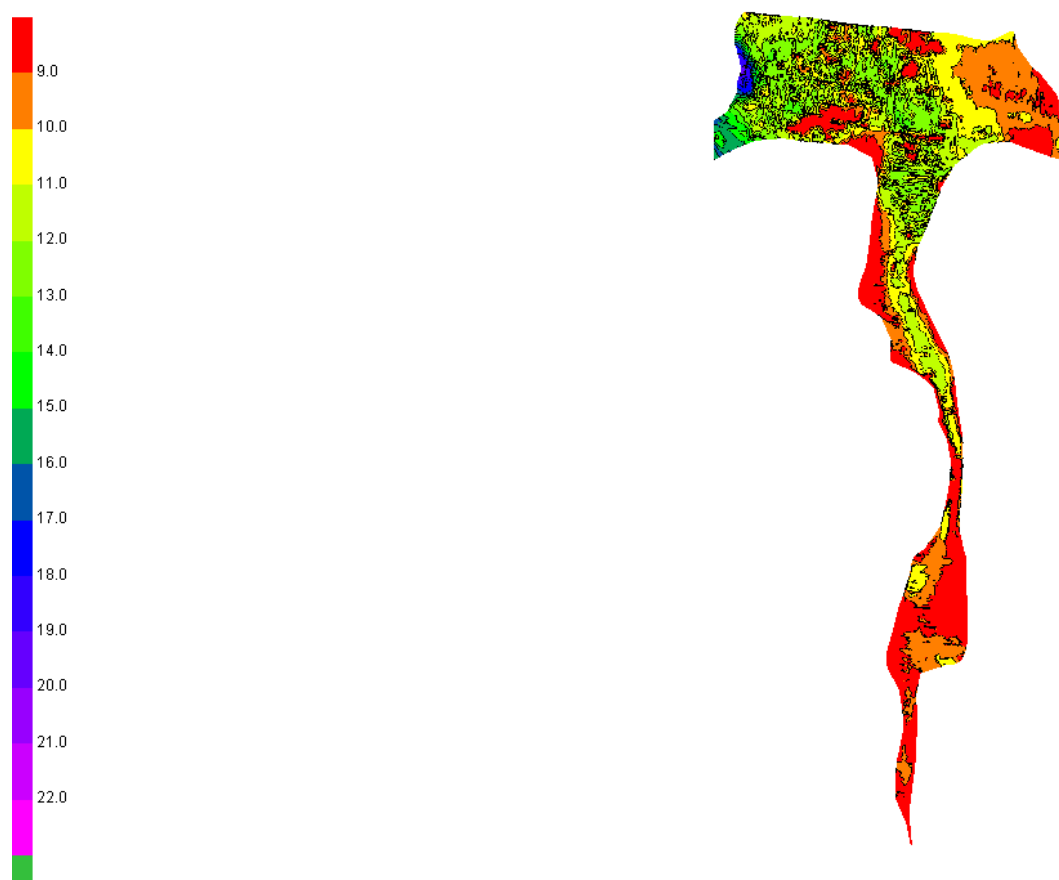


G. Área do Canal de São Lourenço – Alta Frequência (200 kHz)

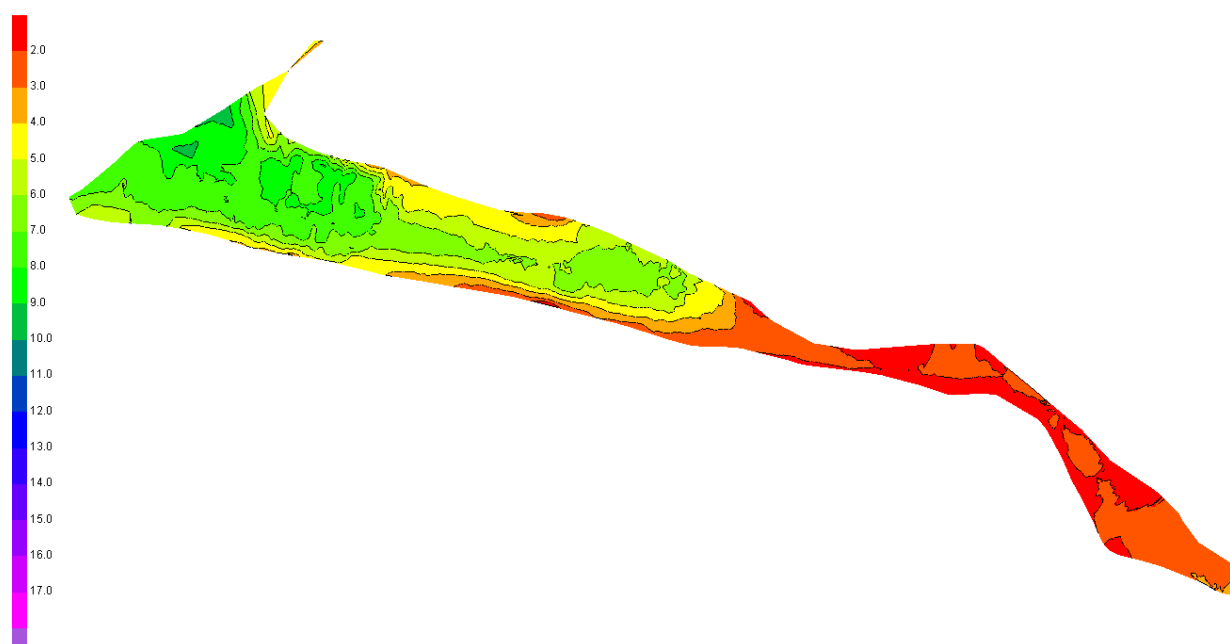




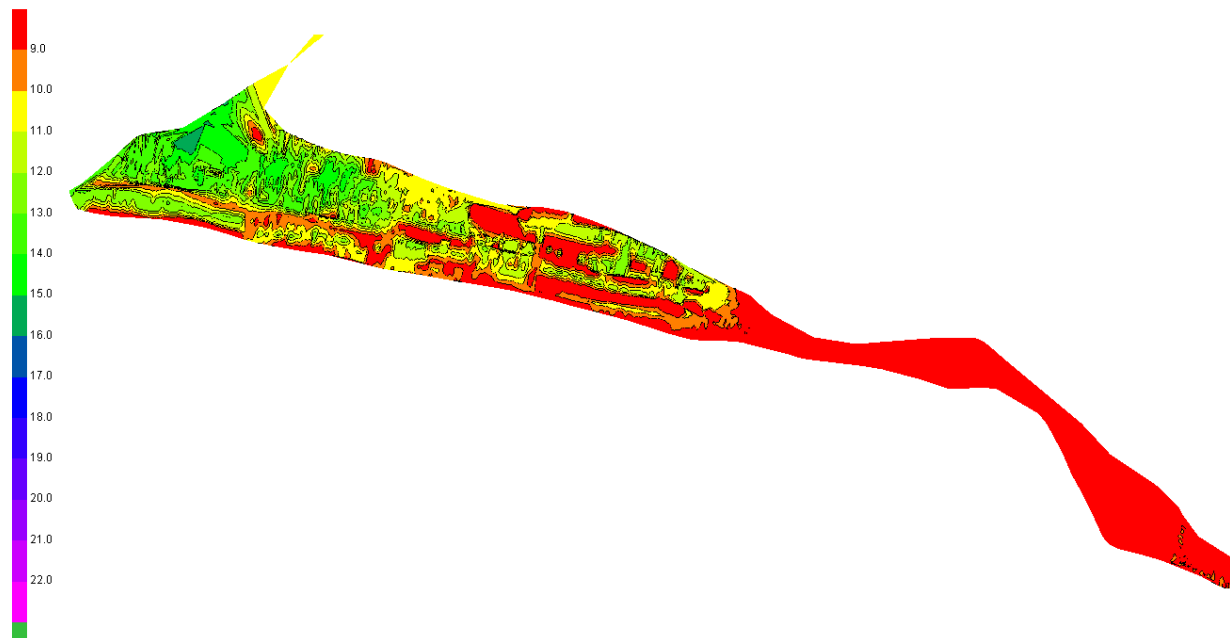
H. Área do Canal de São Lourenço – Baixa Frequência (4 KHz)



I. Área entre as ilhas do Caju e da Conceição – Alta Frequência (200 kHz)



J. Área entre as ilhas do Caju e da Conceição – Baixa Frequência (4 KHz)



8.3.4. Conclusão

Com o levantamento realizado com frequência de 200 kHz, foram obtidas as alturas da coluna de água em toda área de abrangência do levantamento sísmico. O levantamento realizado com a frequência de 4kHz foi conduzido com o objetivo de identificar indícios da presença de material mais consolidado ou embasamento rochoso na área de abrangência. Os resultados do levantamento de 4 kHz foram apresentados na forma de uma superfície localizada abaixo do leito oceânico. Esta superfície identifica as profundidades a partir das quais se espera encontrar a presença de material mais consolidado ou embasamento rochoso. Estes levantamentos, junto com o projeto dos canais de navegação, irão orientar o posicionamento das sondagens por métodos diretos.

9 - AVALIAÇÃO DA ÁREA DE ABERTURA DO CANAL DA ILHA DA CONCEIÇÃO

Para a avaliação hidrodinâmica do projeto da abertura do canal da Ilha da Conceição, foi realizada uma comparação no campo de correntes, através de simulações em modelo matemático para a situação atual do canal e para a situação após a sua abertura.

O projeto conceitual conta com a abertura de um canal de aproximadamente 20 metros de largura centrada ao canal na cota de -2 metros e com comprimento de aproximadamente 300 metros, objetivando a melhoria da qualidade da água local e no deslocamento das embarcações.



Figura 51. Localização da área de projeto.

As condições hidrodinâmicas no canal da área de estudo foram simuladas com o módulo hidrodinâmico do sistema de modelagem MIKE 21 Flow Model FM, desenvolvido pelo DHI Water & Health, da Dinamarca.

O sistema de modelagem MIKE 21 FM emprega uma aproximação baseada numa malha flexível, a qual, como mostra a Figura 52, permite a adoção de diferentes níveis de resolução espacial, que vão desde uma resolução mais grosseira, apropriada para áreas mais afastadas, até uma resolução mais fina, usada nas áreas de maior interesse. É ideal para aplicações em ambientes oceânicos, costeiros e estuarinos.

O módulo hidrodinâmico, que é a base para os demais módulos do sistema, simula os níveis de água e as velocidades das correntes em função de uma combinação de marés, ventos, ondas e descargas fluviais.

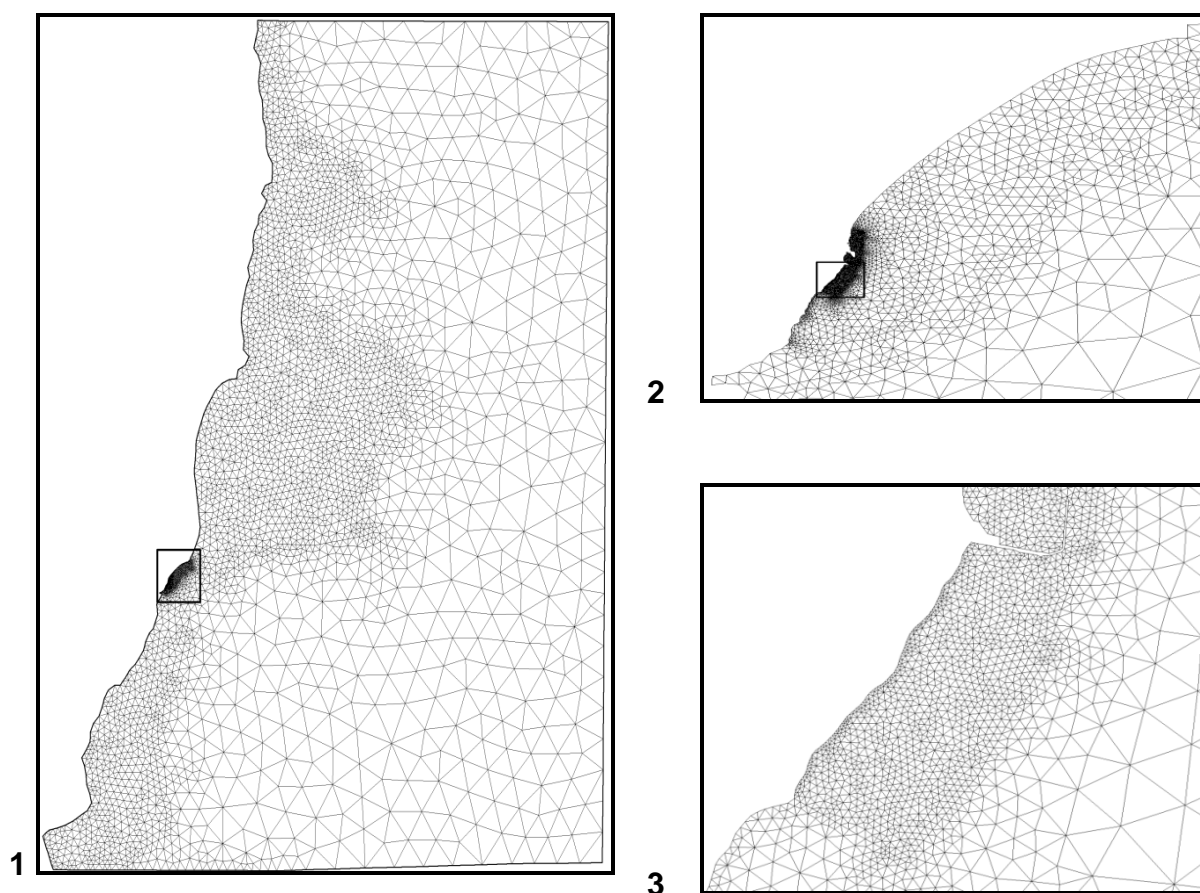


Figura 52. Exemplo de malha numérica flexível.

A Figura 53 mostra a malha numérica que foi criada para o estudo, com a batimetria gerada no modelo através da interpolação de dados de profundidade retirados das cartas náuticas, somados aos dados de Levantamentos disponíveis no INPH. A malha abrange toda a Baía de Guanabara. Na área do canal do projeto foi usada uma resolução maior, para descrever adequadamente os fenômenos físicos que ali ocorrem.

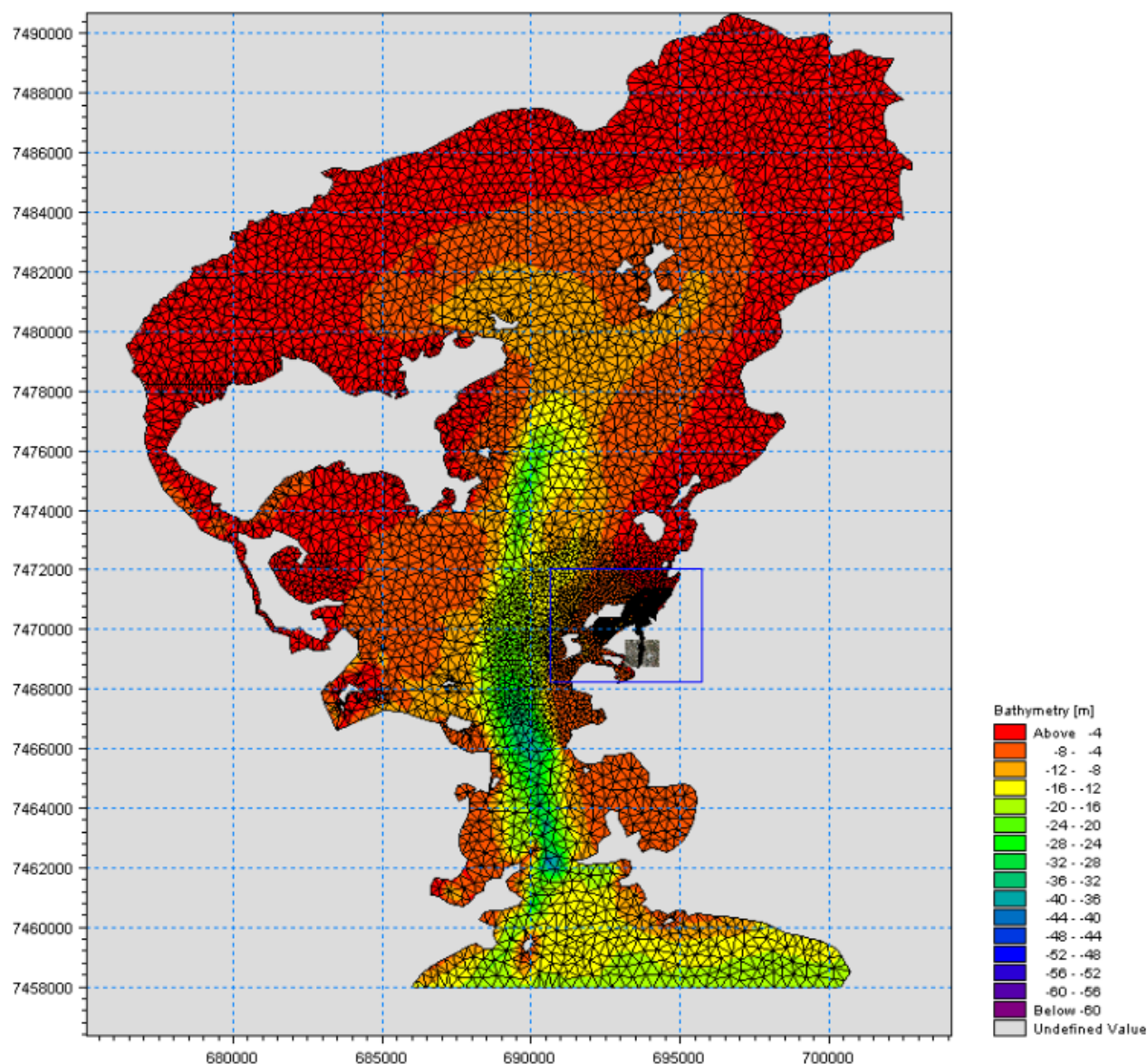


Figura 53. Batimetria da Baía de Guanabara mostrando a malha computacional utilizada.

Foram simuladas as condições hidrodinâmicas em duas situações. A primeira representando a situação atual e a segunda com o projeto de abertura do canal. Nesta, será incluída, nos cálculos do modelo, uma dragagem até a profundidade de -2 m com cerca de 20 metros centrados ao canal e com extensão de aproximadamente 300 metros, como ilustrado na Figura 54.



Figura 54. Detalhe da área de abertura do canal da ilha da Conceição.

A batimetria atual pode ser vista no detalhe da carta náutica nº 1515 mostrado na Figura 55, e o detalhe da batimetria da abertura do canal utilizada nas simulações pode ser observado na Figura 56.

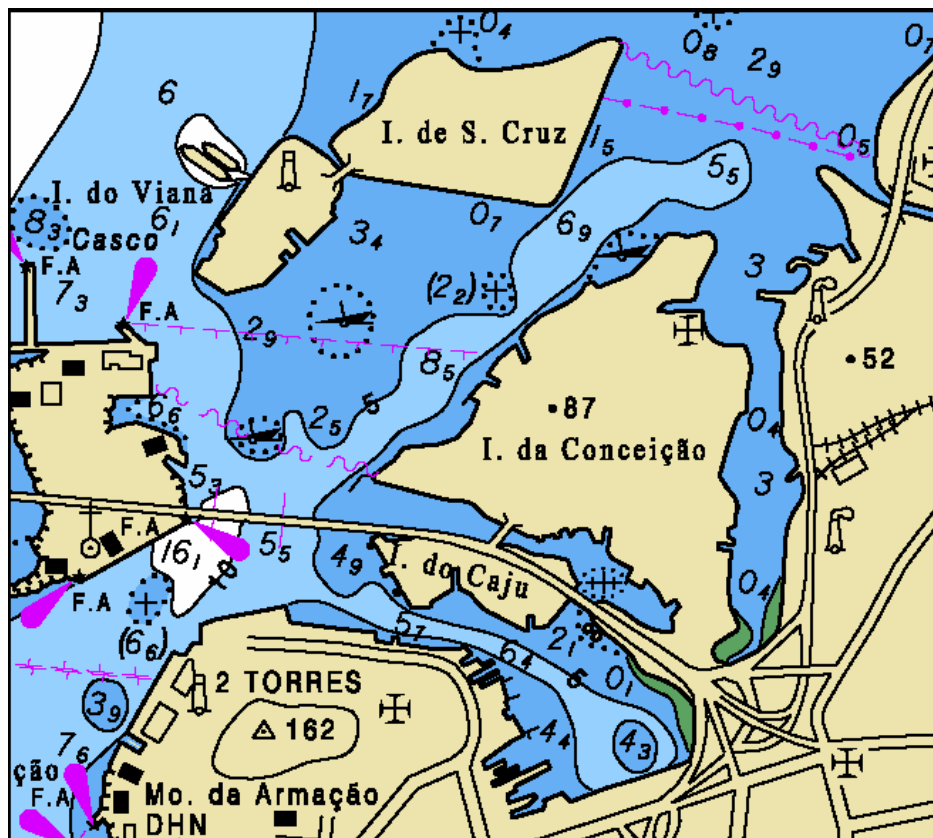


Figura 55. Detalhe da carta náutica nº 1515.

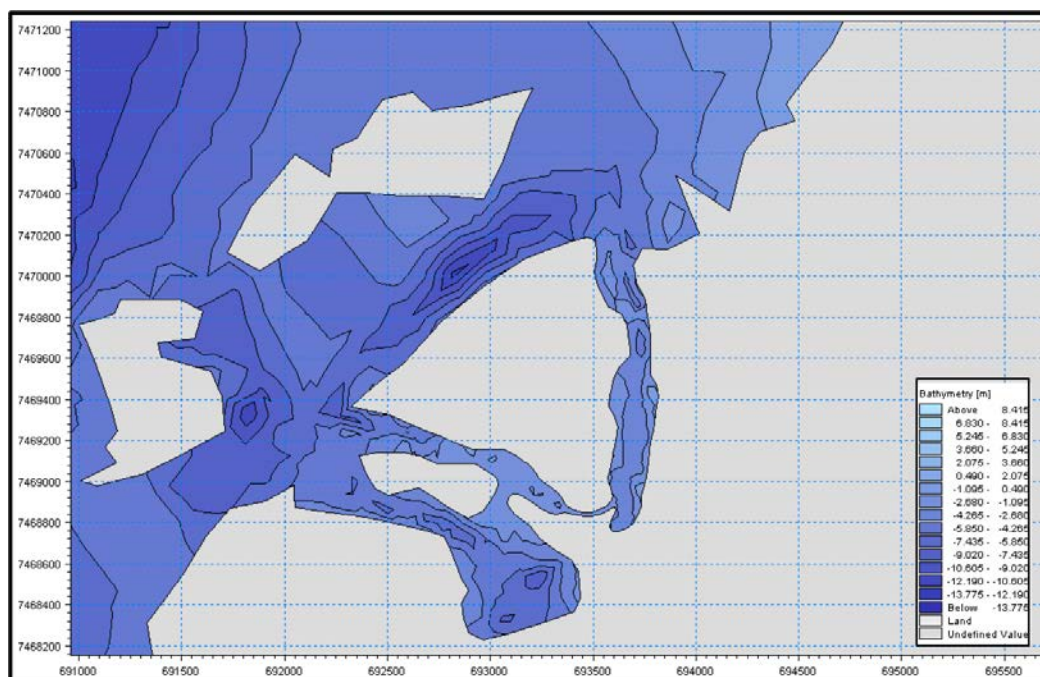


Figura 56. Detalhe da batimetria e da abertura do canal.

9.1. Resultados e Discussões

Os resultados aqui apresentados serão de velocidades de correntes em momentos de maré distintos com maiores movimentos, ou seja, maré de enchente e maré de vazante para a situação atual e para a situação após a implantação do projeto.

A Figura 57 mostra os pontos no tempo onde foram retiradas as medições de velocidades de correntes juntamente com a maré local.

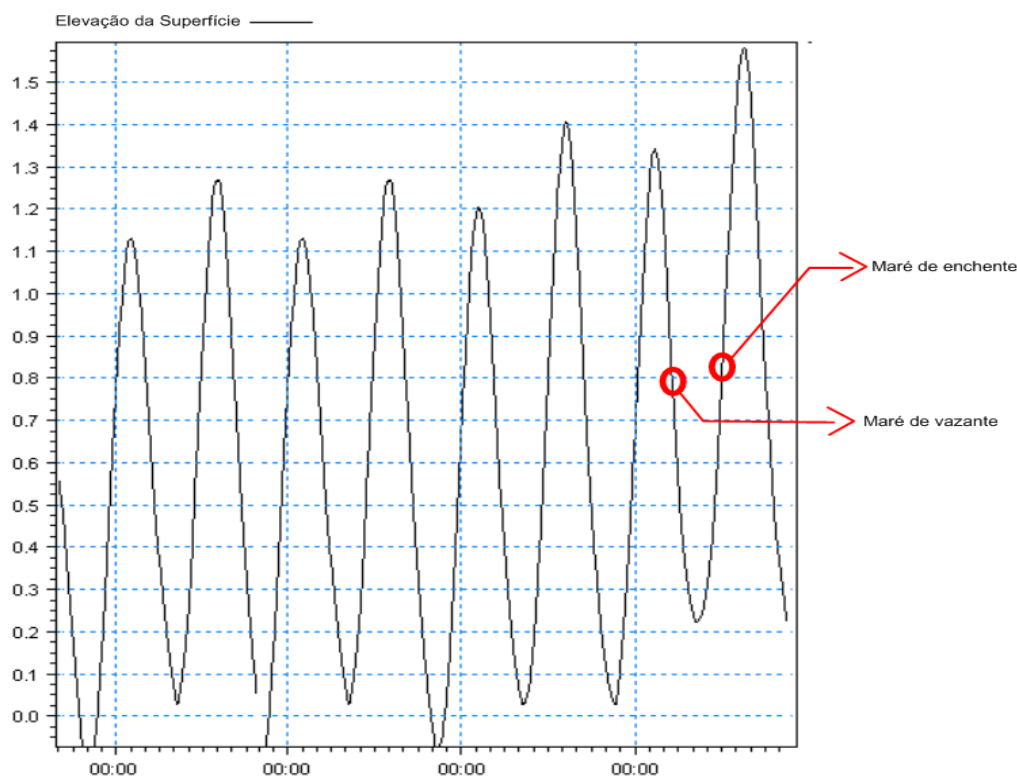


Figura 57. Pontos no tempo onde foram retiradas as medições para apresentação dos resultados juntamente com as oscilações de maré.

Para efeito comparativo, foram retiradas duas medições em pontos diferentes do canal nas duas situações, atual e após a implantação do projeto. Os pontos onde foram retiradas as medições estão ilustrados na Figura 58.

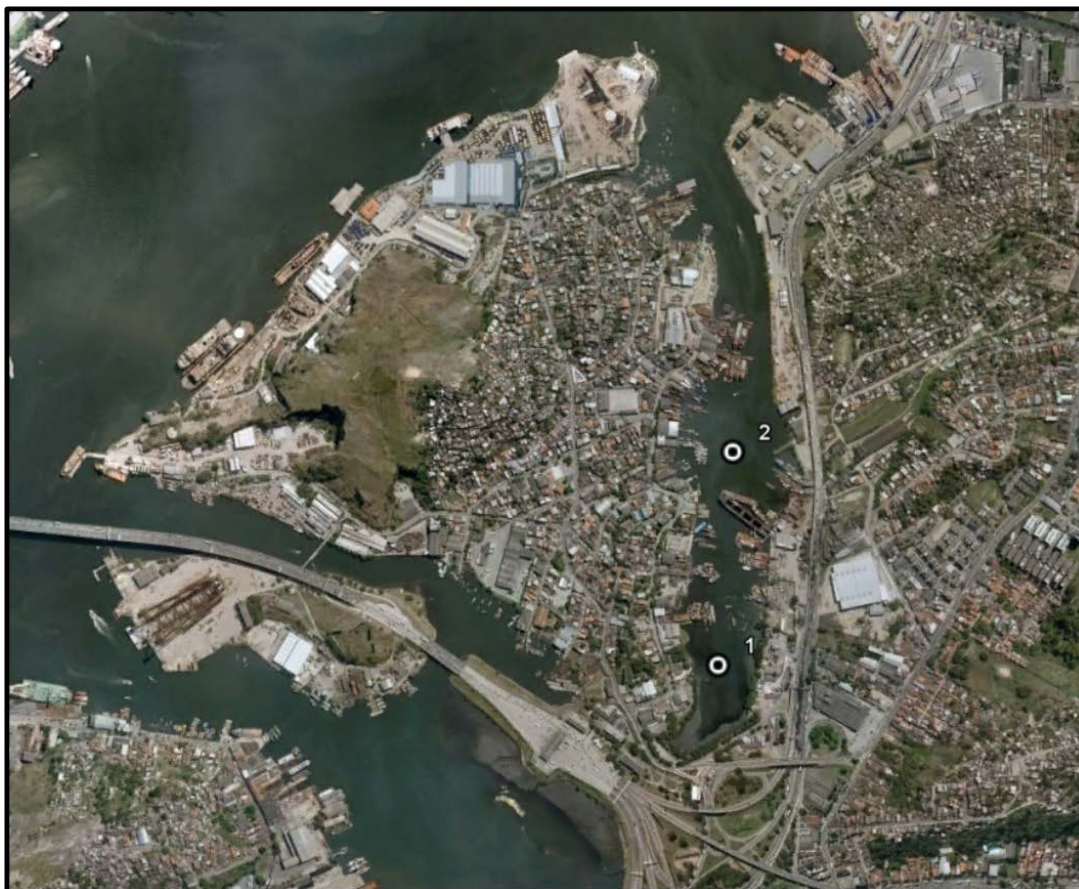


Figura 58. Pontos no espaço onde foram retiradas as medições para apresentação dos resultados.

A Tabela 47 exhibe os resultados de correntes obtidos através das simulações nos pontos ilustrados na Figura 58 para maré de enchente e maré de vazante na situação atual e pós-projeto do canal.

Tabela 47. Comparação entre as velocidades de correntes nos pontos 1 e 2 no momento atual e após a implantação do projeto para situação de maré de vazante e de enchente.

		Pós-Projeto
Enchente	Atual (cm/s)	(cm/s)
Ponto 1	1.61	4.5
Ponto 2	2.07	2.8

		Pós-Projeto
Vazante	Atual (cm/s)	(cm/s)
Ponto 1	1.49	6.7
Ponto 2	1.79	3.5

Note que, após a abertura do canal, as velocidades mudaram consideravelmente nos pontos demarcados, principalmente no ponto 1 próximo a abertura do canal. Em ambas as situações, enchente e vazante, as velocidades de correntes aumentam para a situação pós-projeto. Esse aumento se deve a livre passagem da água pelo canal onde antes ficava confinada.

As Figuras 59 e 60 mostram a velocidade das correntes dentro do canal em duas situações, atual e pós-projeto, para maré de vazante e enchente, respectivamente.

Note que as maiores velocidades ocorrem fora do canal e podem ultrapassar, em alguns pontos, 30 cm/s, porém dentro do canal para situação atual, o movimento pode ser nulo ou chegar a 5 cm/s em algumas regiões do canal.

Na situação pós-projeto, o transporte será maior, podendo, em alguns pontos, chegar a 38 cm/s dentro do canal, o que melhoraria de forma considerável a hidrodinâmica local.

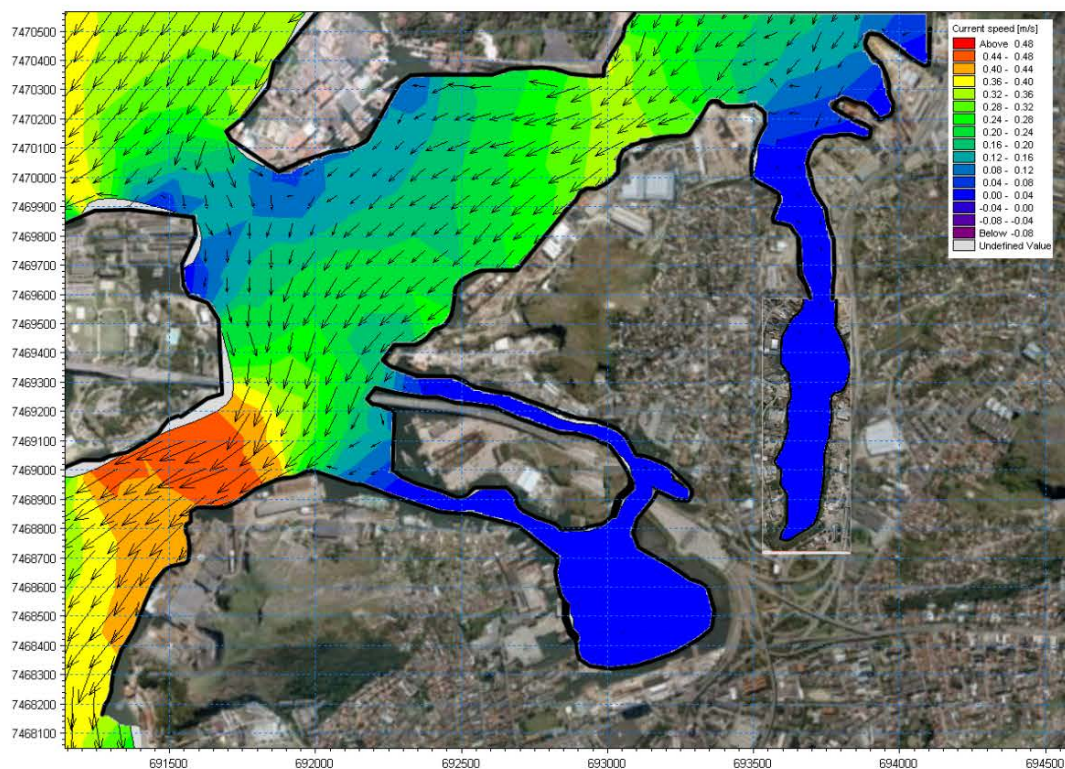
Da mesma forma para maré de enchente, as maiores velocidades ocorrem fora do canal e podem ultrapassar, em alguns pontos, 22 cm/s, porém dentro do canal para situação atual, o movimento pode ser nulo ou chegar a 4 cm/s em algumas regiões do canal.

Na situação pós-projeto, note que as velocidades também serão maiores, podendo, em alguns pontos, chegar a 22 cm/s dentro do canal.

Essa diferença de movimento entre a maré de vazante e enchente é explicada pela forte influência fluvial em toda a baía, que faz com que as intensidades das correntes de vazante sejam superiores as de enchente.

MARÉ DE VAZANTE

SITUAÇÃO ATUAL



SITUAÇÃO PÓS-PROJETO

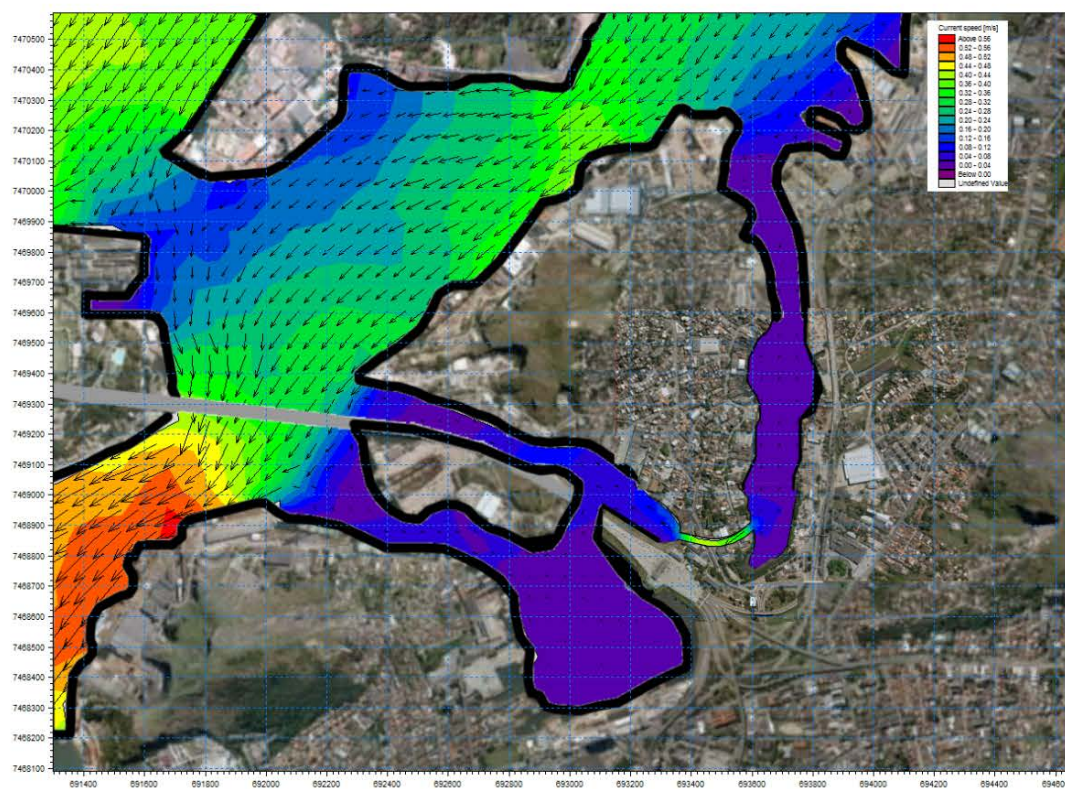
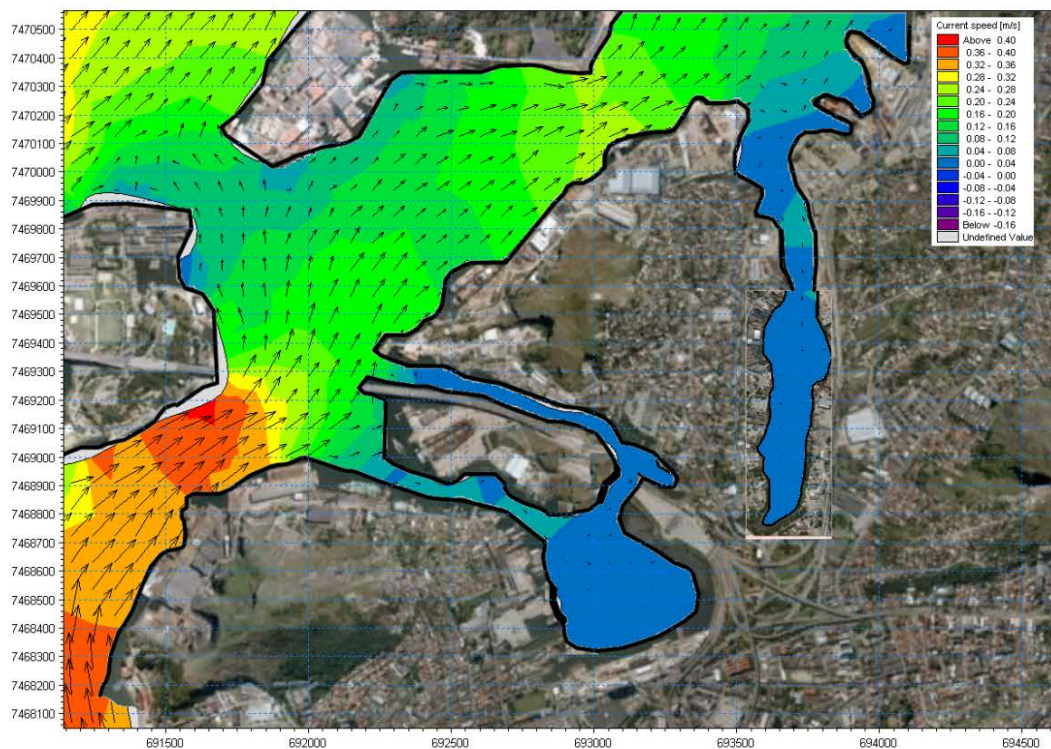


Figura 59 – Resultado da simulação de velocidade de correntes em ambos os cenários para situação de maré de vazante.

MARÉ DE ENCHENTE

SITUAÇÃO ATUAL



SITUAÇÃO PÓS-PROJETO

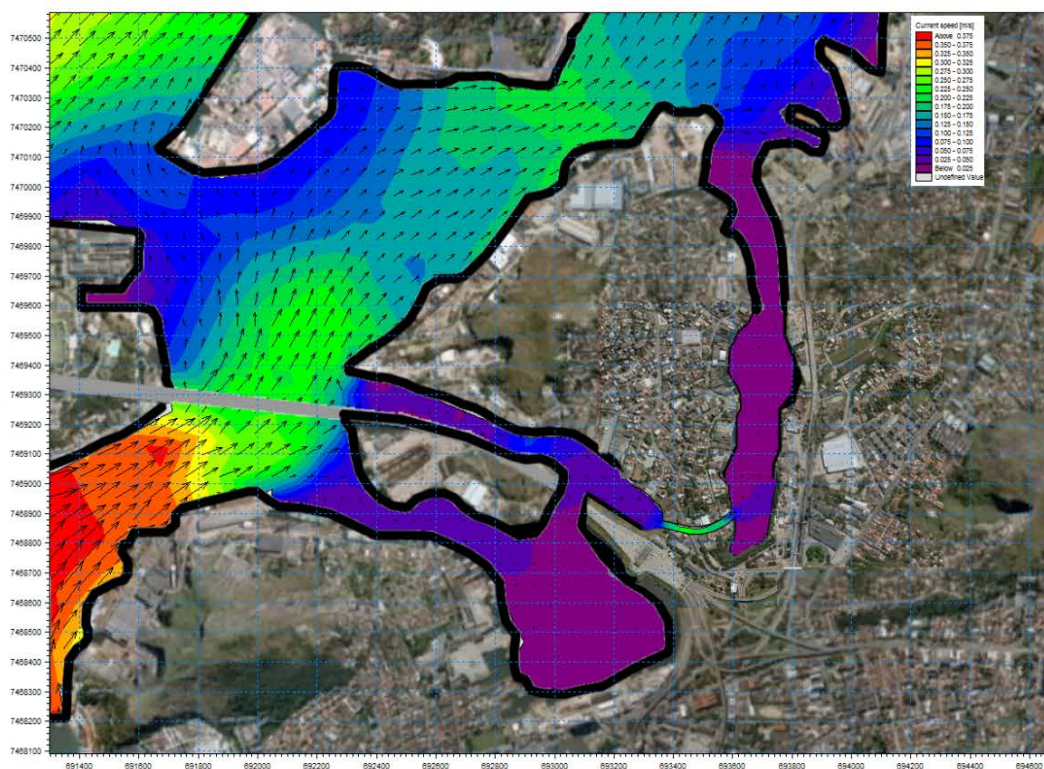


Figura 60 – Resultado da simulação de velocidade de correntes em ambos os cenários para situação de maré de enchente.

9.2 – Conclusões

De acordo com os dados apresentados nos capítulos anteriores e análise dos mesmos, pode-se concluir que haverá mudanças significativas na hidrodinâmica local após a implantação do projeto, podendo melhorar consideravelmente a qualidade da água devido a maior troca entre o canal e a Baía.

Vale salientar também que o aumento da dinâmica dentro do canal acarretará algumas transformações internas como, por exemplo, um maior carreamento de sedimentos ao longo do canal, devido as maiores intensidades de correntes.

Além disso, como grande parte da porção sul do canal sofre atualmente intenso processo de assoreamento, a área do canal possibilitará uma maior mobilidade entre as embarcações.

10 - DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE NITERÓI

10.1. Premissas do Estudo

Dentre as principais premissas destacam-se:

- 1) A maior embarcação que utilizará o canal será a com as características apresentadas no item 10.2.
- 2) Entende-se que o tráfego do canal será pesado (mais de 3 embarcações por hora).

10.2. Navio Tipo de Projeto: AHST OSV

O dimensionamento geométrico, feito a partir dos critérios que serão apresentados a seguir, faz uso das dimensões da embarcação apresentada na Tabela 48.

As características (porte, loa, boca e calado) da embarcação foram cedidas pelo INPH, porém os dados cedidos não contemplavam valores que influenciam no projeto conceitual do canal, como: coeficiente do bloco e comprimento entre as perpendiculares. Os mesmos foram estimados baseados no PIANC/IAPH.

Navio Tipo	Porte (TPB)	Comprimento (m)		Boca (m)	Calado (m)	Cb
		LOA (m)	Lpp (m)			
dragagem	-	242	230	32	9	0,73

Tabela 48- Principais dimensões do navio tipo.

10.3. Características Gerais

A Tabela 49 apresenta um resumo dos valores dos dados ambientais que serão utilizados para o estudo de viabilidade de retificação do trecho entre o canal atual até o píer da Nuclep, considerando aprofundamento para embarcações tipo AHTS OSV 21.000 e em via única.

Tabela 49: Resumo dos valores dos dados ambientais.

Tipo de Dado	Resultado
Baixa Maré (Bm) (m)	1,21
Onda (m)	Hs = 1,25 e L = 46
Fundo	Arenoso
Forma	Laterais taludadas e com banco de areia
Tipo	Abrigado
Vento Transversal (nós)	≤ 30
Corrente Transversal (nós)	0
Corrente Longitudinal (nós)	$\leq 1,5$

Para efeito de cálculo, o trecho a ser retificado foi classificado como canal abrigado, o que implica uma exigência de largura e profundidade menores do que para canais desabrigados.

10.3.1. Determinação da Profundidade do Canal de Acesso

Segundo PIANC/IAPH, o valor da profundidade requerida por um navio de projeto deve ser determinado pela adição, ao calado do navio de projeto, de parcelas características, representativas da influência dos movimentos verticais das embarcações, do efeito squat, da natureza do fundo e tolerâncias.

10.3.1.1. Movimentos Verticais

Considerando que em águas rasas os navios provocam uma superfície de abatimento sobre a água ao longo de seu perfil, acarretando aumento em sua imersão (squat) e que sob a ação das ondas movem-se também no plano vertical, tolerâncias devem ser observadas.

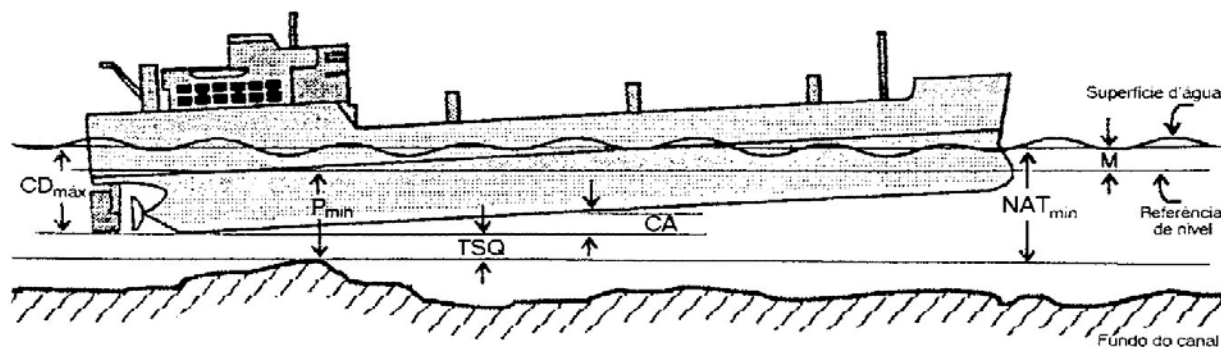
A tolerância sob a quilha (TSQ) se torna um fator crítico na navegação segura e eficiente, uma vez que a sua determinação imprecisa para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias consequências econômicas e ambientais. Muitas empresas de navegação possuem normas claras regulando esta questão, podendo o comandante “gerenciar” a TSQ de seu navio de duas formas:

- (1) tomando ações que afetam o calado dinâmico (ex.: mudando a velocidade do navio), e
- (2) programando o horário da rota planejada, de modo a assegurar que haverá lâmina d’ água suficiente para uma passagem segura nos locais de profundidade restrita.

Ao fazer isto, o comandante deve dispor de informações precisas em tempo real e de previsão, o que justifica a implantação de sistema maregráfico no Porto, com moderna tecnologia de obtenção de dados na forma digital, ligado on-line com a área de programação/operação.

A tolerância sob a quilha tem dois componentes principais, e a diferença entre eles é igual ao nível d’ água total mínimo (NAT_{min}) no local menos no calado dinâmico máximo (CD_{max})

do navio. O calado dinâmico é a distância da superfície da água até o ponto mais baixo do navio (quilha ou hélice) quando em movimento. Cada um destes componentes tem vários elementos (Figura 61).



Fonte: Parker e Huff (1998)¹

Figura 61- Elementos da tolerância sob a quilha.

$TSQ = \text{Nível d'água total mínimo (NAT}_{\min}) - \text{Calado dinâmico máximo (Cd}_{\max})$

$TSQ = \{ P_{\min} + M \} - \{ CE + S + CA \}$

Onde:

- P_{\min} : profundidade mínima da carta
- M : altura da maré sobre o nível de referência (maré astronômica + maré meteorológica)
- CE : calado estático (devido à carga e densidade da água)
- S : squat (devido à velocidade do navio)
- CA : calado adicional (devido à mudanças no trim/adernamento por curvas e/ou efeitos de ondas)

¹ PARKER, B.B. e HUFF, L.C., 1998. Modern Under-keel Clearance Management. The International Hydrographic Review. Vol. LXXV No. 2. September, 1998. Monaco.

10.3.1.1.1. Folga sob a quilha devido à natureza do solo

Quando o leito for constituído de material mole, como lama ou areia, de tal forma que um leve toque do navio não provoque avarias, a tolerância deve situar-se em valores inferiores aos de fundos rochosos, pois estes podem provocar avarias perigosas.

De acordo com a NBR nº 13.246/95, recomenda-se: até 0,3m para solo lodoso, de 0,3 a 0,5m para solo arenoso, e no mínimo 1 m para solo rochoso.

10.3.1.2. Squat

O Squat é a tendência de imersão do navio à velocidade, acompanhado por um trim, seja pela proa ou pela popa. Este é um efeito que é mais pronunciado quando a profundidade da água é menor que 1,5 vezes o calado estático, resultando numa folga menor que a esperada.

Deverá ser acrescentado ao calado mais 1,0 m, nos projetos preliminares. Para os projetos definitivos, o acréscimo deverá ser calculado de acordo com o navio de projeto. O valor do squat aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade, de modo ser este um fator importante em sua determinação. Outros fatores que vão afetar o valor do squat incluem: o coeficiente de bloco do navio, a razão profundidade de água/calado do navio, e o trim estático.

Apesar de existirem inúmeras formulações teóricas e empíricas sobre a determinação do Squat, utilizaremos a recomendada por PIANC/IAPH (Equação 1)

$$Squat (m) = 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^3} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} \quad (1)$$

Onde:

Δ : $C_b \times L_{pp} \times B \times T$: Volume de deslocamento

L_{pp} : Comprimento da embarcação entre perpendiculares

B : Boca

T : Calado estático

C_b : Coeficiente de Bloco

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}}$$

Onde:

V : Velocidade da embarcação (m/s)

h : Profundidade do canal (10% T)

g : Aceleração da gravidade local (9,81 m/s²)

10.3.1.3. Tolerâncias

A tolerância está relacionada com a incerteza do leito (sedimentação e dragagem), alterações do leito entre dragagens e na execução da dragagem. Como nesse estudo estamos projetando apenas o modelo conceitual do canal, não serão consideradas as tolerâncias.

Sendo assim, de acordo com PIANC, o cálculo da profundidade do canal é obtido a partir da equação 2

$$P = B_m + T + \text{Squat} + \text{efeito onda} + \text{folga quilha} \quad (2)$$



Onde:

P = Profundidade

Bm = baixa maré que, de acordo com a Tabela 49, é igual a 1,21 m

Squat = Equação 1

efeito onda = Se comprimento do navio for menor que o comprimento da onda (L),
então efeito onda = (altura da onda (Hs))/2 , caso contrário, será zero.

folga quilha = É de acordo com a natureza do solo. No caso de solo arenoso o valor varia de 0,3 a 0,5 . Como queremos a pior situação, utilizaremos o valor de 0,5.

Sendo assim, tem-se:

10.3.1.4. Profundidade necessária para canais abrigados

Primeiramente, calculou-se o Squat, considerando:

$$C_b = 0,73$$

$$L_{pp} = 230 \text{ m}$$

$$B = 32 \text{ m}$$

$$T = 9 \text{ m}$$

$$V = 6 \text{ nós} = 3,09 \text{ m/s}$$

Sendo assim, obteve-se:

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,73 \times 118 \times 28 \times 8,2 = 48355,2 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{3,09}{\sqrt{9,81 \times (9 \times 1,1)}} = \frac{3,09}{\sqrt{97,119}} = \frac{3,09}{9,85489726} = 0,313549692$$

$$Squat = 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{48355,2}{230^2} \times \frac{0,313549692^2}{\sqrt{(1 - 0,313549692^2)}} \cong 0,26$$

Substituindo os valores encontrados na equação 2, temos:

$$P = 1,21 + 9 + 0,26 + 0 + 0,5 = 10,97 \approx 11 \text{ m}$$

10.3.2. Determinação da Largura do canal de acesso

A publicação do PIANC/IAPH define a largura dos canais de acesso nos trechos retilíneos como um somatório da largura da faixa de navegação mais as diversas larguras adicionais, que dependem dos fatores que serão mencionados adiante. O valor da largura, então, varia em função de cada caso. A Figura 62 ilustra os elementos que determinam a largura de um canal de acesso em via única, em função de um navio tipo de projeto.

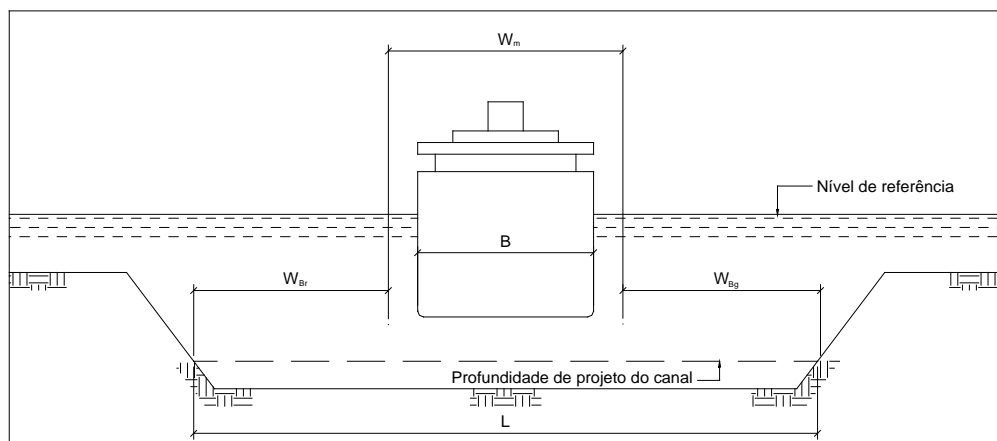


Figura 62: Canal de via única com talude normal.

10.3.2.1. Largura necessária para Canal de acesso com via única

A Equação 3 determina o valor da largura do canal de acesso com via única:

$$\text{Largura do canal : } W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{BR} + W_{BG} \quad \text{onde:}$$

W_{BM} : pista de manobra básica

$W_{BR} = W_{BG}$: larguras adicionais por efeito dos taludes laterais, para uma velocidade da embarcação.

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade
- ventos transversais
- correntes transversais
- correntes longitudinais
- alturas de ondas
- auxílios à navegação
- superfície de fundo
- profundidade da via navegável
- periculosidade da carga

Cabe destacar que os valores que serão apresentados neste relatório, assim como as premissas e parâmetros determinados pelo PIANC/IAPH, encontram-se na memória de cálculo que compõe o anexo.

10.3.2.2 . Cálculo da largura para canal abrigado

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada boa = 1,3 B

$W_{BR} = W_{BG}$: larguras adicionais por efeito dos taludes laterais e com banco de areia, para uma velocidade da embarcação lenta (6 nós) = 0,3 B

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade da embarcação (V lenta, de 5 a 8 nós)	=	0,0 B
- ventos transversais moderados e velocidade da embarcação lenta	=	0,5 B
- correntes transversais negligenciáveis e velocidade da embarcação lenta	=	0,0 B
- correntes longitudinais fracas e velocidade da embarcação lenta	=	0,0 B
- alturas de ondas H_s e comprimento da onda L	=	0,0 B
- auxílios à navegação (bons)	=	0,1 B
- superfície do canal (Profundidade < 1,5T e lisa e macia)	=	0,1 B
- profundidade do canal > 1,15 T	=	0,2 B
- periculosidade da carga (média)	=	0,4 B
		1,3B

Substituindo-se os valores na Equação 3, teremos:

$$W = 1,3(32) + 1,3(32) + 0,3(32) + 0,3(32) = 102,4 \text{ m} \cong 102 \text{ m}$$

Sendo assim, a Tabela 50 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento do canal de acesso em via única.

Tabela 50: Resultados obtidos.

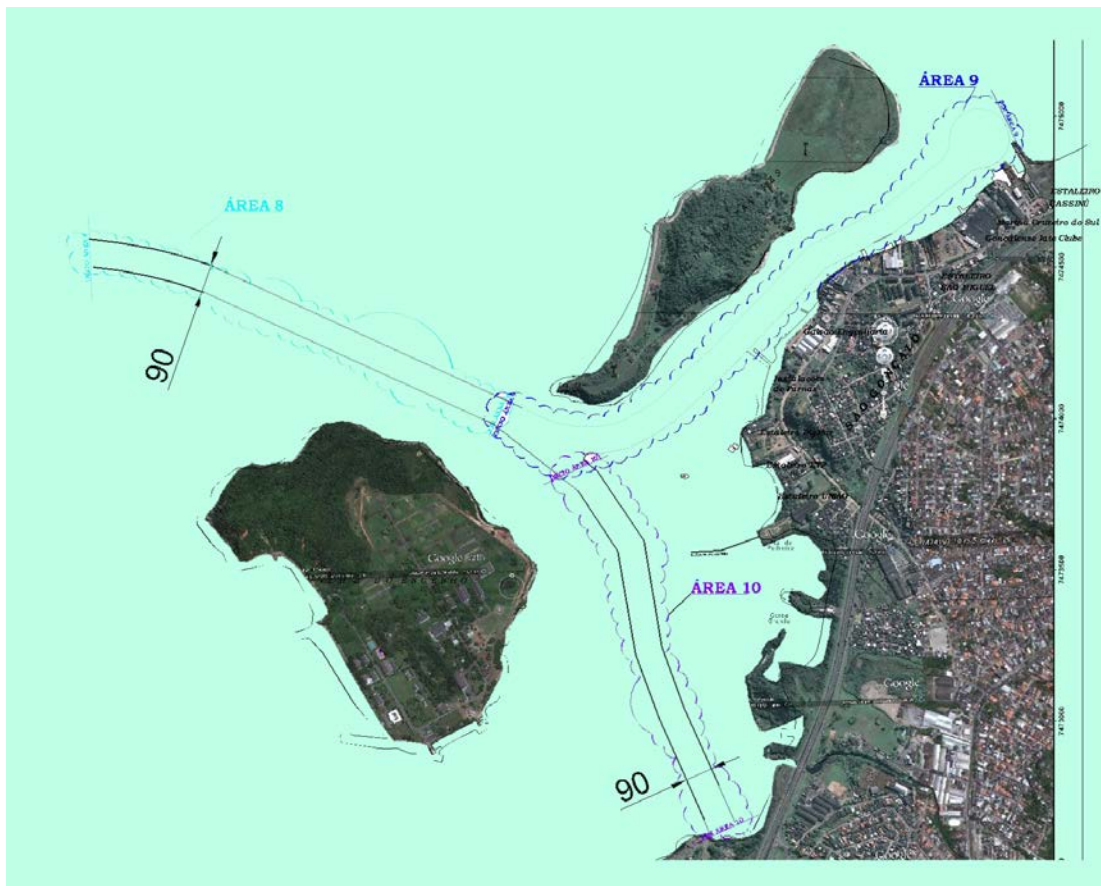
Largura (m)	Profundidade (m)
103	11

11- QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES A SEREM DRAGADOS

Em função dos estudos realizados, foram quantificados os volumes a dragar, através do software Hypack, utilizando-se de seções planejadas, espaçadas a cada 10 metros, como se segue:

- **Canal de Acesso em Direção ao Porto de Niterói (do canal de acesso principal até o Estaleiro Mauá) - área 1** - Largura do canal de 110 m, profundidade de 11,0 m. Talude de 1:4 e Tolerância vertical de 0,30 m.
- **Estaleiro Mauá, Rolls-Royce, Mac Laren ao Porto de Niterói – área 2** – Largura do canal de 100 m, profundidade de 11,0 m. Talude de 1:4 e Tolerância vertical de 0,30 m.
- **Acesso ao Canal Wellstream - área 3** - Largura do canal de 120 m, profundidade de 9 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Canal Wellstream ao Estaleiro Aliança - área 4** – Largura do canal de 90 m, profundidade de 9 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Canal Acesso UTC – área 5** - Largura do canal de 50 m, profundidade de 7 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Acesso ao Estaleiro Camorim – área 6** - Largura do canal de 50 m, profundidade de 6 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Acesso ao Estaleiro Subsea 7 – área 7** - Largura do canal de 40 m, profundidade de 8,5 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Canal de Acesso em Direção ao Estaleiro Cassinú (do canal de acesso principal até a Ponta do Bagrinho) – área 8** - Largura do canal de 90 m, profundidade de 6 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Acesso ao Estaleiro Cassinú (Ponta do Bagrinho até o Estaleiro Cassinú)– área 9** - Largura do canal de 90 m, profundidade de 5,5 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m. Bacia de evolução de 200m.
- **Ponta do Bagrinho em direção à Ilha das Flores área 10** - Largura do canal de 90 m, profundidade de 2 m. Talude de 1:4 e tolerância vertical de 0,30 m.
- **Canal de Acesso Petrobrás área 11** - Largura do canal de 112 m, profundidade de 5,0 m. Talude de 1:5 e tolerância vertical de 0,30 m.

A seguir, são apresentadas as delimitações das áreas mencionadas:





Os volumes previstos por trecho obedecem à descrição abaixo:

NITERÓI – CÁLCULO DO VOLUME A DRAGAR							
Áreas	Cota de Projeto (m)	Talude	Tolerância Vertical	Extensão da Área (m) Eixo Central	Volume até a Cota de Projeto (m ³)	Volume na Tolerância (m ³)	Volume Total (m ³)
1	11,0	4	0,3	1935	712.236	84.268	796.504
2	11,0	4	0,3	985	1.005.477	78.433	1.083.910
3	9,0	4	0,3	956	49.285	15.736	65.021
4	9,0	4	0,3	2987	398.130	65.975	464.105
5	7,0	4	0,3	697	170.271	17.170	187.441
6	6,0	4	0,3	701	197.455	18.320	215.775
7	8,5	4	0,3	1271	440.208	29.221	469.429
8	6,0	4	0,3	2155	382.363	46.323	428.686
9	5,5	4	0,3	1707	244.601	47.030	291.631
10	2,0	4	0,3	1309	81.618	22.009	103.627
11	5,0	5	0,3	750	1.000.000	100.000	1.100.000
TOTAL					4.681.644	524.485	5.206.129

Estima-se que um volume de 300.000 m³ de material a ser dragado esteja com possível contaminação por metal. Estes dados serão reestudados e caso se confirme esta contaminação, este volume será encaminhado para geotexteis que serão destinados para a área da Ilha da Pombeba ou Ilha do Fundão.