



Coordenação Geral:

Engº Domenico Accetta

- Diretor do INPH

Engª Marilene Ramos

- Presidente do INEA

Equipe Técnica:

Engº Octavio Hachiya

Oc. Priscila Ferreira

Oc. Reniel Dalbone

Geol. Roberta Moreno

Oc. Rafael Paes Leme

Mat. Suellen Deodoro

Engº Wagner Scisinio

Engº Luis Carlos Pucci

Engº Luis Pedro Bicalho

Proj. Karla Boim

Assessoria Técnica:

Bióloga Fátima de Freitas

- INEA

Engº Químico Anselmo Federico

- INEA

## 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, em parceria com o Instituto Estadual do Ambiente – INEA, desenvolveu um projeto de engenharia visando à revitalização e restauração das regiões 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.

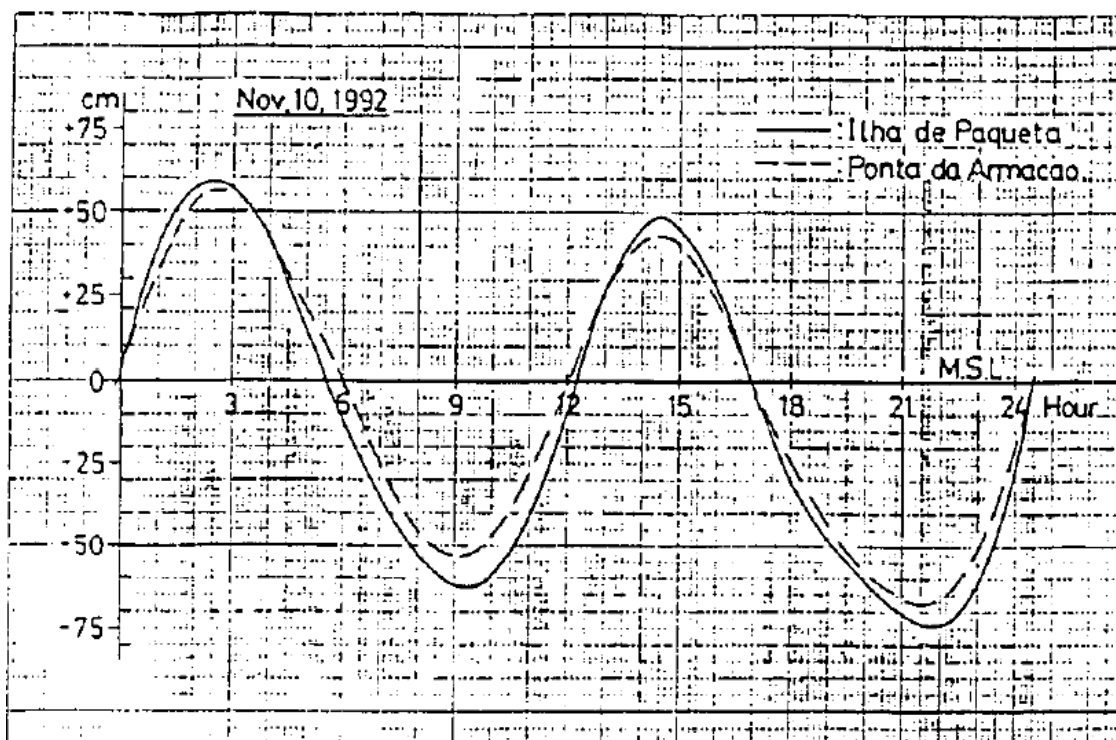
### **2.1-Maré e Níveis d'água**

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.

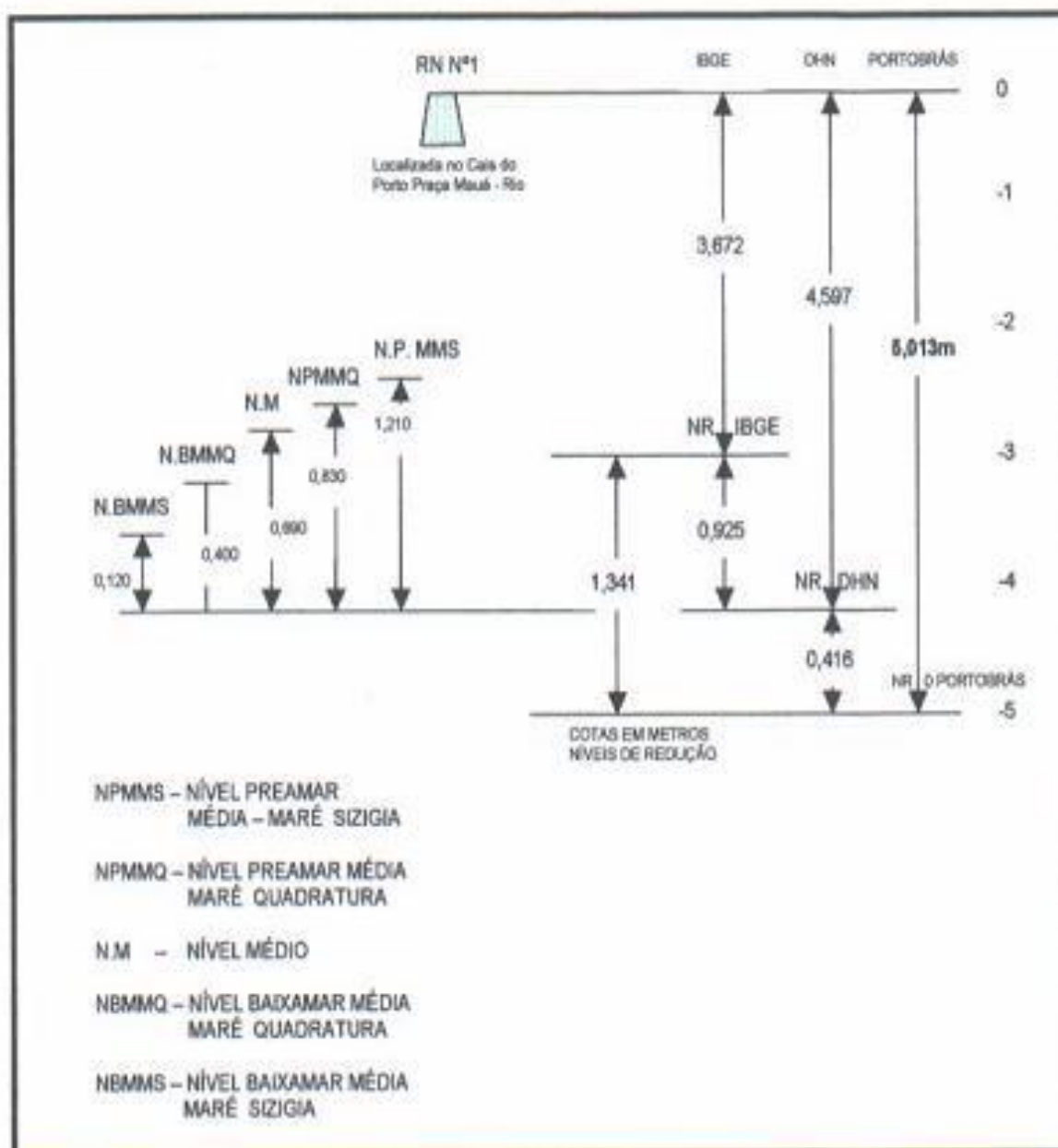


Figura 2

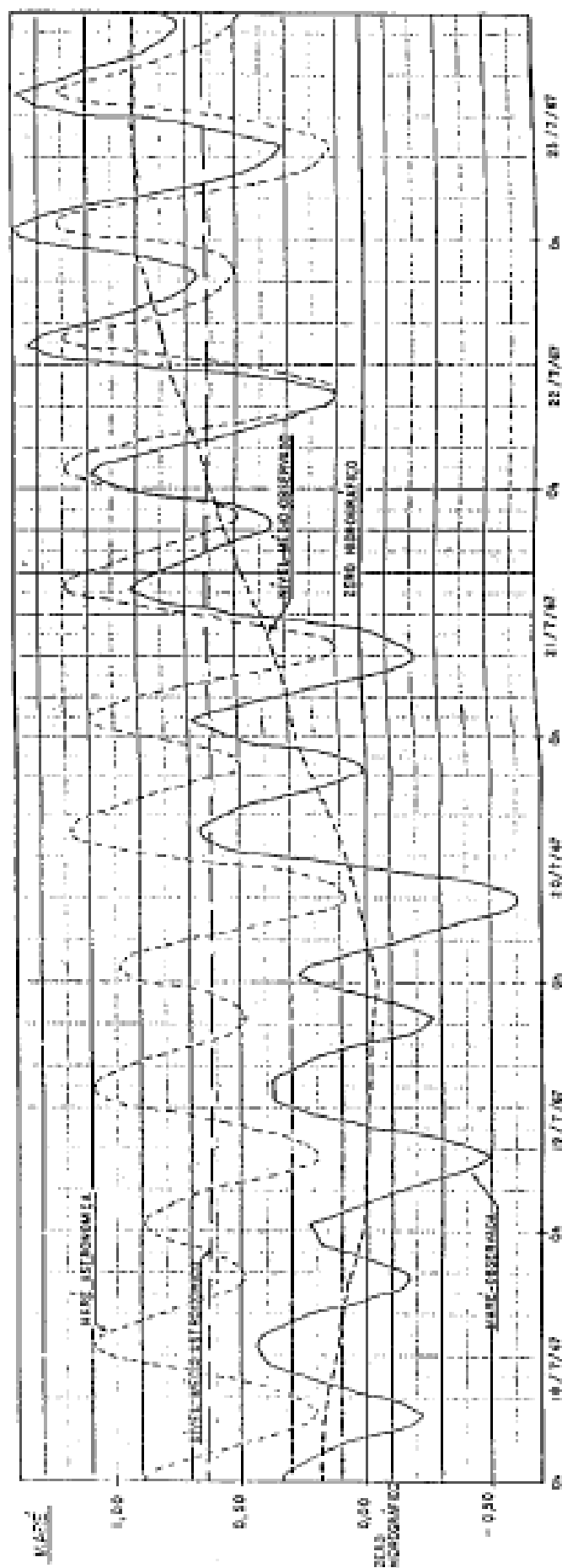


FIGURA 3

## 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.

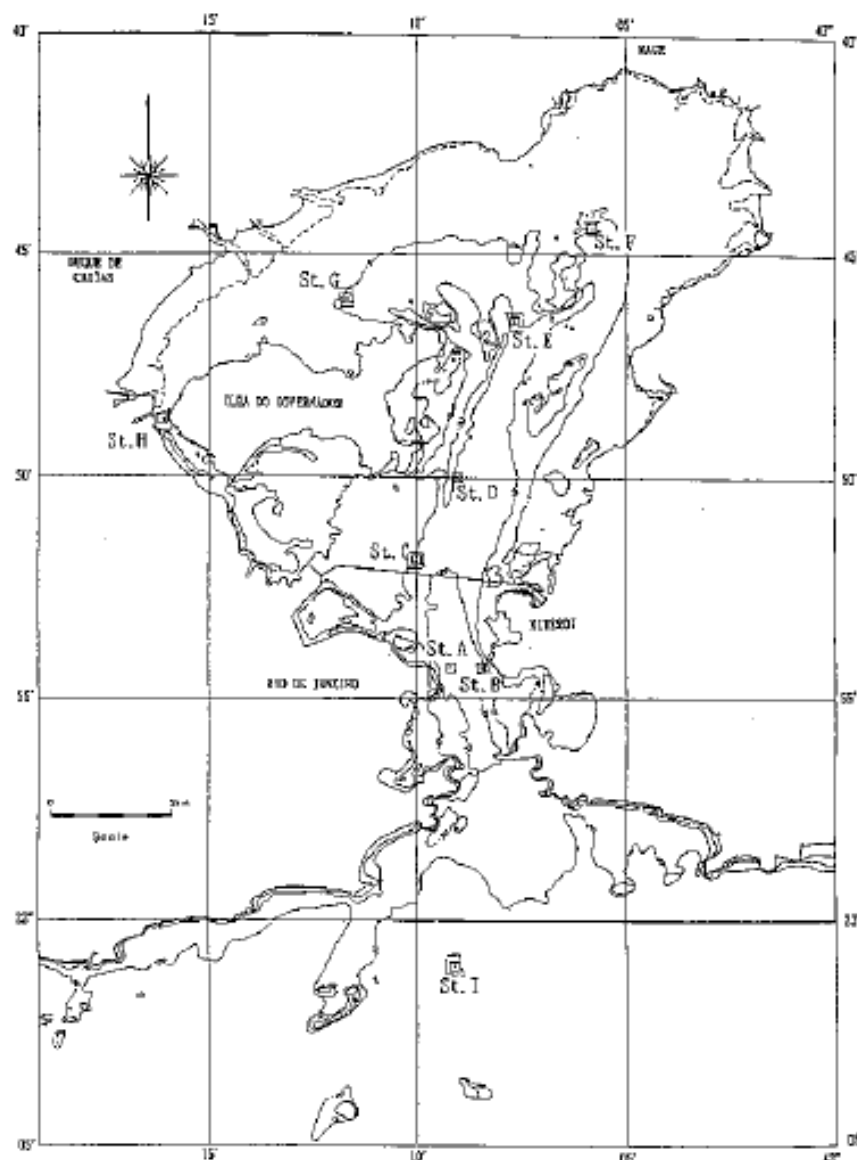


Figura 4

**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.

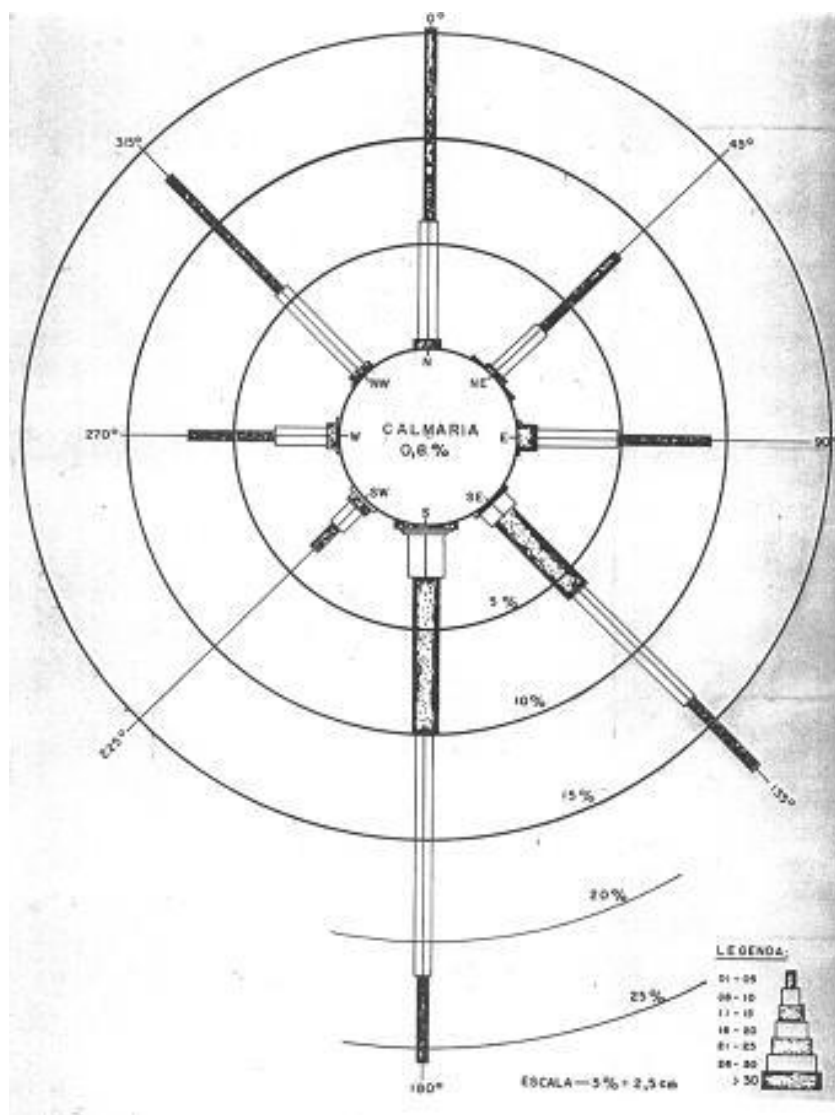
A Tabela 3 apresenta a frequência de ocorrência dos ventos registrados na estação da Ilha Fiscal para intervalos de velocidades de 05 nós, e direções compreendidas em intervalos de 45°.

**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**

<b>Quadrante - Norte</b>	<b>36,9%</b>
--------------------------	--------------

<b>Quadrante - Sul</b>	<b>46,2%</b>
------------------------	--------------

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 no anexo 3- INPH 210-10 A, 210-10 B, 210-10 C, 210-10 D.

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

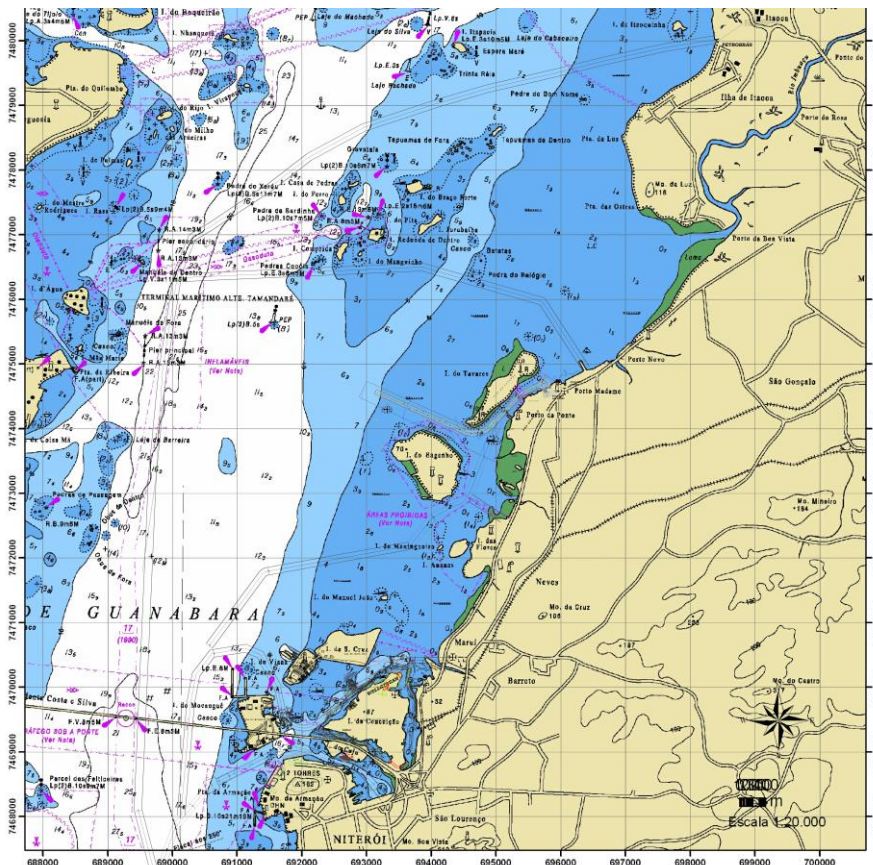


Figura 6 – Batimetria região de Niterói e São Gonçalo.

## 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 Km<sup>2</sup>, 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 Paqueta.

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

$\rho_w$  - 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 ( $\Delta DL$ ), dispersão transversal ( $\Delta DT$ ) e dispersão induzida por efeitos de gravidade ( $\Delta Do$ ).

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:

- $\Delta D_L$ , dispersão longitudinal causada pela turbulência da água
- $\Delta D_T$ , dispersão transversal causada pela turbulência da água
- $\Delta D_o$ , dispersão induzida por efeitos de gravidade
- $\Delta D_{ow}$ , dispersão causada pela ação do vento sobre a superfície d'água



Onde:

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

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

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

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

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)

**$\Delta t$**  : 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 (m<sup>2</sup>/s)

**$DT$**  : coeficiente de dispersão transversal (m<sup>2</sup>/s)

**$Do$**  : coeficiente de dispersão induzida por efeitos de gravidade (m<sup>2</sup>/s)

**$Dw$**  : dispersão devida ao vento (m<sup>2</sup>/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.

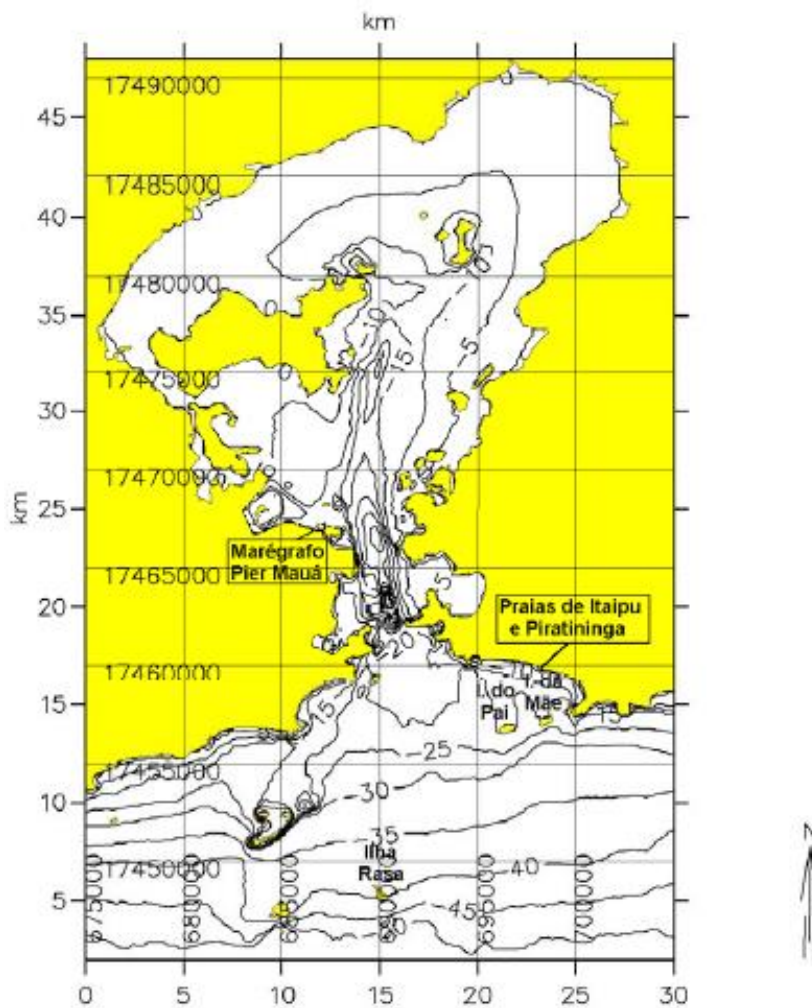


Figura 7 – Batimetria representada no modelo matemático.

## 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

<b>Componente Harmônica</b>	<b>Semi-Amplitude H ( cm )</b>	<b>Fase g (graus)</b>	<b>Componente Harmônica</b>	<b>Semi-Amplitude H ( cm )</b>	<b>Fase g (graus)</b>
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.

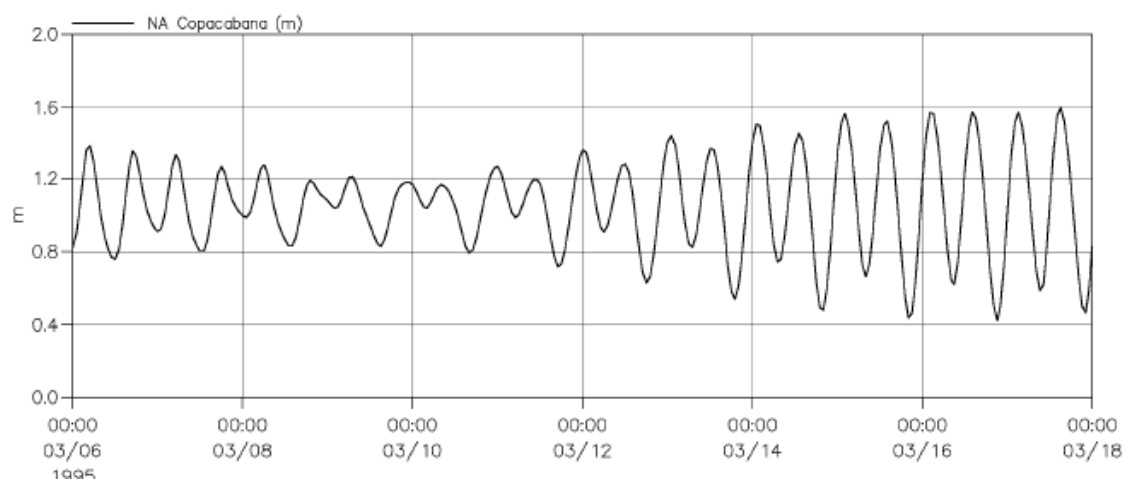


Figura 8 - Série histórica das marés em Copacabana, usada nas simulações.

### 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.

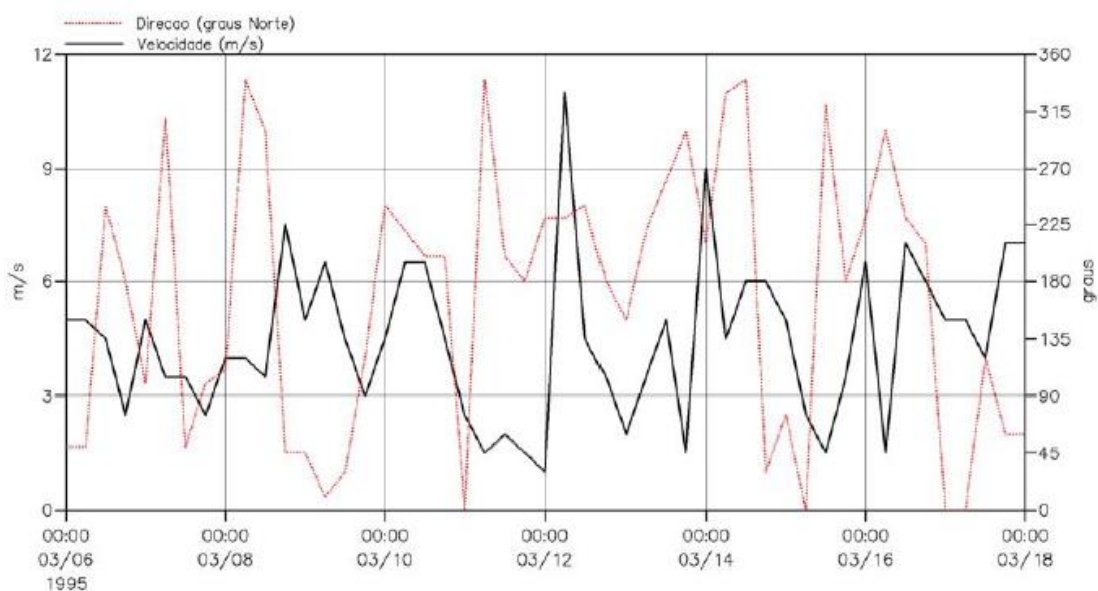


Figura 9 - Características dos ventos medidos de 06 a 18/03/95 na Estação Meteorológica da Ilha Rasa, controlada pela DHN.

## 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 <sup>1/3</sup> /s
Viscosidade turbulenta	5 m <sup>2</sup> /s
$\Delta t$ dos cálculos	10 s
Coef. de fricção do vento	0,0026

Tabela 5– Parâmetros de calibração.

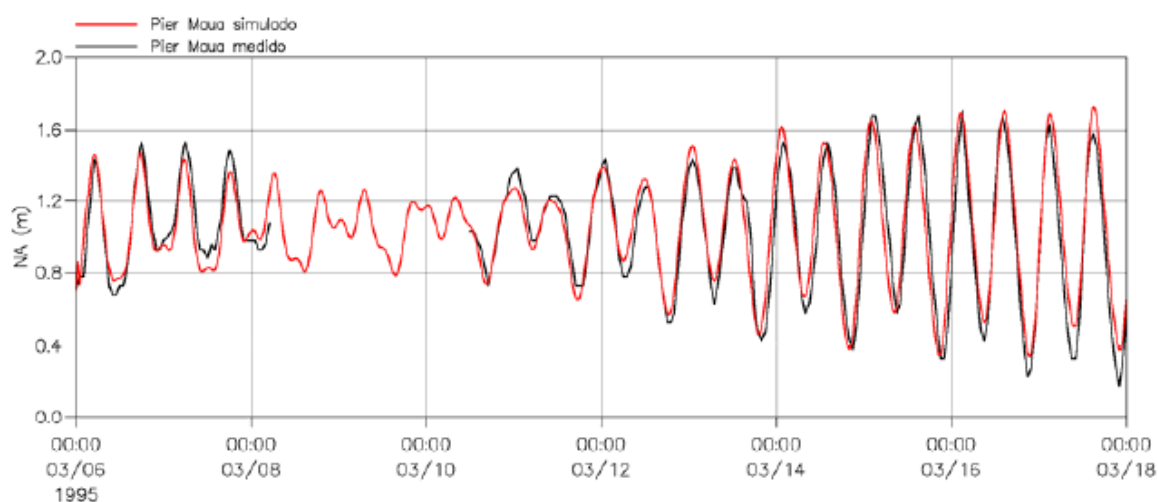


Figura 10 - Estação Maregráfica do Píer Mauá - Comparação entre os níveis d'água medidos e os simulados.

## 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.

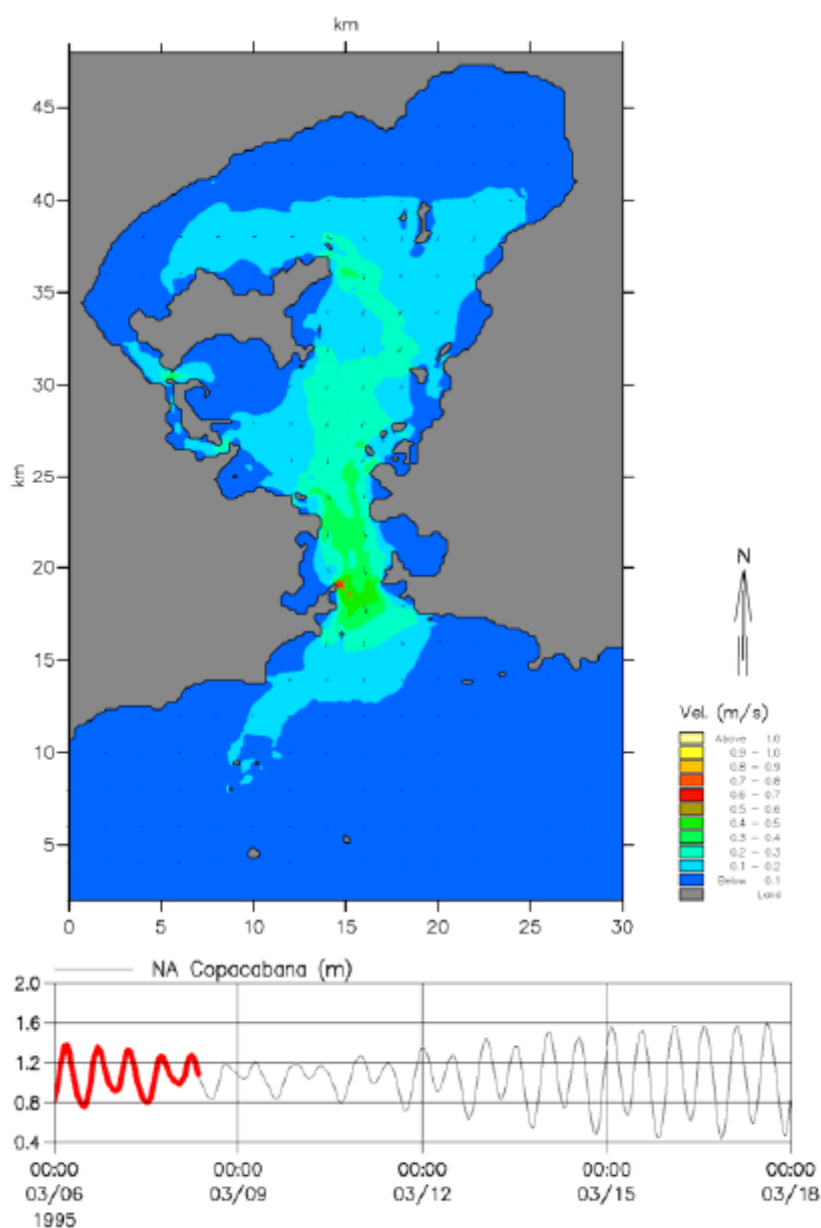


Figura 11 - Maré de Quadratura - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

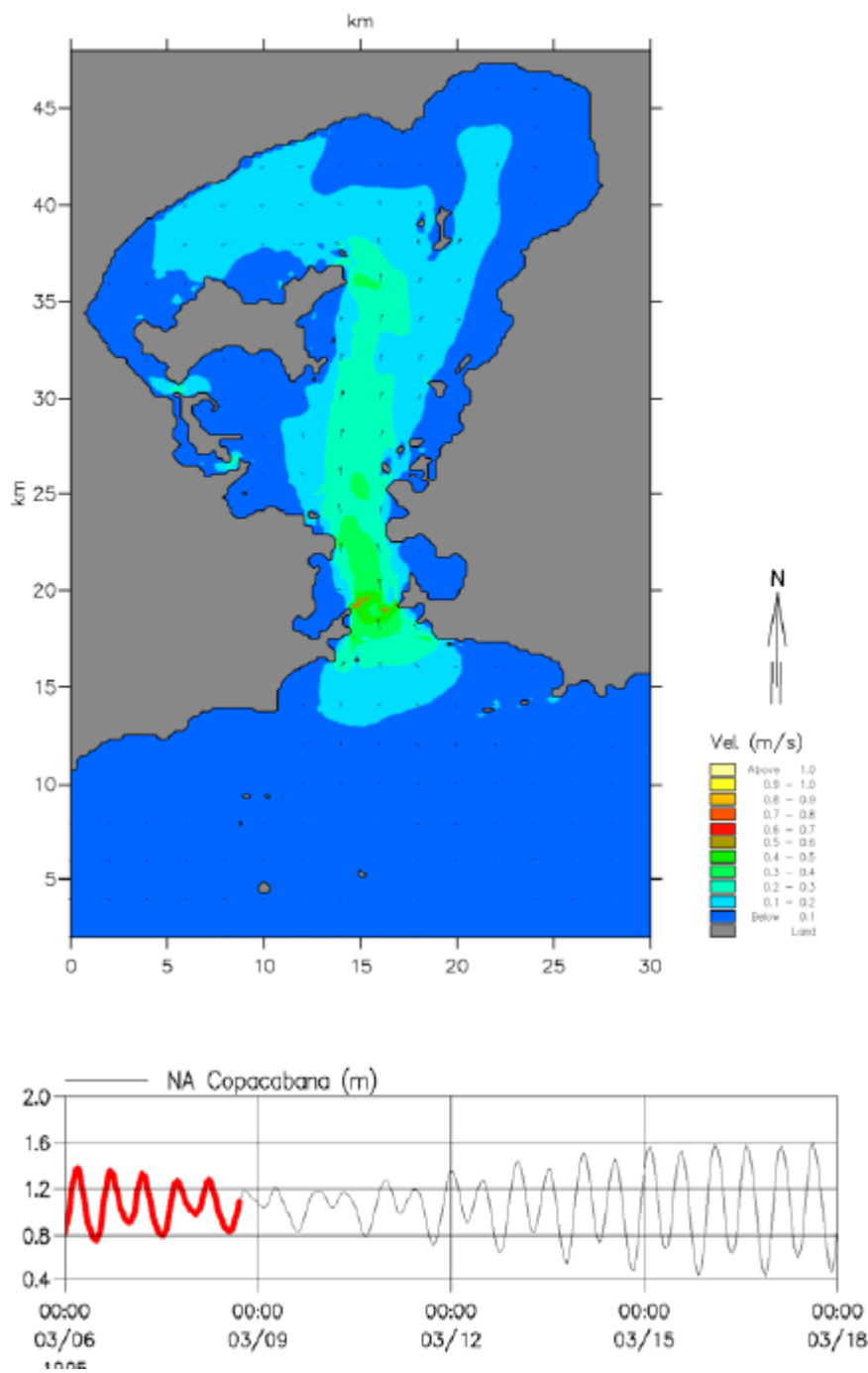


Figura 12 - Maré de Quadratura - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

### 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.

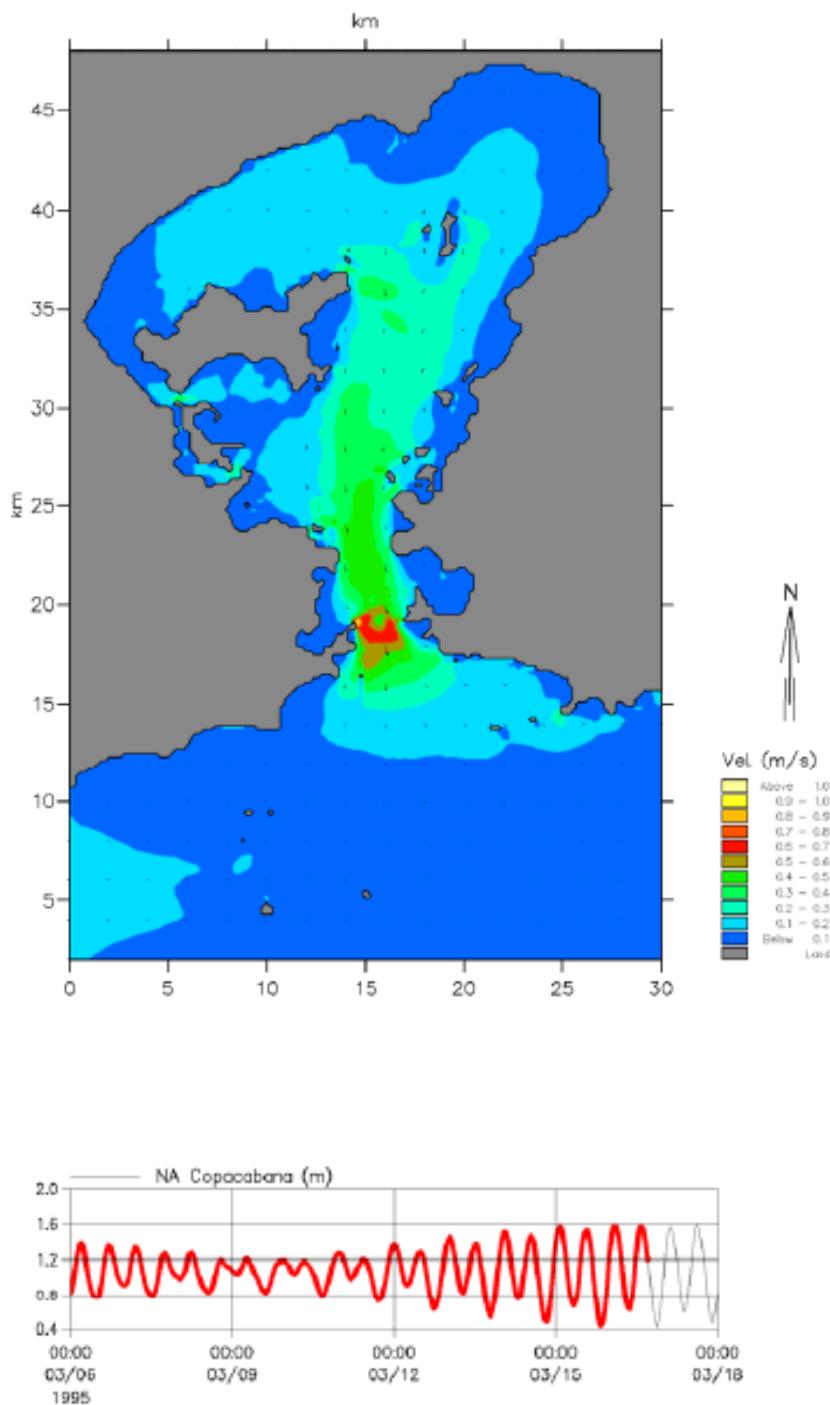


Figura13 - Maré de Sizígia - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

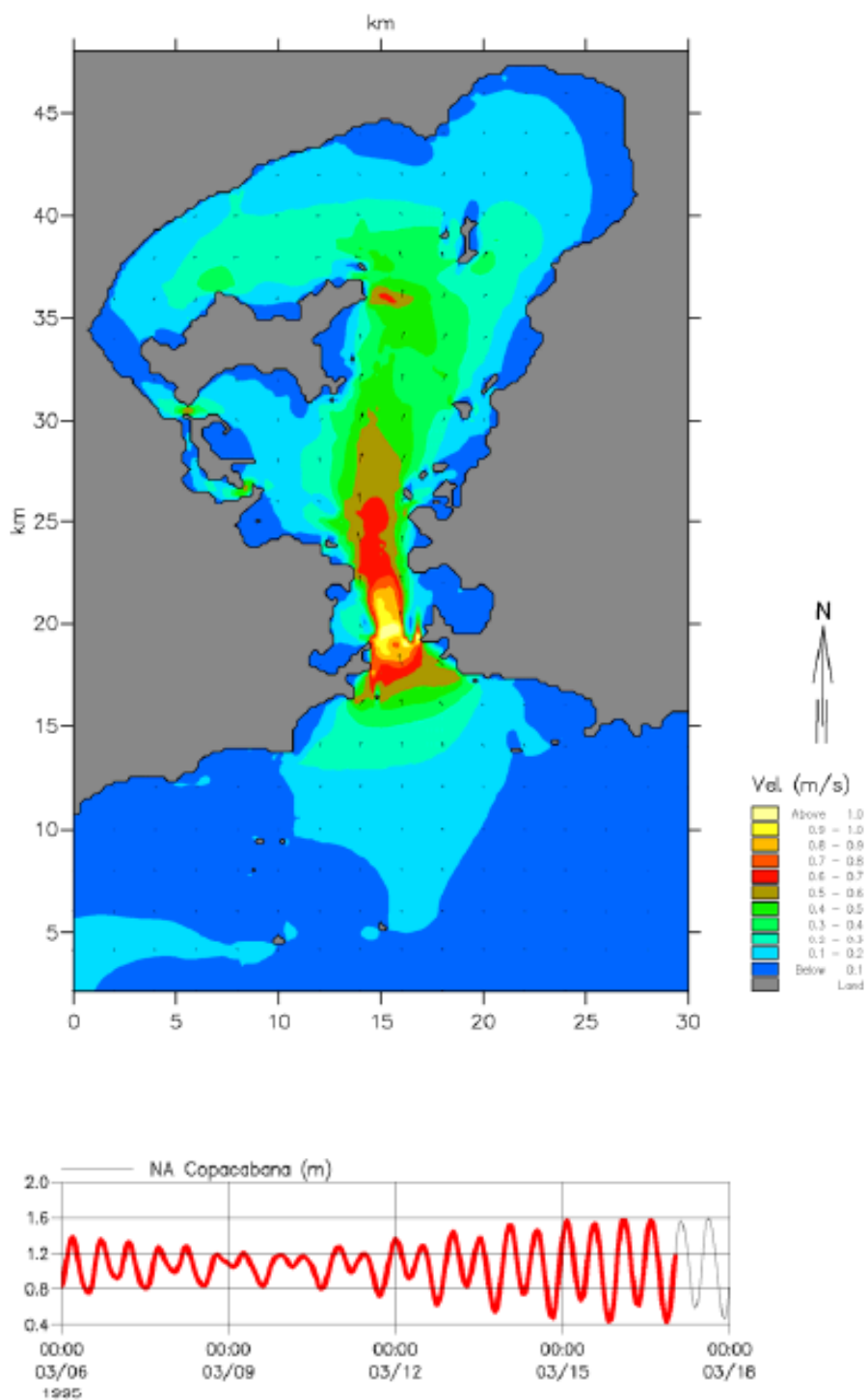


Figura 14 - Maré de Sizígia - Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

## 6- MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS FINOS

### 6.1- Parâmetros Numéricos Utilizados

A cada viagem da draga deverão ser lançados no bota- fora cerca de 6.000 t de material. Assumimos que um terço desse material, ou seja, 2.000 t possam entrar em suspensão na coluna d'água e serem carregados pelas correntes geradas pelos ventos e pelas marés.

O diâmetro médio dos sedimentos em suspensão foi considerado igual a 0,062 mm, o qual corresponde à transição entre a areia muito fina e o silte grosso, segundo a classificação adotada pela American Geophysical Union. A velocidade de queda desse sedimento, igual a 0,0035 m/s, foi calculada pela Lei de Stokes, dada por:

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

onde:

W = velocidade de queda

$\Delta$  = densidade relativa

$\eta$  = viscosidade dinâmica

g = aceleração da gravidade

D = diâmetro médio do sedimento

O material em suspensão na coluna d'água foi representado no modelo matemático através de 500 partículas, cada uma delas com massa igual a 4,0 t e velocidade de queda igual a 0,0035 m/s. Para os coeficientes de dispersão, adotamos os valores recomendados na literatura, tendo por base estudos similares já realizados. Esses valores foram:

Dispersão horizontal:

- longitudinal: 1,0 m<sup>2</sup>/s

- transversal: 0,1 m<sup>2</sup>/s

## **6.2- Resultados das Simulações**

O modelo hidrodinâmico (ver item 5), assim como as medições feitas com flutuadores pelo INPH, mostraram que a situação mais desfavorável para o lançamento do material no bota-fora é durante a fase de maré enchente de sizígia, pois além das correntes serem direcionadas para a costa, elas têm intensidades muito altas, podendo, por este motivo, transportar a pluma dos sedimentos finos a maiores distâncias.

Levando-se em conta esses resultados, nas simulações para caracterização da movimentação da pluma dos sedimentos finos consideramos que o material fino entrou em suspensão na coluna d'água no dia 13/03/95, às 20:00 h, durante o início de uma fase de maré enchente de sizígia. Nos itens que se seguem estão apresentados os resultados das simulações realizadas em cada uma das áreas de bota-fora estudadas.

## **6.3- Nova Área de Bota- Fora Proposta (Área D)**

Sobre a nova área de bota-fora, contendo o lançamento de sedimentos em áreas marinhas localizadas na parte frontal à entrada da Baía de Guanabara, o INPH tem a informar:

A Figura 15 mostra a distância entre o centro da área C e D às ilhas Cagarras. O ponto D distancia-se 11,5 km das ilhas Cagarras e 3,4 km do ponto C e possui coordenadas 23°02'57.75" Sul e 43°04'20.63" Oeste.



Figura 15: Localização dos pontos C e D ilustrando a distância entre os pontos e as ilhas Cagarras.

As Figuras 16 e 17 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 10 horas e 21 horas após o lançamento do material fino na área C e também a localização da nova área de lançamento (Área D).

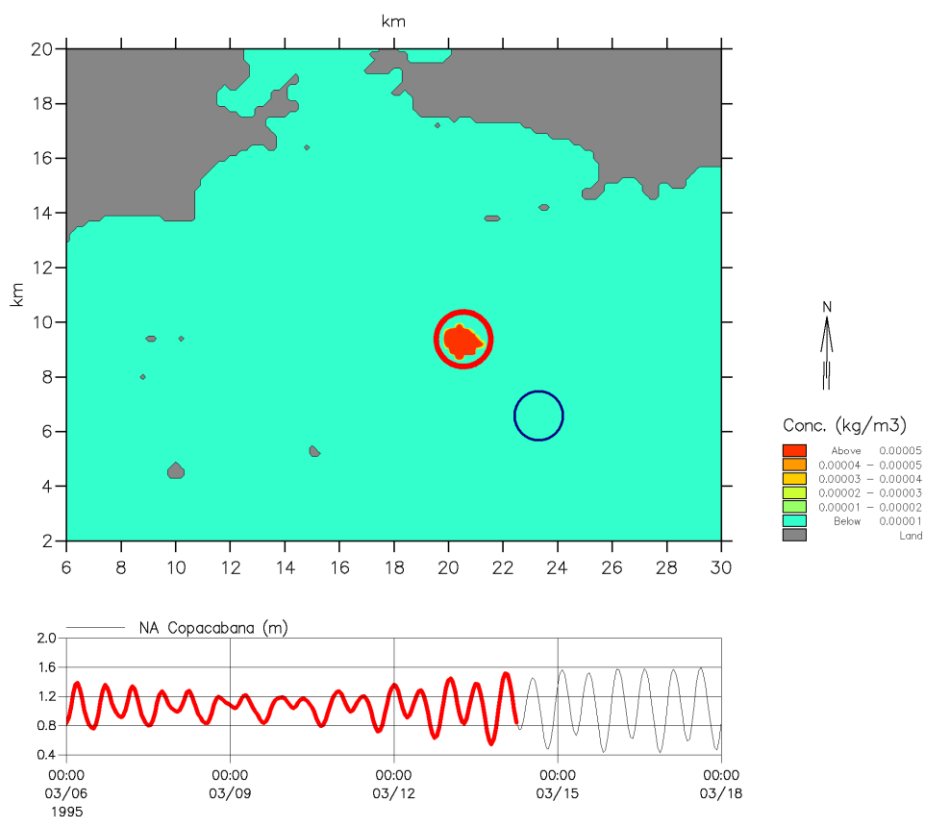


Figura 16: Concentração do material fino em suspensão 10 horas após o lançamento na Área C (Círculo vermelho) e a localização da nova Área de lançamento (Círculo azul).

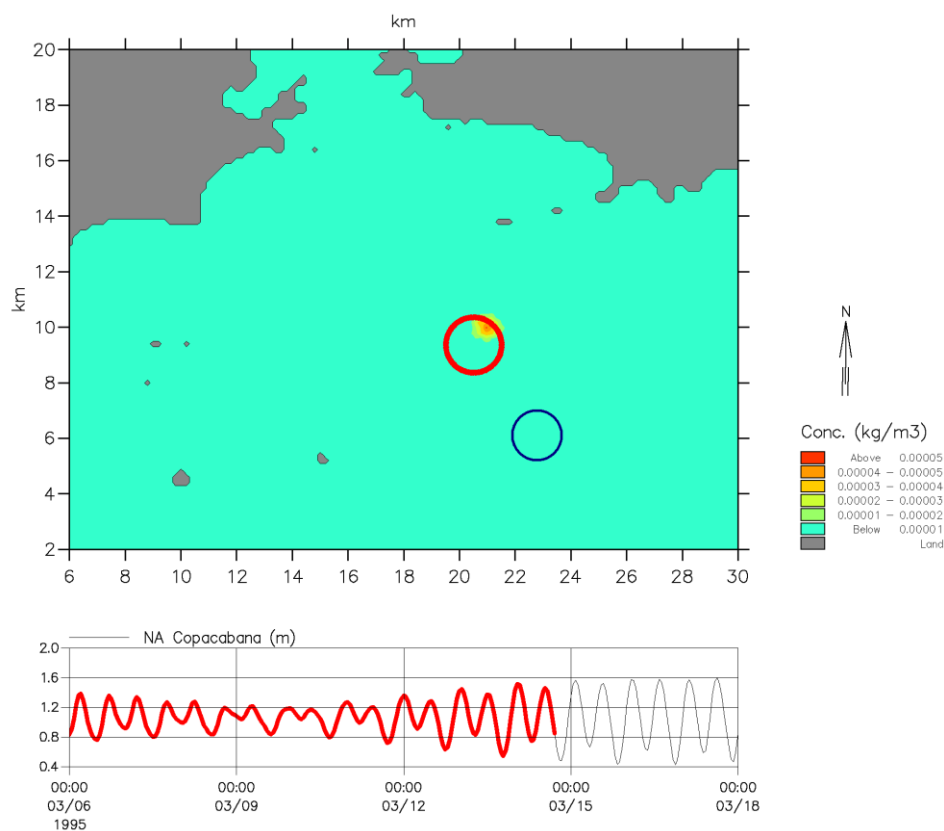


Figura 17: Concentração do material fino em suspensão 21 horas após o lançamento na Área C (Círculo vermelho) e a localização da nova Área de lançamento (Círculo azul).

Diante desta possibilidade, pode ser argumentado o fato de estes sedimentos ficarem disponíveis para serem remobilizados por correntes no fundo da Baía.

Desenvolvendo algumas formulações apresentadas por Fredsoe e Deigaard (1994)<sup>1</sup>, podemos chegar a uma fórmula capaz de calcular a velocidade crítica ( $U_{crit}$ ) para mobilização do sedimento superficial de fundo, em função da profundidade e da granulometria em um certo local:

$$U_{crit} = \frac{\sqrt{(0,05 * (s-1) * g * d_{50}) * (\ln (30 * D/Ns) - 1)}}{0,4}$$

onde:  $s$  é a densidade do grão, que para a areia no local é em torno de 2,6 t/m<sup>3</sup>;

$g$  é a aceleração da gravidade 9,81 m/s<sup>2</sup>;

$d_{50}$  é um valor estatístico representativo do tamanho do grão;

$Ns$  é o parâmetro de Nikuradse que pode ser dado por  $2,5 * d_{50}$ ;

e  $D$  é a profundidade no local (m).

---

<sup>1</sup> Fredsoe J. & Deigaard R. 1994. Mechanics of Coastal Sediment Transport. Advanced Series on Ocean Engineering. Vol 3.

A Tabela 6 e as curvas da Figura 18 foram geradas a partir da fórmula demonstrada acima para um intervalo de profundidade variando de 28 a 44 metros e de  $d_{50}$  de 0,062 a 0,2 mm, que é um intervalo médio da granulometria dos sedimentos a serem dispostos na área (areia fina a média).

Profundidade (m)	d50 (mm)		
	0.062	0.1	0.2
	Velocidade crítica - $U_c$ (m/s)		
28	0.2530	0.3107	0.4176
30	0.2542	0.3122	0.4198
32	0.2553	0.3136	0.4218
34	0.2563	0.3150	0.4237
36	0.2573	0.3162	0.4255
38	0.2583	0.3174	0.4272
40	0.2592	0.3186	0.4288
42	0.2600	0.3196	0.4303
44	0.2608	0.3207	0.4318

Tabela 6. Variação da velocidade crítica para mobilização de sedimento junto ao fundo em função da profundidade e da granulometria.

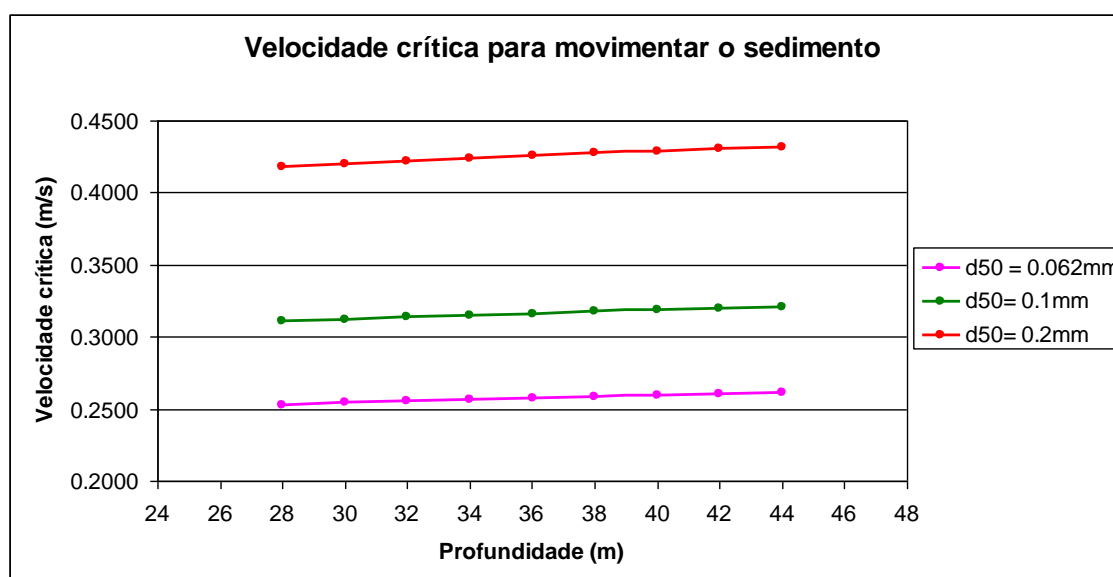


Figura 18. Curva representando a variação da velocidade crítica para mobilização de sedimento junto ao fundo em função da profundidade para vários diâmetros de grão.

Podemos observar que mesmo para o  $d_{50} = 0.062$  mm na menor profundidade, a velocidade crítica é maior que 0.25 m/s, esta é a menor velocidade crítica dentro de todo o intervalo analisado.

A seguir, é apresentada uma simulação do campo de correntes na Baía de Guanabara realizada através do modelo matemático MIKE 21, como já foi mostrado no **item 5**. Na Figura 19, podemos ver o resultado da simulação em um período de maré de sizígia com representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente, ou seja, que possui correntes mais fortes.

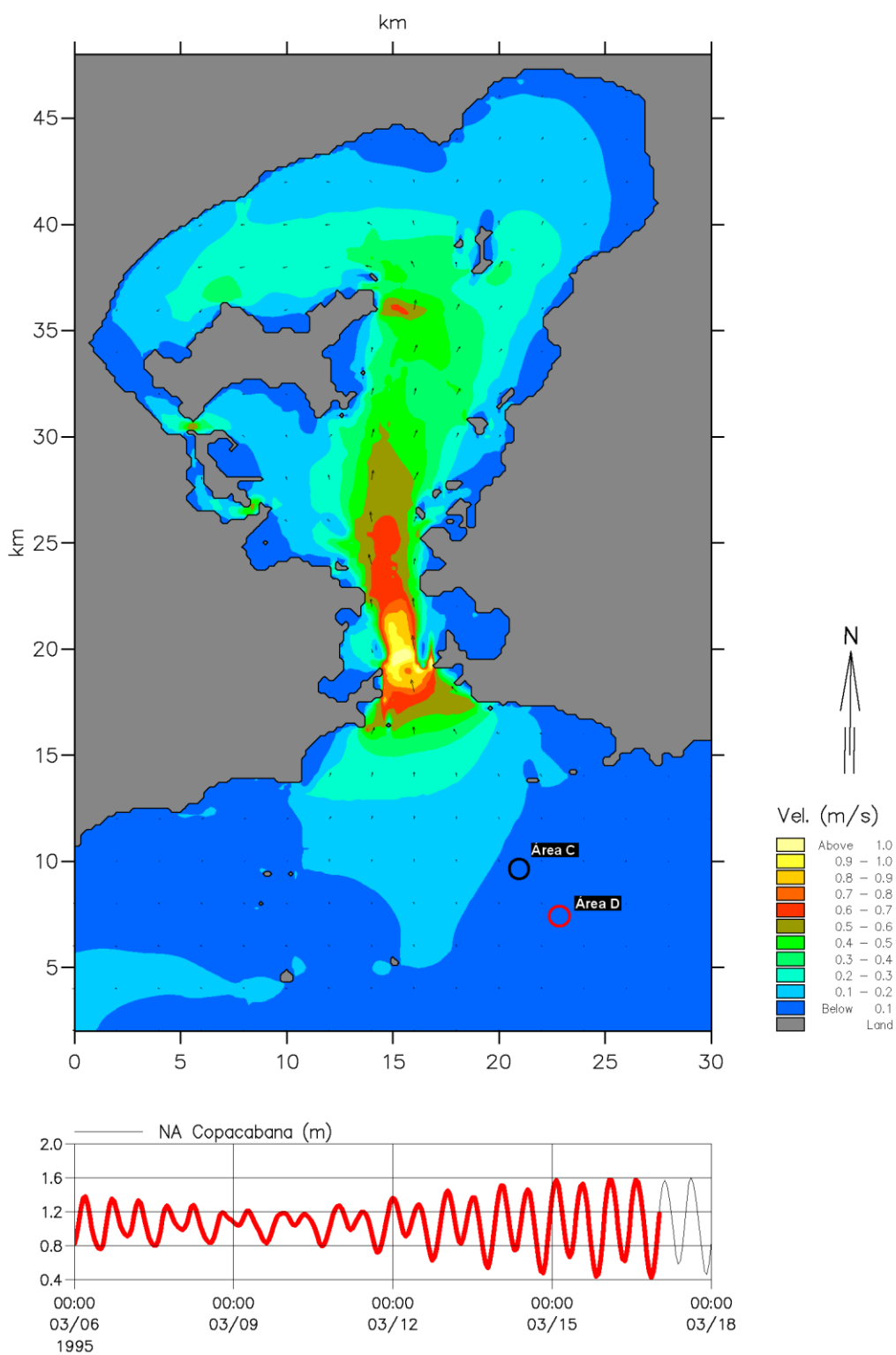


Figura 19. Simulação de correntes em período de maré enchente e a localização das áreas C e D.



Observa-se que a velocidade das correntes na área C, assim como na área D, localizada mais ao sul, é inferior a 0.1 m/s. Diante disso, as velocidades nas áreas C e D são praticamente iguais, ou seja, inferiores à velocidade crítica de mobilização de sedimentos, o que não fará com que os sedimentos nessas áreas sejam mobilizados.

Diante do gráfico apresentado e das simulações realizadas, podemos concluir que os sedimentos, caso sejam dispostos na área citada anteriormente, não estarão sujeitos a remobilização pelas correntes características no local.

Portanto, o INPH nada tem a opor quanto ao aspecto hidráulico-sedimentológico para a nova situação de bota- fora apresentado.

## **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 (alfa)		-	-	0,32	0,99	
	BHC (beta)		-	-	0,32	0,99	
	BHC (delta)		-	-	0,32	0,99	
	BHC (gama Lindano)		0,94	1,38	0,32	0,99	
	Clordano (alfa)		-	-	2,26	4,79	
	Clordano(gama)		-	-	2,26	4,79	
	DDD		3,54	8,51	1,22	7,81	
	DDE		1,42	6,75	2,07	374	
Bifenilas Policloradas Totais (µg/kg)	DDT		1,19	4,77	1,19	4,77	
	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
			Criseno	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 Canadá<sup>1</sup> e dos EUA<sup>2</sup> vêm se constituindo em ferramentas

<sup>1</sup> *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](http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe).

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.

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

---

<sup>2</sup> EPA – United States Environmental Agency. EPA – 823-R-00-001 – February 2000.

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.

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

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.

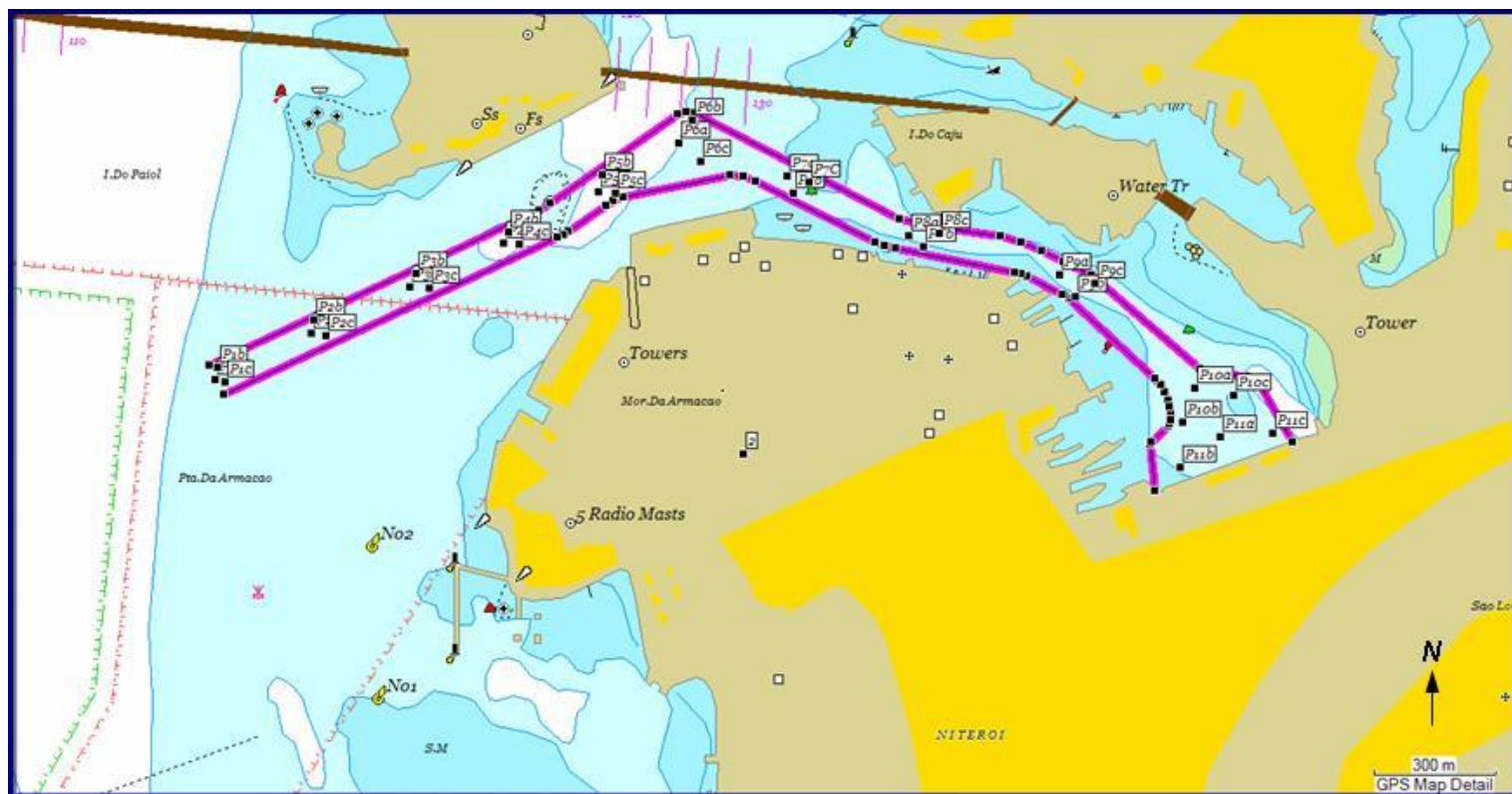


Figura 20 - Mapa com os Pontos Monitorados no Canal de Acesso ao Porto de Niterói.

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 <sup>0</sup> 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 INNOLAB<sup>3</sup>. A seguir, são relacionados os parâmetros físicos e químicos analisados nos sedimentos.

Granulometria	Areia, Silte / Argila
<b>Metais Pesados e Arsênio</b> <b>PCB's</b> <b>Pesticidas</b> <b>Organoclorados</b>	<b>Arsênio e Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco.</b> <b>Bifenila policloradas</b> <b>BHC (alfa), BHC (beta), BHC (delta), BHC (gama Lindano), Clordano (alfa), Clordano(gama), DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Endrin</b>
<b>Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos</b> <b>PAH's(µg/kg)</b>	<b>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</b>

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.

<sup>3</sup> 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.

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

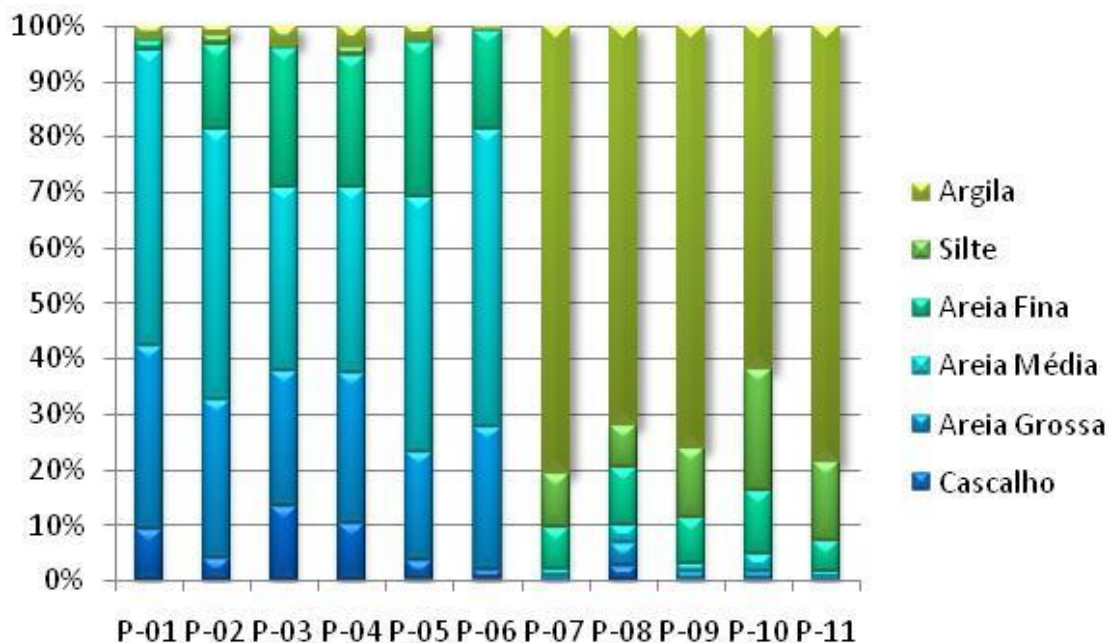


Figura 21 - Características granulométricas (%) nos sedimentos de superfície.

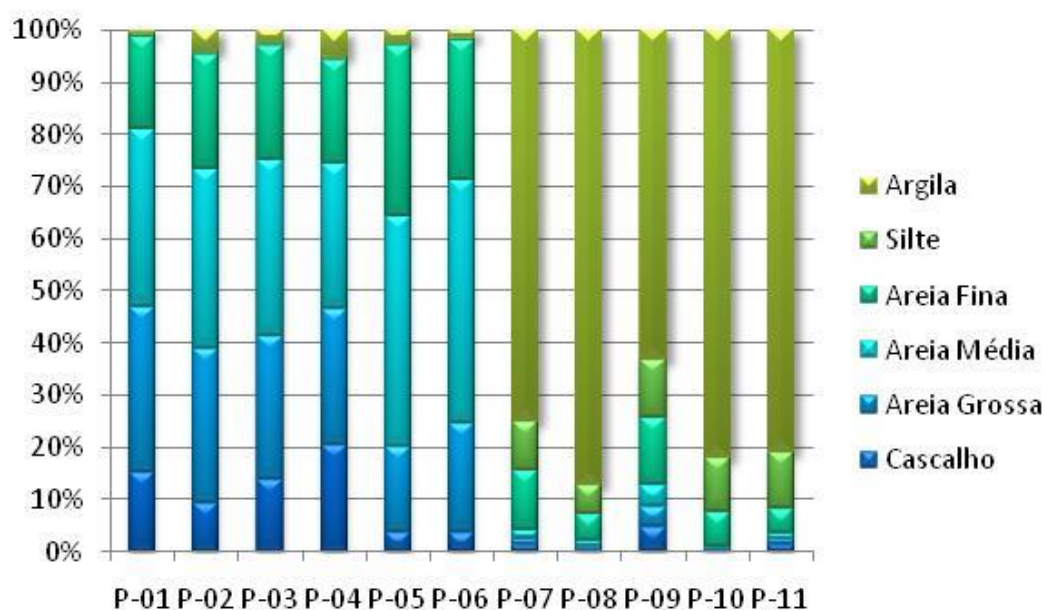


Figura 22 - Características granulométricas (%) nos sedimentos de fundo.

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

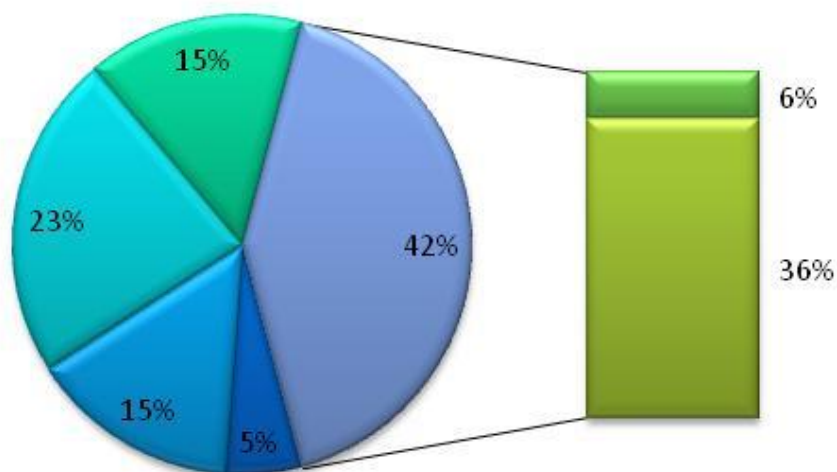


Figura 23 - Características granulométricas (%) dos sedimentos totais - superfície e fundo.

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

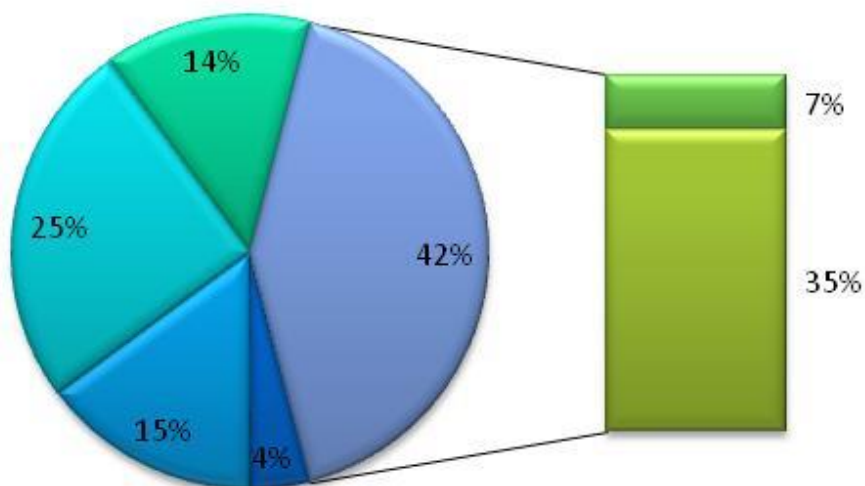


Figura 24 - Características granulométricas (%) dos sedimentos totais na superfície.

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

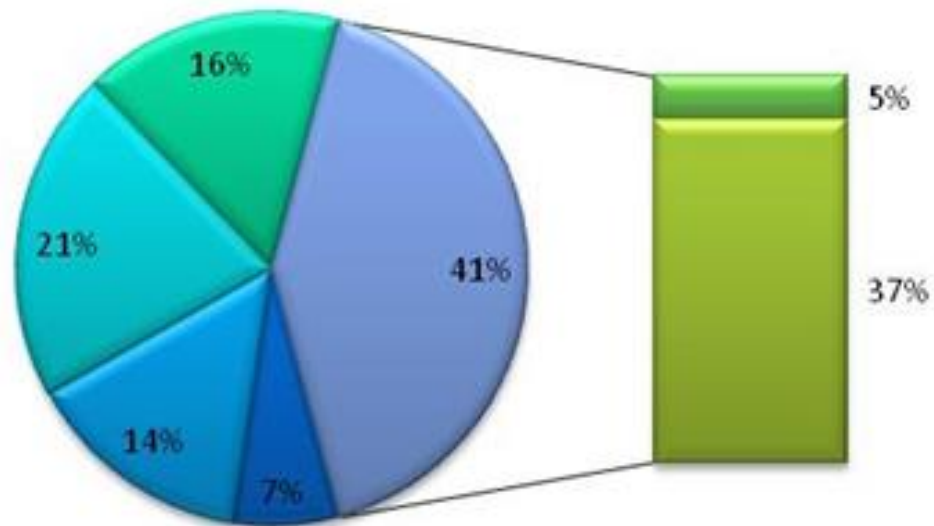


Figura 25 – Características granulométricas (%) dos sedimentos totais no fundo.

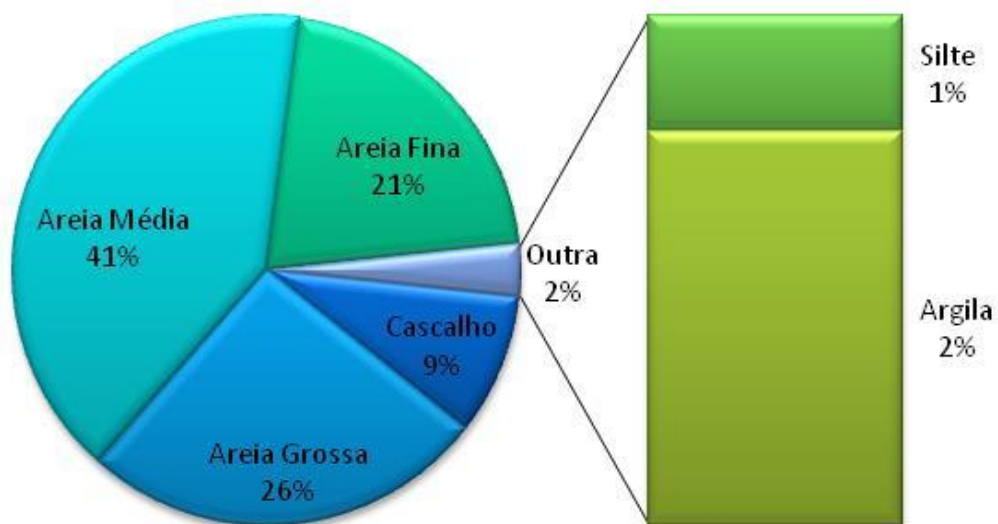


Figura 26 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo dos pontos P-01 a P-06.

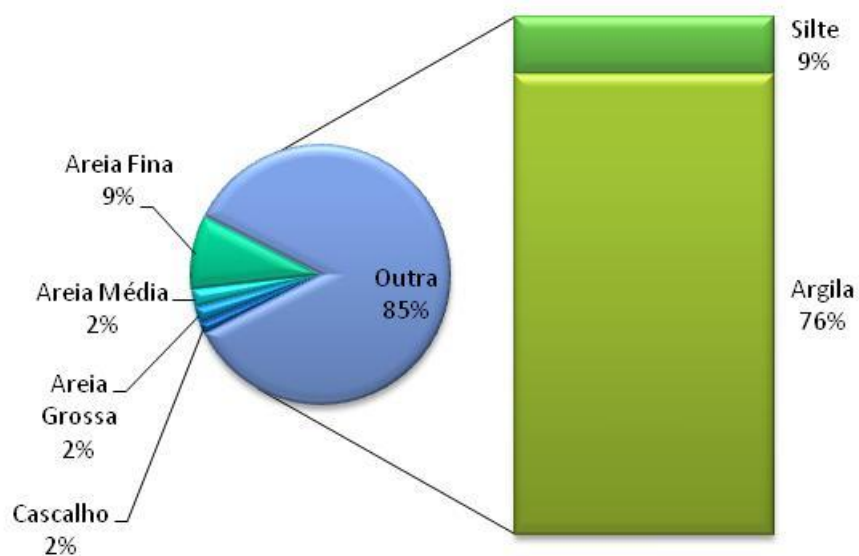


Figura 27- Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo dos pontos P-07 a P-09.

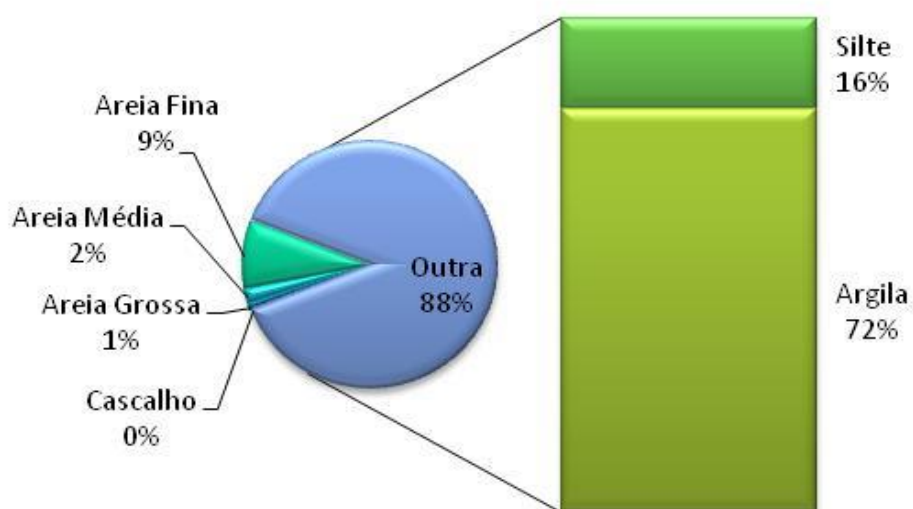


Figura 28 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo do ponto P-10 – Bacia de Evolução.

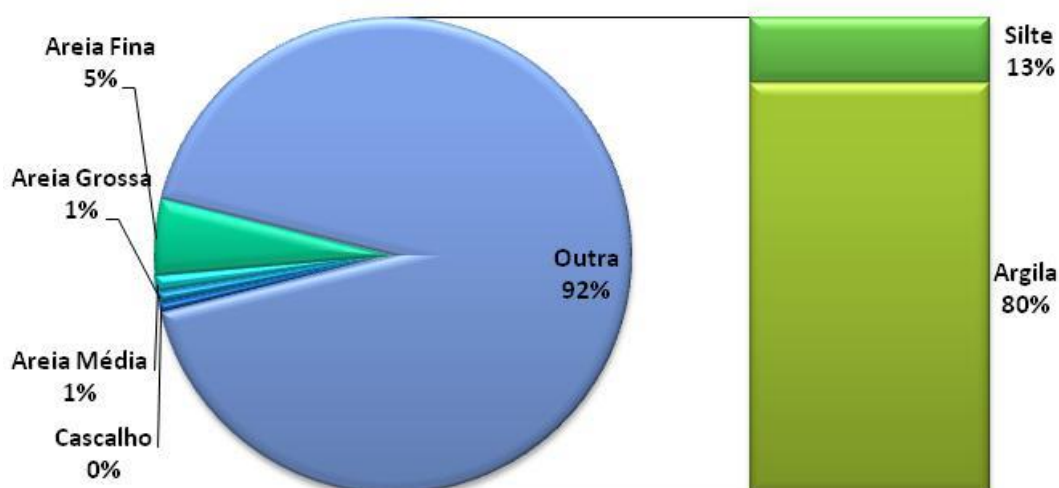


Figura 29 - Características granulométricas (%) dos sedimentos de superfície e fundo do ponto P-11 – Berço de Atracação.

#### 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.

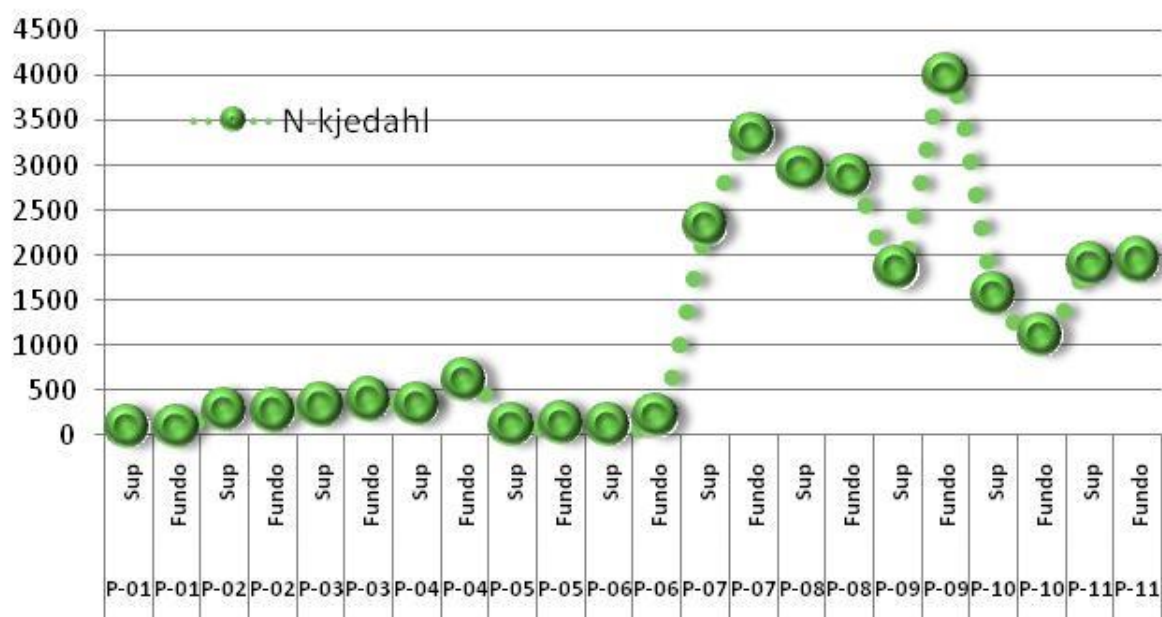


Figura 30 – Concentrações de N-kjedahl nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

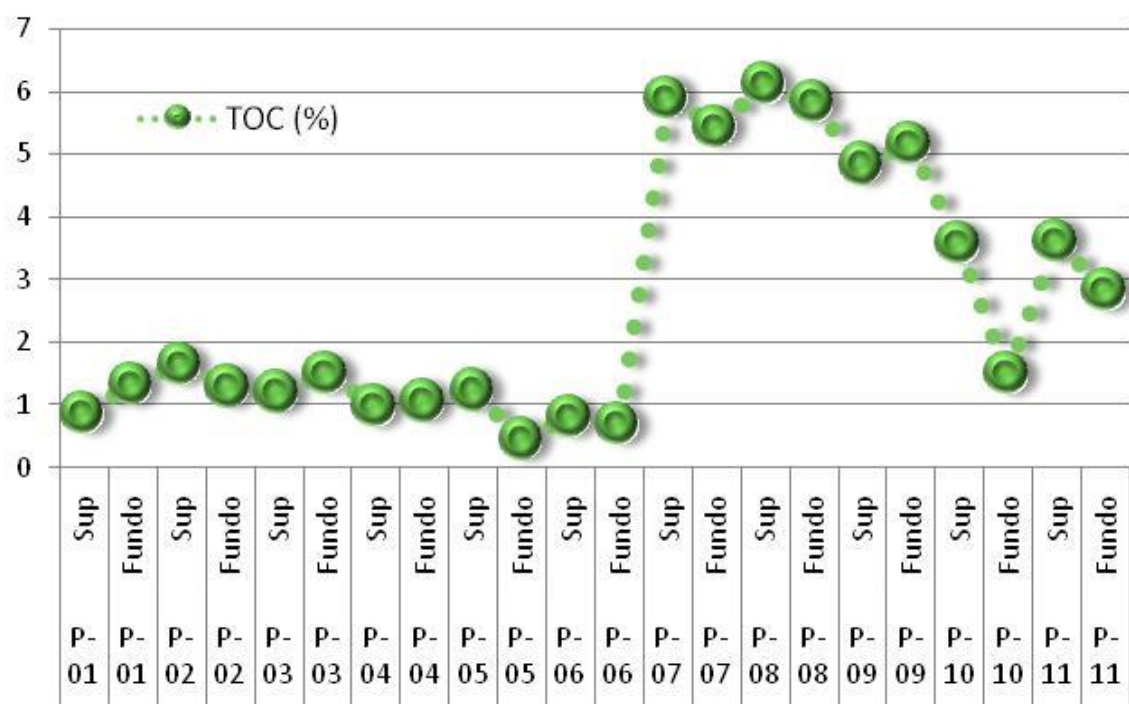


Figura 31 – Percentuais de Carbono Orgânico Total nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

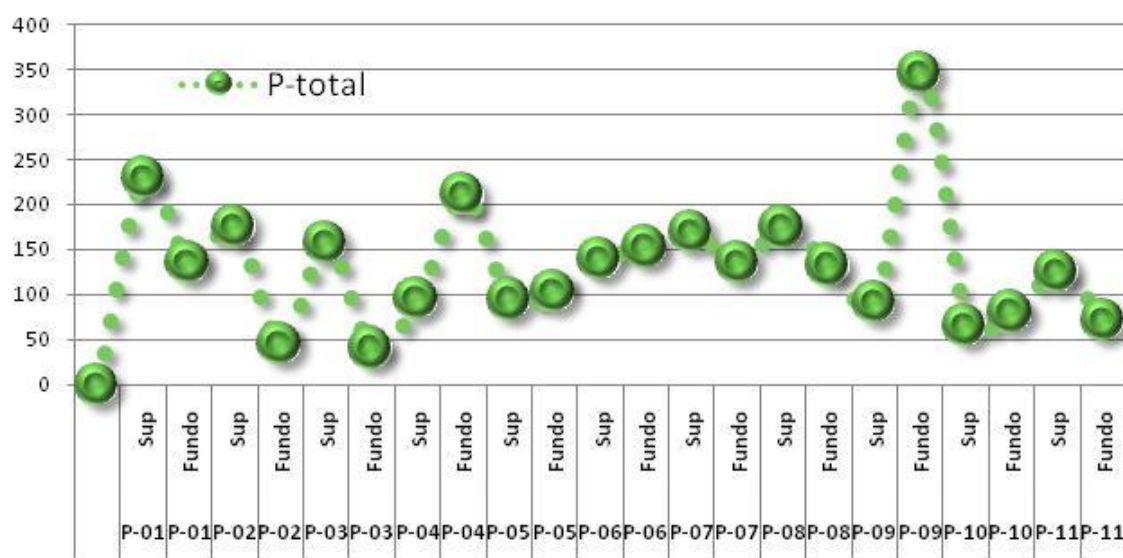


Figura 32 – Concentrações de fósforo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

### 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, CONAMA344/20.



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.

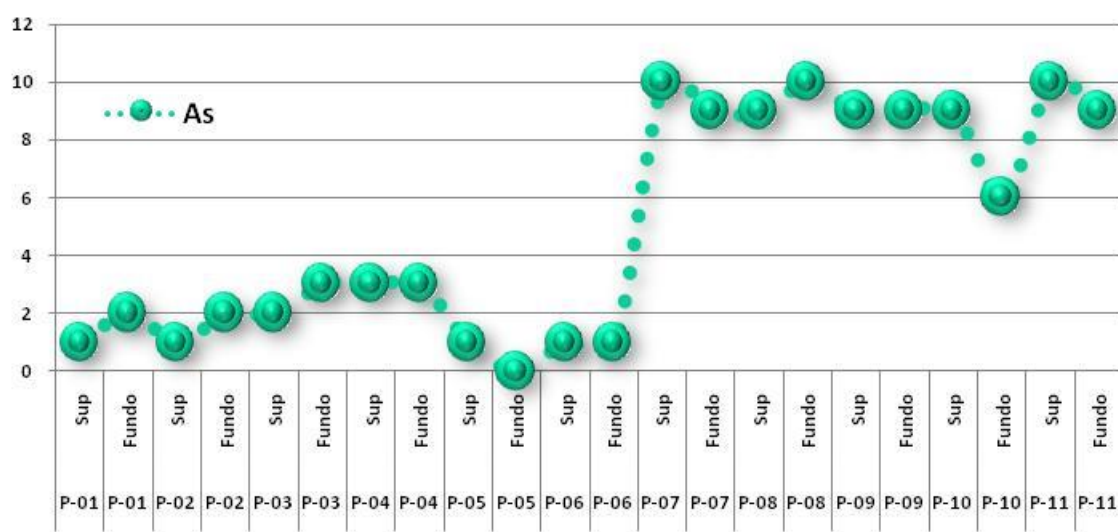


Figura 33 – Concentrações de arsênio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

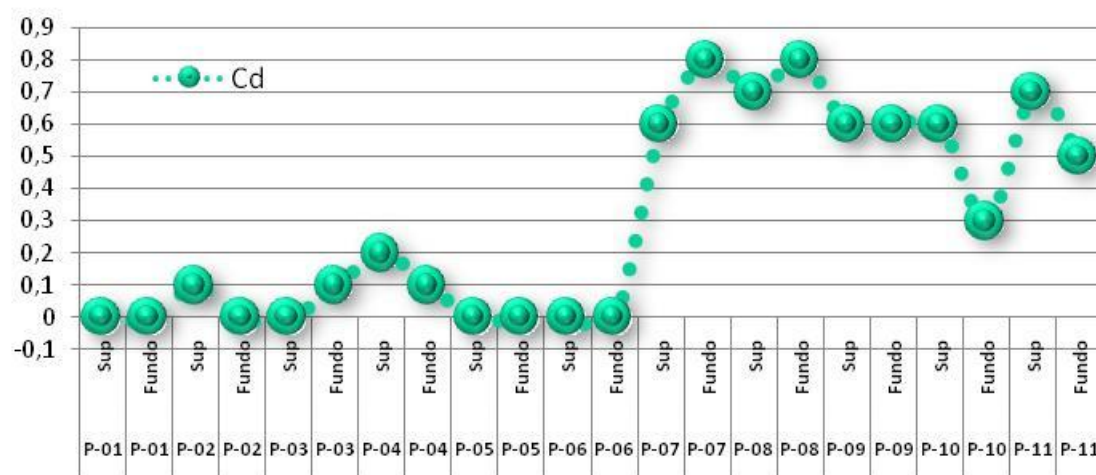


Figura 34 – Concentrações de cádmio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

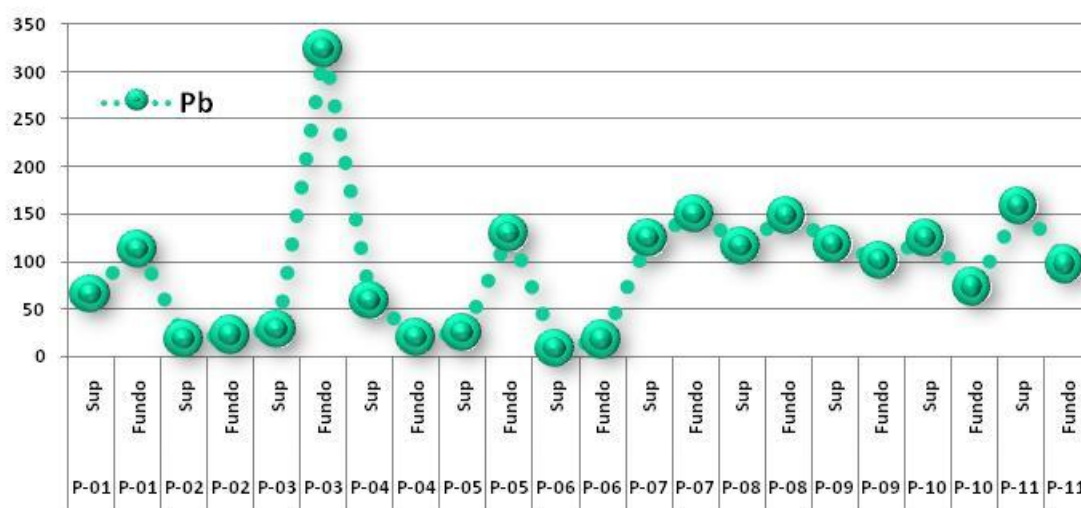


Figura 35 – Concentrações de chumbo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

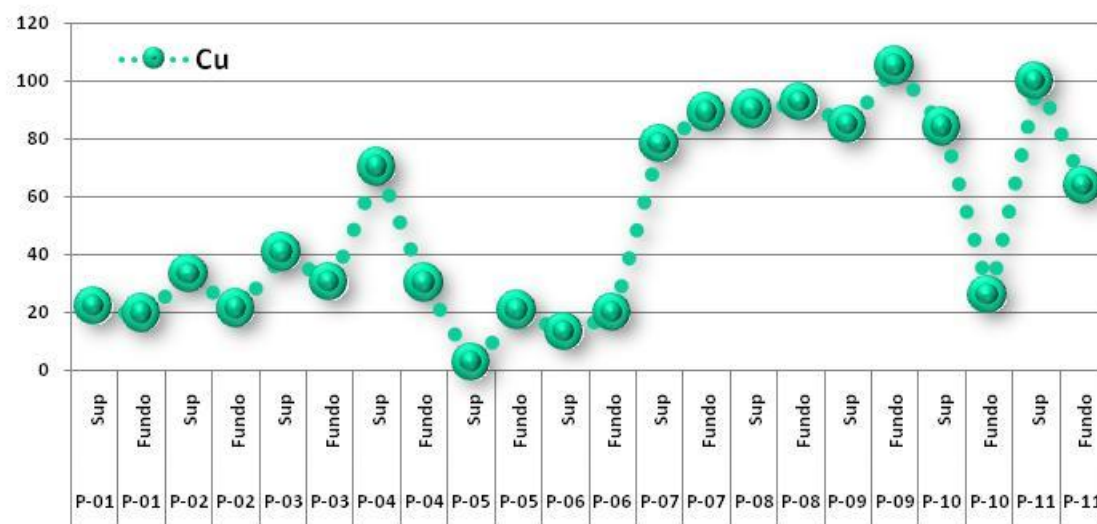


Figura 36 – Concentrações de cobre nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

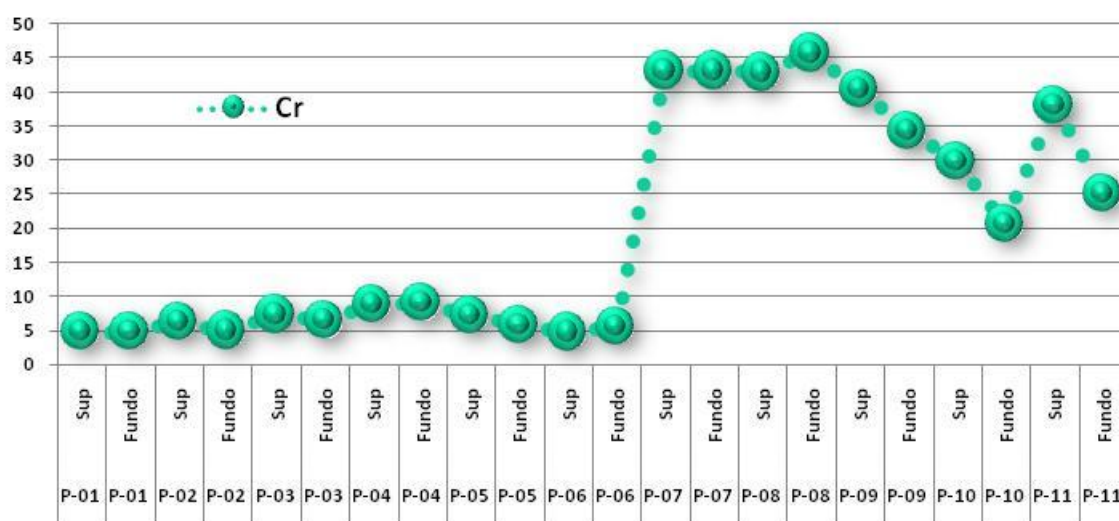


Figura 37 – Concentrações de cromo nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

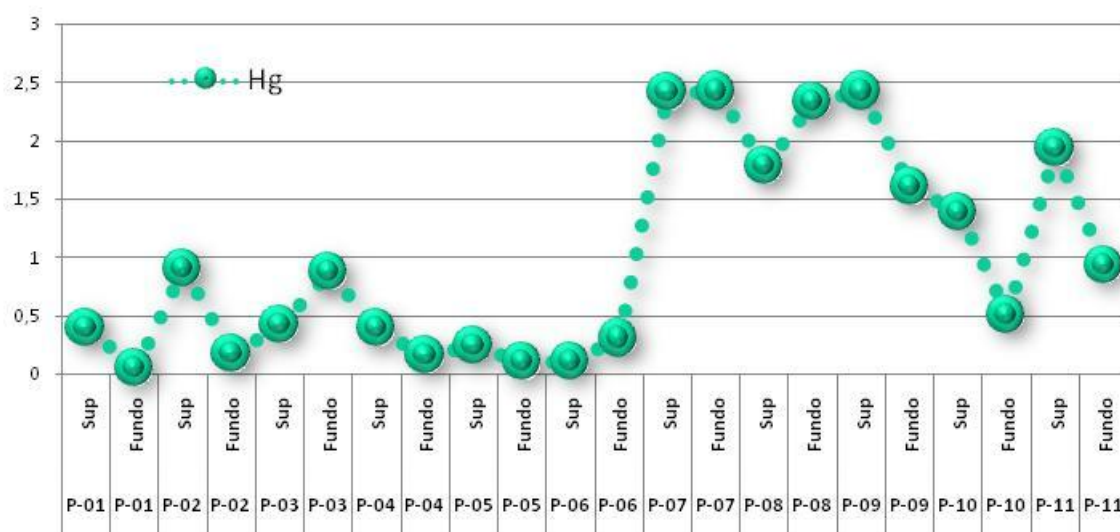


Figura 38 – Concentrações de mercúrio nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

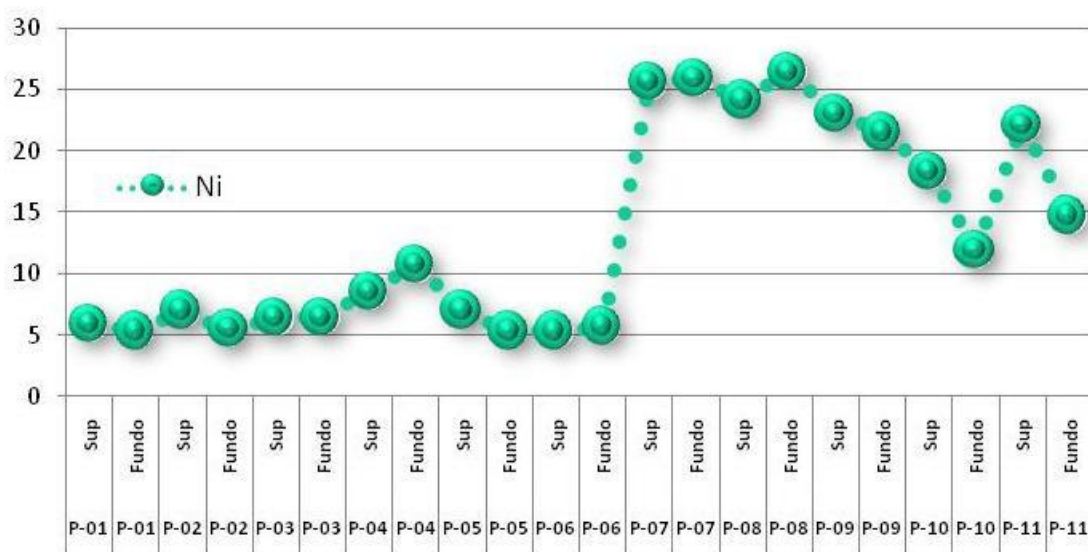


Figura 39– Concentrações de níquel nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

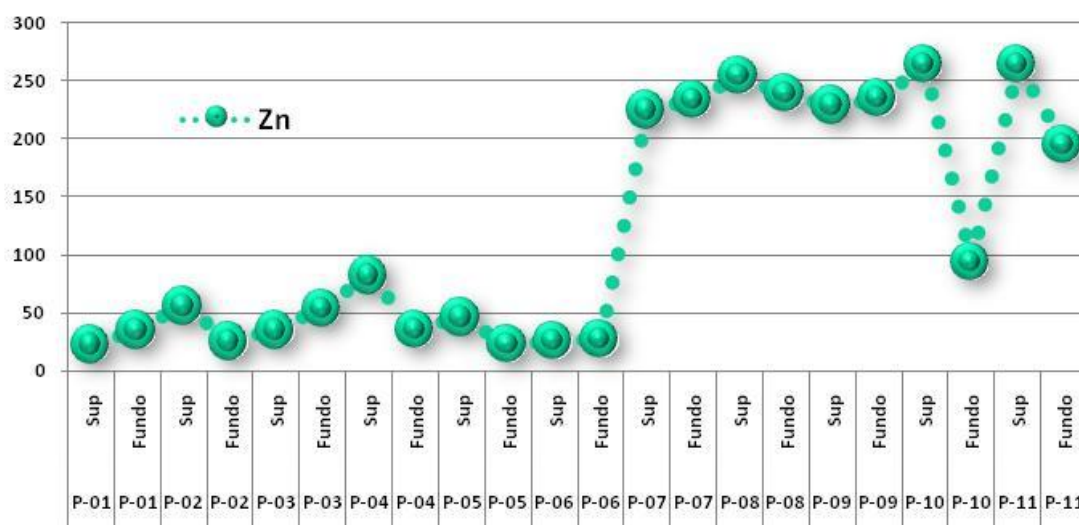


Figura 40 – Concentrações de zinco nos sedimentos de superfície e fundo (mg/kg).

### 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 ( $\text{mg/kg}$ )

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



<b>Metoxicloro</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>
<b>Mirex</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>

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.

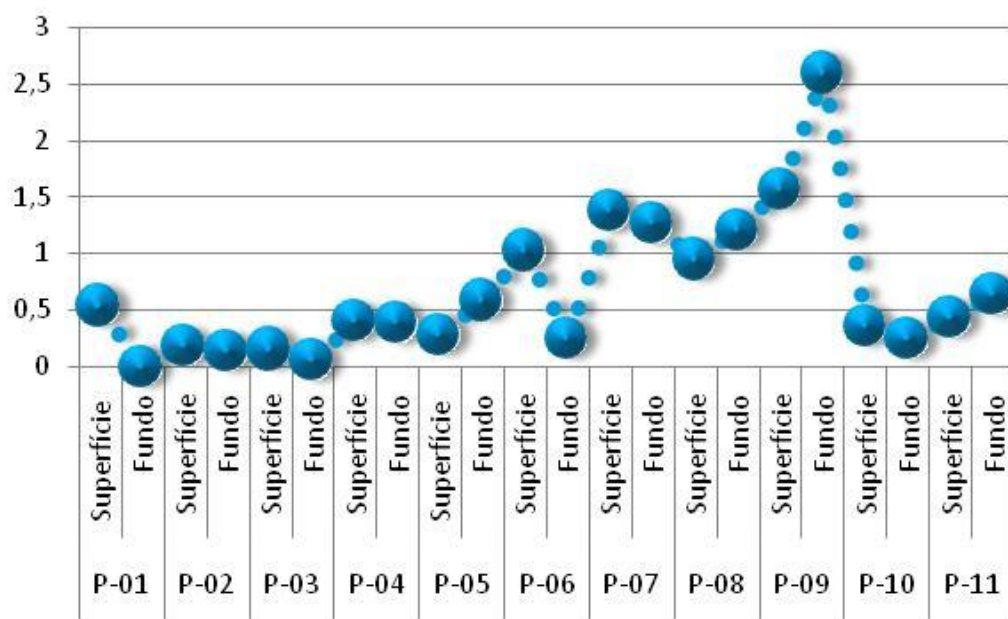


Figura 41– Somatório de HPA's.

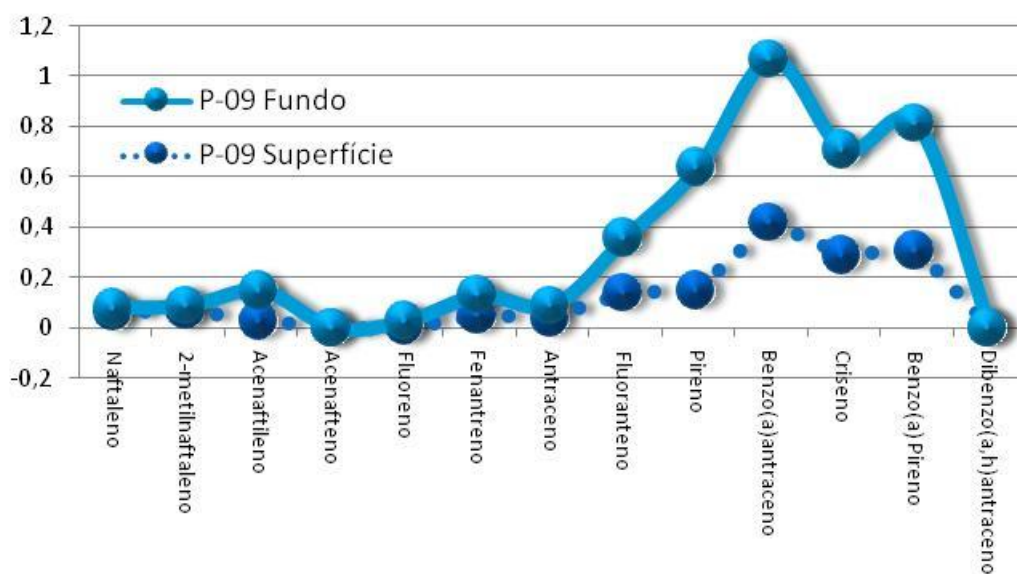


Figura 42 - HPA's no ponto de coleta P-09 superfície e fundo.

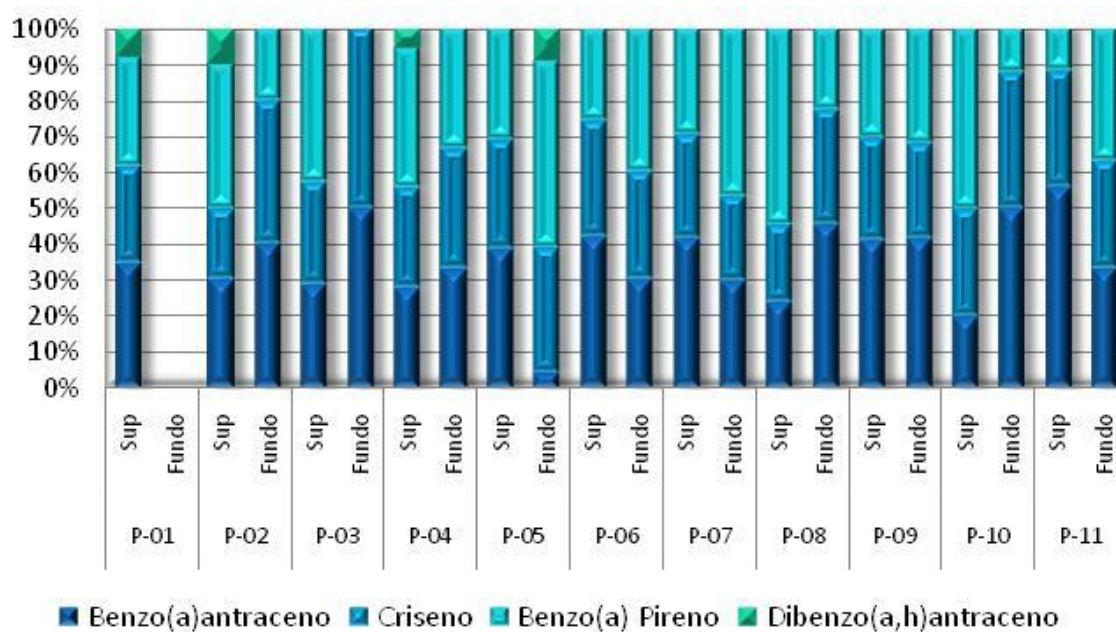


Figura 43 – Concentrações de HPA's nos pontos de coleta de P-01 a P-11.

## 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:

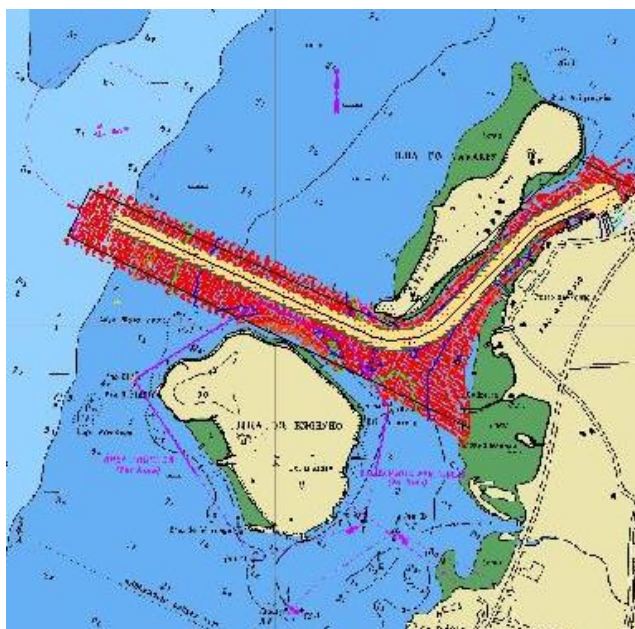


Figura 44 – Área de estudo.

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 $\leq$ 2mm	4,6	4,7	5,0	4,0	5,5	5,0	3,9	4,2	4,8	4,8
0,5 a $\leq$ 1mm	30,1	31,4	31,8	35,2	40,0	36,3	34,5	32,8	33,6	30,9
0,25 a $\leq$ 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 $\leq$ 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 $\leq$ 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 $\leq$ 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 $\leq$ 2mm	3,7	3,7	3,8	4,0	4,2	3,3	3,2	3,2	4,4	4,9
0,5 a $\leq$ 1mm	31,4	33,2	34,0	34,7	33,4	30,9	33,1	33,5	35,9	37,6
0,25 a $\leq$ 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 $\leq$ 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 $\leq$ 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 $\leq$ 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 no anexo 4 - 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:

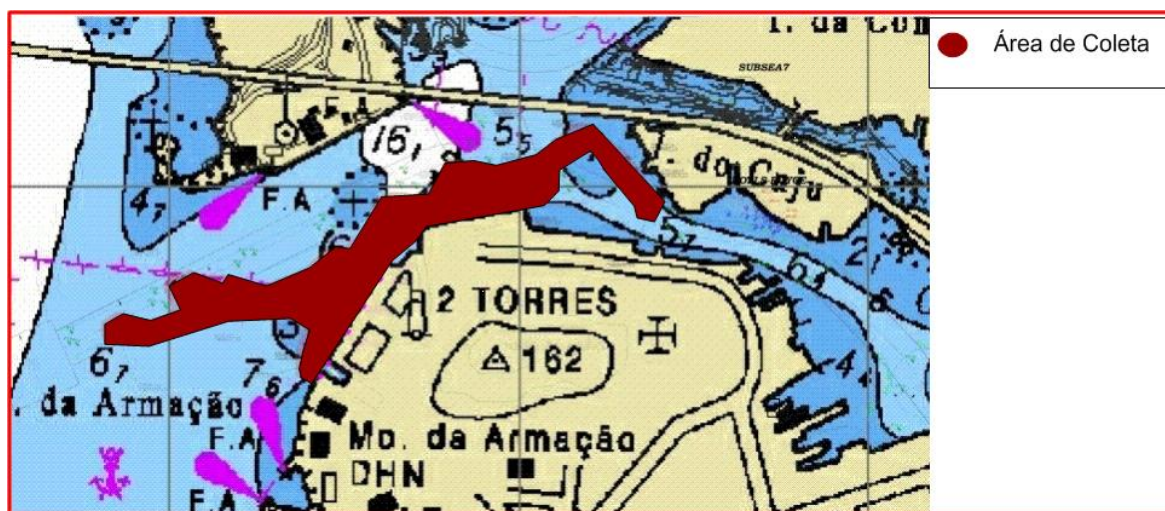


Figura 45 – Área de coleta.

### **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:

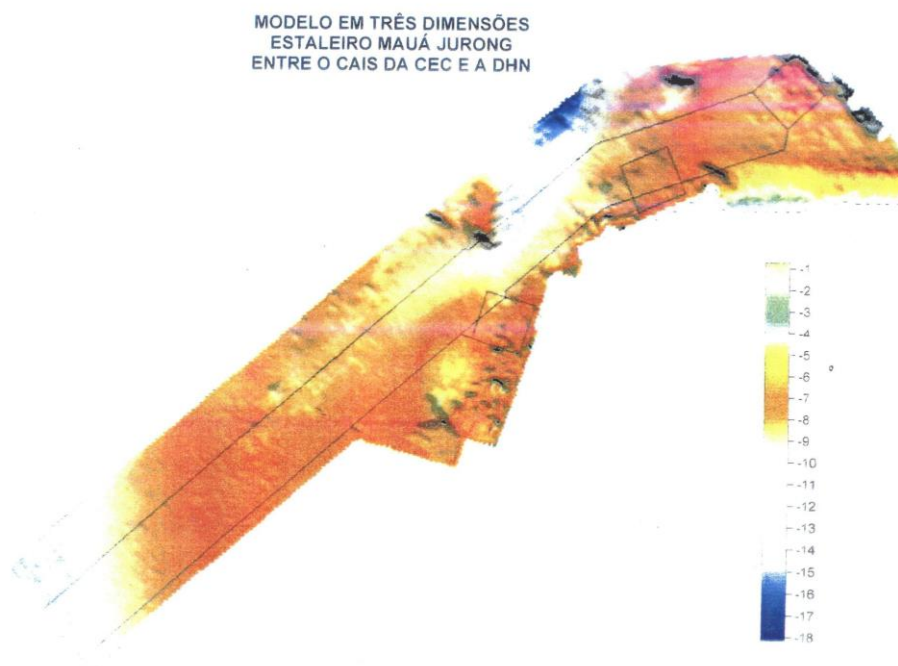
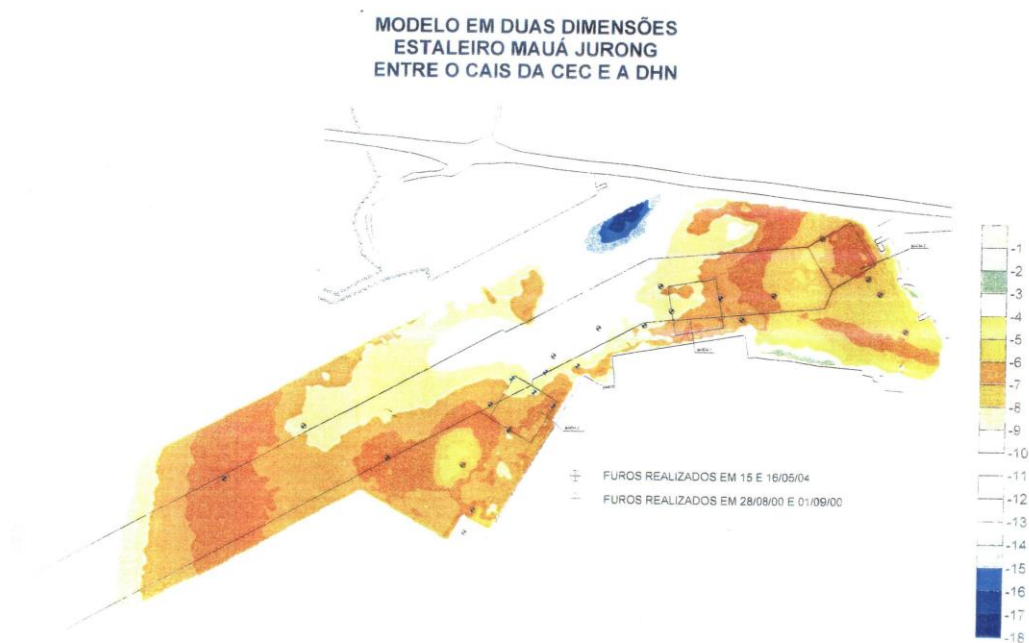
**SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2004**

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

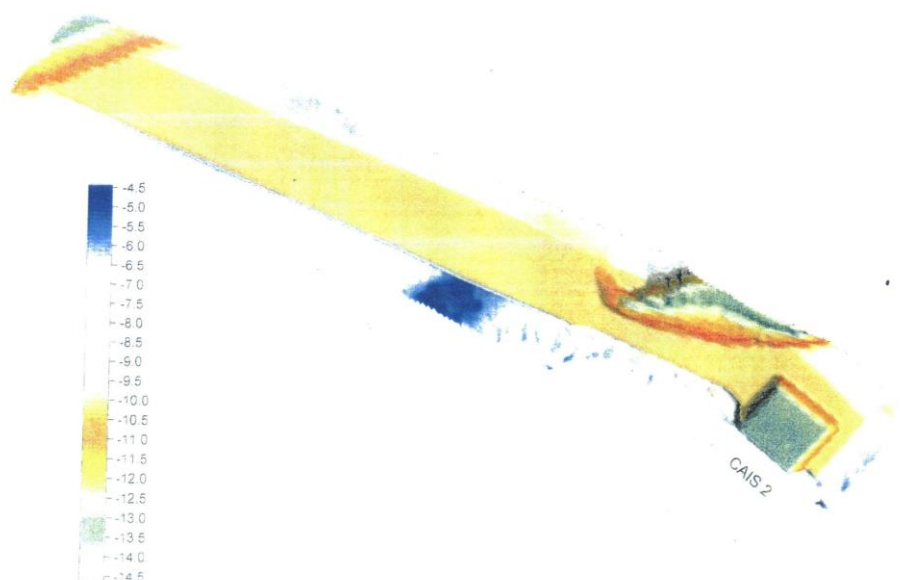
**SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2000**

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

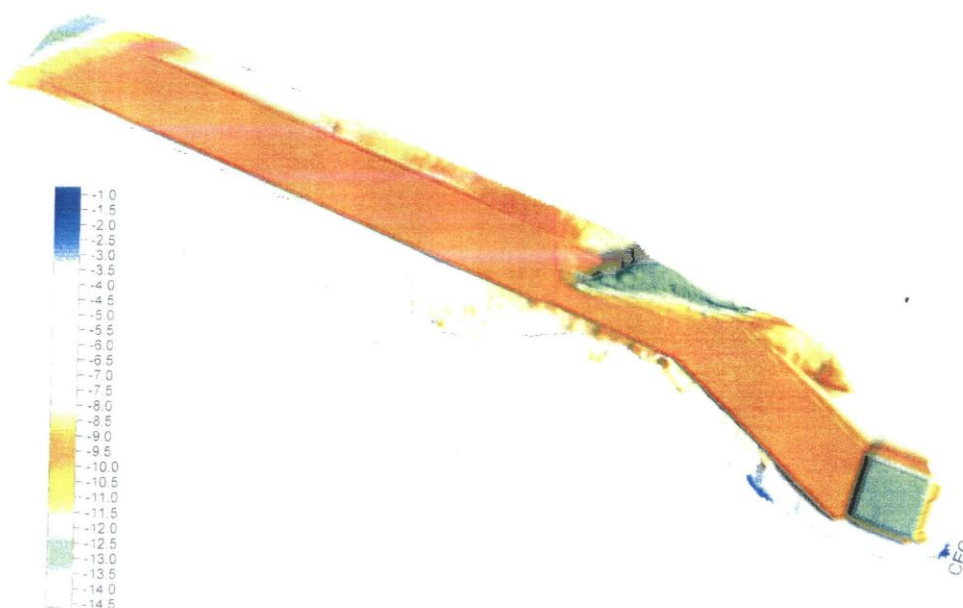
### 8.1.3- Modelagem em 2D e 3D da área investigada



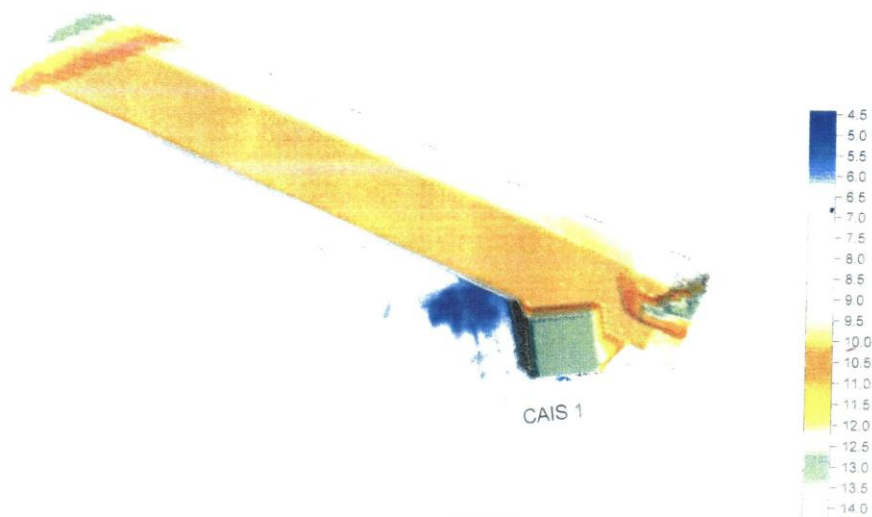
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM  
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



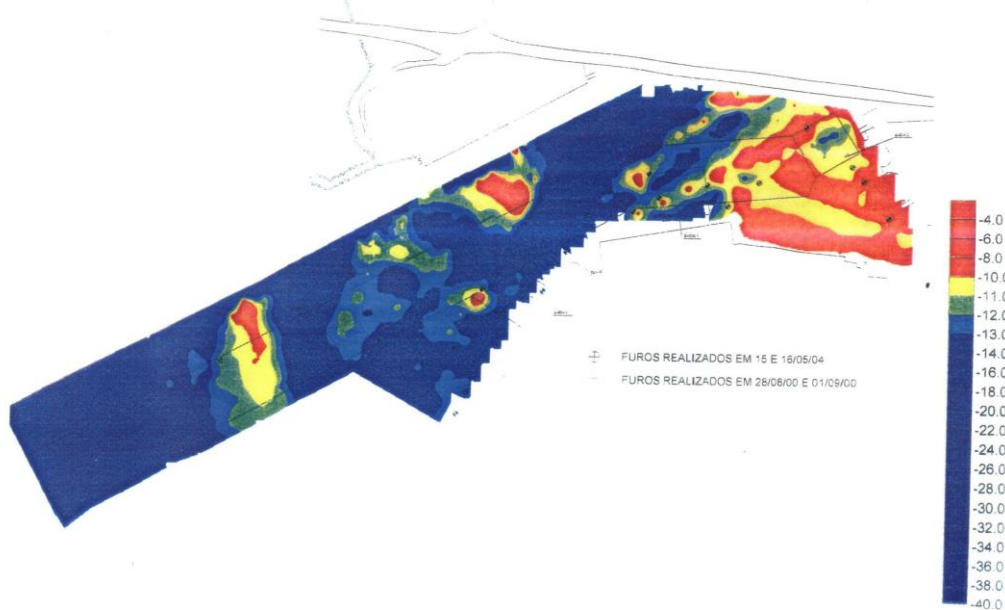
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 2 APÓS A DRAGAGEM  
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



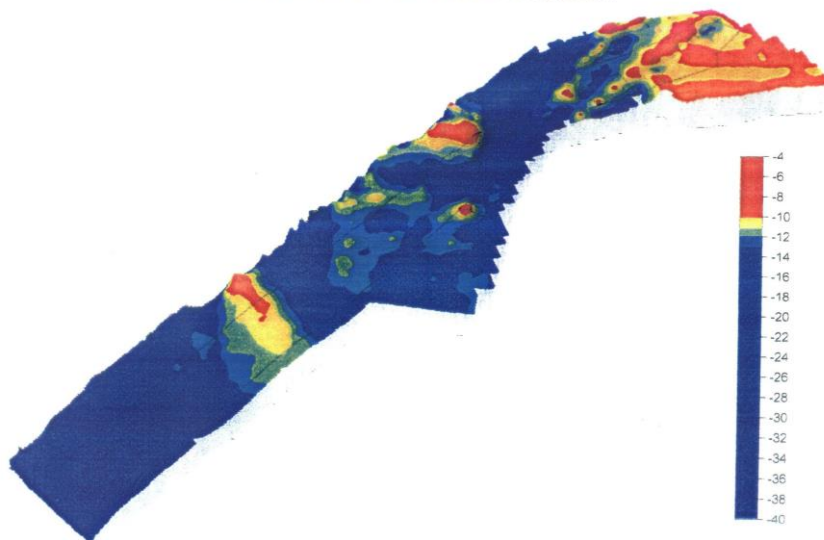
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 3 APÓS A DRAGAGEM  
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



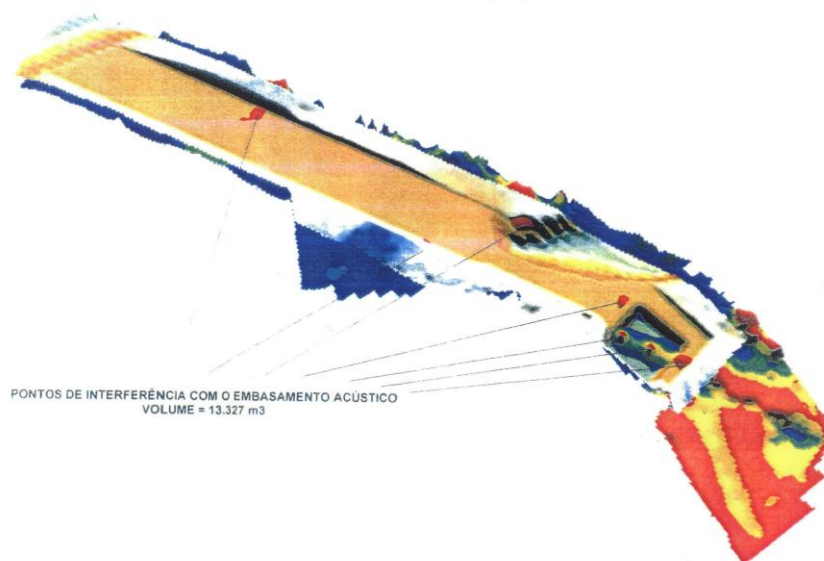
MODELO EM DUAS DIMENSÕES  
EMBASAMENTO ACÚSTICO  
PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)  
MAUÁ JURONG ENTRE OS CAIS DA CEC E A DHN



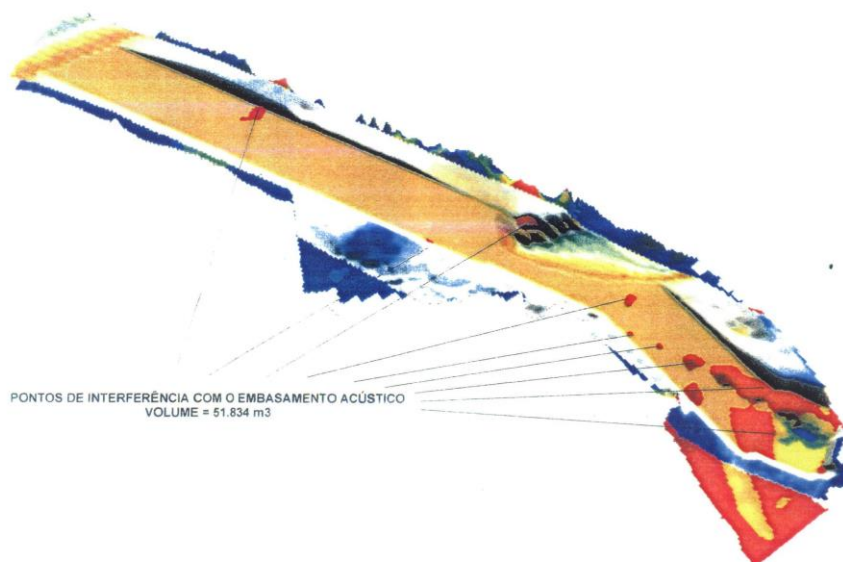
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES  
EMBASAMENTO ACÚSTICO  
PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)  
MAUÁ JURONG ENTRE O CAIS DA CEC E A DHN



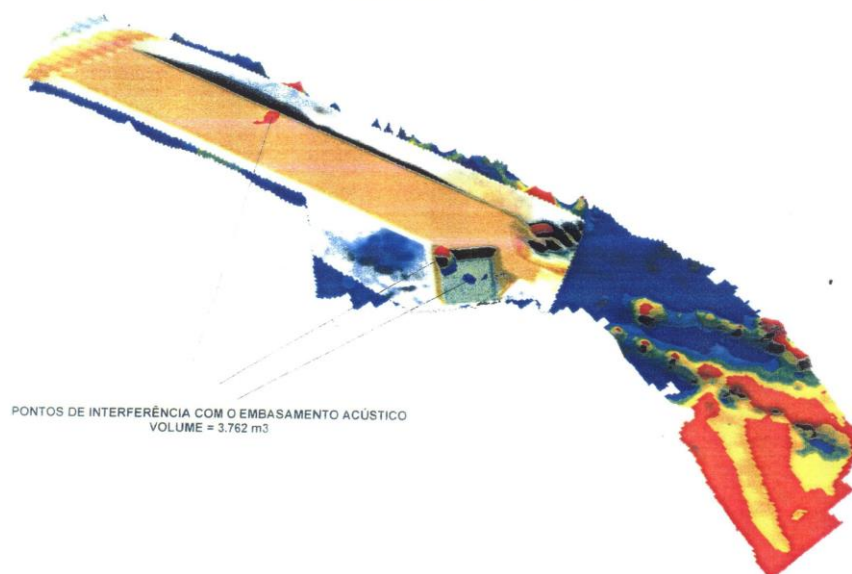
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM  
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO  
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



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.

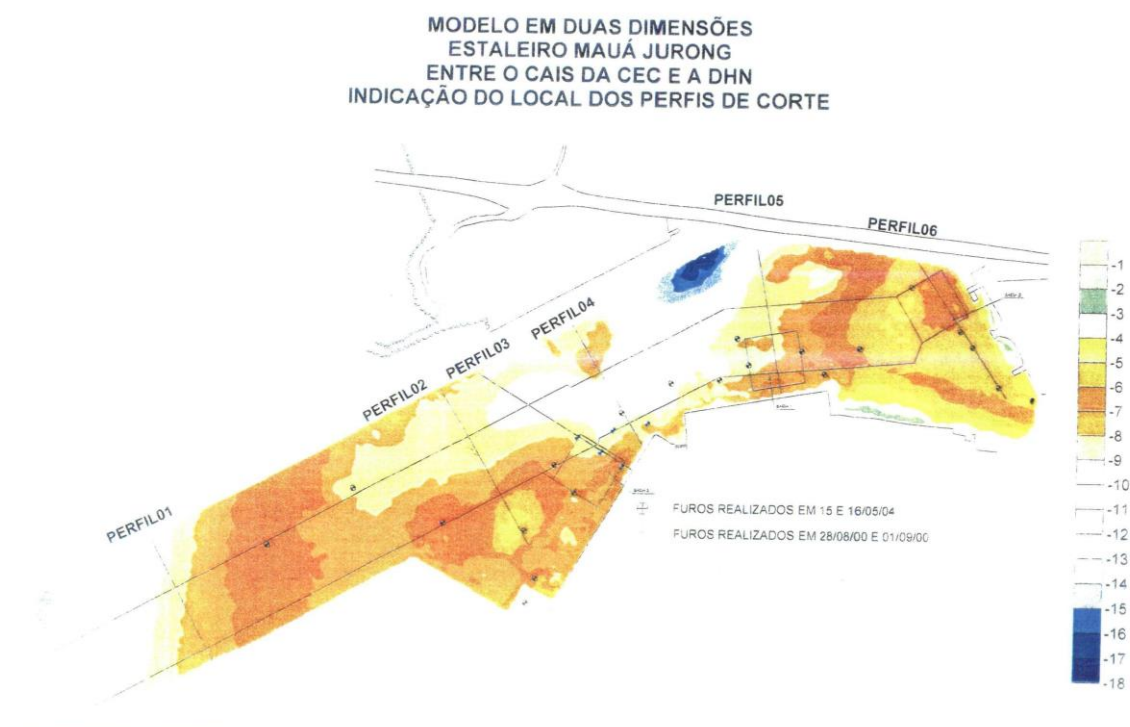
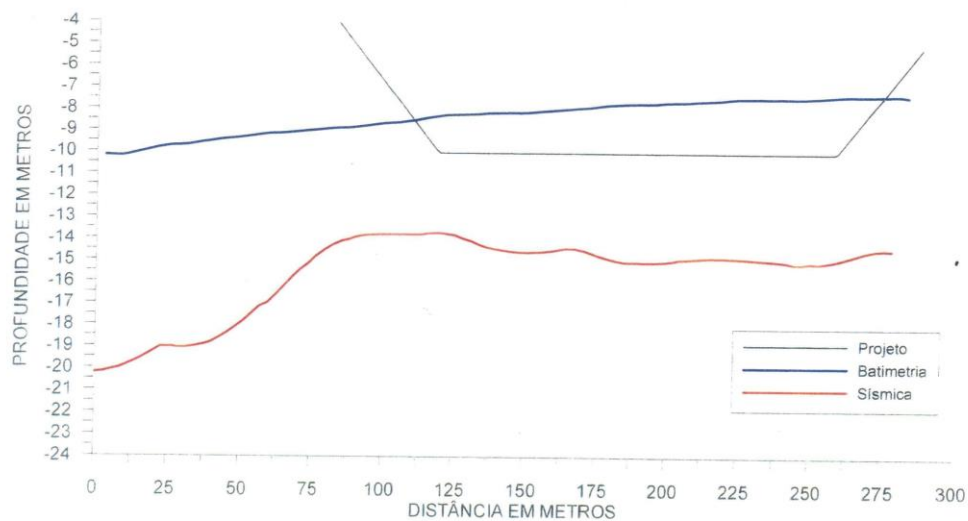


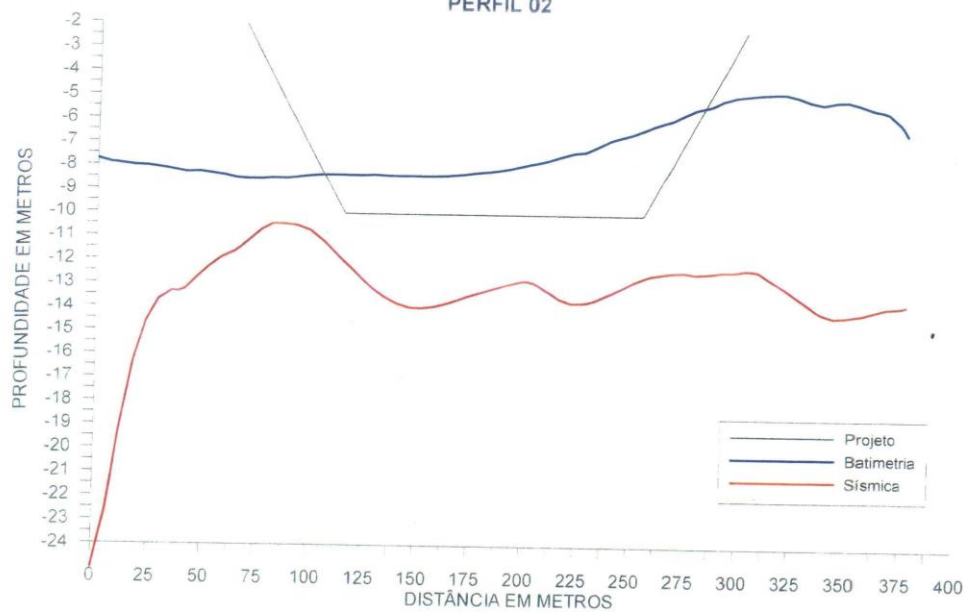
Figura 46 – Área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis.

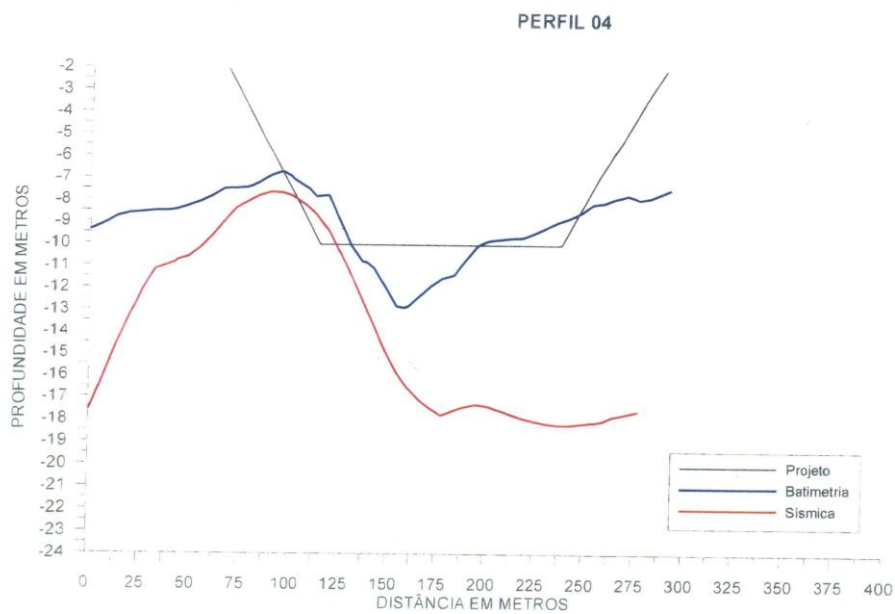
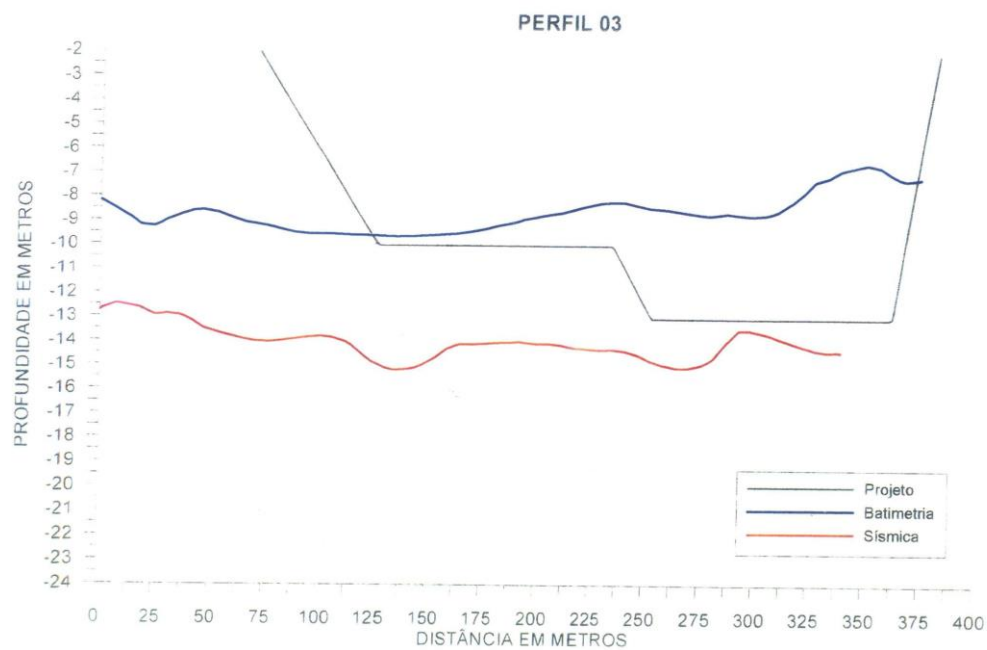


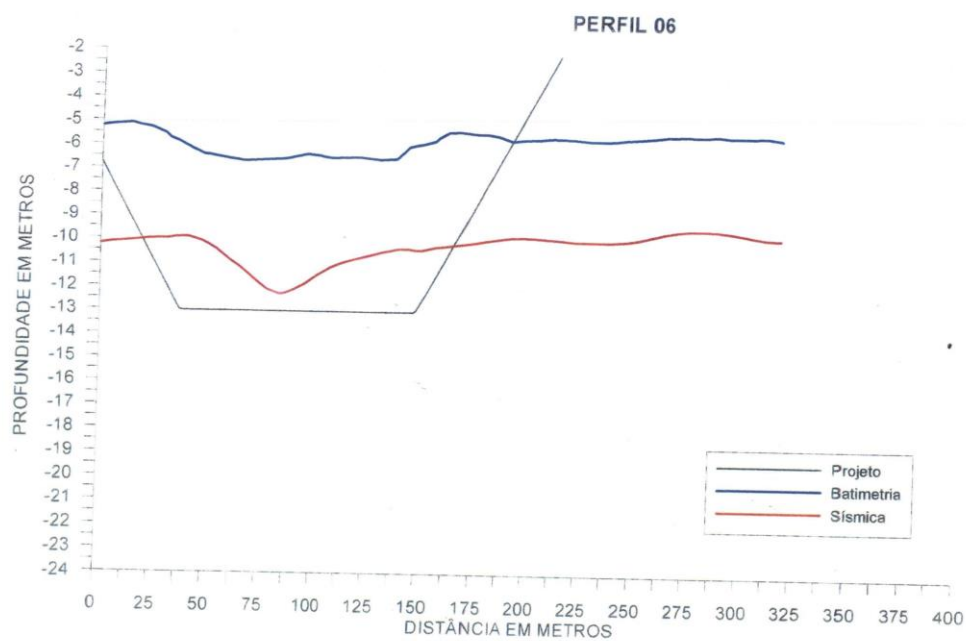
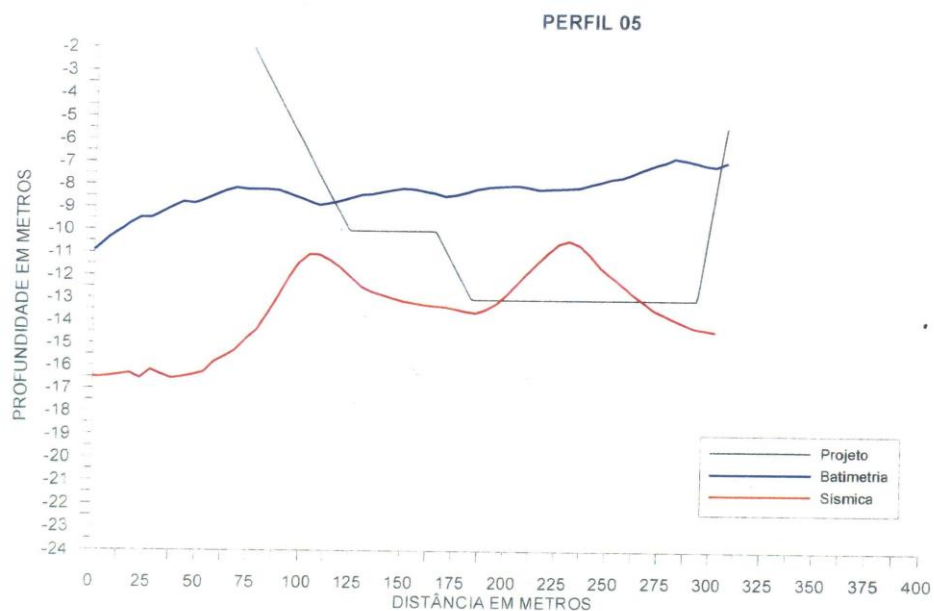
PERFIL 01

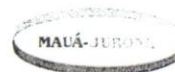


PERFIL 02







**8.1.5. Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2004)****BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-01 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	6,60	Areia fina, quartzosa, com fragmentos de conchas, cinza.
6,00	12,60	Limite de Sondagem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-02 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói – RJ

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 SONDADEGE 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 SONDADEGE 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 SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-07 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	6,80	Areia fina, com poucos fragmentos de conchas, cinza.
6,00	12,80	Limite de Sondagem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-08 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	7,30	Argila siltosa, com muita areia fina e fragmentos de conchas, cinza es-verdeada.
5,50	12,80	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-09 / Data: Maio/2004  
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
 Local: Niterói – RJ

[illegible]BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-10 / Data: Maio/2004  
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

**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-13 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	8,30	Argila siltosa, com areia fina, plástica, cinza esverdeada.
5,50	13,80	Limite de Sondagem.

**BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA**

Furo: J-14 / Data: Maio/2004  
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong  
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	7,40	Argila siltosa, com areia fina, plástica, cinza esverdeada.
3,00	10,40	Areia média, quartzosa, compacta, cinza.
4,00	11,40	Limite de Sondagem.
		Impenetrável ao Jet-Probe.

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-fluída, 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.

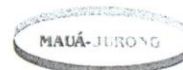
BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

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 SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo **F-01 – Ano 2000**

Cliente: I

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 SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo **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 SONDAAGEM SUBAQUÁTICA****F-03 – Ano 2000****Furo:****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 SONDAAGEM SUBAQUÁTICA****F-04 – Ano 2000****Furo****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****Furo: 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.

### **8.1.7. ANEXO 1 – CD**

#### **- Plantas de Interpretação Sísmica e Batimétrica Reduzidas (formato A4)**

Desenhos reduzidos em formato A4 das plantas de interpretação sísmica e batimétrica, para visualização expedita dos resultados.

#### **- Modelagem em 2D e 3D da Área Investigada**

Desenhos representando a área pesquisada em visualização bi e tridimensional.

#### **- Perfis Sismobatimétricos**

Perfis ilustrativos de cortes nos modelos sísmico e batimétrico da área levantada.

#### **- Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2004)**

Cópia dos Boletins dos Furos de Jet-Probe, executados na campanha atual.

#### **- Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2000)**

Cópia dos Boletins dos Furos de Jet-Probe, executados na campanha de 2000.

#### **- Cópia de Perfis Sísmicos**

Cópia de alguns dos perfis registrados no levantamento sísmico.

#### **- Cópia da Ficha de Descrição da Estação Maregráfica**

Cópia da ficha de descrição da Estação Maregráfica da Ponta da Armação, utilizada para redução do efeito da maré nos levantamentos.

#### **- Cópia dos Maregramas do Período da Sondagem**

Maregrama com a curva da maré reduzida ao NR da DHN referente aos dias do levantamento batimétrico.

#### **- Cópia da Ficha da Estação de Triangulação**

Ficha descritiva do Ponto Ilha Rasa, utilizado para apoio ao posicionamento

## 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.

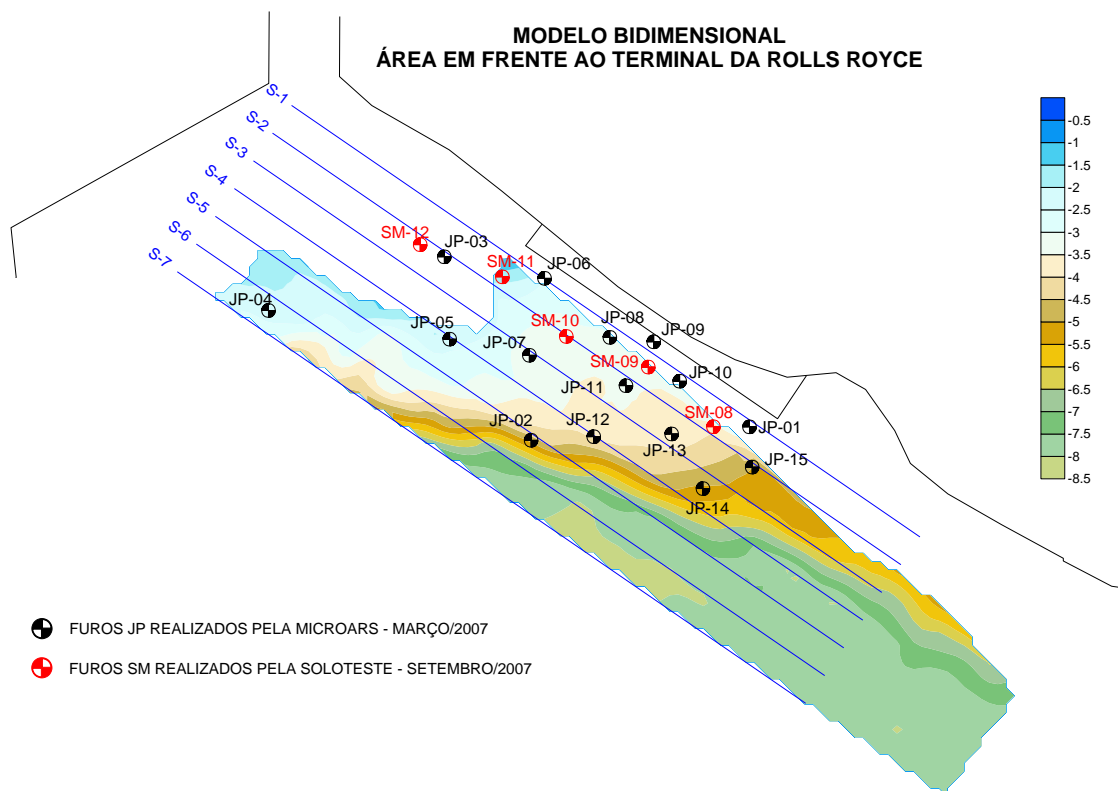
### 8.2.2.2. Sondagens Jet-Probe

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.

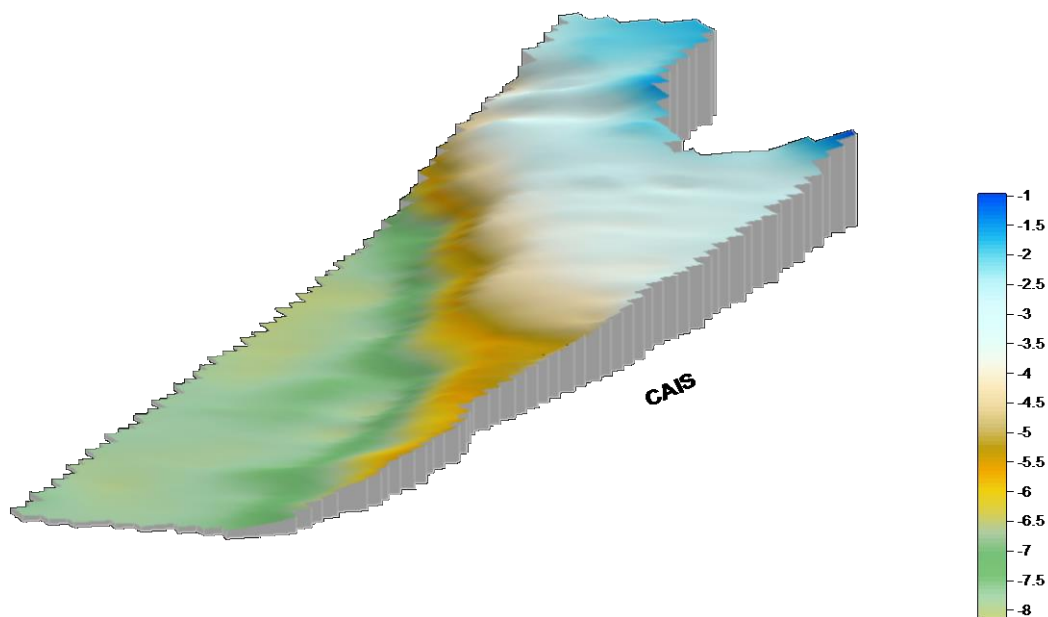
A seguir, são informadas as posições dos pontos mencionados, com suas coordenadas no Sistema UTM:

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 m<sup>2</sup>, 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.

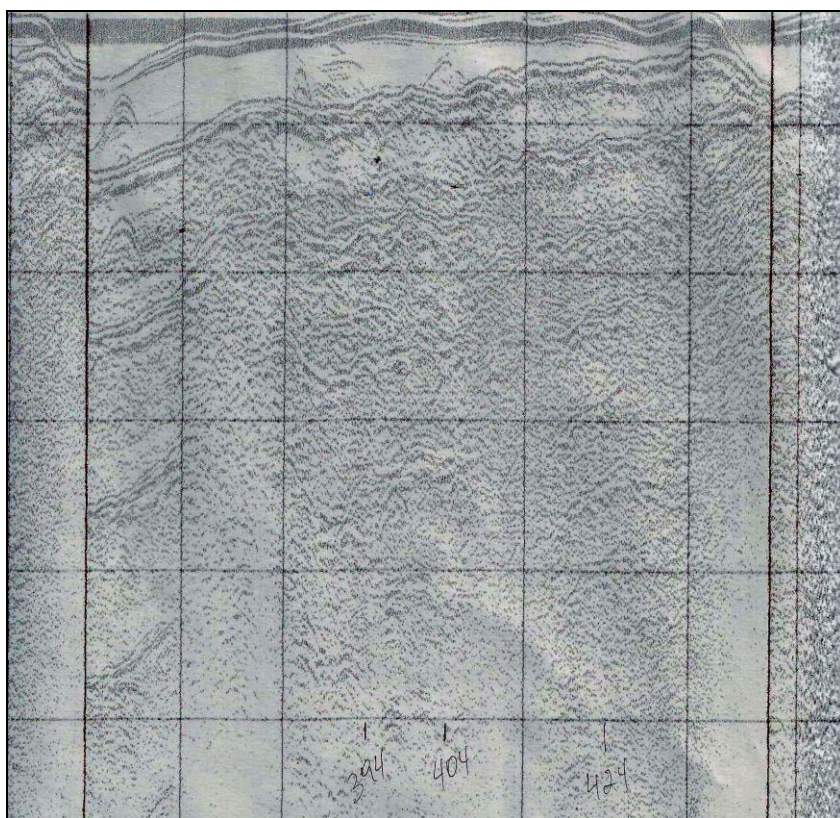
Com essa finalidade, foram utilizadas, em análise conjunta, também as informações das sondagens por jet-probe, executadas pela MICROARS, em 11/03/2008, assim como os resultados das sondagens mistas SM-08, SM-09, SM-10, SM-11 e SM-12, realizadas pela SOLOTESTE, em Setembro/2007, fornecidas pela **Rolls-Royce**.

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.

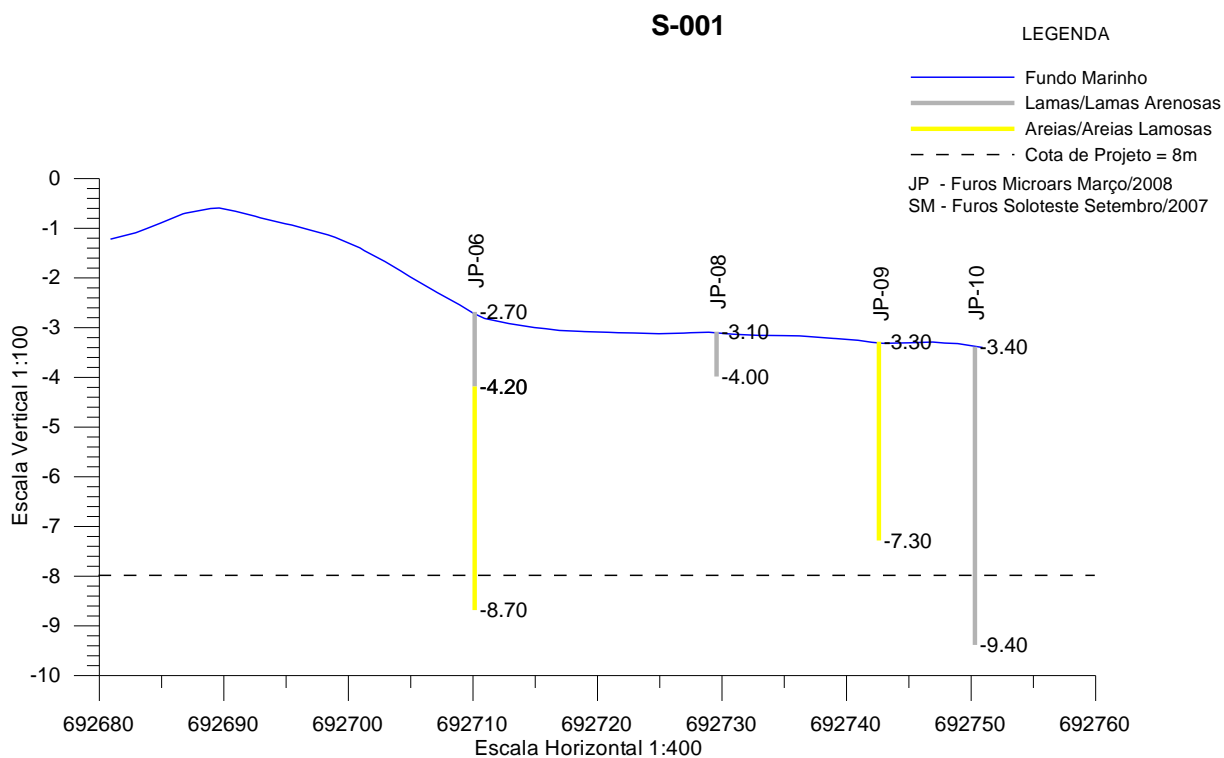
O desenho em duas dimensões, apresentando a área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis, encontram-se nas figuras a seguir, onde também podem ser encontrados os perfis gerados, nos quais se pode observar a justaposição entre as seções batimétrica, sísmica e de projeto,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

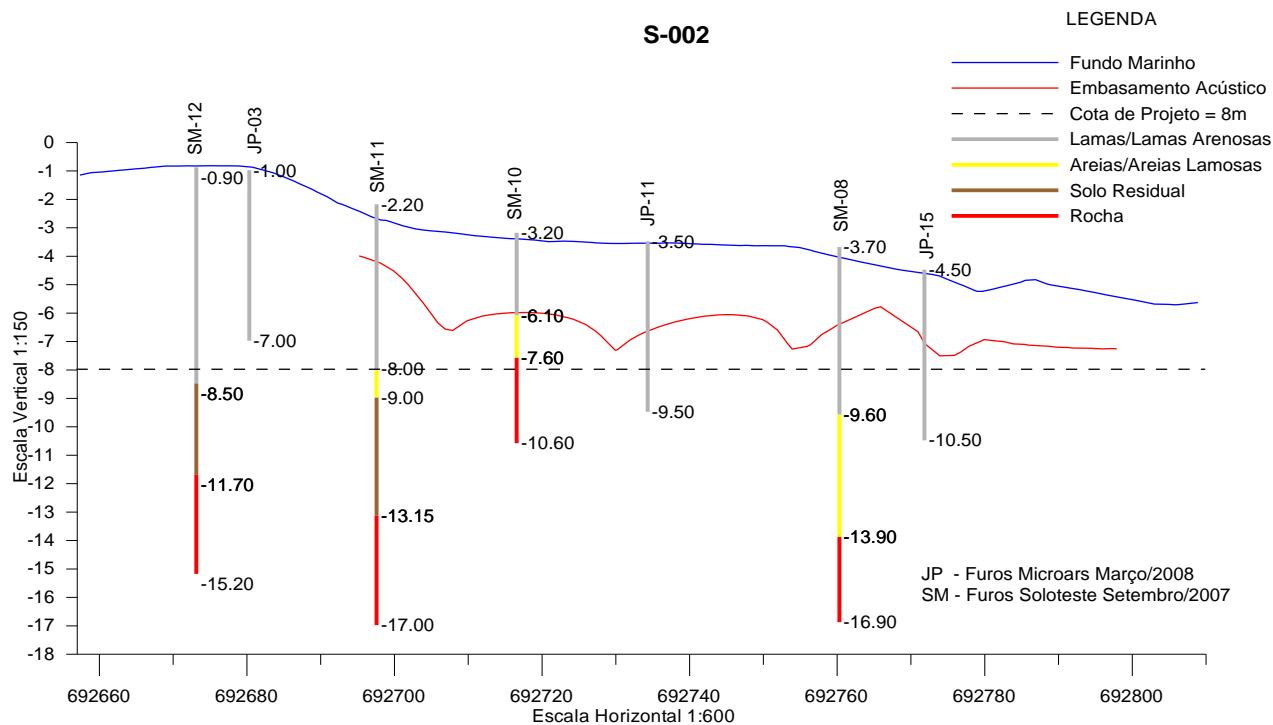
No caso dos furos da SOLOTESTE, foram assumidas as profundidades extraídas da batimetria de Agosto/2007, considerando-se as espessuras de cada camada perfurada, a partir do fundo marinho.



## Perfil 1

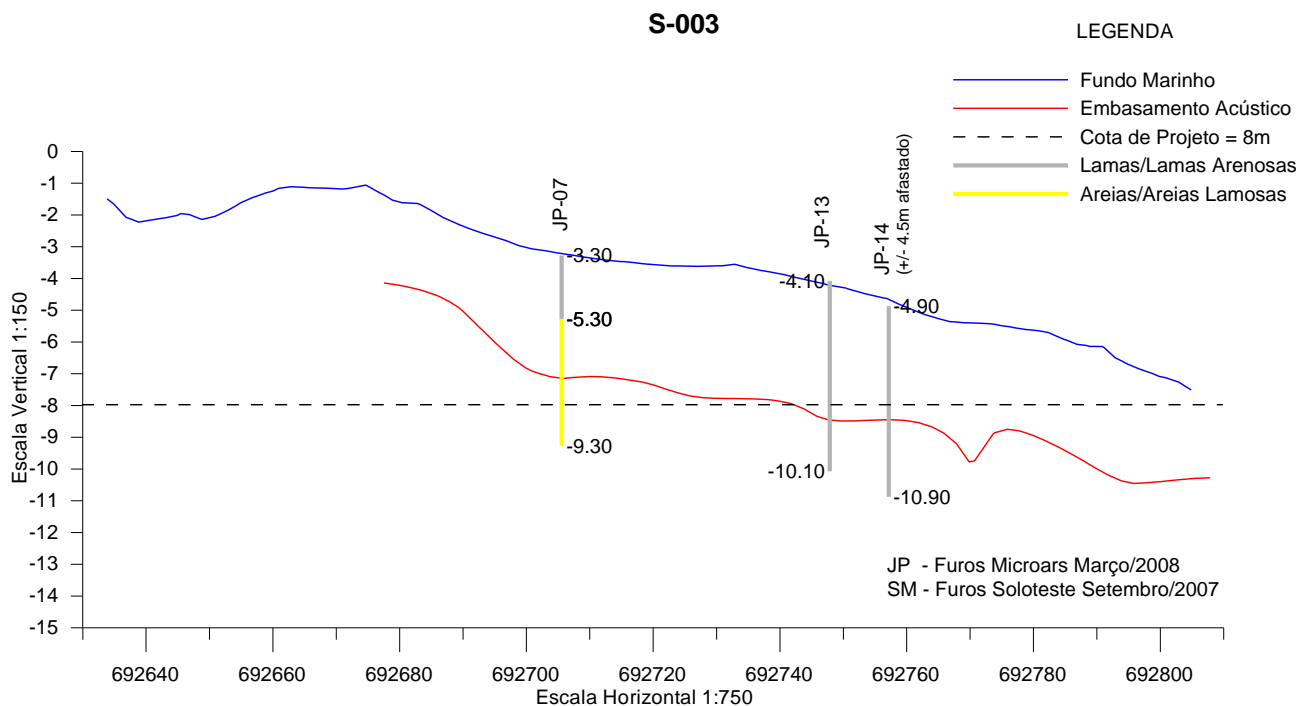


## Perfil 2

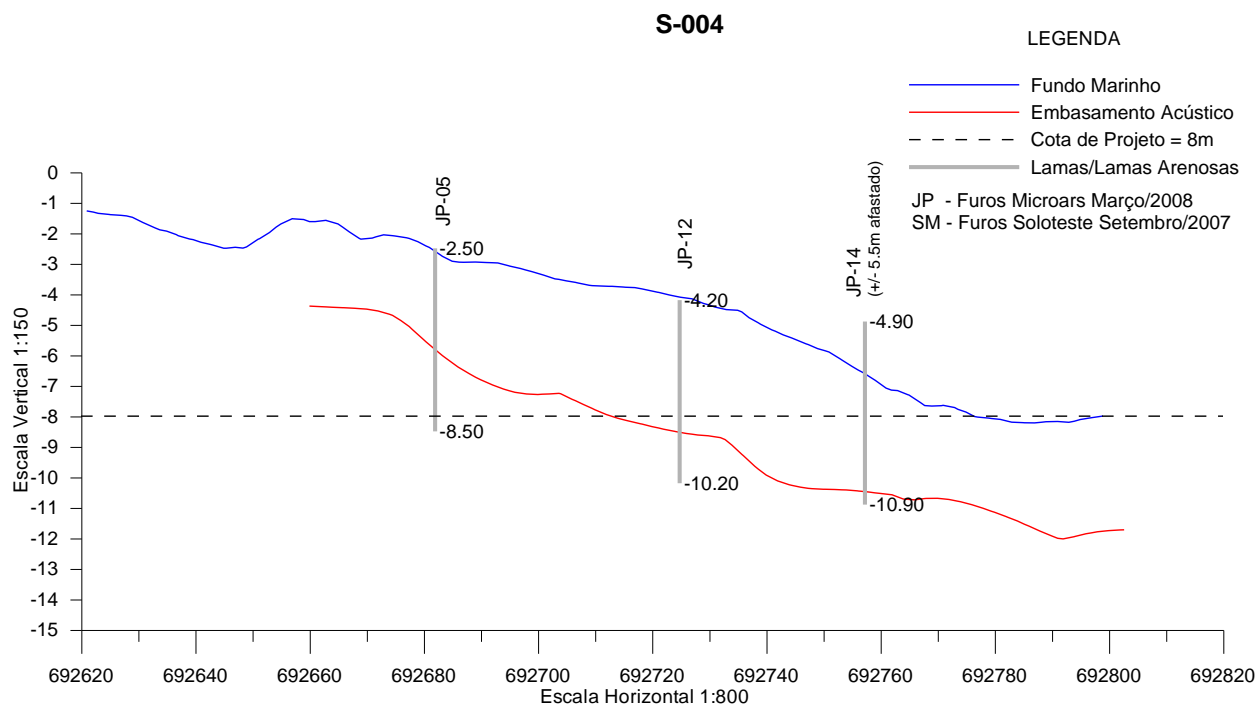




### Perfil 3



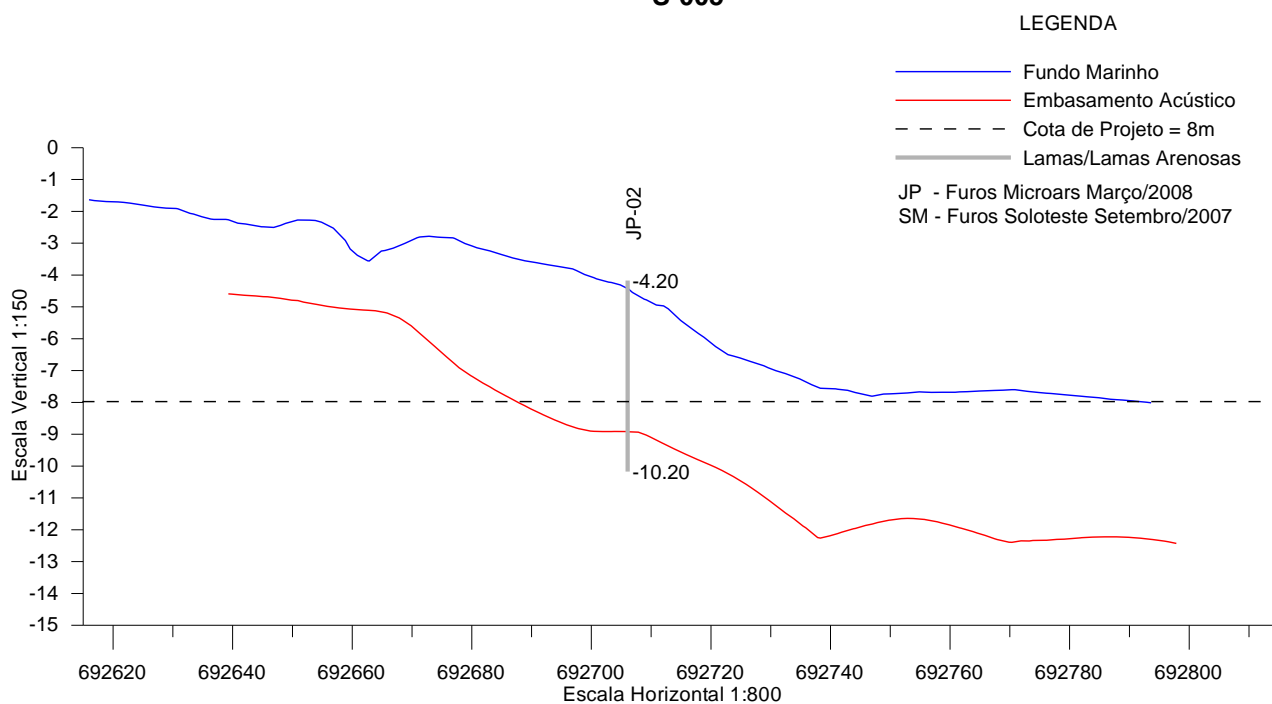
### Perfil 4





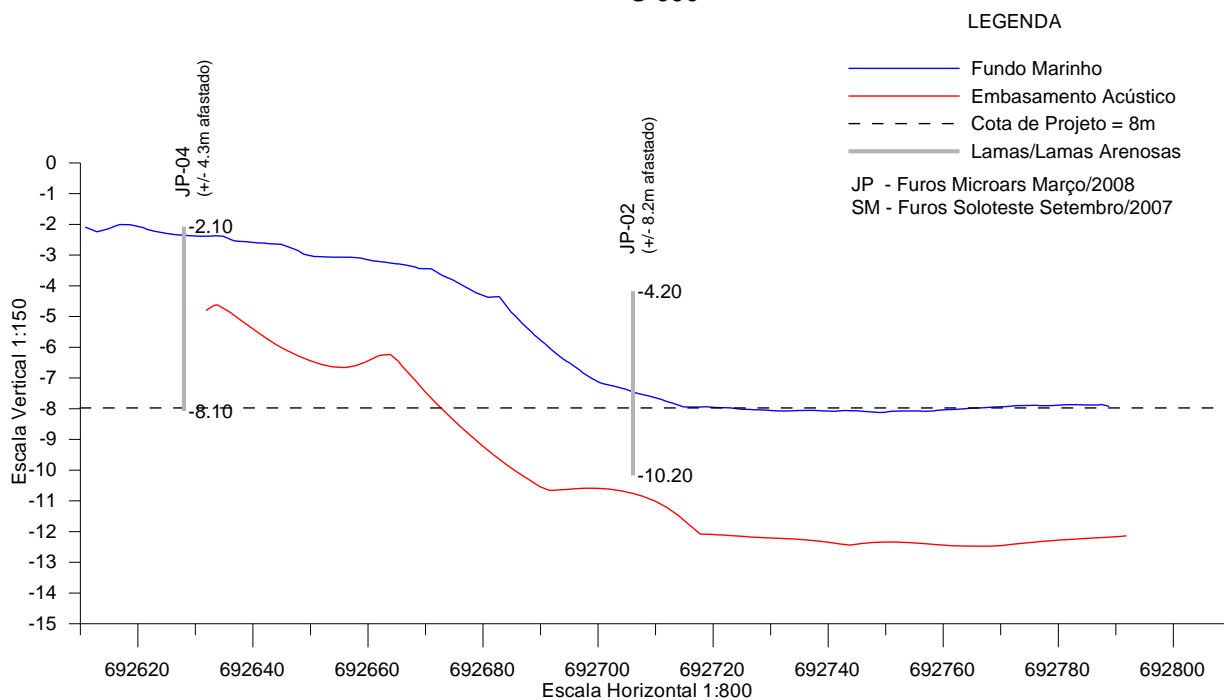
## Perfil 5

S-005



## Perfil 6

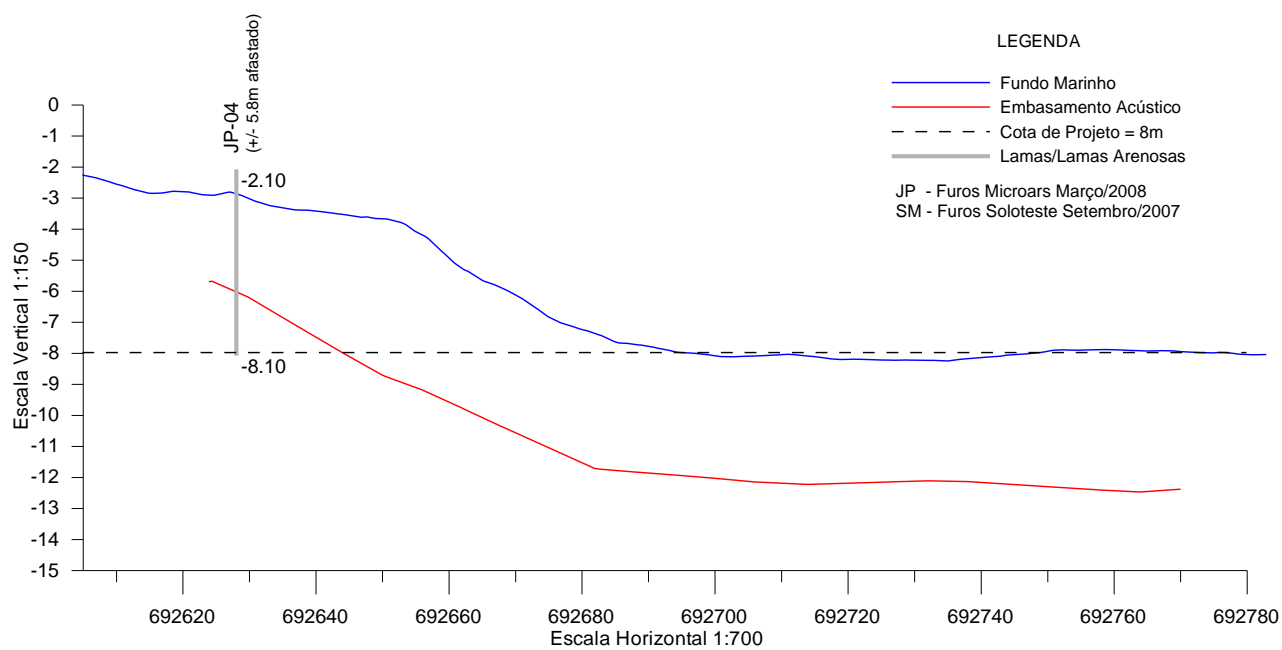
S-006





## 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-tátil)
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**

[illegible]



**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**

<b>Prof. (m)</b>	<b>Cota (m) DHN</b>	<b>Caracterização Geológica (visual-táctil)</b>
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**

<b>Prof. (m)</b>	<b>Cota (m) DHN</b>	<b>Caracterização Geológica (visual-táctil)</b>
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**

<b>Prof. (m)</b>	<b>Cota (m) DHN</b>	<b>Caracterização Geológica (visual-táctil)</b>
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**

<b>Prof. (m)</b>	<b>Cota (m) DHN</b>	<b>Caracterização Geológica (visual-táctil)</b>
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**

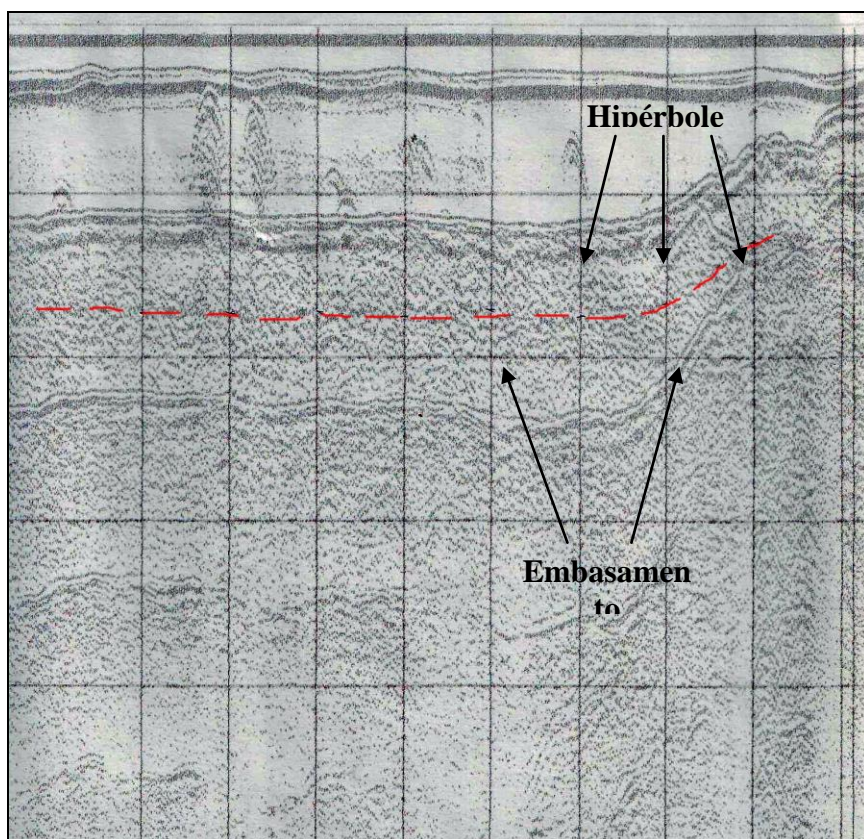
Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,50	Argila siltosa, com pouca areia grossa e pedregulhos grossos, cinza escura.
6,00	-10,50	Limite de Sondagem.
		Obs.: Furo deslocado da posição original. Mergulhador reportou objeto metálico afundado (chata).

### 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.

### **8.2.8. ANEXO 2 - CD**

**- Cópia da Autorização expedida pela DHN para execução dos serviços.**

**- Plantas de Interpretação Sísmica e Batimétrica Reduzidas (formato A4)**

Desenhos reduzidos em formato A4 das plantas de interpretação sísmica e batimétrica, para visualização expedita dos resultados.

**- Modelagem em 2D e 3D da Área Investigada**

Desenhos representando a área pesquisada em visualização bi e tridimensional.

**- Perfis Sismobatimétricos**

Perfis ilustrativos de cortes nos modelos sísmico e batimétrico da área levantada.

**- Boletins dos Furos das Sondagens Jet-Probe**

Cópia dos Boletins Individuais dos Furos de Jet-Probe executados pela Microars na área.

**- Cópia da Ficha de Descrição da Estação Maregráfica**

Cópia da ficha de descrição da Estação Maregráfica da Ponta da Armação, utilizada para redução do efeito da maré nos levantamentos.

**- Cópia do Maregrama do Dia da Sondagem**

Maregrama com a curva da maré reduzida ao NR da DHN referente ao dia 13/03/2008, do levantamento sismobatimétrico executado.

**- Cópia da Ficha da Estação de Triangulação**

Ficha descritiva do Ponto Ilha Rasa, utilizado para apoio ao posicionamento.

### 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 m<sup>2</sup>, a área da região 02 (dois) é de 160.000,00 m<sup>2</sup>, a área da região 03 (três) é de 87.000,00 m<sup>2</sup>, a área da região 04 (quatro) é de 31.200,00 m<sup>2</sup> e a área da região 05 (cinco) é de 54.000,00 m<sup>2</sup>, totalizando a área de 608.200,00 m<sup>2</sup>.

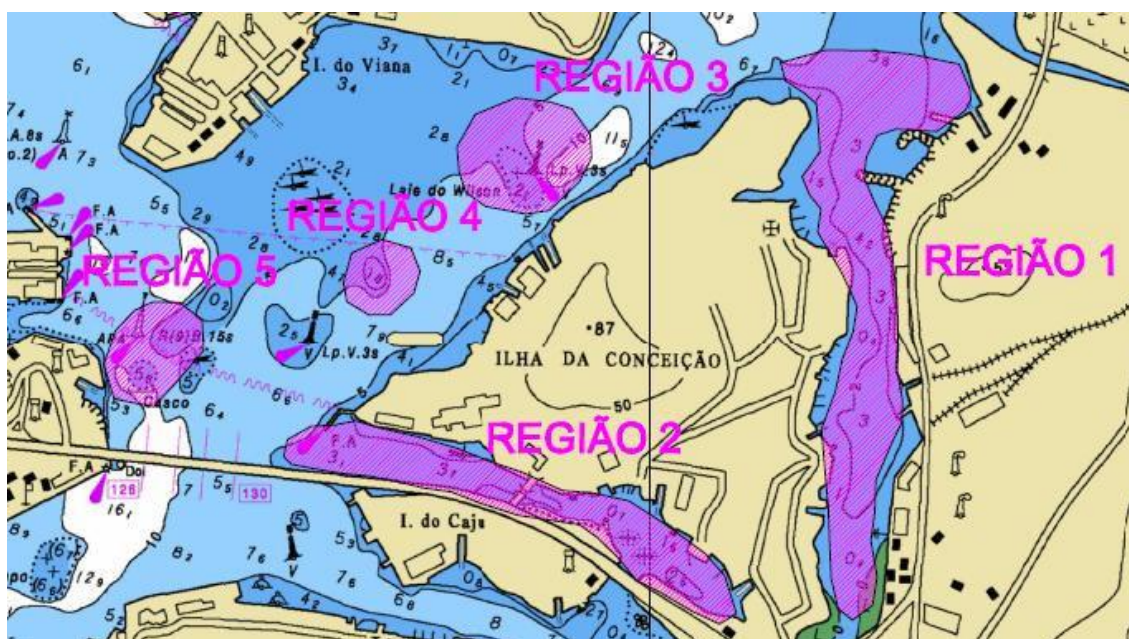


Figura 50. Área de abrangência do levantamento sísmico.

### **8.3.2. Serviços Executados**

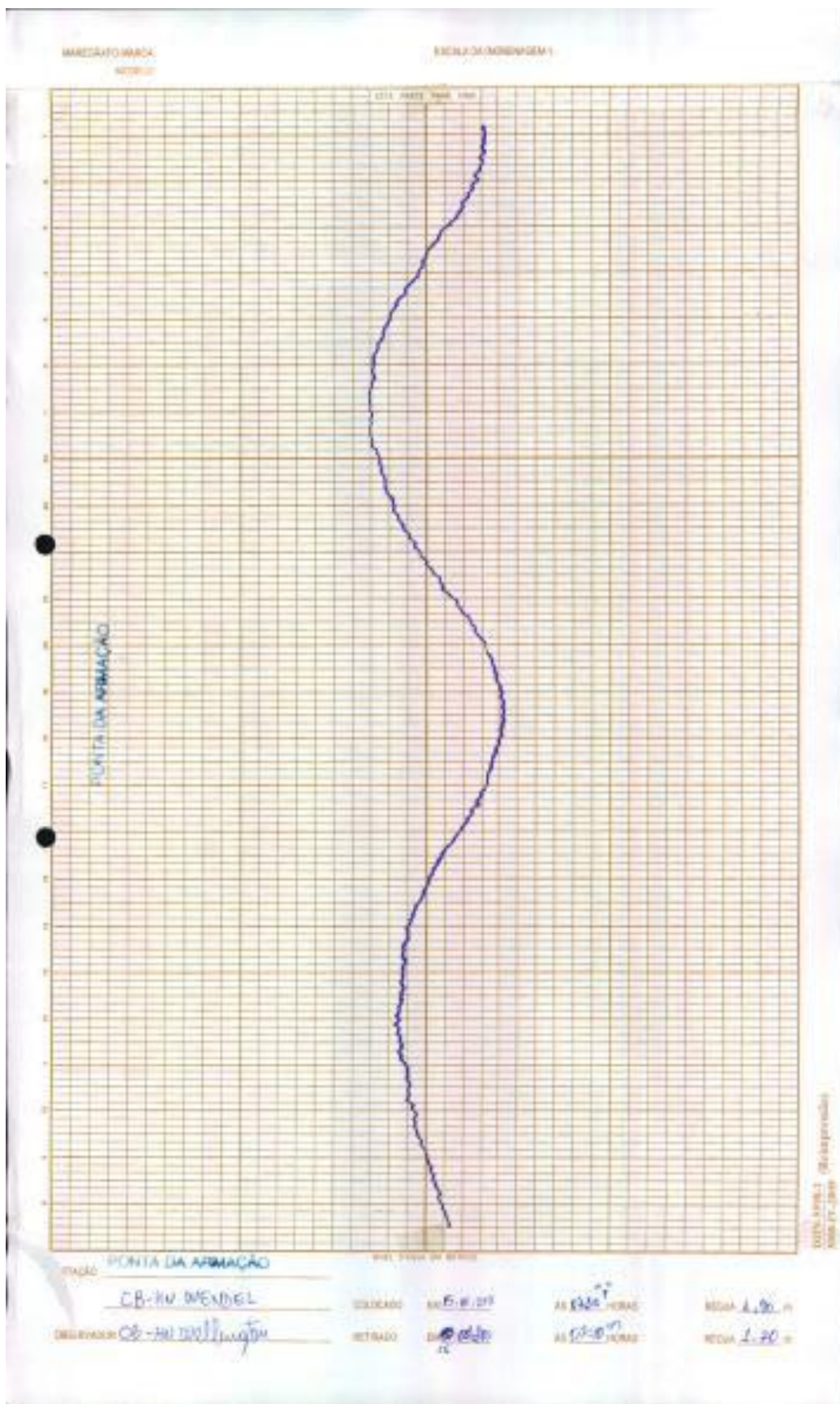
O percurso para o levantamento foi programado visando a abrangência de máxima precisão de toda a área de estudo, considerando a execução de linhas espaçadas a cada 10m.

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.

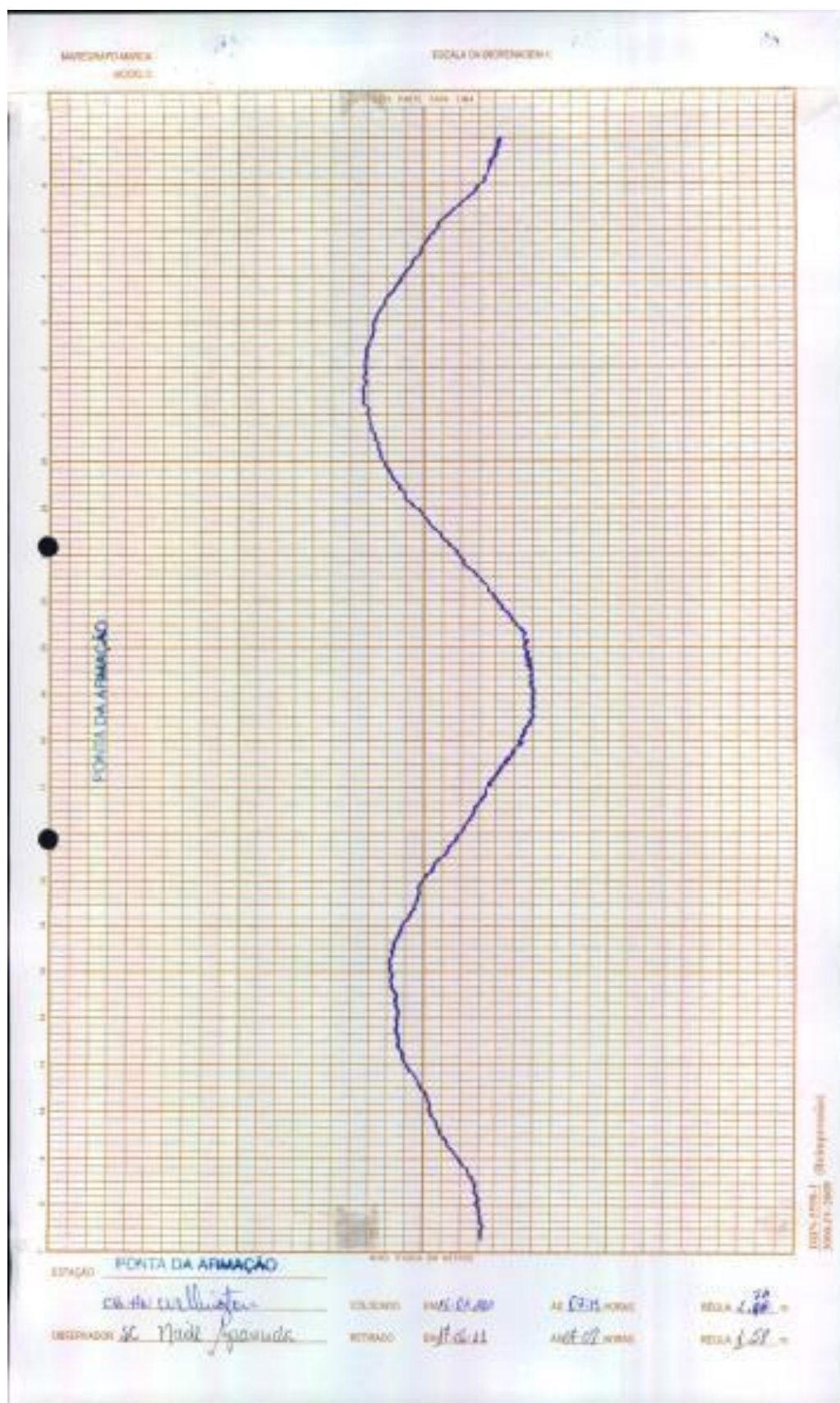
#### **8.3.2.1 Maré – Redução das sondagens**

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 16/01/2011.



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

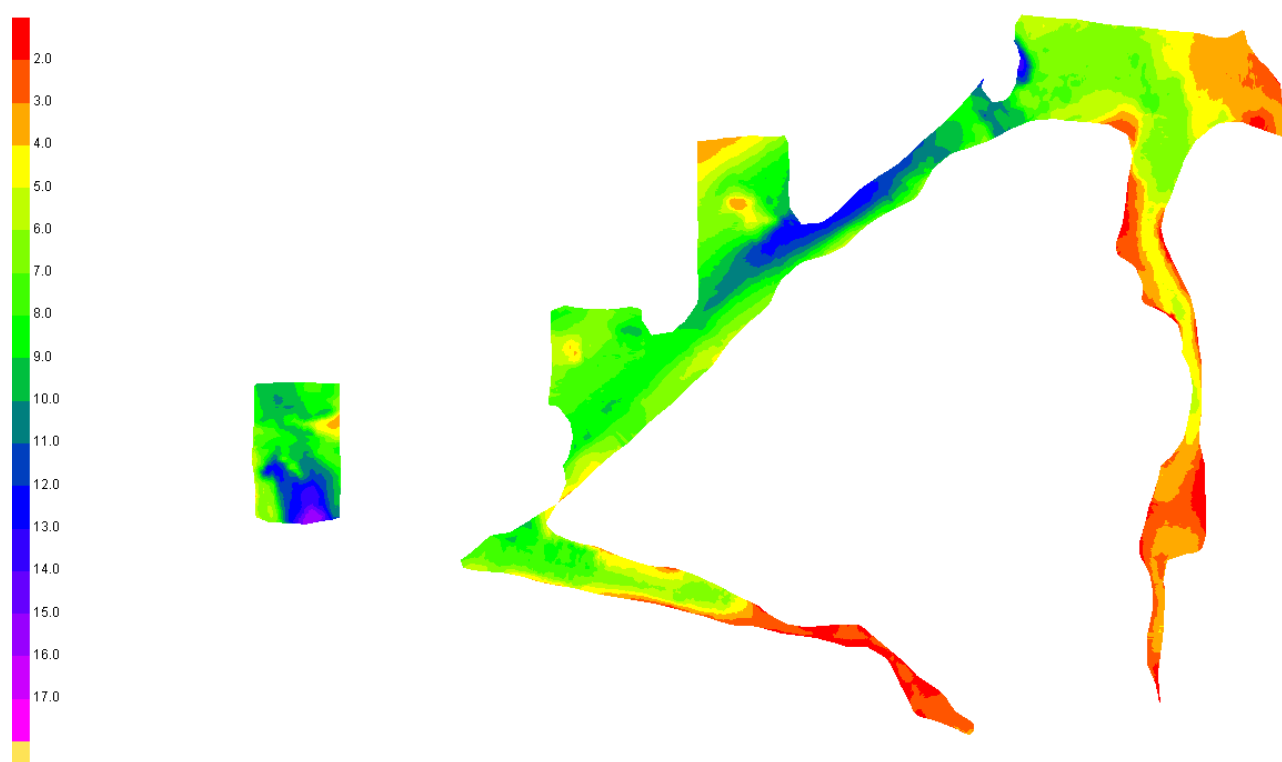


Projeto: Niterói-Rj - Interdraga Consultoria e Serviços Ltda.								
Data: 16-jan-2011								
Área : Proximidades da Ilha da Conceição								
Local da Leitura e Leitor: Ponta da armação- DHN								
Obs.:						nível de redução: 1,19		
Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida	Hora	Maré	Reduzida
04:00			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		

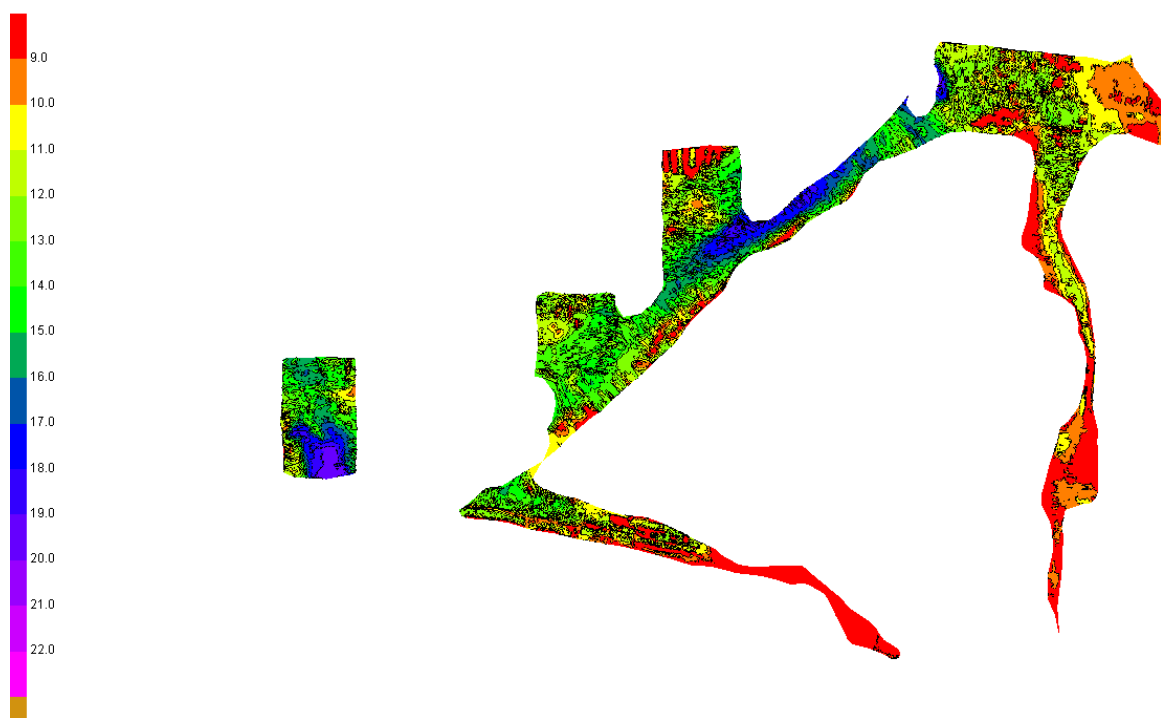
Tabela 46 - . Transcrição dos dados obtidos através dos Maregramas

### 8.3.3. Apresentação das imagens gráficas das regiões do levantamento

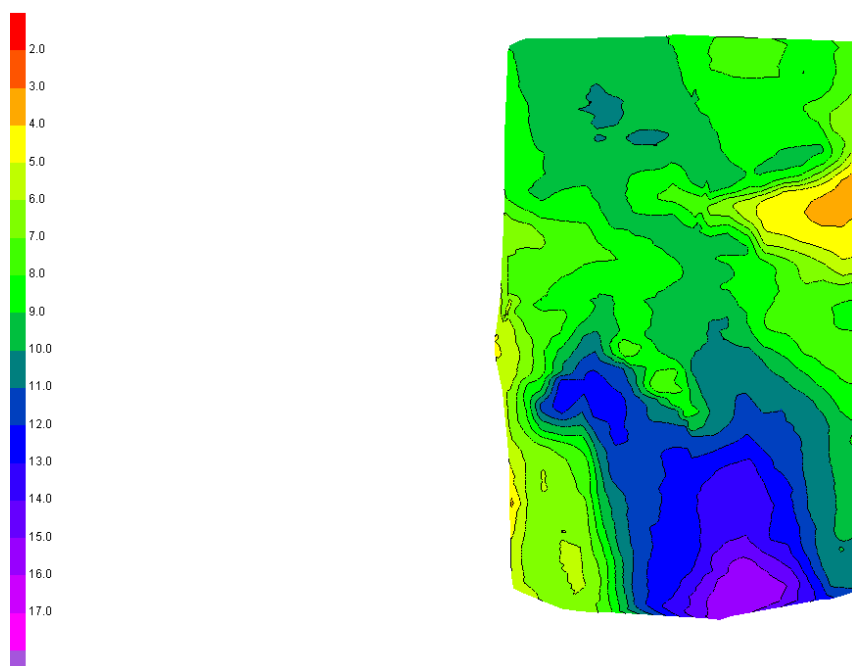
#### A. Área total levantada – Alta Frequência (200 kHz)



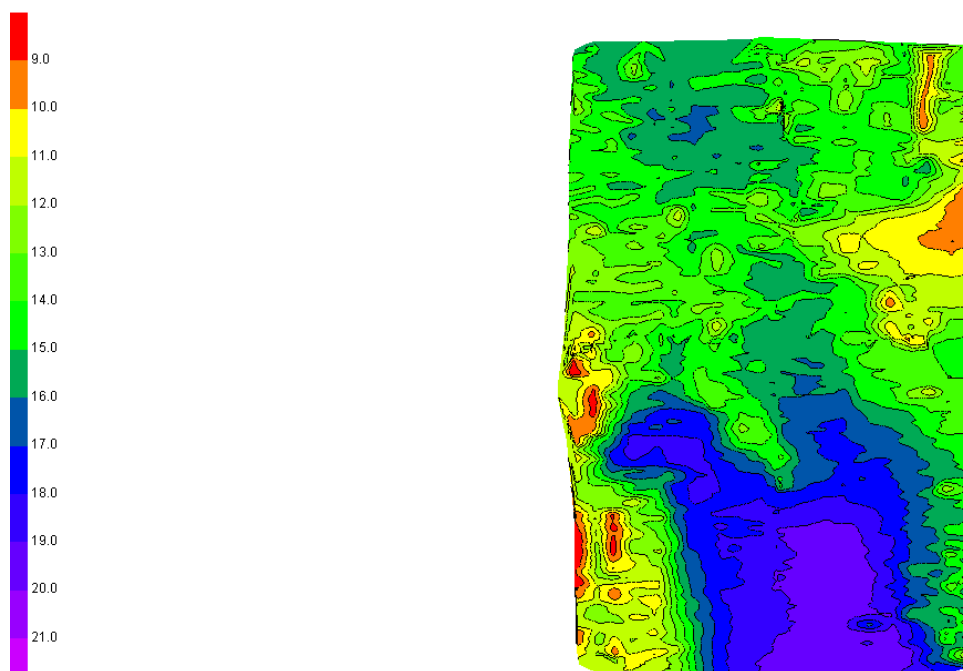
## B. Área total levantada – Baixa Frequência (4 kHz)



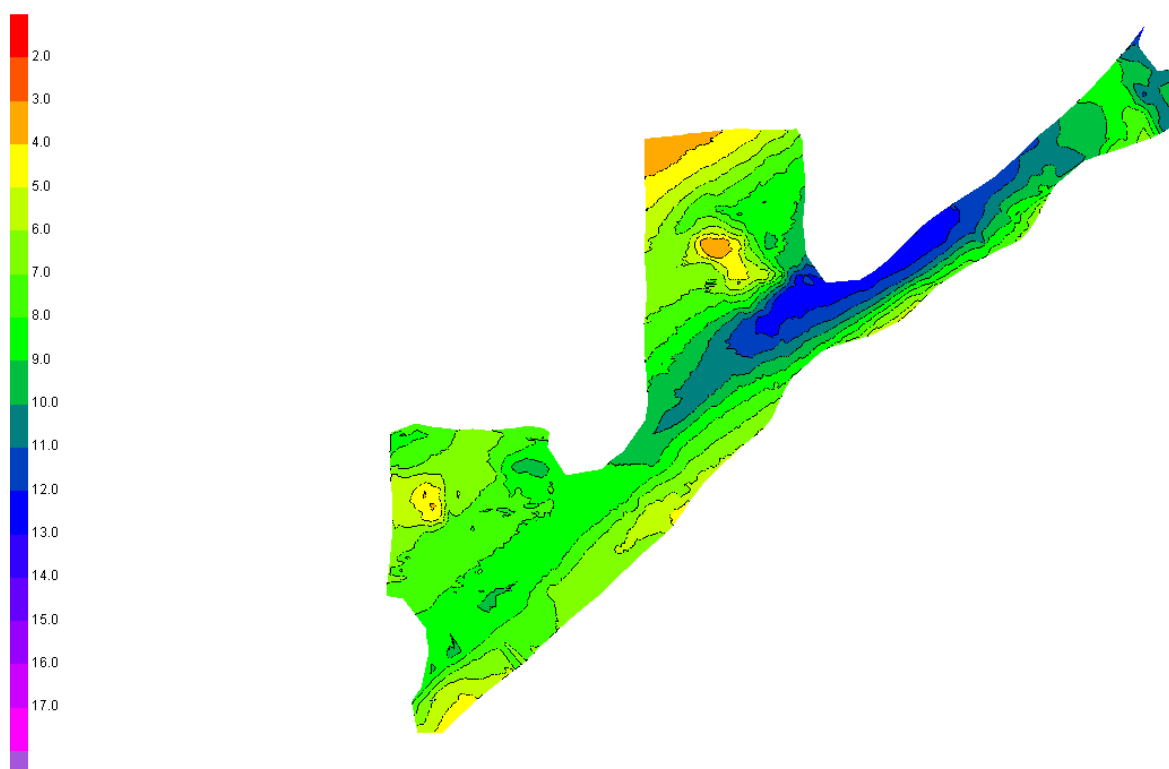
## C. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 kHz)



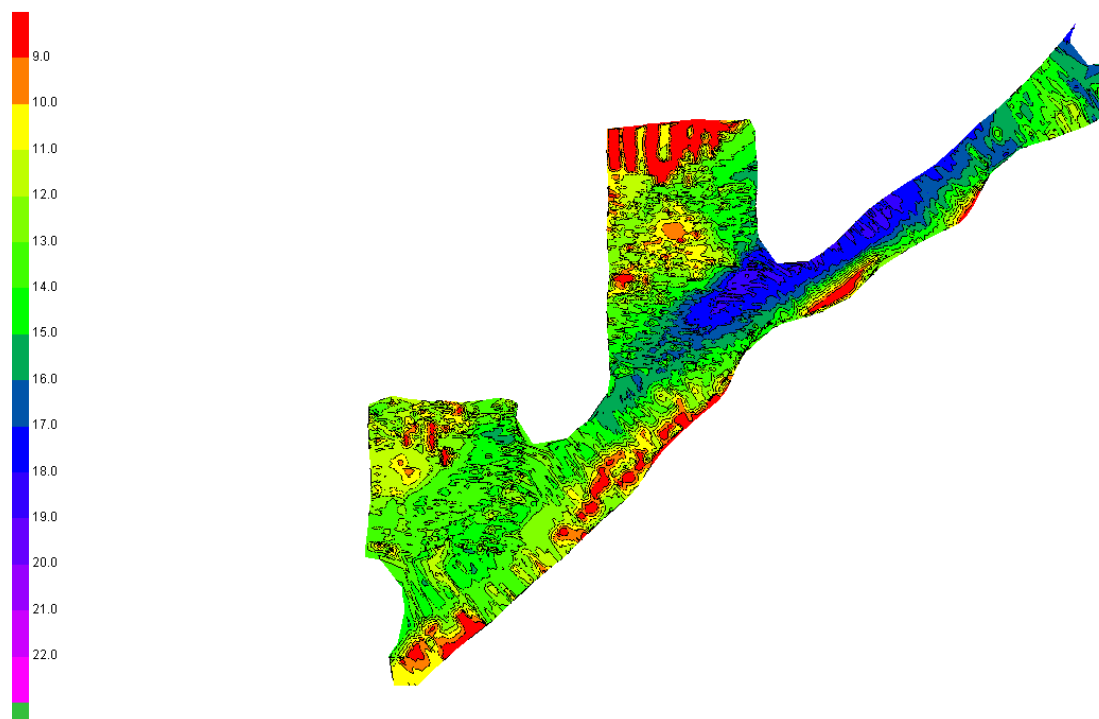
#### D. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Baixa Frequência (4 KHz)



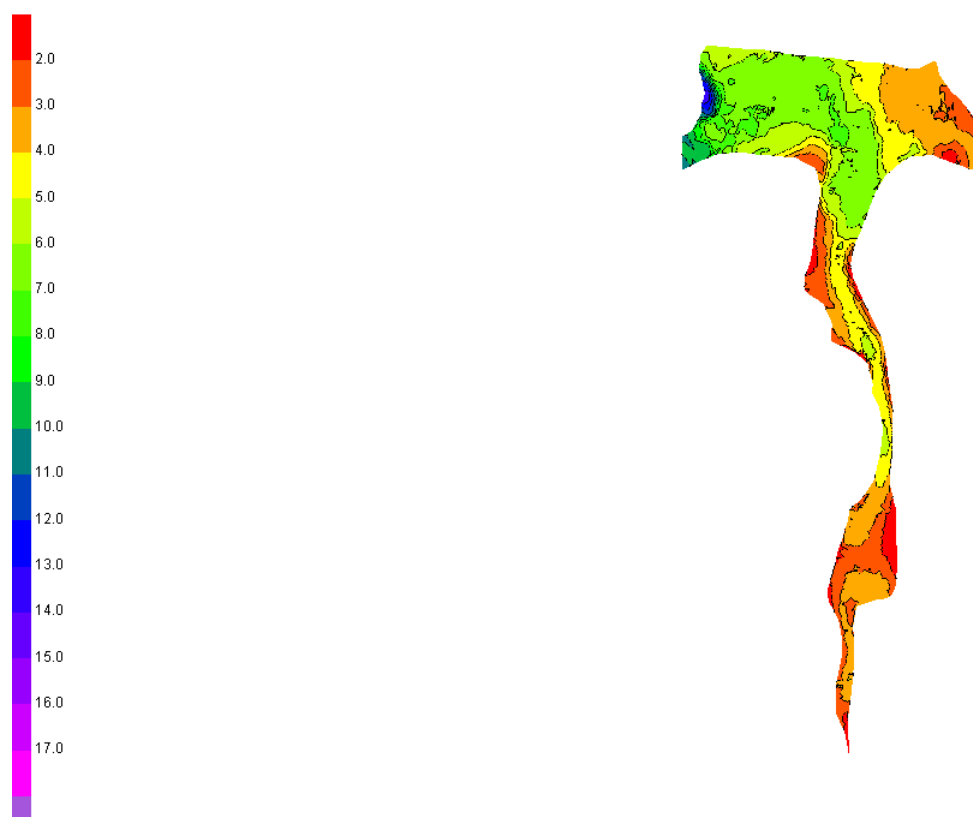
#### E. Áreas 2 e 3 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 KHz)



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

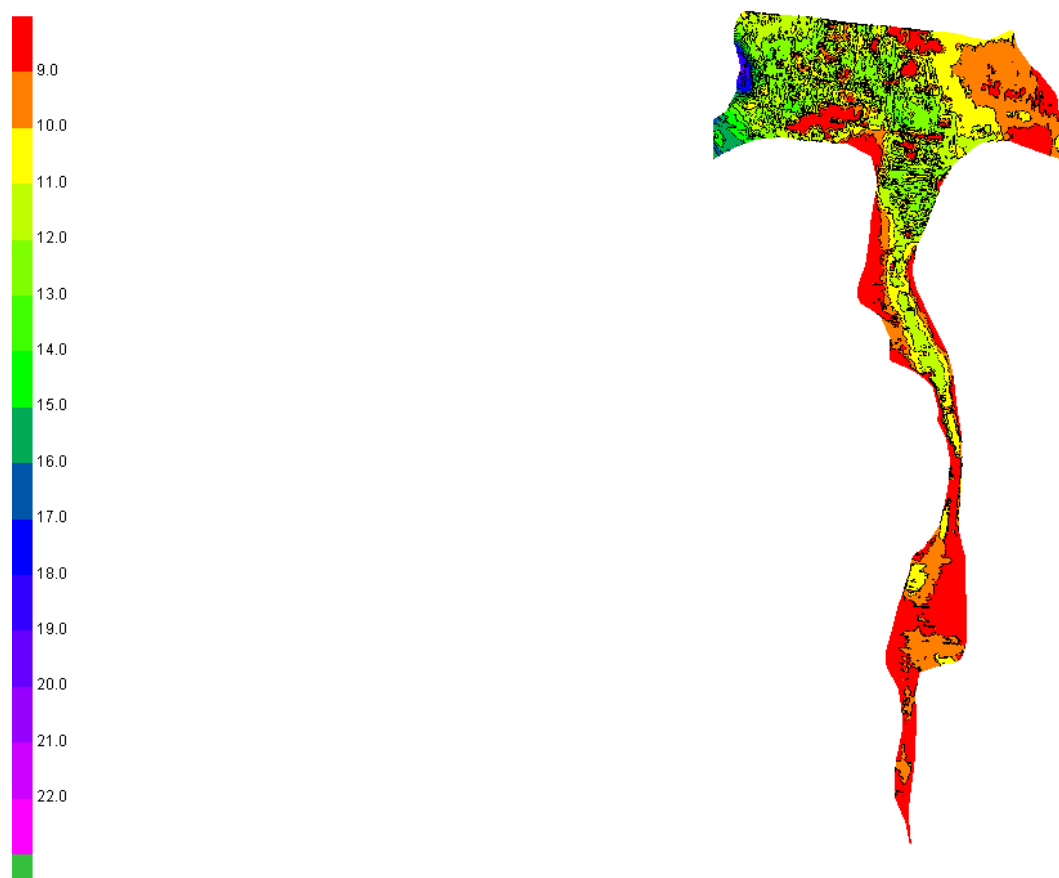


## G. Área do Canal de São Lourenço – Alta Frequência (200 kHz)

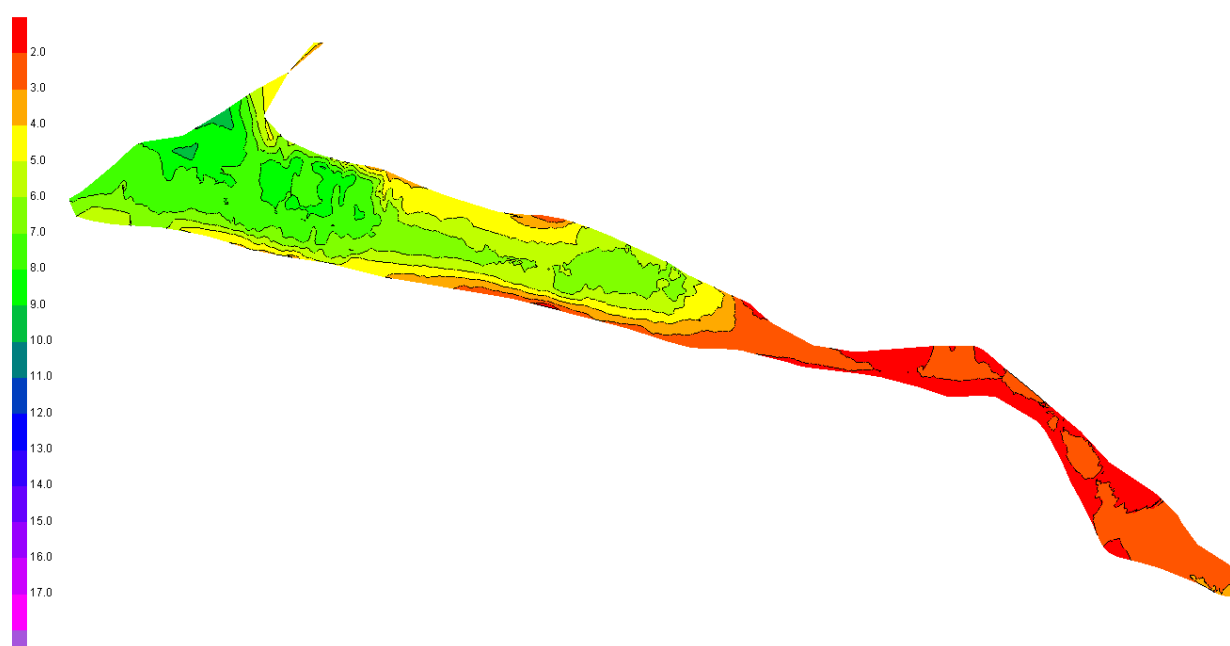




## H. Área do Canal de São Lourenço – Baixa Frequência (4 KHz)

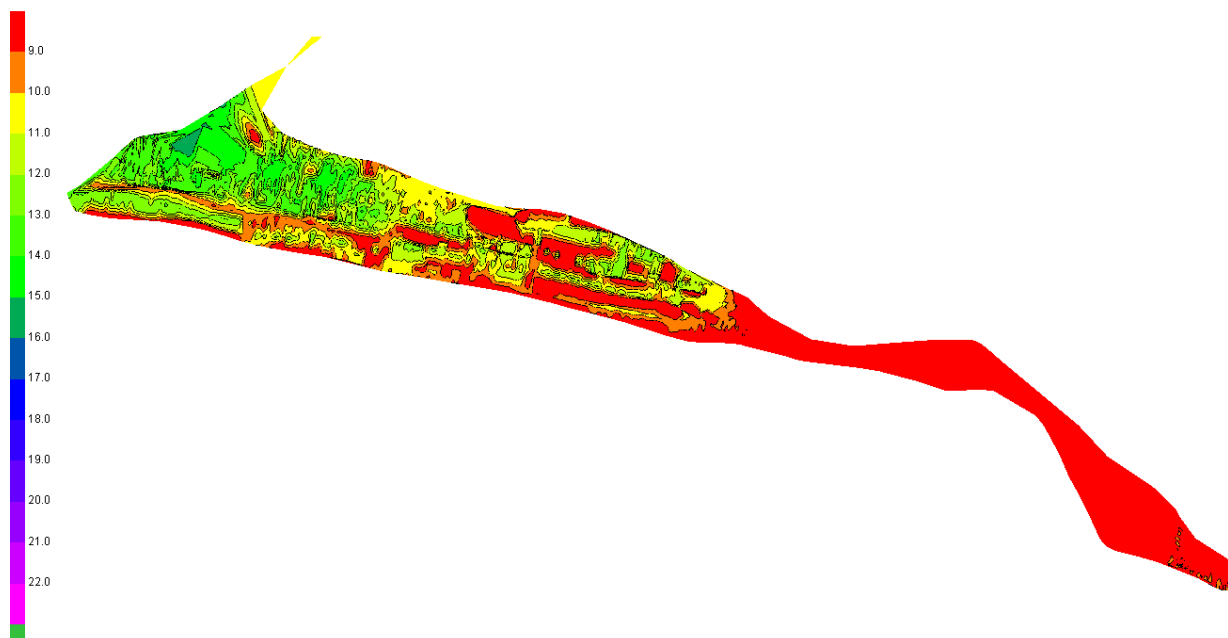


## I. Área entre as ilhas do Caju e da Conceição – Alta Frequência (200 kHz)





## 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.

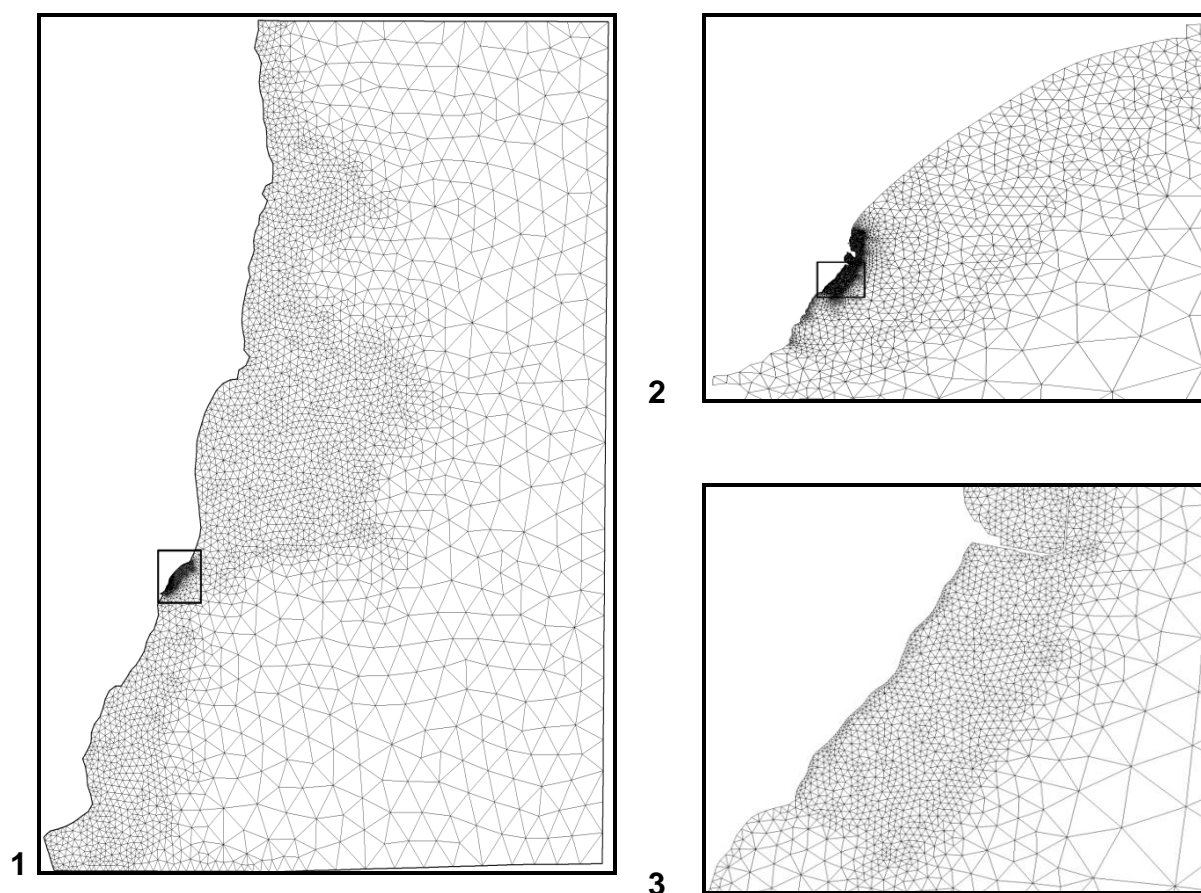


Figura 52. Exemplo de malha numérica flexível.

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.

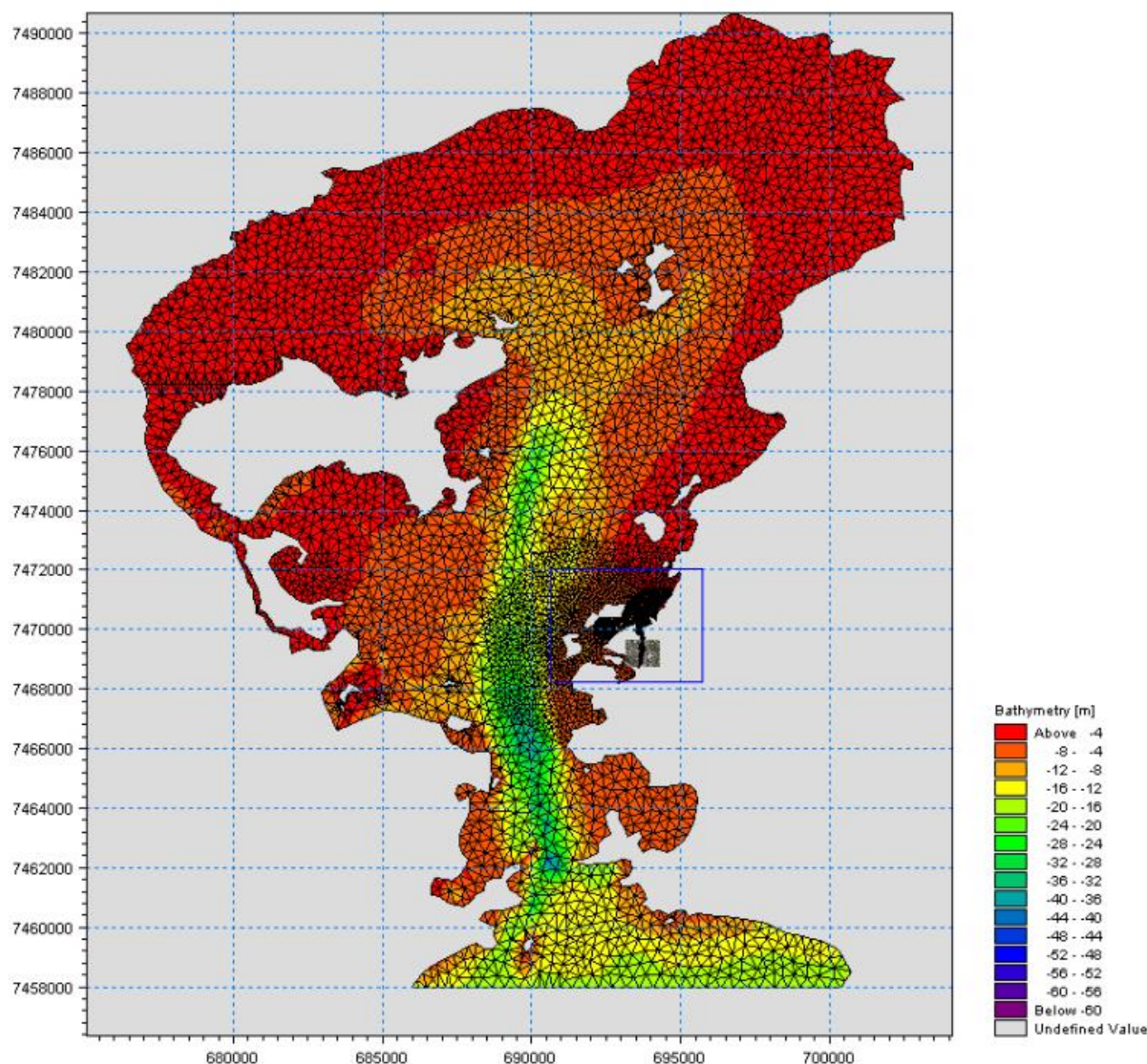


Figura 53. Batimetria da Baía de Guanabara mostrando a malha computacional utilizada.

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.

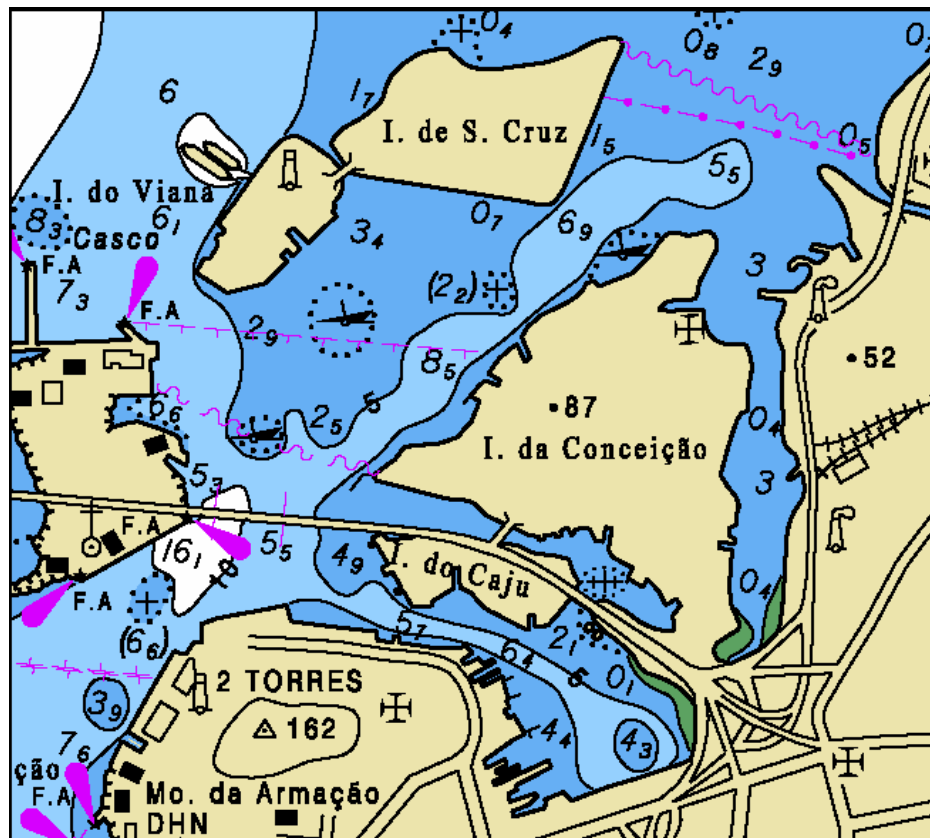


Figura 55. Detalhe da carta náutica n° 1515.

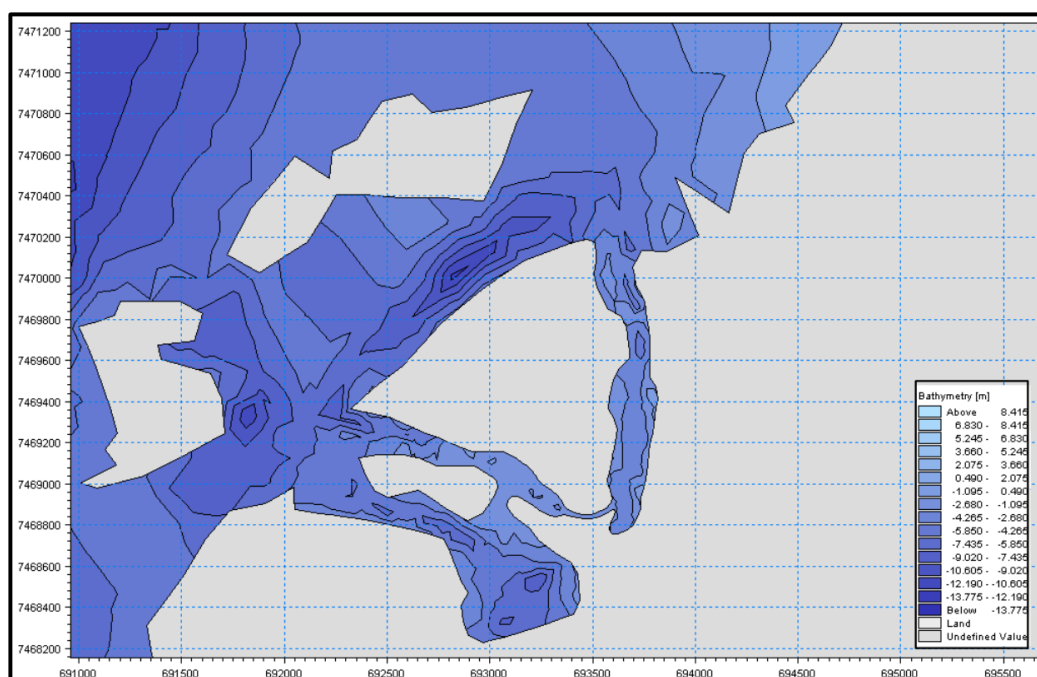


Figura 56. Detalhe da batimetria e da abertura do canal.

## 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.

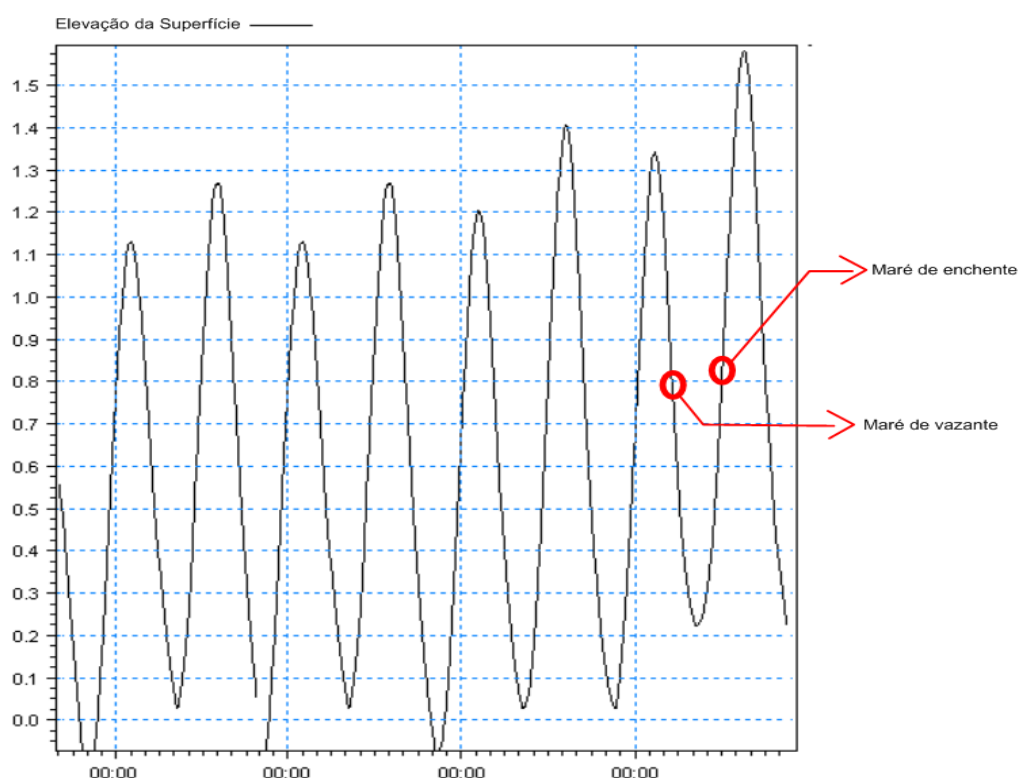


Figura 57. Pontos no tempo onde foram retiradas as medições para apresentação dos resultados juntamente com as oscilações de maré.

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.

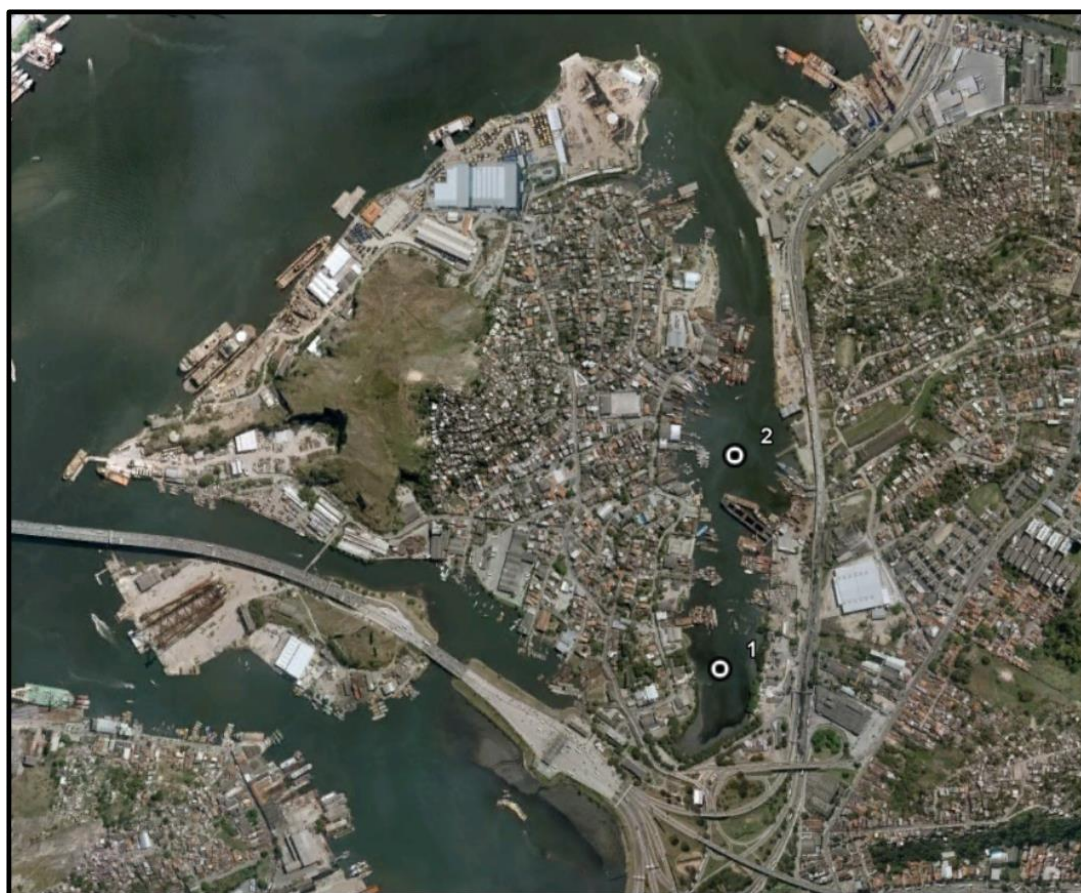


Figura 58. Pontos no espaço onde foram retiradas as medições para apresentação dos resultados.

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.

		<b>Pós-Projeto</b>
<b>Enchente</b>	<b>Atual (cm/s)</b>	<b>(cm/s)</b>
Ponto 1	1.61	4.5
Ponto 2	2.07	2.8
		<b>Pós-Projeto</b>
<b>Vazante</b>	<b>Atual (cm/s)</b>	<b>(cm/s)</b>
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.

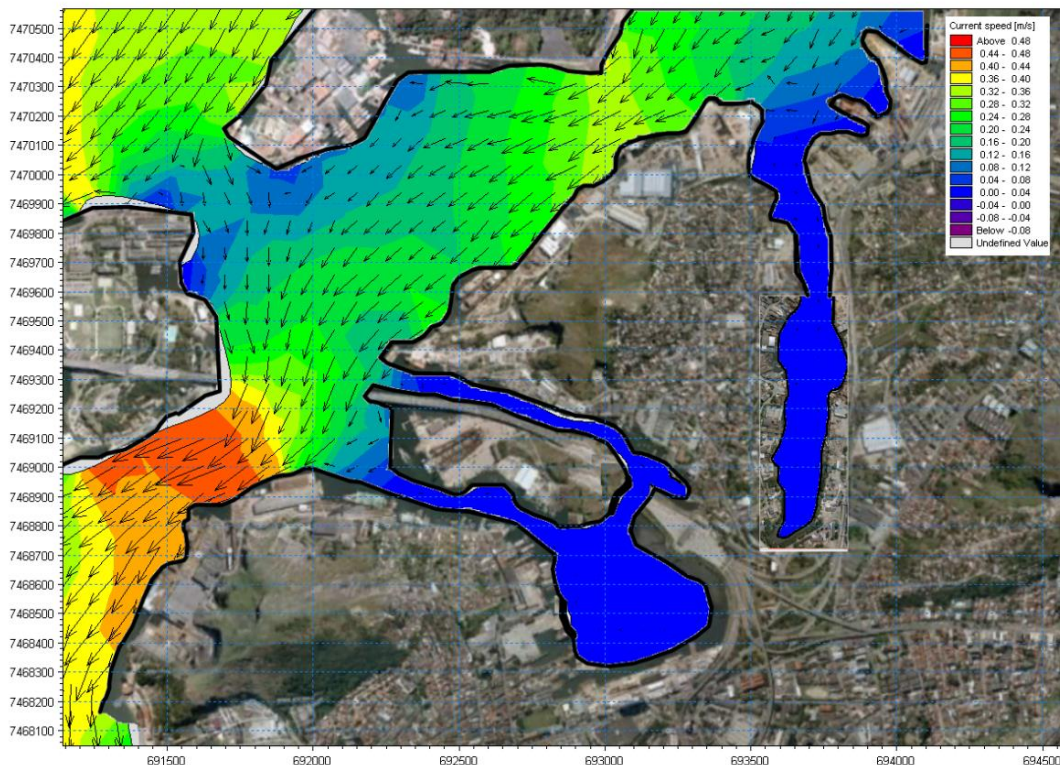
Da mesma forma para maré de enchente, as maiores velocidades ocorrem fora do canal e podem ultrapassar, em alguns pontos, 22 cm/s, porém dentro do canal para situação atual, o movimento pode ser nulo ou chegar a 4 cm/s em algumas regiões do canal.

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

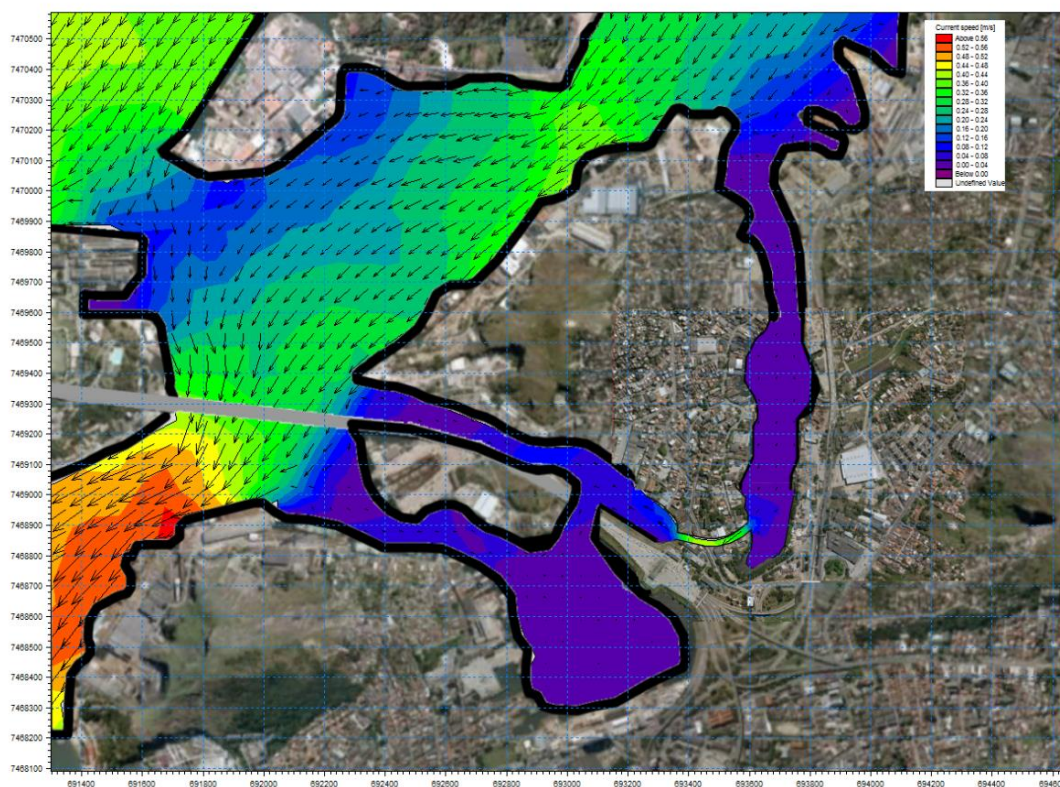
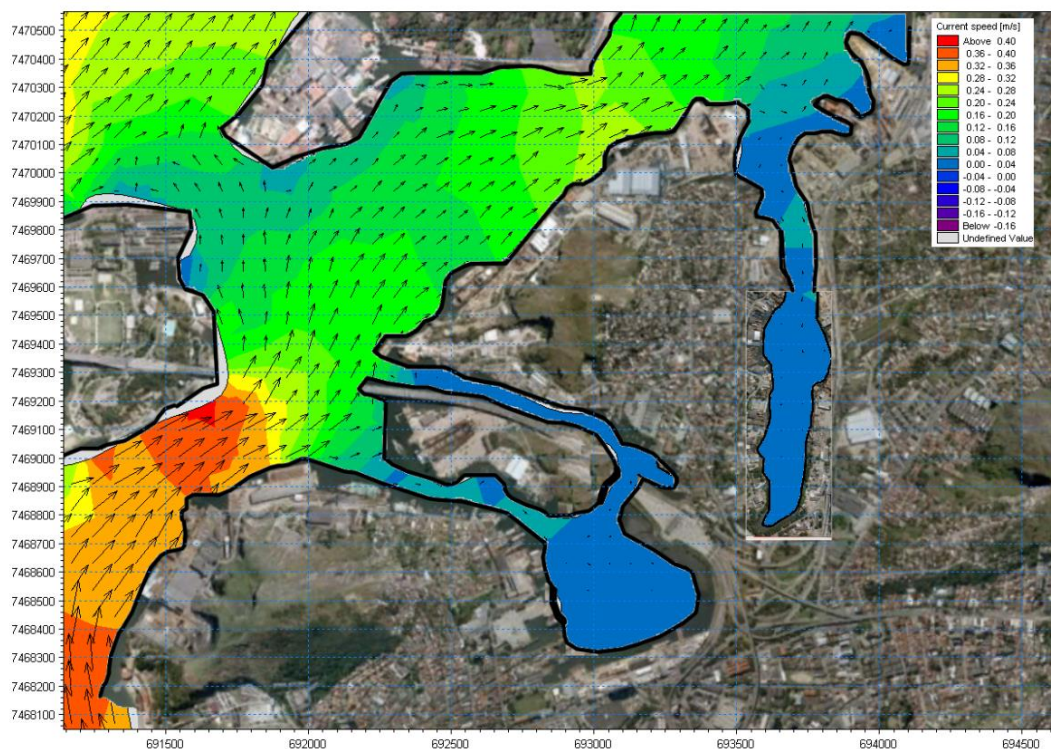


Figura 59 – Resultado da simulação de velocidade de correntes em ambos os cenários para situação de maré de vazante.

# MARÉ DE ENCHENTE

## SITUAÇÃO ATUAL



## SITUAÇÃO PÓS-PROJETO

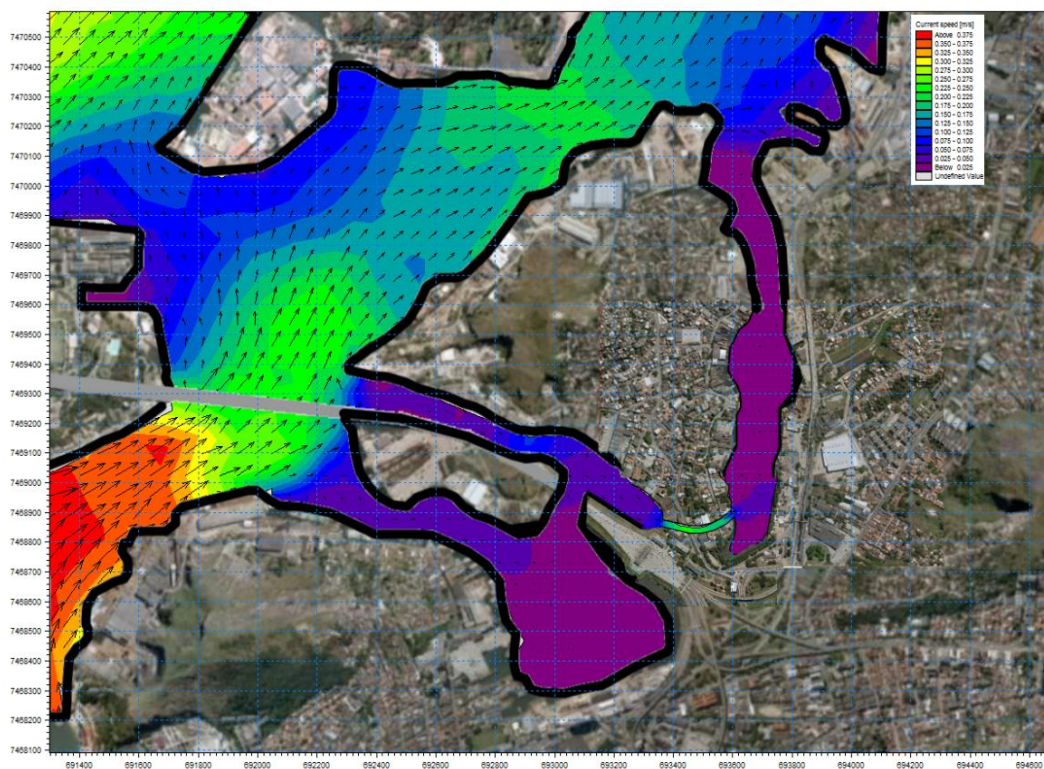


Figura 60 – Resultado da simulação de velocidade de correntes em ambos os cenários para situação de maré de enchente.

## 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)			
draga	-	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)	$\leq 30$
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.

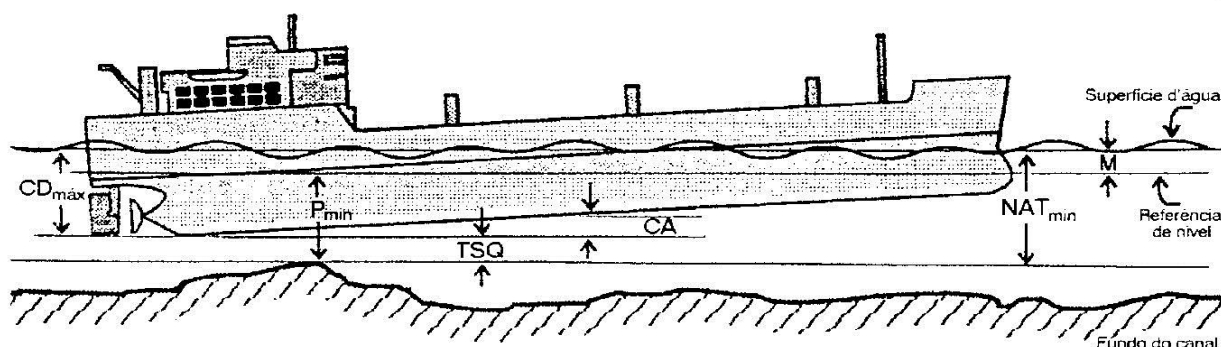
A tolerância sob a quilha (TSQ) se torna um fator crítico na navegação segura e eficiente, uma vez que a sua determinação imprecisa para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias conseqüências econômicas e ambientais. Muitas empresas de navegação 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)<sup>1</sup>

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)

<sup>1</sup> 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:

$\Delta$  :  $C_b \times L_{pp} \times B \times T$  : 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/s<sup>2</sup>)

#### 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.

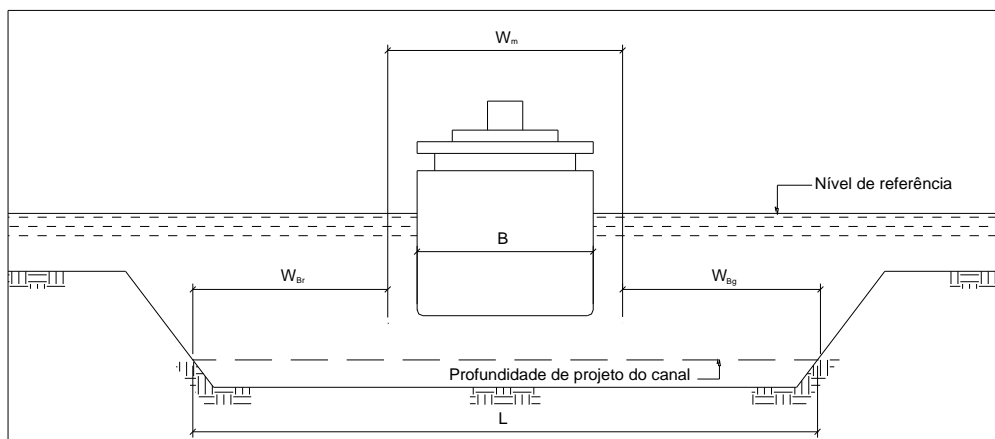


Figura 62: Canal de via única com talude normal.

#### 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)	=	<u>0,4 B</u>
		<b>1,3B</b>

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

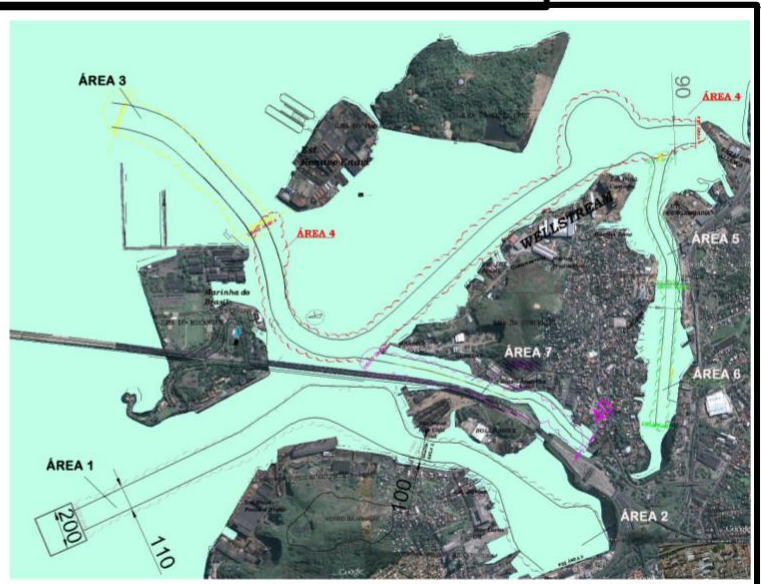
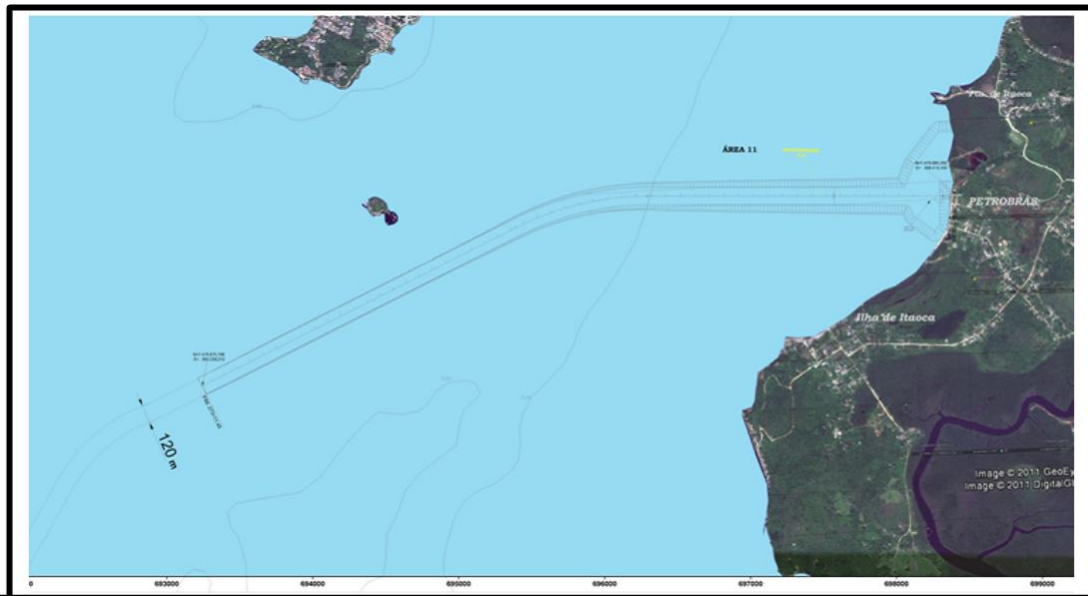
## 11- COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS – CPU

Nos municípios de Niterói e São Gonçalo foram delimitadas 11 (onze) áreas que serão objeto desta CPU para efeito de dragagem de acordo com os projetos individualizados.

Estas áreas estão assim definidas:

- **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:



## **11.1 - INDICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM**

### **11.1.1 - Dragagem do solo marinho**

Em função dos diversos traçados geométricos, profundidades existentes e condições de manobrabilidade, sugerimos os seguintes equipamentos, que em itens adiante serão tecnicamente especificados e quantificados.

- Dragagem Autotransportadora
- Dragagem de Sucção e recalque
- Batelão de carga/descarga autopropulsado
- Terminal de descarga

### **11.1.2 – Dragagem do solo marinho contaminado**

Para este tipo de solo sugerimos os equipamentos abaixo listados:

- Retroescavadeira Hidráulica sobre pontão flutuante (Backhoe Dredge)
- Batelão de carga auto propulsado (ou rebocado)
- Estação de bombeamento para terra (enchimento de Geotube®)

As empresas licitantes deverão apresentar os arranjos dos equipamentos propostos, especificando cada tipo de equipamento, quantificando e descrevendo suas metodologias executivas com suas produções mensais, visando a dragagem e acondicionamento do solo contaminado.

## 11.2 - ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM E CUSTO MENSAL ESTIMADO

### 11.2.1- Draga Autotransportadora (2.400 m³)

Considerando a geometria das áreas a serem dragadas, as profundidades existentes e condições de manobrabilidade, sugerimos a utilização de uma draga autotransportadora, padrão IHC, com as seguintes características:



Principal characteristics:	
Type	Trailing Suction Hopper Dredger
Year	2009 / 2010
Builder	IHC Dredgers B.V.
Dimension	
Length o.a. abt.	82.80m
Length b.p.p.	78.50m
Beam	16.00m



Draught (dredging mark)	5.00m
Hopper capacity	2,400m <sup>3</sup>
Deadweight (dredging mark)	3,850 ton
Diameter suction tubes	700mm
Dredging depth	25m
<b>Power and Speed</b>	
Main engines	2 x 1,350kW
Jet pump power	1 x 360kW
Bow thruster	1 x 325kW
Auxiliary power	1 x 200kW
Total installed power	2,980kW
Laden speed	11,40 knots

#### 11.2.1.1- CÁLCULO DO CUSTO ESTIMADO MENSAL OPERACIONAL

Para este cálculo será considerada uma draga autotransportadora (TSHD), padrão IHC, com 2.400 m<sup>3</sup> de capacidade de carga na cisterna.

#### Parâmetros adotados

- preço médio de uma draga nova (euros) (fonte: IHC) € 30.000.000,00  
Conversão da moeda €1,00 ~ R\$ 2,40 (jan/2011) R\$72.000.000,00

- pessoal

A remuneração do trabalhador marítimo, como em todo o setor produtivo, varia em função do porte da empresa contratante, sua especialidade e experiência profissional. Nesta CPU adotaremos como média salarial (custo direto+impostos) o valor de R\$ 12.000,00 por tripulante e equipe técnica.

O quantitativo de pessoal também varia de acordo com o regime de trabalho utilizado por cada empresa. Para este equipamento adotaremos o quantitativo de 40 empregados considerando tripulação e equipe técnica.



40 trip. x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos) R\$ 480.000,00

- combustível

Neste cálculo estimamos, de acordo com os padrões técnicos recomendados, o consumo médio de 200 g/KWh para os motores de combustão interna (MCPs e MCAs). Para a operação de dragagem, considerando carregamento e viagem para descarga, estimamos o consumo médio de 2.500 kW/h num total de 576 h/mês.

$0,2 \text{ l/KWh} \times 2.500 \text{ KW/h} \times 576 \text{ h/mês} = 288.000 \text{ l/mês.}$

Considerando o custo aproximado de R\$ 2,00/litro de diesel

288.000 l/mês x R\$ 2,00/l R\$ 567.000,00

- óleo lubrificante (5% do diesel) R\$ 28.800,00

- docagem (2 em 5 anos)  $R\$72.000.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$  R\$ 120.000,00

- manutenção prev. (0,5 do custo mensal de docagem) R\$ 60.000,00

- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros R\$ 180.000,00

- diversos

Serão considerados os custos de reparos emergenciais, rancho, transporte marítimo e terrestre da tripulação, graxas, óleo hidráulico, equipe e equipamentos de batimetria para sondagens de acompanhamento e de medição e equipamentos de apoio operacional

R\$300.000,00

- juros ( $R\$72.000.000,00 \times 6\% / 12$ ) R\$ 360.000,00

- depreciação (25 anos) R\$ 240.000,00



- custo mensal estimado R\$ 2.335.800,00

### Fator de utilização anual da draga

Na prática uma draga não opera durante os 12 (doze) meses do ano. Na média, de acordo com nossos critérios, sua utilização é de 09 (nove) meses por ano. Durante os 03 (três) meses de paralisação, o equipamento permanece com alguns custos fixos que devem ser diluídos durante os 09 (nove) meses de real utilização. Os custos fixos, estimados, incidentes nos 03 (três) meses de paralisação são os seguintes:

- pessoal (10 trip.x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos)	R\$ 120.000,00
- combustível (óleo, lubrificantes, graxas)	R\$ 10.000,00
- docagem (2 em 5 anos) $R\$72.000.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$	R\$ 120.000,00
- manutenção prev. (0,5 do custo mensal de docagem)	R\$ 60.000,00
- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros	R\$ 180.000,00
- diversos	R\$ 10.000,00
- juros ( $R\$72.000.000,00 \times 6\% / 12$ )	R\$ 360.000,00
- depreciação (25 anos)	R\$ 240.000,00
Custo fixo de paralisação mensal	R\$ 1.100.000,00

Portanto o custo fixo mensal que deverá ser acrescido durante os meses de real operação da draga será o seguinte:

$$R\$ 1.100.000,00 \times 3 / 9 = R\$ 366.666,00$$

### CUSTO ESTIMADO MENSAL OPERACIONAL

$$R\$ 2.335.800,00 + R\$ 366.666,00 = R\$ 2.702.466,00/\text{mês}$$

### 11.2.2 - DRAGA DE SUCÇÃO E RECALQUE (18")

Em áreas de pequenas profundidades e com geometria restrita sugerimos a utilização de uma draga de sucção e recalque, padrão Beaver IHC, com as seguintes características:

#### Beaver 1200



Principal particulars:	
Length overall, ladder raised	26.30m
Length over pontoons	16.50m
Breadth	6.69m
Depth	1.87m
Main pontoon	10.00m x 2.95m x 2.45m
Side pontoons	15.75m x 1.83m x 1.83m
Mean draught with full bunkers approx.	1.25m

Maximum standard dredging depth	10.00m
Internal diameter of suction and discharge pipes	450mm
Total dry weight approx.	75t
Dredge pump: Power at shaft	620kW (843hp)
Cutter: Power at shaft	110kW (150hp)

#### 11.2.2.1- CÁLCULO DA PRODUÇÃO ESTIMADA MENSAL “in situ”

No site <http://www.ihcmerwede.com>, que vem a ser a maior fabricante mundial deste tipo de draga, encontram-se as curvas de produção de acordo com o material a ser dragado. Na prática estas curvas devem ser interpretadas de maneira conservadora, pois consideram uma concentração de sólidos de 20%. Adotaremos, portanto, uma margem de segurança a fim de utilizarmos valores realistas.

Esta draga utilizará aproximadamente 400 m de linha de recalque até o terminal de descarga (a ser especificado adiante). Determinamos então uma produção de aproximadamente 450 m<sup>3</sup>/h de bombeamento de sólidos.

Para o número estimado de horas de bombeamento mensais, podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$H_{bm} = 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} \times 0,70 \eta \times 0,7^*$$

Onde:

$H_{bm}$  = horas de bombeamento mensais

24h = horas diárias de operação

30 dias = dias de operação no mês

0,70  $\eta$  = coeficiente de rendimento operacional

0,7\* = coeficiente de paralisação temporária devido às atracações e desatracações dos batelões de carga, movimentação do terminal de descarga e imprevistos



$$H_{bm} = 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} \times 0,70 \eta \times 0,7^* = 352,8 \rightarrow 350 \text{ h/mês}$$

Portanto a produção mensal estimada “in situ” será de:

$$450 \text{ m}^3/\text{h} \times 350 \text{ h/mês} = 157.500$$

Para efeito de custo e cronograma adotaremos a produção de:

$$155.000 \text{ m}^3/\text{mês}$$

#### 11.2.2.2- CÁLCULO DO CUSTO ESTIMADO MENSAL OPERACIONAL

##### Parâmetros adotados

- preço médio de uma draga nova (cotação IHC) ~ € 2.100.000,00

Conversão da moeda €1,00 ~ R\$ 2,40 (jan/2011) R\$ 5.040.000,00

- pessoal

A remuneração do trabalhador marítimo, como em todo o setor produtivo, varia em função do porte da empresa contratante, sua especialidade e experiência profissional. Nesta CPU adotaremos como média salarial (custo direto+impostos) o valor de R\$ 12.000,00 por tripulante e equipe técnica.

O quantitativo de pessoal também varia de acordo com o regime de trabalho utilizado por cada empresa. Para este equipamento adotaremos o quantitativo de 20 empregados considerando tripulação e equipe técnica.

20 trip. x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos) R\$ 240.000,00

- combustível

Neste cálculo estimamos, de acordo com os padrões técnicos recomendados, o consumo médio de 200 g/KWh. Considerando a potência instalada de 730 KW, o número de horas de bombeamento de 350 h/mês e o custo médio do óleo diesel de R\$ 2,00, teremos:



$$0,2 \text{ l/KWh} \times 730 \text{ KW/h} \times 350 \text{ h/mês} = 71.060 \text{ l/mês.}$$

Ao valor calculado acrescentaremos 10.000 l/mês para o consumo de energia durante o mês.

Portanto:

$$81.060 \text{ l/mês} \times \text{R\$ } 2,00/\text{l} = \text{R\$ } 162.120,00$$

- óleo lubrificante (5% do diesel) R\$ 8.106,00

- docagem (2 em 5 anos)  $\text{R\$ } 5.040.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$  R\$ 8.400,00

- manutenção prev. (valor adotado) R\$ 20.000,00

- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros R\$ 12.600,00

- diversos

Serão considerados os custos de reparos emergenciais, rancho, transporte marítimo e terrestre da tripulação, graxas, óleo hidráulico, rebocador de apoio, equipe e equipamentos de batimetria para sondagens de acompanhamento e de medição

R\$ 50.000,00

- juros ( $\text{R\$ } 5.040.000,00 \times 6\% / 12$ ) R\$ 25.200,00

- depreciação (25 anos) R\$ 16.800,00

- custo mensal estimado R\$ 543.226,00



### Fator de utilização anual da draga

Na prática uma draga não opera durante os 12 (doze) meses do ano. Na média, de acordo com nossos critérios, sua utilização é de 09 (nove) meses por ano. Durante os 03 (três) meses de paralisação, o equipamento permanece com alguns custos fixos que devem ser diluídos durante os 09 (nove) meses de real utilização. Os custos fixos, estimados, incidentes nos 03 (três) meses de paralisação são os seguintes:

- pessoal (6 trip.x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos)	R\$ 72.000,00
- combustível (óleo, lubrificantes, graxas)	R\$ 5.000,00
- docagem (2 em 5 anos) $R\$ 5.040.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$	R\$ 8.400,00
- manutenção prev. (valor adotado)	R\$ 20.000,00
- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros	R\$ 12.600,00
- diversos	R\$ 10.000,00
- juros ( $R\$ 5.040.000,00 \times 6\% / 12$ )	R\$ 25.200,00
- depreciação (25 anos)	R\$ 16.800,00
<b>Custo fixo de paralisação mensal</b>	<b>R\$ 170.000,00</b>

Portanto o custo fixo mensal que deverá ser acrescido durante os meses de real operação da draga será o seguinte:

$$R\$ 170.000,00 \times 3 / 9 = R\$ 56.666,00$$

**CUSTO ESTIMADO MENSAL OPERACIONAL**

R\$ R\$ 543.226,00 + R\$ 56.666,00 =

**R\$ 599.892,00/mês****11.2.2.3 - CUSTO DE AQUISIÇÃO DA TUBULAÇÃO DE RECALQUE****- Especificação**

A especificação do diâmetro, espessura e material utilizado na fabricação da tubulação de recalque tem como objetivo calcular-se um preço médio de mercado para este tipo de material.

Esta especificação não impede que as dragas, ofertadas na licitação, tenham outra configuração de tubulação de recalque. Isto posto, arbitramos a seguinte especificação:

18" x 0,984" - ASTM A252 - 2/AWWA C200/97/API 5LGr.B - Processo SAW Longitudinal.

*Fonte: CSA, por comparação.*

-Custo estimado de 400 m de linha (nova)	R\$ 426.393,00
-Custo estimado dos flutuantes	R\$ 284.444,00
-Custo estimado total	R\$ 710.837,00
- BDI (15%)	R\$ 106.625,00
- Custo com BDI	<b>R\$ 817.462,00</b>

**11.2.2.3.1 – CUSTO DA TUBULAÇÃO DE RECALQUE POR METRO CÚBICO DRAGADO.**

O volume a ser dragado global foi estimado em 5.261.328 m³.

Portanto o custo por metro cúbico dragado será de

**R\$ 0,16/m³**

### 11.2.3 - BATELÃO DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADO

Será considerado um batelão de carga auto propelido, com descarga pela cisterna, capacidade de carga de aproximadamente 1.650 m<sup>3</sup> e potência de propulsão de aproximadamente 1.900 KW, possuindo calado máximo de aproximadamente 4 m.



#### 11.2.3.1 - CÁLCULO DO CUSTO MENSAL ESTIMADO

##### Parâmetros adotados

- preço médio de um batelão novo (euros)

(fonte: A GUIDE TO COST STANDARDS FOR DREDGING EQUIPMENT – © CIRIA) € 13.300.000,00

Conversão da moeda €1,00 ~ R\$ 2,40 (jan/2011) R\$ 31.920.000,00



- pessoal

A remuneração do trabalhador marítimo, como em todo o setor produtivo, varia em função do porte da empresa contratante, sua especialidade e experiência profissional. Nesta CPU adotaremos como média salarial (custo direto+impostos) o valor de R\$ 12.000,00 por tripulante e equipe técnica.

O quantitativo de pessoal também varia de acordo com o regime de trabalho utilizado por cada empresa. Para este equipamento adotaremos o quantitativo de 15 empregados.

15 trip. x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos)	R\$ 180.000,00
--	----------------

- combustível

Neste cálculo estimamos, de acordo com os padrões técnicos recomendados, o consumo médio de 200 g/KWh para os motores de combustão interna (MCPs e MCAs). Para a operação de dragagem estimamos o consumo médio de 1.500 KW/h num total de 504 h/mês.

$0,2 \text{ l/KWh} \times 1.500 \text{ KW/h} \times 504 \text{ h/mês} = 151.200 \text{ l/mês.}$

Considerando o custo aproximado de R\$ 2,00/litro de diesel

151.200 l/mês x R\$ 2,00/l	R\$ 302.400,00
----------------------------	----------------

- docagem (2 em 5 anos) $31.920.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$	R\$ 53.200,00
--	---------------

- manutenção prev. (0,5 do custo mensal de docagem)	R\$ 26.600,00
---	---------------

- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros	R\$ 79.800,00
--	---------------

- diversos



Serão considerados os custos de reparos emergenciais, rancho, transporte marítimo e terrestre da tripulação, óleos lubrificantes, graxas, óleo hidráulico e equipamentos de apoio operacional

R\$ 100.000,00

- juros (R\$ 31.920.000,00 x 6% / 12) R\$ 159.600,00

- depreciação (25 anos) R\$ 106.400,00

- custo mensal estimado R\$ 1.008.000,00

#### **Fator de utilização anual do Batelão da Carga**

Na prática um batelão de carga não opera durante os 12 (doze) meses do ano. Na média, de acordo com nossos critérios, sua utilização é de 09 (nove) meses por ano. Durante os 03 (três) meses de paralisação, o equipamento permanece com alguns custos fixos que devem ser diluídos durante os 09 (nove) meses de real utilização. Os custos fixos, estimados, incidentes nos 03 (três) meses de paralisação são os seguintes:

- pessoal (03 trip.x R\$ 12.000,00 (custo direto+impostos)	R\$ 36.000,00
- combustível (óleo, lubrificantes, graxas)	R\$ 10.000,00
- docagem (2 em 5 anos) $31.920.000,00 \times 5\% \times 2 / 60$	R\$ 53.200,00
- manutenção prev. (0,5 do custo mensal de docagem)	R\$ 26.600,00
- seguro estimado de casco, máquinas e terceiros	R\$ 79.800,00
- diversos	R\$ 10.000,00
- juros (R\$ 31.920.000,00 x 6% / 12)	R\$ 159.600,00



- depreciação (25 anos)

R\$ 106.400,00

Custo fixo de paralisação mensal

R\$ 481.600,00

Portanto o custo fixo mensal que deverá ser acrescido durante os meses de real operação da draga será o seguinte:

$R\$ 481.600,00 \times 3 / 9 =$

R\$ 160.533,00

### **CUSTO ESTIMADO MENSAL OPERACIONAL**

R\$ 1.008.000,00+ R\$ 160.533,00 =

**R\$ 1.168.533,00/mês**

### **11.2.4 - TERMINAL DE DESCARGA**

O terminal de descarga consiste de um pontão flutuante (chata) com estrutura metálica para suportar a tubulação de recalque, dotada de sistema de guinchos e âncoras para seu posicionamento, com capacidade de receber em seu costado as embarcações que serão carregadas com o material dragado pela draga SR.

#### **11.2.4.1 - CÁLCULO DO CUSTO MENSAL ESTIMADO**

Para apresentar o custo estimado mensal do terminal de descarga utilizamos a publicação “ A GUIDE TO COST STANDARDS FOR DREDGING EQUIPMENT – © CIRIA”, que indica os custos médios do mercado mundial de dragagem.

Portanto, estimamos o custo mensal em:(€1,00=R\$ 2,40) **R\$ 28.234,00/mês**

**11.2.5 - QUADRO RESUMO**

EQUIPAMENTO	UNID.	CUSTO MENSAL ESTIMADO
Draga Autotransportadora (2.400 m³)	01	R\$ 2.702.466,00
Draga de sucção e recalque (18")	01	R\$ 599.892,00
Batelão carga/descarga autopropulsado	01	R\$ 1.168.533,00
Terminal de descarga	01	R\$ 28.234,00

**11.3 – VOLUMES A SEREM DRAGADOS, ESPECIFICADOS POR ÁREA**

Conforme descrito no item 11, as 11 (onze) áreas delimitadas apresentam os seguintes volumes a serem dragados.

NITERÓI E SÃO GONÇALO – 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 (m³)	Volume na Tolerância (m³)	Volume Total (m³)
1	11,0	4	0,3	1935	772.040	88.425	860.465
2	11,0	4	0,3	985			889.910
2					Solo contaminado		194.000
3	9,0	4	0,3	950	44.651	13.064	57.715
4	9,0	4	0,3	2975			309.062
4*	9,0	4	0,3	Item 11.5.4*			153.861
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	1467	382.093	46.319	428.412
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	4.736.485	524.843	5.261.328

#### 11.4 - DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE – DMT ATÉ A ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE MATERIAL DRAGADO

DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE - DMT		
ÁREA	DISTÂNCIA EM Km	DISTÂNCIA EM MN
1	23.341	12,6
2	24.760	13,3
3	25.519	13,7
4	27.413	14,8
4(item 11.5.4)	28.706	15,5
5	29.078	15,7
6	29.637	16
7	27.441	14,8
8	30.234	16,3
9	31.722	17,1
10	31.687	17,1
11	36.661	19,7

#### 11.5 - CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA E PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

Neste item calcularemos individualmente cada área, sugerindo os equipamentos de dragagem, suas produções estimadas e o preço unitário do metro cúbico dragado.

**NOTA TÉCNICA:** A ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM, SEUS QUANTITATIVOS E ARRANJOS OPERACIONAIS, NOS PERMITIRÃO DETERMINAR O PREÇO UNITÁRIO DO METRO CÚBICO DRAGADO, PARA CADA ÁREA DELIMITADA.

TODAVIA NADA IMPEDE QUE OUTROS EQUIPAMENTOS, QUANTITATIVOS E ARRANJOS OPERACIONAIS SEJAM PROPOSTOS, DESDE QUE NÃO CONFLITAM COM AS CONDIÇÕES DO EDITAL NEM COM OS PRAZOS E PREÇOS LIMITES CALCULADOS NESTA CPU.

### 11.5.1 - ÁREA 1

**Canal de Acesso em Direção ao Porto de Niterói (do canal de acesso principal até o Estaleiro Mauá).**

Para esta área será utilizada a draga autotransportadora especificada no item 11.2.1.

#### 11.5.1.1 – CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA “in situ”

- draga autotransportadora	AT 2.400
- ciclo de dragagem	
Tempo médio de carregamento	1,5 h
Tempo médio de viagem para descarga (ida e volta)	
DMT = 12,6 MN	
Velocidade média de transporte = 9 MN/h	
$(12,6 / 9) \times 2$	2,8 h
Tempo de manobras	0,20 h
Ciclo total	<b>4,5 h</b>
- número estimado de horas de operação mensais	
$720 \text{ h} \times 0,8 \text{ coef. op.} =$	576 h/mês
- número estimado de viagens (ciclos) mensais	
$576 \text{ h/mês} / 4,5 \text{ h/ciclo} =$	128 viagens/mês
- coeficiente de enchimento de cisterna	85%
- empolamento estimado	25%
- carga estimada por ciclo	
$2.400 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 0,75 =$	1.530 m <sup>3</sup> /ciclo
- produção mensal estimada calculada	



$$1.530 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 128 \text{ ciclos/mês} =$$

$$195.840 \text{ m}^3/\text{mês}$$

#### 11.5.1.2 – CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

Custo do metro cúbico dragado

$$\text{R\$ } 2.702.466,00/\text{mês} / 195.840 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$\text{R\$ } 13,79/\text{m}^3$$

BDI (admitido) (30%)

$$\text{R\$ } 4,13/\text{m}^3$$

Preço estimado do metro cúbico dragado “in situ”

$$\text{R\$ } 17,92/\text{m}^3$$

#### 11.5.1.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL

Volume a ser dragado (item 11.3)

$$860.465 \text{ m}^3$$

Prazo

$$131,8 \text{ dias} \approx$$

$$132 \text{ dias}$$

Preço total

$$\text{R\$ } 17,92 / \text{m}^3 \times 860.465 \text{ m}^3$$

$$\text{R\$ } 15.419.532,80$$



## 11.5.2 - ÁREA 2

### Estaleiro Mauá, Rolls-Royce, Mac Laren ao Porto de Niterói

#### 11.5.2.1 – DRAGAGEM DO SOLO MARINHO

Para esta área será utilizada a draga autotransportadora especificada no item 11.2.1.

##### 11.5.2.1.2 – CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA “in situ”

- draga autotransportadora	AT 2.400
- ciclo de dragagem	
Tempo médio de carregamento	1,5 h
Tempo médio de viagem para descarga (ida e volta)	
DMT = 13,3 MN	
Velocidade média de transporte = 9 MN/h	
$(13,3 / 9) \times 2$	$= 2,95 \approx 3 \text{ h}$
Tempo de manobras	0,20 h
Ciclo total	<b>4,7 h</b>
- número estimado de horas de operação mensais	
$720 \text{ h} \times 0,8 \text{ coef. op.} =$	576 h/mês
- número estimado de viagens (ciclos) mensais	
$576 \text{ h/mês} / 4,7 \text{ h/ciclo} =$	122 viagens/mês
- coeficiente de enchimento de cisterna	85%
- empolamento estimado	25%
- carga estimada por ciclo	
$2.400 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 0,75 =$	1.530 m <sup>3</sup> /ciclo
- produção mensal estimada calculada	



$$1.530 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 122 \text{ ciclos/mês} = \mathbf{186.660 \text{ m}^3/\text{mês}}$$

#### 11.5.2.1.3 – CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

Custo do metro cúbico dragado

$$\text{R\$ } 2.702.466,00/\text{mês} / 186.660 \text{ m}^3/\text{mês} \quad \text{R\$ } 14,47/\text{m}^3$$

$$\text{BDI (admitido) (30\%)} \quad \text{R\$ } 4,34/\text{m}^3$$

$$\text{Preço estimado do metro cúbico dragado} \quad \textit{“in situ”} \quad \mathbf{\text{R\$ } 18,81/\text{m}^3}$$

#### 11.5.2.1.4 – PRAZO E PREÇO TOTAL

$$\text{Volume a ser dragado (item 11.3)} \quad 889.910 \text{ m}^3$$

$$\text{Prazo} \quad 143,02 \text{ dias} \approx \mathbf{144 \text{ dias}}$$

Preço total

$$\text{R\$ } 18,81/\text{m}^3 \times 889.910 \text{ m}^3 \quad \mathbf{\text{R\$ } 16.739.207,10}$$

#### 11.5.2.2 – DRAGAGEM DO SOLO MARINHO CONTAMINADO

Para esta dragagem recomendamos a utilização dos seguintes equipamentos:

- Retroescavadeira Hidráulica sobre pontão flutuante (Backhoe Dredge)
- Batelão de carga auto propulsado (ou rebocado)
- Estação de bombeamento para terra (enchimento de Geotube®)

Por se tratar de uma dragagem especial e de tecnologia relativamente nova, a especificação e quantificação, bem como o arranjo dos equipamentos com suas respectivas produções mensais deverão ser executadas pelas empresas licitantes.

$$\text{A produção mensal não poderá ser inferior a} \quad \mathbf{40.000 \text{ m}^3/\text{mês.}}$$

$$\text{O volume total de material contaminado foi estimado em} \quad \mathbf{194.000 \text{ m}^3.}$$



A área de disposição do material dragado contaminado deverá ser proposta pelas empresas licitantes. Para tal, as empresas licitantes deverão optar pela disposição do material dragado na Ilha da Pombeba ou na Ilha do Fundão.

#### 11.5.2.2.1 – PREÇO DO METRO CÚBICO

A CDRJ através da Secretaria de Portos – SEP, em licitação pública internacional, realizou dragagem similar.

Adotaremos, portanto, o preço do metro cúbico dragado, transportado e acondicionado, praticado pela CDRJ e corrigido pelo IGP-M.

Na CPU – (base: novembro/2008) o preço unitário foi de: **R\$ 77,65/m<sup>3</sup>**

##### Resultado da Correção pelo IGP-M (FGV)

##### Dados básicos da correção pelo IGP-M (FGV)

###### Dados informados

Data inicial 11/2008

Data final 01/2012

Valor nominal R\$ 77,65 ( REAL )

###### Dados calculados

Índice de correção no período 1,1556874

Valor percentual correspondente 15,5687400 %

Valor corrigido na data final R\$ 89,74 ( REAL )

Preço do metro cúbico atualizado **R\$ 89,74/m<sup>3</sup>**

#### 11.5.2.2.2 – PRAZO E PREÇO TOTAL

Volume a ser dragado (item 11.3) 194.000 m<sup>3</sup>

Prazo 145,5 dias ≈ **146 dias**

Preço total

R\$ 89,74/m<sup>3</sup> x 194.000 m<sup>3</sup>**R\$ 17.409.560,00****11.5.3 - ÁREA 3****Acesso ao Canal Wellstream**

Para esta área será utilizada a draga autotransportadora especificada no item 11.2.1.

**11.5.3.1 – CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA “in situ”**

- draga autotransportadora	AT 2.400
- ciclo de dragagem	
Tempo médio de carregamento	1,5 h
Tempo médio de viagem para descarga (ida e volta)	
DMT = 13,7 MN	
Velocidade média de transporte = 9 MN/h	
(13,7 / 9) x 2	3,04 h
Tempo de manobras	0,20 h
Ciclo total	<b>4,74 h</b>
- número estimado de horas de operação mensais	
720 h x 0,8 coef. op. =	576 h/mês
- número estimado de viagens (ciclos) mensais	
576h/mês / 4,74 h/ciclo =	121 viagens/mês
- coeficiente de enchimento de cisterna	85%
- empolamento estimado	25%
- carga estimada por ciclo	
2.400 m <sup>3</sup> x 0,85 x 0,75 =	1.530 m <sup>3</sup> /ciclo



- produção mensal estimada calculada

$$1.530 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 121 \text{ ciclos/mês} =$$

**185.130 m<sup>3</sup>/mês**

### 11.5.3.2 – CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

Custo do metro cúbico dragado

$$\text{R\$ } 2.702.466,00/\text{mês} / 185.130 \text{ m}^3/\text{mês}$$

**R\$ 14,59/m<sup>3</sup>**

BDI (admitido) (30%)

**R\$ 4,37/m<sup>3</sup>**

Preço estimado do metro cúbico dragado “in situ”

**R\$ 18,96/m<sup>3</sup>**

### 11.5.3.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL

Volume a ser dragado (item 11.3)

**57.715 m<sup>3</sup>**

Prazo

9,35 dias ≈

**10 dias**

Preço total

$$\text{R\$ } 18,96/\text{m}^3 \times 57.715 \text{ m}^3$$

**R\$ 1.094.276,40**

#### 11.5.4 - ÁREA 4

##### Canal Wellstream ao Estaleiro Aliança

Para esta área será utilizada a draga autotransportadora especificada no item 11.2.1, bem como o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

A draga autotransportadora executará a dragagem do início do canal até a bacia de evolução. O conjunto Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado executará a dragagem no interior do polígono determinado pelas seguintes coordenadas UTM:

PONTOS	X (Leste)	Y (Norte)
1	693.557,19	7.470.329,47
2	693.582,13	7.470.330,97
3	693.600,02	7.470.326,90
4	693.727,46	7.470.323,05
5	693.759,35	7.470.352,60
6	693.806,92	7.470.372,03
7	693.859,68	7.470.374,80
8	693.564,35	7.470.461,86
9	693.595,55	7.470.449,32
10	693.620,71	7.470.448,66
11	693.705,90	7.470.459,40
12	693.858,75	7.470.464,80

Do centro deste polígono até a área de disposição do material dragado temos uma DMT de:

**15,5 MN**

O volume estimado de dragagem, para a draga SR, foi calculado em:

**153.861 m³**



#### 11.5.4.1 – DRAGA AUTOTRANSPORTADORA

##### 11.5.4.1.1 – CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA “in situ”

- draga autotransportadora	AT 2.400
- ciclo de dragagem	
Tempo médio de carregamento	1,5 h
Tempo médio de viagem para descarga (ida e volta)	
DMT = 14,8 MN	
Velocidade média de transporte = 9 MN/h	
$(14,8 / 9) \times 2$	3,28 h
Tempo de manobras	0,20 h
Ciclo total	<b>4,98 h</b>
- número estimado de horas de operação mensais	
$720 \text{ h} \times 0,8 \text{ coef. op.} =$	576 h/mês
- número estimado de viagens (ciclos) mensais	
$576 \text{ h/mês} / 4,98 \text{ h/ciclo} =$	115 viagens/mês
- coeficiente de enchimento de cisterna	85%
- empolamento estimado	25%
- carga estimada por ciclo	
$2.400 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 0,75 =$	1.530 m <sup>3</sup> /ciclo
- produção mensal estimada calculada	
$1.530 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 115 \text{ ciclos/mês} =$	<b>175.950 m<sup>3</sup>/mês</b>



#### 11.5.4.1.2 – CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

Custo do metro cúbico dragado

R\$ 2.702.466,00/mês / 175.950 m<sup>3</sup>/mês

R\$ 15,35/m<sup>3</sup>

BDI (admitido) (30%)

R\$ 4,60/m<sup>3</sup>

Preço estimado do metro cúbico dragado “in situ”

**R\$ 19,95/m<sup>3</sup>**

#### 11.5.4.1.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL

Volume estimado a ser dragado (item 11.3)

309.062 m<sup>3</sup>

Prazo

52,69 dias ≈

**53 dias**

Preço total

R\$ 19,95/m<sup>3</sup> x 309.062 m<sup>3</sup>

**R\$ 6.165.786,90**

#### 11.5.4.2 – DRAGA SR 18” + TERMINAL DE DESCARGA + BATELÃO DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADO

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m<sup>3</sup>/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da draga Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m<sup>3</sup>**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**



#### 11.5.4.2.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT) 15,5 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m<sup>3</sup> / 450 m<sup>3</sup>/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
15,5 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 3,9 h

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h

Ciclo de dragagem **9,6 h**

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

#### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

**11.5.4.2.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

**11.5.4.2.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume estimado a ser dragado	<b>153.861 m<sup>3</sup></b>
Prazo	29,7 dias ≈ <b>30 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 153.861 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 3.849.602,22</b>



### 11.5.5 - ÁREA 5

#### Canal Acesso UTC

Para esta área será utilizado o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m³/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da draga Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m³**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**

#### 11.5.5.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT) 15,7 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m³ / 450 m³/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
15,7 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 3,9 h



Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h

Ciclo de dragagem 9,6 h

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

#### **11.5.5.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

#### **11.5.5.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	187.441 m <sup>3</sup>
Prazo	36,27 dias ≈ <b>37 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 187.441 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 4.689.773,82</b>



### 11.5.6 - ÁREA 6

#### Acesso ao Estaleiro Camorim

Para esta área será utilizado o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m³/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da draga Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m³**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**

#### 11.5.6.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT) 16 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m³ / 450 m³/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
16 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 4 h

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h



Ciclo de dragagem

**9,7 h**

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

#### **11.5.6.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

#### **11.5.6.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	215.775 m <sup>3</sup>
Prazo	41,76 dias ≈ <b>42 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 215.775 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 5.398.690,50</b>



### 11.5.7 - ÁREA 7

#### Acesso ao Estaleiro Subsea 7

Para esta área será utilizado o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m³/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da draga Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m³**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**

#### 11.5.7.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT)	14,8 MN
-------------------------------------	---------

Velocidade média estimada de transporte	8 nós
---	-------

Tempo de carregamento estimado (1.650 m³ / 450 m³/h) / 0,7 coef. efic.	5,2 h
---	-------

Tempo de transporte 14,8 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta)	3,7 h
---	-------

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal)	0,5 h
---	-------

Ciclo de dragagem	<b>9,4 h</b>
-------------------	--------------



Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

#### **11.5.7.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

#### **11.5.7.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	<b>469.429 m<sup>3</sup></b>
Prazo	90,85 dias ≈ <b>91 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 469.429 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 11.745.113,58</b>



### 11.5.8 - ÁREA 8

#### **Canal de Acesso em Direção ao Estaleiro Cassinú (do canal de acesso principal até a Ponta do Bagrinho)**

Para esta área será utilizado o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m³/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da draga Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m³**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**

#### **11.5.8.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”**

Distância média de transporte (DMT) 16,3 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m³ / 450 m³/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
16,3 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 4,1 h

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h



Ciclo de dragagem

**9,8 h**

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

#### **11.5.8.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

#### **11.5.8.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	428.412 m <sup>3</sup>
Prazo	82,91 dias ≈ <b>83 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 428.412 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 10.718.868,24</b>

### 11.5.9 - ÁREA 9

#### Acesso ao Estaleiro Cassinú (Ponta do Bagrinho até o Estaleiro Cassinú)

Para esta área será utilizado o conjunto – Dragagem SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m³/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da dragagem Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m³**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 11.2.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**

#### 11.5.9.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT) 17,1 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m³ / 450 m³/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
17,1 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 4,3 h

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h

Ciclo de dragagem **10 h**



Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

#### **11.5.9.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

#### **11.5.9.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	291.631 m <sup>3</sup>
Prazo	56,44 dias ≈ <b>57 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 291.631 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 7.296.607,62</b>

### 11.5.10 - ÁREA 10

#### Ponta do Bagrinho em direção à Ilha das Flores

Para esta área será utilizado o conjunto – Draga SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado. Entretanto a profundidade a ser atingida é de – 2 m NR. DHN, o que impossibilita, devido a falta de “calado”, a navegação do batelão de carga/descarga autopropulsado especificado.

Como solução de menor custo adotamos a utilização de 1.200 m de tubulação de recalque auto-flutuante. Portanto o batelão atracará no terminal de descarga em área com profundidade suficiente para suas manobras.

Em virtude deste novo comprimento de linha de recalque executamos novo cálculo de produção mensal da draga SR 18”.

#### 11.5.10.1- CÁLCULO DA PRODUÇÃO ESTIMADA MENSAL “in situ”

No site <http://www.ihcmerwede.com> , que vem a ser a maior fabricante mundial deste tipo de draga, encontram-se as curvas de produção de acordo com o material a ser dragado. Na prática estas curvas devem ser interpretadas de maneira conservadora, pois consideram uma concentração (constante) de sólidos de 20%. Adotaremos, portanto, uma margem de segurança a fim de utilizarmos valores realistas.

Nesta área específica a draga utilizará aproximadamente 1.200 m de linha de recalque até o terminal de descarga. Determinamos então uma produção de aproximadamente 370 m<sup>3</sup>/h de efluente bombeamento de sólidos.

Para o número estimado de horas de bombeamento mensais, podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$H_{bm} = 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} \times 0,70 \eta \times 0,7^*$$



Onde:

Hbm = horas de bombeamento mensais

24h = horas diárias de operação

30 dias = dias de operação no mês

0,70  $\eta$  = coeficiente de rendimento operacional

0,7\* = coeficiente de paralisação temporária devido às atracções e desatracções dos batelões de carga, movimentação do terminal de descarga e imprevistos.

$$Hbm = 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} \times 0,70 \eta \times 0,7^* = 352,8 \rightarrow 350 \text{ h/mês}$$

Portanto a produção mensal estimada “in situ” será de:

$$370 \text{ m}^3/\text{h} \times 350 \text{ h/mês} = 129.500$$

Para efeito de custo e cronograma adotaremos a produção de:

**125.000 m<sup>3</sup>/mês**

#### 11.5.10.2 – CÁLCULO DO PRAZO DA OBRA

Volume a ser dragado (item 11.3)		103.627 m <sup>3</sup>
Produção mensal estimada		125.000 m <sup>3</sup> /mês
Prazo da obra	24,8 dias $\approx$	<b>25 dias</b>

### 11.5.10.3 - CUSTO DA TUBULAÇÃO DE RECALQUE AUTO-FLUTUANTE

Para estimar este custo utilizamos a publicação “ A GUIDE TO COST STANDARDS FOR DREDGING EQUIPMENT – © CIRIA”, que indica os custos médios do mercado mundial de dragagem.

Especificação:

Floating pipelines - Tubulação auto-flutuante, com diâmetro nominal de 500 mm, espessura de parede de 13 mm e com 12 m por seção.

€1,00 ~ R\$ 2,40 (jan/2011)

Custo semanal, por seção de 12 m	R\$ 186,24
Custo semanal para 1.200 m de linha de recalque	R\$ 18.624,00
Custo para 25 dias	R\$ 66.514,00
BDI (15%)	R\$ 9.977,00
Custo total	R\$ 76.491,00
Custo da tubulação de recalque auto-flutuante, por m <sup>3</sup>	
R\$ 76.491,00 / 103.627 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 0,74/m<sup>3</sup></b>



#### 11.5.10.4 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT)	17,1 MN
Velocidade média estimada de transporte	8 nós
Tempo de carregamento estimado (1.650 m <sup>3</sup> / 370 m <sup>3</sup> /h) / 0,7 coef. efic.	6,3 h
Tempo de transporte 17,1 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta)	4,3 h
Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal)	0,5 h
Ciclo de dragagem	<b>11,1 h</b>

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

#### 11.5.10.5 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 125.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 23,72/m <sup>3</sup>
BDI 30% (admitido)	R\$ 7,11
Tubulação de recalque	R\$ 0,74/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 31,57/m<sup>3</sup></b>



#### **11.5.10.6 – PREÇO TOTAL**

R\$ 31,57/m<sup>3</sup> x 103.627 m<sup>3</sup>

**R\$ 3.271.504,39**

#### **11.5.11 - ÁREA 11**

##### **Canal de Acesso Petrobrás**

Para esta área será utilizado o conjunto – Dragagem SR 18” + Terminal de descarga + Batelão de carga/descarga autopropulsado, especificados nos itens 11.2.2; 11.2.4 e 11.2.3.

Pelo item 11.2.2.1 a produção mensal estimada será de: **155.000 m<sup>3</sup>/mês**

Pelo item 11.2.2.2 o custo mensal estimado da dragagem Sr 18” será de:

**R\$ 599.892,00/mês**

Pelo item 11.2.2.3.1 o custo de aquisição da tubulação de recalque, já incluído o BDI de 15%, será de:

**R\$ 0,16/m<sup>3</sup>**

Pelo item 11.2.4.1 o custo mensal estimado do terminal de descarga será de:

**R\$ 28.234,00/mês**

Pelo item 3.3.1 o custo mensal estimado do batelão de carga/descarga autopropulsado será de:

**R\$ 1.168.533,00/mês**



### 11.5.11.1 – CÁLCULO DA QUANTIDADE DE BATELÕES DE CARGA/DESCARGA AUTOPROPULSADOS NECESSÁRIOS PARA “FECHAR O CICLO DE DRAGAGEM”

Distância média de transporte (DMT) 19,7 MN

Velocidade média estimada de transporte 8 nós

Tempo de carregamento estimado  
(1.650 m<sup>3</sup> / 450 m<sup>3</sup>/h) / 0,7 coef. efic. 5,2 h

Tempo de transporte  
19,7 MN / 8 MN/h x 2 (ida e volta) 4,9 h

Tempo de manobras (para descarga e atracação no terminal) 0,5 h

Ciclo de dragagem **10,6 h**

Quantidade de batelões

Para que o ciclo de dragagem seja contínuo deverão ser alocados

**02 (dois) batelões**

#### **COMENTÁRIO**

*Em nossas premissas há a necessidade de se alocar 02 (dois) batelões com capacidade de cisterna de 1.650 m<sup>3</sup>, entretanto há, no mercado internacional/nacional de dragagem, diversos equipamentos com diversas capacidades de carga.*

**11.5.11.2 - CÁLCULO DO PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO “in situ”**

O preço do metro cúbico dragado será a soma do custo mensal dos equipamentos envolvidos, o BDI admitido e o custo de aquisição da linha de recalque já calculado por metro cúbico em relação a produtividade mensal calculada.

R\$ 2.965.192,00/mês / 155.000 m <sup>3</sup> /mês	R\$ 19,13/m <sup>3</sup>
BDI (admitido) 30%	R\$ 5,73
Tubulação de recalque	R\$ 0,16/m <sup>3</sup>
Preço estimado do metro cúbico dragado	<b>R\$ 25,02/m<sup>3</sup></b>

**11.5.11.3 – PRAZO E PREÇO TOTAL**

Volume a ser dragado (item 11.3)	1.100.000 m <sup>3</sup>
Prazo	212,9 dias ≈ <b>213 dias</b>
Preço total	
R\$ 25,02/m <sup>3</sup> x 1.100.000 m <sup>3</sup>	<b>R\$ 27.522.000,00</b>



## **11.6 - MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO RESUMO**

Na prática a MOB/DESMOB representa o deslocamento do equipamento de dragagem, do seu local de origem até o local da obra e o seu retorno. Como padrão, adotaremos o valor referente a 1/3 do custo mensal operacional de cada equipamento.

### **11.6.1 - Dragagem Autotransportadora (2.400 m³)**

Mobilização	<b>R\$ 900.822,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 900.822,00</b>

### **11.6.2 – Dragagem de sucção e recalque 18”**

Mobilização	<b>R\$ 199.964,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 199.964,00</b>

### **11.6.3 – Batelão de carga/descarga autopropulsado**

Mobilização	<b>R\$ 389.511,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 389.511,00</b>

## **11.7 – QUANTIDADES DE EQUIPAMENTOS A SEREM MOBILIZADOS E CUSTOS TOTAIS**

Para otimizar os serviços de dragagem adotaremos o seguinte arranjo dos equipamentos de dragagem:

- Dragagem Autotransportadora (2.400 m<sup>3</sup>) 1 unidade
- Dragagem de sucção e recalque 18" 2 unidades
- Batelão de carga/descarga autopropulsado 4 unidades

### **11.7.1 – CUSTOS TOTAIS DE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO**

Considerando os custos calculados no item 11.6

#### **11.7.1.1 - Dragagem Autotransportadora (2.400 m<sup>3</sup>)**

Mobilização	<b>R\$ 900.822,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 900.822,00</b>

#### **11.7.1.2 - Dragagem de sucção e recalque 18" (2 unidades)**

Mobilização	<b>R\$ 399.928,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 399.928,00</b>

#### **11.7.1.3 - Batelão de carga/descarga autopropulsado (4 unidades)**

Mobilização	<b>R\$ 1.558.044,00</b>
Desmobilização	<b>R\$ 1.548.044,00</b>

#### **11.7.1.4 – CUSTO GLOBAL DE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO**

Dragagem Autotransportadora (2.400 m<sup>3</sup>) + Dragagem de sucção e recalque 18"(2 unidades) + Batelão de carga/descarga autopropulsado (4 unidades)

**R\$ 5.707.588,00**



## **11.8 - ABERTURA DE UM CANAL NAVEGÁVEL NA ILHA DA CONCEIÇÃO**

Este canal terá as seguintes dimensões:

- largura 20m
- comprimento 300 m
- profundidade - 3,0 m NR. DHN

### **11.8.1 – ESCAVAÇÃO (material de 2ª)**

- volume estimado 42.000 m<sup>3</sup>
- preço unitário da escavação R\$ 3.00,00/m<sup>3</sup>
- preço total **R\$ 12.600.000,00**

### **11.8.2 – CONTRUÇÃO DE PAREDE VERTICAL**

- volume de concreto 5.000 m<sup>3</sup>
- preço unitário R\$ 1.200,00/m<sup>3</sup>
- preço total **R\$ 6.000.000,00**

### **11.8.3 – PONTE DE ACESSO**

Esta ponte terá as seguintes dimensões:

- largura 12m (2 pistas + 2 passarelas)
- comprimento 260 m
- preço total **R\$ 11.000.000,00**

### **11.8.4 – PREÇO GLOBAL DO CANAL E PONTE DE ACESSO**

**R\$ 29.600.000,00**



### 11.9 – DERROCAGEM

Para os serviços de derrocagem estamos considerando:

- volume	4.000 m <sup>3</sup>
- preço unitário	R\$ 1.100,00/m <sup>3</sup>
- preço total	<b>R\$ 4.400.000,00</b>

### 11.10 - PREVISÃO DE MATERIAL CONTAMINADO ADICIONAL

Estamos prevendo a ocorrência de material contaminado adicional:

- volume	200.000 m <sup>3</sup>
- preço unitário	
De acordo com o item 11.5.2.2.1	R\$ 89,74/m <sup>3</sup>
- preço total	<b>R\$ 17.948.000,00</b>

**12 – QUADRO RESUMO DAS ÁREAS A SEREM DRAGADAS****DRAGAGEM AMBIENTAL DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DOS MUNICÍPIOS DE NITERÓI E SÃO GONÇALO**

LOCAL	PROFUNDIDADE E LARGURA DO CANAL	EQUIPAMENTO PRINCIPAL	PRAZO (dias)	VOLUME (m³)	PREÇO UNITÁRIO (R\$/m³)	PREÇO TOTAL (R\$)
ÁREA 1 - Canal de Acesso em direção ao Porto de Niterói.	P = 11 m / L = 110 m	Draga AT	132	860.465	17,92	15.419.532,80
ÁREA 2 - Estaleiro Mauá, Rolls-Royce, Mac Laren ao Porto de Niterói	P = 11 m / L = 110 m	Draga AT	144	889.910	18,81	16.739.207,10
ÁREA 2 - Estaleiro Mauá, Rolls-Royce, Mac Laren ao Porto de Niterói - área com ocorrência de solo contaminado.		Retroescavadeira	146	194.000	89,74	17.409.560,00
ÁREA 3 - Acesso ao Canal Wellstream	P = 9 m / L = 120 m	Draga AT	10	57.715	18,96	1.094.276,40
ÁREA 4 - Canal Wellstream ao Estaleiro Aliança	P = 9 m / L = 90 m	Draga AT	53	309.062	19,95	6.165.786,90
		Draga SR	30	153.861	25,02	3.849.602,22
ÁREA 5 - Canal Acesso UTC	P = 7 m / L = 50 m	Draga SR	37	187.441	25,02	4.689.773,82
ÁREA 6 - Acesso ao Estaleiro Camorim	P = 6 m / L = 50 m	Draga SR	42	215.775	25,02	5.398.690,50
ÁREA 7 - Acesso ao Estaleiro Subsea 7	P = 8,5 m / L = 40 m	Draga SR	91	469.429	25,02	11.745.113,58
ÁREA 8 - Canal de acesso em direção ao Estaleiro Cassinú (do canal de acesso principal até a ponta do bagrinho)	P = 6 m / L = 90 m	Draga SR	83	428.412	25,02	10.718.868,24
ÁREA 9 - Acesso ao Estaleiro Cassinú (da ponta do bagrinho ate o estaleiro)	P = 5,5 m / L = 90 m	Draga SR	57	291.631	25,02	7.296.607,62
ÁREA 10 - Ponta do Bagrinho em direção a Ilha das Flores)	P = 2 m / L = 90 m	Draga SR	25	103.627	31,57	3.271.504,39
ÁREA 11 - Canal de acesso à Petrobrás	P = 5 m / L = 112 m	Draga SR	213	1.100.000	25,02	27.522.000,00

<b>ACUMULADOS</b>	<b>5.261.328</b>	<b>131.320.523,57</b>
-------------------	------------------	-----------------------

OBS: custo de mob/desmob não incluso

**13 - QUADRO SINTÉTICO GLOBAL**

DISCRIMINAÇÃO	VOLUME	PREÇO TOTAL
<b>Dragagem</b>		
Draga de Sucção e Recalque 18"	2.950.176 m³	R\$ 74.492.160,37
Draga Autotransportadora 2.400 m³	2.117.152 m³	R\$ 39.418.803,20
Dragagem de solo contaminado	194.000 m³	R\$ 17.409.560,00
Mobilização e desmobilização global		R\$ 5.707.588,00
	<b>sub- total 1</b>	<b>R\$ 137.028.111,57</b>
<b>Abertura do canal da Ilha da Conceição</b>		
Escavação	42.000 m³	R\$ 12.600.000,00
Parede vertical (concreto)	5.000 m³	R\$ 6.000.000,00
Ponte de acesso (260 m x 12 m)		R\$ 11.000.000,00
	<b>sub-total 2</b>	<b>R\$ 29.600.000,00</b>
<b>Derrocagem</b>	4.000 m³	R\$ 4.400.000,00
<b>Previsão de solo contaminado</b>	200.000 m³	R\$ 17.948.000,00
<b>PREÇO TOTAL GLOBAL</b>		<b>R\$ 188.976.111,57</b>
OBS: o prazo total dos serviços de dragagem, incluindo mob/desmob será de : 11,13 meses		



## **14 – ANEXO 3 – Plantas Batimétricas**



## **15 – ANEXO 4 – Plantas Geológicas**



## **16 – ANEXO 5 – CD Relatório**



