

## **V.1 - Meio Físico**

### **V.1.1 - Caracterização do Nível de Ruídos**

O levantamento do nível de ruídos (contínuo e intermitente) em 3 pontos nas imediações da área da Briclog e da comunidade da Quinta do Caju foi realizado no dia 6 de outubro de 2009, de 15h00 as 16h00 e no dia 12 de novembro de 2009, de 09h30 as 10h30. No dia 11 de julho de 2011 também foram realizadas medições em 8 locais distintos dentro da área do Terminal Portuário da Briclog, em operações normais. Tais medições foram realizadas em diferentes locais, de maneira a atender às normas específicas (Figura V.1-1).



**Figura V.1-1 – Pontos de medição de ruídos.**

O aparelho medidor de ruído utilizou à curva de ponderação A, com resposta lenta, com o microfone afastado no mínimo de 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros) da divisa do imóvel que contém a fonte de som ou ruído e à altura de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) do solo e de quaisquer obstáculos.

A área da Briclog foi analisada em duas partes, a primeira, ao sul, inclui a portaria única e via de acesso aos berços de atracação, sendo seu uso predominantemente administrativo (área em amarelo com os pontos 1, 2, e 8), doravante referida por **Área 1**. A segunda área possui atividades portuárias propriamente ditas, e está mais ao norte (identificada na figura pela área em amarelo com os pontos 3, 4, 5, 6, e 7), doravante referida por **Área 2**.

Para efeito de classificação das Áreas 1 e 2, e de seus respectivos entornos nos termos da NBR 10.151, temos que ao sul da Área 1, ocupação é predominantemente residencial e no restante, o entorno é industrial. A maior parte das edificações residenciais do entorno da Área 1 tem sobrado, sendo que o terreno ocupado está em cota superior ao da Briclog. Esta configuração, onde os receptores do entorno estão muito próximos e em cota superior a da fonte, prejudica a dispersão da energia acústica, aumentando seus potenciais incômodos. Este potencial de incômodo estaria associado ao tráfego entre a Área 2 e a portaria.

Classifica-se todo o entorno da Área 2 como industrial, pois as atividades predominantes são típicas de porto de carga e estaleiro.

A Tabela V.1-1 apresenta os resultados das medições realizadas:

**Tabela V.1-1- Resultados das medições de ruídos nas proximidades do Terminal Briclog.**

Pontos	Data	Observação	Área	Níveis de ruído
<b>01</b>	06/10/09	Movimentação de carga na via de passagem do Cais	1	55 dB(A)
		Meio do muro 2 (distância de aproximadamente 30 m entre os muros 1 e 2 )		51 dB(A)
		Rua circular da Quinta do Caju muro 2		52 dB(A)
		Rua circular da Quinta do Caju - movimentação de carga na via de passagem do CAIS		54 dB(A)
	11/07/11	Praça interna, próxima à comunidade. Rádio de morador com volume alto durante a medição (Hora: 10:30h)*		54,9 db(A)
<b>02</b>	06/10/09	Ponto 3 com movimentação de carga na via de passagem do Cais.	1	59 dB(A)
		Ponto 3 Final do muro com vizinhança (enfrente as área sociais desativada).		54 dB(A)
	11/07/11	Área defronte aos vestiários, próxima a comunidade. Sirene funcional da Briclog ativa durante medições (volume alto) (Hora: 10:58h)*.		83,7 db(A)
<b>03</b>	11/07/11	Ponta da orla. Equipamentos de obras em uso (Hora: 11:17h)*	2	64,2 db(A)
<b>04</b>	11/07/11	Meio da orla. Ruído de obras e de ferramentas (Hora: 11:48h)*.	2	56,0 db(A)
<b>05</b>	11/07/11	Berço de atracação. Operação de descarga de navio, movimentação de empilhadeiras, guindaste e de água sendo bombeada do convés ao mar. (Hora: 12:20h)*	2	66,5 db(A)
<b>06</b>	11/07/11	Próximo a estaleiro dedicado à Petrobrás. Pouca movimentação por ser horário do almoço (Hora: 12:44h)*	2	54,0 db(A)
<b>07</b>	11/07/11	Pátio e galpão de estocagem de equipamentos de exploração de petróleo, predominantemente. Movimentação de caminhões. (Hora: 13:40h)*	2	56,1 db(A)
<b>08</b>	06/10/09	Porta desativada de acesso com a vizinhança	1	54 db(A)
		Rua circular da Quinta do Caju muro 2 - movimentação de carga na via de passagem do cais		57 dB(A)
		Muro 2 com movimentação de carga na via de passagem do cais		57 dB(A)
		Muro 2 ponto mais próximo ao perímetro da vizinhança		55 dB(A)
		Rua circular da Quinta do Caju muro 2		55 dB(A)
	11/07/11	Portaria única e cancela. Tráfego de veículos diversos e de pedestres. Funcionamento de compressor durante as medições. (Hora: 15:50h)*		67,5 db(A)

\*Medições com duração de 15 minutos.

A Briclog está inserida em Zona Portuária (ZP) com características mistas de indústria, comércio, armazenagem e residencial que influenciam diretamente nos limites de tolerância de ruído, conforme termos da Lei nº 646/1984, Decreto nº 5412/1985 e NBR 10151/2000, onde os valores encontrados estão abaixo dos limites estabelecidos, que é de 65dB para o período diurno e de 55dB para o

período noturno. A partir dos níveis de ruído monitorizados nos pontos supramencionados, se pode concluir que as atividades da Briclog não são capazes de gerar ruídos com potencial de incômodo significativo à comunidade.

### ***V.1.2 - Estudo de Circulação das Águas Interiores***

O comportamento das correntes no interior da Baía de Guanabara pode ser descrito como a composição de uma circulação gravitacional e residual de maré, fortemente direcionada pela distribuição das isobatimétricas e com contribuição significativa do volume dos fluxos dos rios contribuintes e do regime de ventos. De forma geral, não há grande variação nas direções das correntes, nem em períodos de maré, nem em escala sazonal. Entretanto, podem ser verificadas sensíveis diferenças nas intensidades nos períodos de sizígia e quadratura, bem como nas estações chuvosa e seca (KJERFVE *et al.*, 1997; MIRANDA *et al.*, 2002).

#### **Circulação Gravitacional**

A circulação gravitacional é determinada pela interação entre o componente baroclínico do gradiente de pressão e o componente da descarga fluvial. Sua contribuição depende somente do gradiente longitudinal de densidade e apresenta uma variação com a profundidade, atingindo os maiores valores junto ao fundo, permanecendo zero na superfície. O sentido do movimento é sempre da região de maior densidade para a de menor densidade, ou seja, o movimento relativo a este forçante é sempre direcionado para o interior do estuário. A componente da descarga fluvial é determinada pela razão entre a descarga fluvial e a área média da seção transversal. O sentido deste forçante é sempre para fora do estuário. Desta forma, a circulação gravitacional apresenta um movimento bidirecional com um sentido para o oceano pela superfície e um sentido para o continente pelo fundo (MIRANDA *et al.*, 2002).

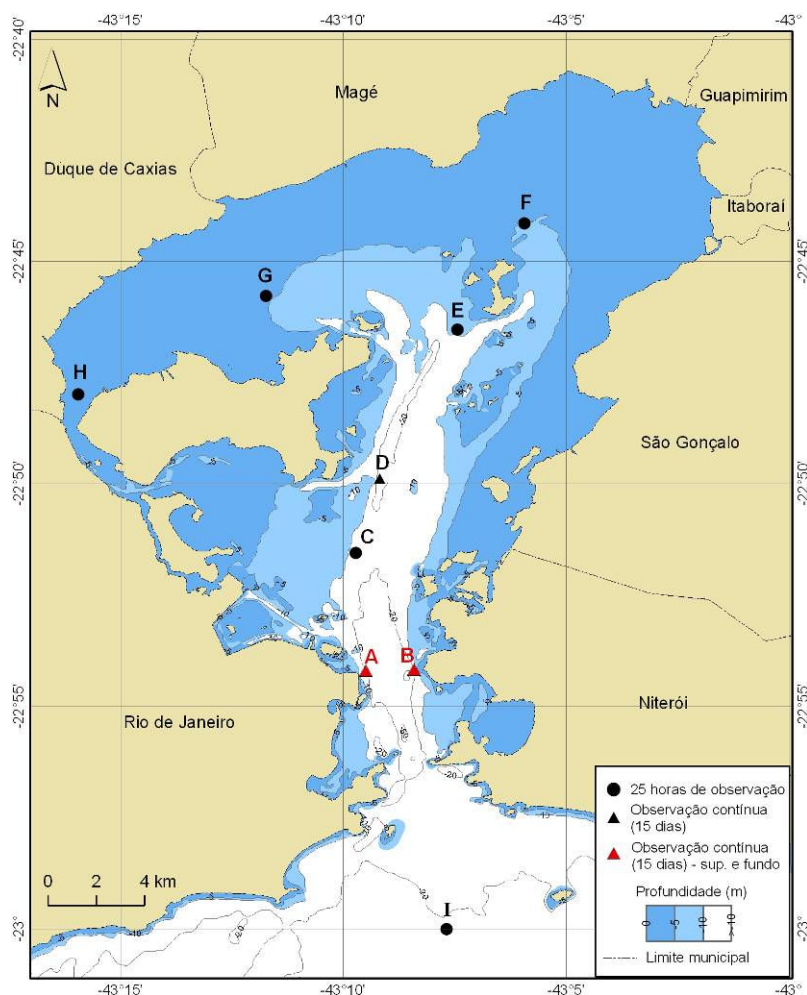


---

### **Circulação Residual**

A circulação residual é definida como a média do campo de velocidade e densidade ao longo de um ou mais ciclos completos de maré. Estudos indicam que a circulação residual se inicia a partir da assimetria da onda de maré, com transporte e processos de mistura diferenciados na enchente e na vazante. O resultado deste comportamento será o transporte de qualquer constituinte em uma determinada direção, seja para o continente ou para o oceano (MELO, 2004). A atuação do vento pode ter importantes consequências no transporte residual. VILELA (1992) simulou a influência do vento no transporte de partículas e constatou um deslocamento significativo da partícula sob a atuação dos ventos do quadrante sul.

As diversas ilhas existentes no interior da Baía de Guanabara e a sua geometria complexa alteram o movimento das águas em seu interior, o que torna difícil estimar a sua circulação. Dados de correntes foram amostrados por JICA (1994) em diversos locais no interior da baía, todos a 3 metros de profundidade, à exceção das estações localizadas na região da entrada (Figura V.1-2).



**Figura V.1-2 – Batimetria e estações de coleta de dados de corrente na Baía de Guanabara. Fonte: JICA (1994).**

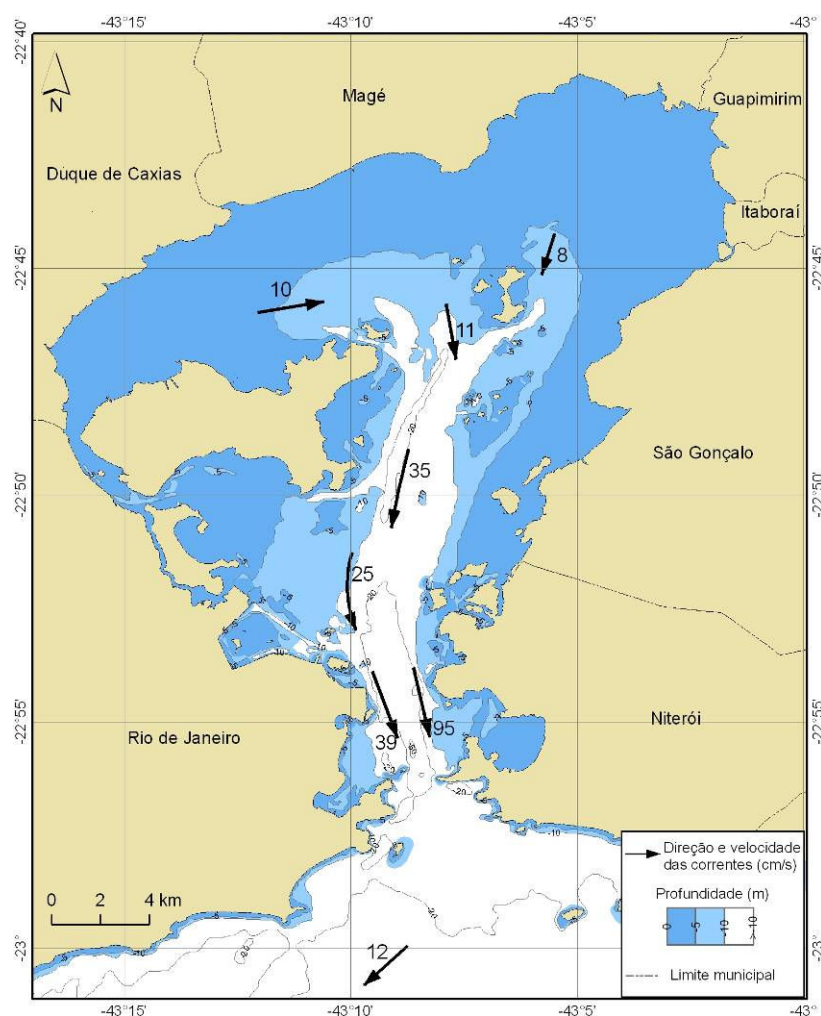
Nos pontos A, B e D foram coletados dados contínuos por quinze dias, enquanto que nos demais foram realizadas campanhas de vinte e cinco horas contínuas durante a maré de sizígia. Os pontos A e B foram amostrados em dois níveis da coluna d'água, a três metros abaixo da superfície e a cinco metros acima do fundo.

As estações A e B, próximas à boca da barra apresentaram as maiores velocidades de corrente, assim como o canal entre a Ilha do Governador e o continente. De maneira geral, observa-se que as correntes no interior da Baía

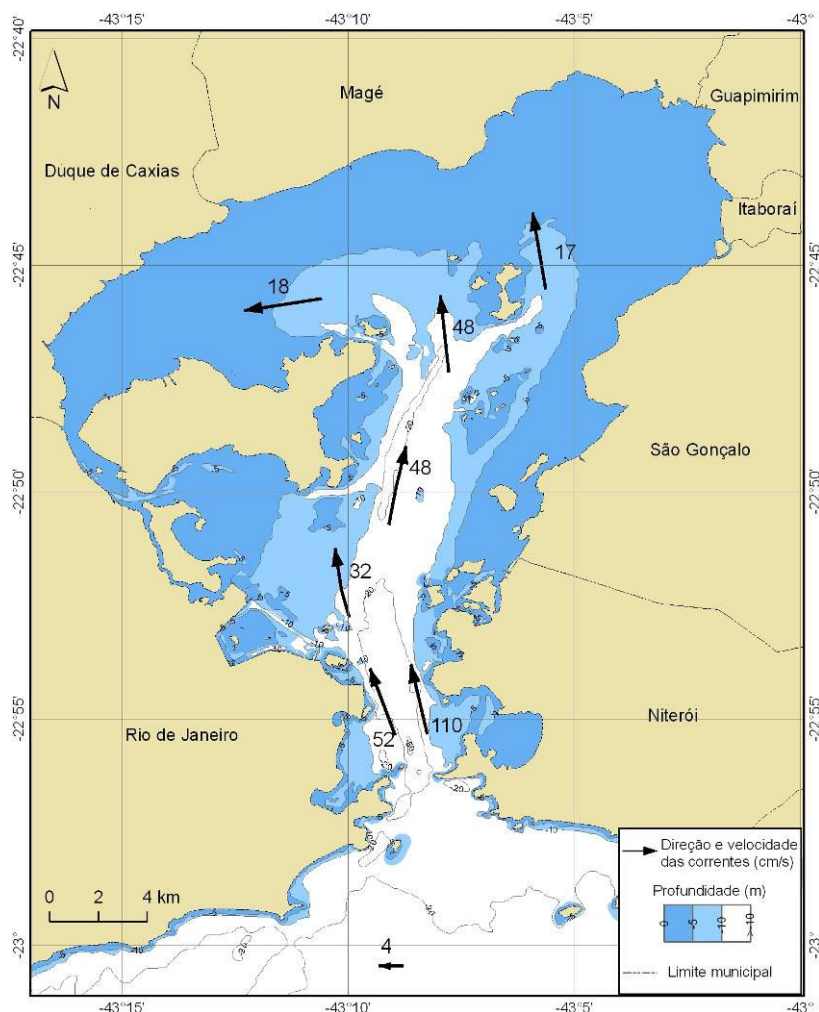
apresentam maiores velocidades relacionadas aos períodos de maré enchente (KJERFVE, 1997).

Na Figura V.1-3 e na Figura V.1-4 são apresentadas as direções e as velocidades das correntes de maré vazante e de maré enchente, respectivamente três e onze horas após a preamar de sizígia.

Além dos fluxos relacionados à co-oscilação da maré, a introdução de água marinha dentro da Baía interage com a descarga fluvial e batimetria, repercutindo na qualidade de suas águas e suas características hidrológicas (VALENTIN, 1999).



**Figura V.1-3** – Direções e velocidades das correntes três horas após a preamar de sizígia (maré vazante). Fonte: JICA (1994).



**Figura V.1-4** – Direções e velocidades de correntes onze horas após a preamar de sizígia (maré enchente). Fonte: JICA (1994).

Medidas de corrente utilizando um ADCP (*Acoustic Doppler Profiler*) no alinhamento Ilha de Villegagnon (Estação A) - Gragoatá (Estação B) (Figura V.1-2) permitiram uma caracterização da estrutura da corrente e o cálculo do transporte de volume preciso nesta seção. Em amostragens realizadas duas horas antes da estufa de enchente e duas horas antes da estufa de vazante, pôde-se constatar que o transporte na enchente foi de  $17.620 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e na vazante foi de  $5.731 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Além disso, os autores verificaram a influência do componente baroclínico no período de enchente, com núcleos de correntes com intensidade

de 60 cm s<sup>-1</sup> a 20 metros de profundidade no lado direito da seção supracitada. Uma outra característica importante na estrutura da corrente nessa seção foi a grande variabilidade lateral observada. Estes dados confirmam as medições feitas por JICA (1994) na mesma localidade, em que se constataram velocidades de correntes mais intensas no lado direito da entrada do que no lado esquerdo (Tabela V.1-2).

**Tabela V.1-2** - Valores de correntes na superfície e no fundo em duas estações na entrada da Baía de Guanabara (cm s<sup>-1</sup>) obtida por JICA (1994) (superfície, 3 metros de profundidade e fundo, 5 metros acima do fundo).

Estação	Profundidade	Enchente (cm s <sup>-1</sup> )	Vazante (cm s <sup>-1</sup> )
A	Superfície	85	65
	Fundo	96	57
B	Superfície	156	137
	Fundo	105	53

A estação localizada entre o continente e a Ilha do Governador apresenta um comportamento diferenciado, com intensificação das correntes, embora estas mantenham as características assimétricas na sua forma. Essa intensificação se dá em decorrência do confinamento acentuado do fluxo nesta. O mesmo acontece na entrada da baía, onde se observam as maiores velocidades de corrente, conforme mencionado acima (MELO, 2004).

O canal central e a área ao seu entorno mostram melhores condições de qualidade ambiental, uma vez que as renovações de água pelas correntes de marés tornam essa região menos suscetível aos efeitos da poluição orgânica (MAYR *et al.*, 1989; LAVRADO *et al.*, 1991). As melhores condições ambientais são encontradas próximo à boca da baía, com maior influência da água costeira marinha, contudo, mesmo essas áreas vêm sentindo os efeitos cumulativos da carga orgânica proveniente do município do Rio de Janeiro, na margem ocidental, e de Niterói e São Gonçalo, na margem oriental.

A região noroeste é considerada a mais degradada devido à circulação restrita, e o aumento das concentrações de amônia e a redução do OD refletem a crescente eutrofização deste trecho da baía (LAVRADO *et al.*, 1991).

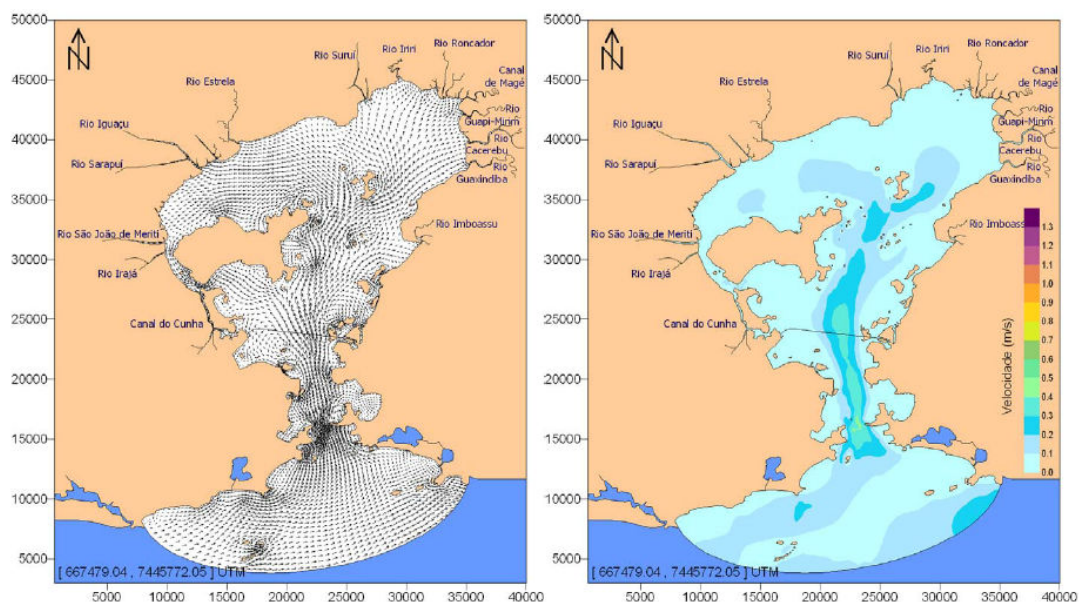


A determinação dos padrões das correntes na Baía da Guanabara foi realizada também por SAMPAIO (2003), através dos resultados fornecidos pelo modelo 3D, pela análise dos campos de vetores representativos da velocidade. Foram considerados três cenários de simulação, caracterizando as seguintes situações de maré (Preamar, Meia Maré Vazante, Baixamar e Meia Maré Enchente) para os seguintes Cenários:

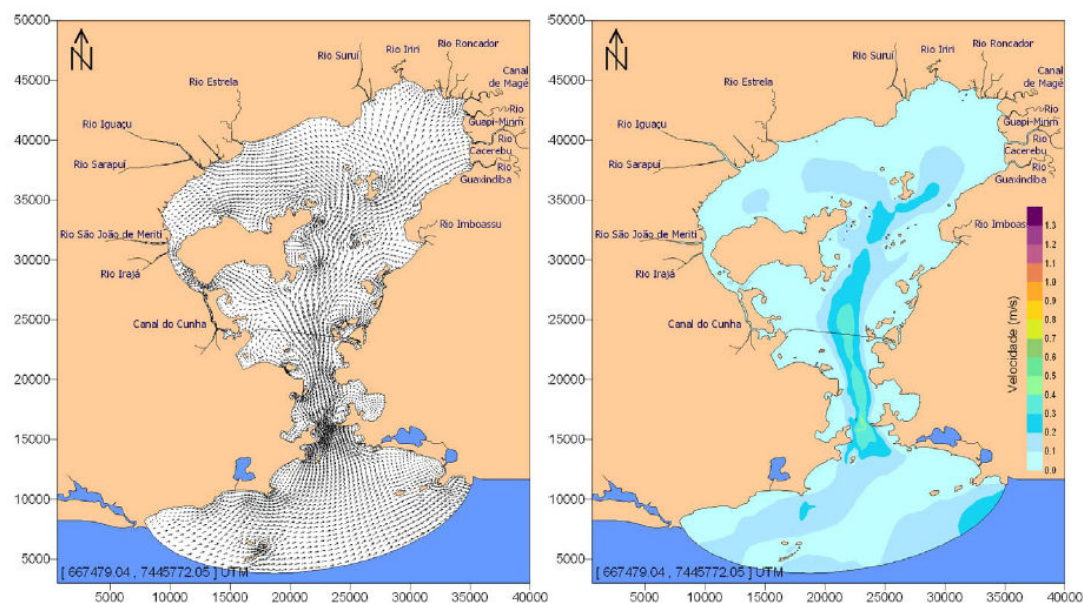
- **Cenário 1:** padrões de correntes gerados por maré usual sem a influência de ventos;
- **Cenário 2:** padrões de correntes gerados por maré usual com a ocorrência de ventos usuais;
- **Cenário 3:** padrões de correntes gerados por maré usual com a ocorrência de ventos característicos de entrada de frente fria.

## ✓ PREAMAR

### Cenário 1 - Sem Vento (Figura V.1-5).

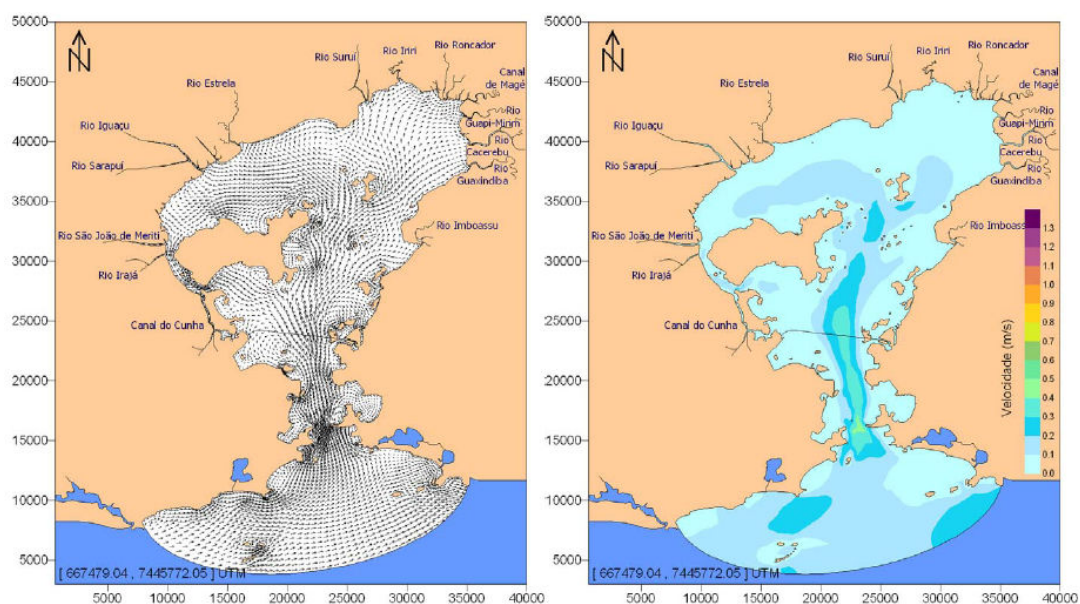


**Figura V.1-5** – Padrão de circulação referente à preamar (instante 266.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 1 (sem vento). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

**Cenário 2 - Ventos Usuais (Figura V.1-6).**

**Figura V.1-6** – Padrão de circulação referente à preamar (instante 266.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 2 (vento usual). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

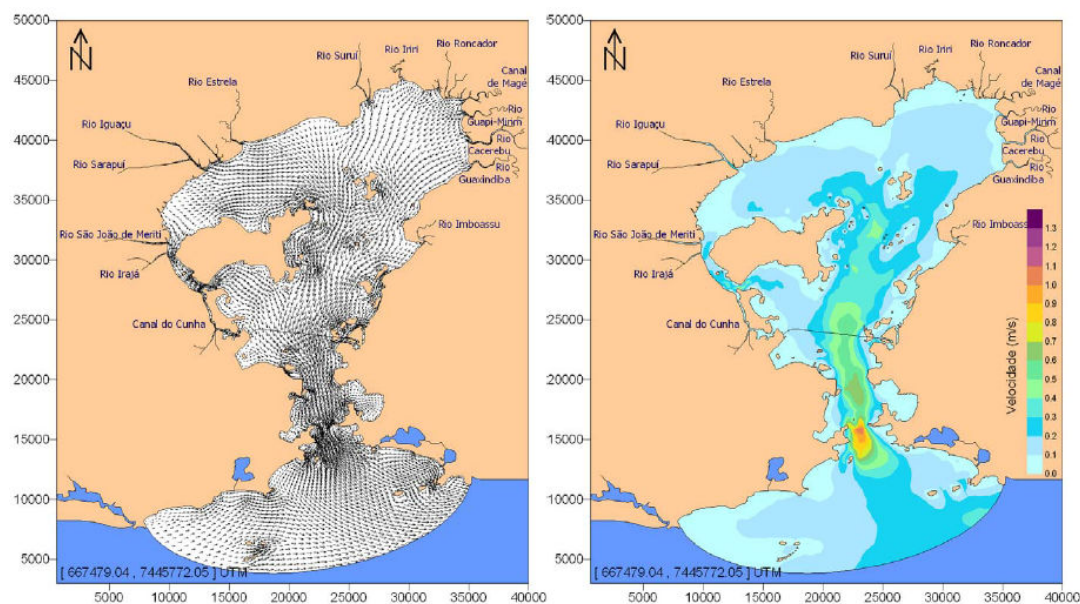
### Cenário 3 - Vento de Frente Fria (Figura V.1-7).



**Figura V.1-7** – Padrão de circulação referente à preamar (instante 266.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 3 (frente fria). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

## Meia-Maré Vazante

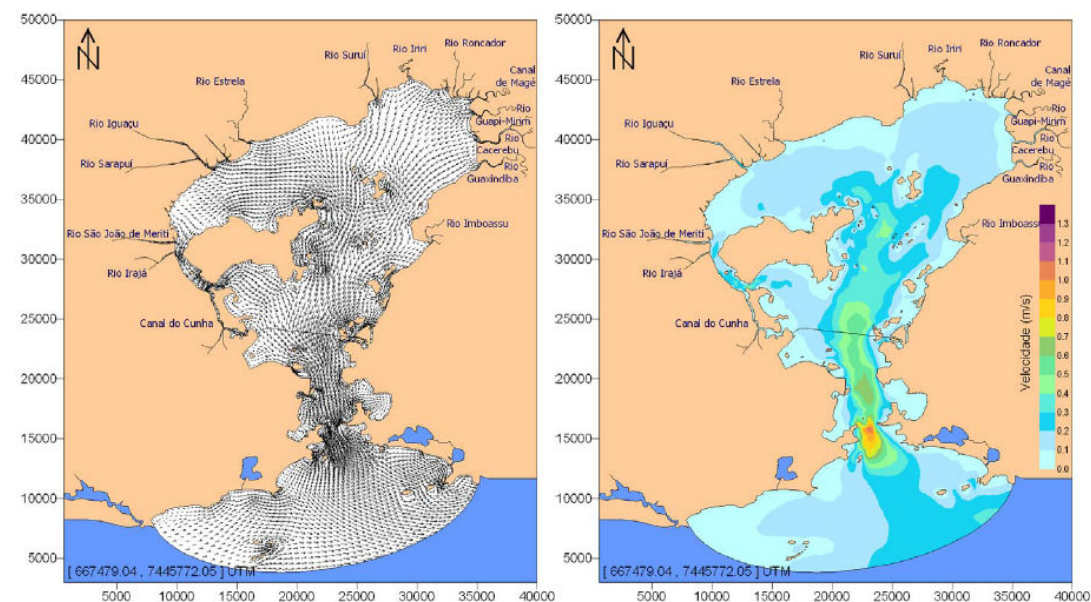
### Cenário 1 - Sem Vento (Figura V.1-8).



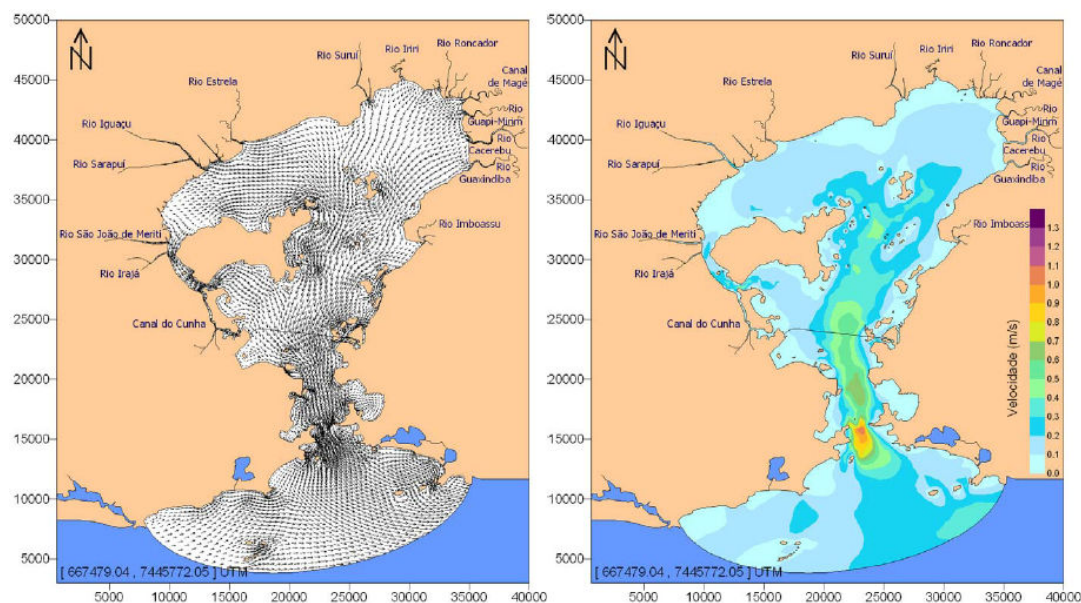
**Figura V.1-8** – Padrão de circulação referente à meia-maré vazante (instante 277.200 s), com valores promediados na vertical, cenário 1 (sem vento). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).



## Cenário 2 - Ventos Usuais (Figura V.1-9).



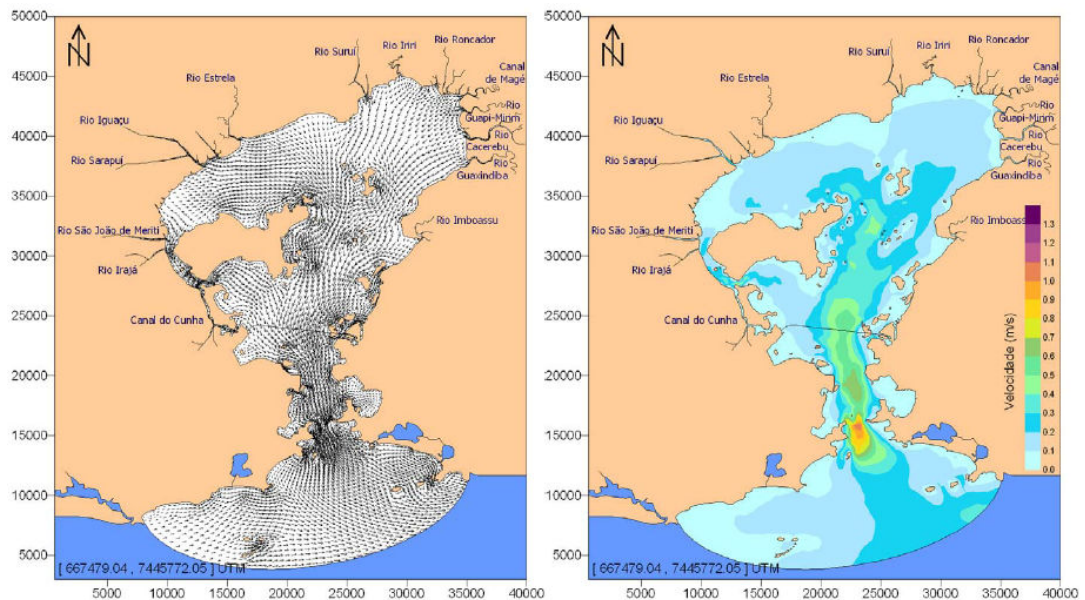
**Figura V.1-9** – Padrão de circulação referente à meia-maré vazante (instante 277.200 s), com valores promediados na vertical, cenário 2 (vento usual). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

**Cenário 3 - Vento de Frente fria (Figura V.1-10).**

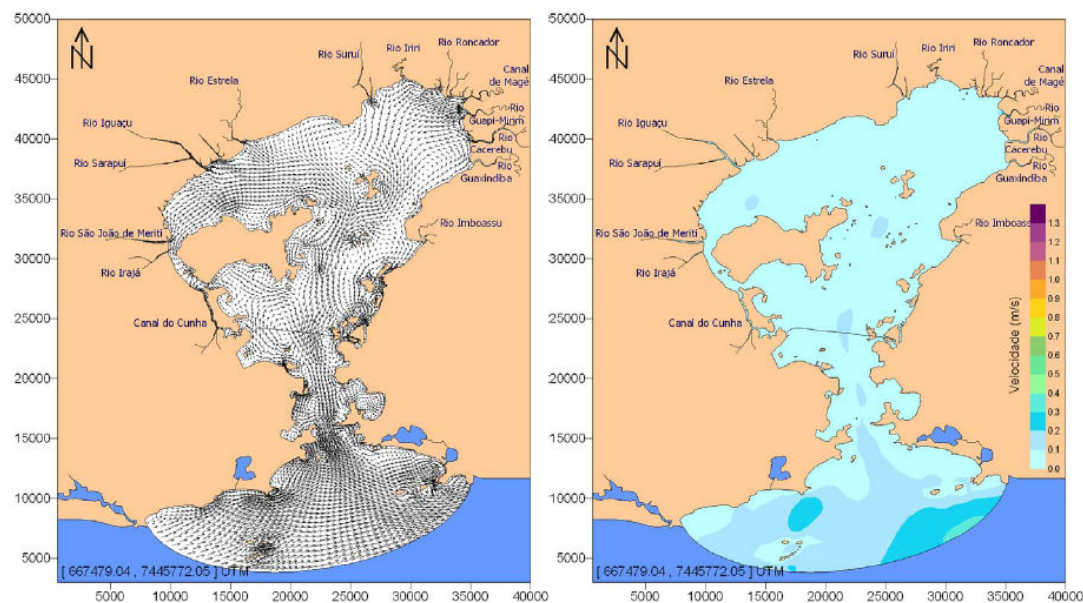
**Figura V.1-10** – Padrão de circulação referente à meia-maré vazante (instante 277.200 s), com valores promediados na vertical, cenário 3 (frente fria). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

## Baixa-mar

### Cenário 1 - Sem Vento (Figura V.1-11).



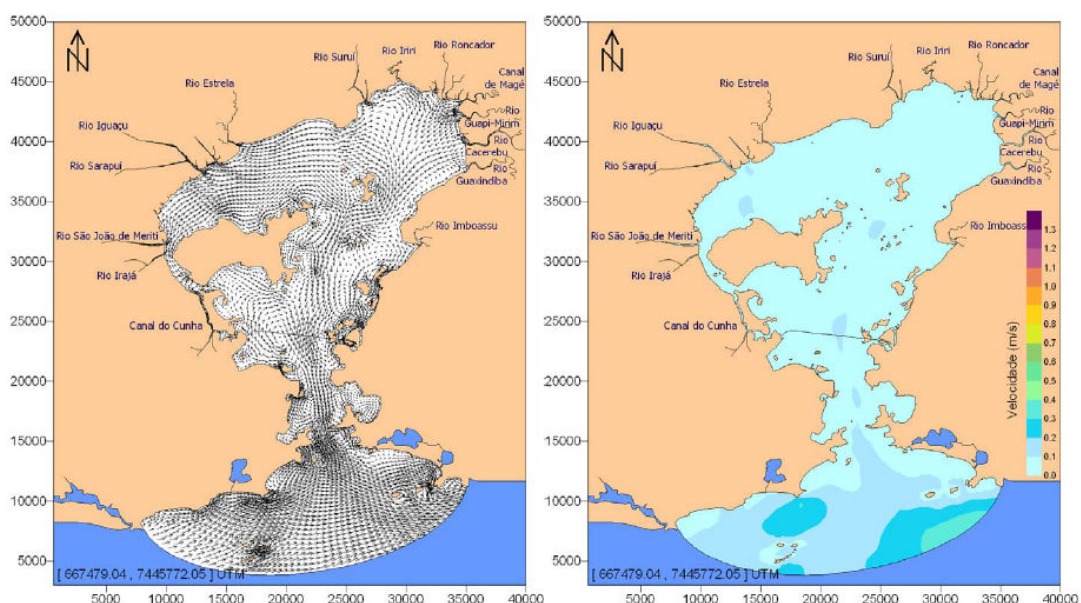
**Figura V.1-11** – Padrão de circulação referente à baixa-mar (instante 291.600 s), com valores promediados na vertical, cenário 1 (sem vento). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

**Cenário 2 - Ventos Usuais (Figura V.1-12).**

**Figura V.1-12 – Padrão de circulação referente à baixa-mar (instante 291.600 s), com valores promediados na vertical, cenário 2 (vento usual). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).**



### Cenário 3 - Vento de Frente Fria (Figura V.1-13).

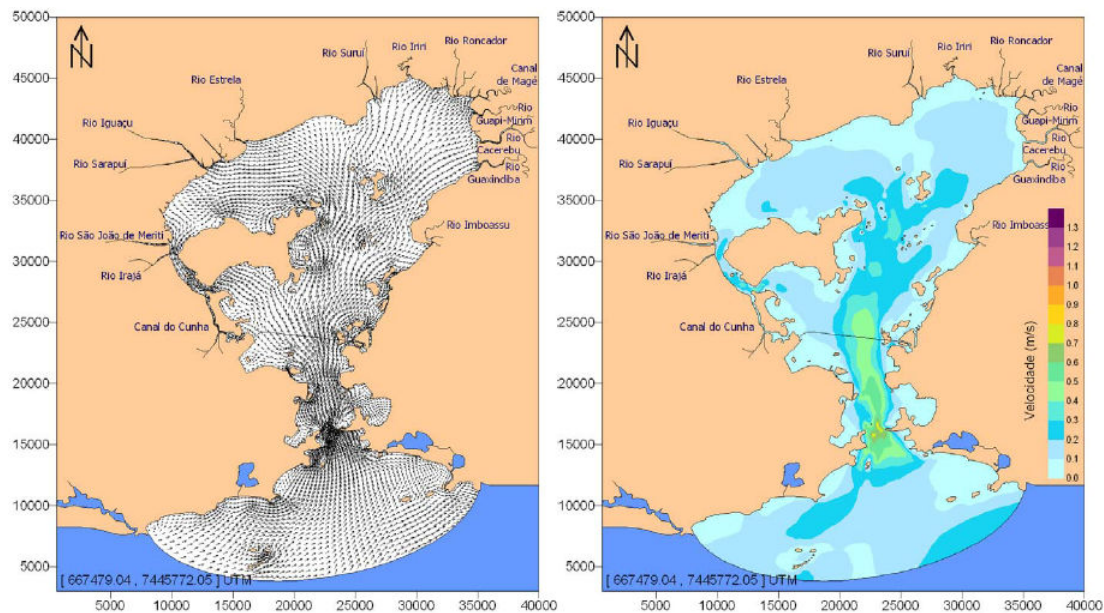


**Figura V.1-13** – Padrão de circulação referente a baixa-mar (instante 291.600 s), com valores promediados na vertical, cenário 3 (frente fria). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).



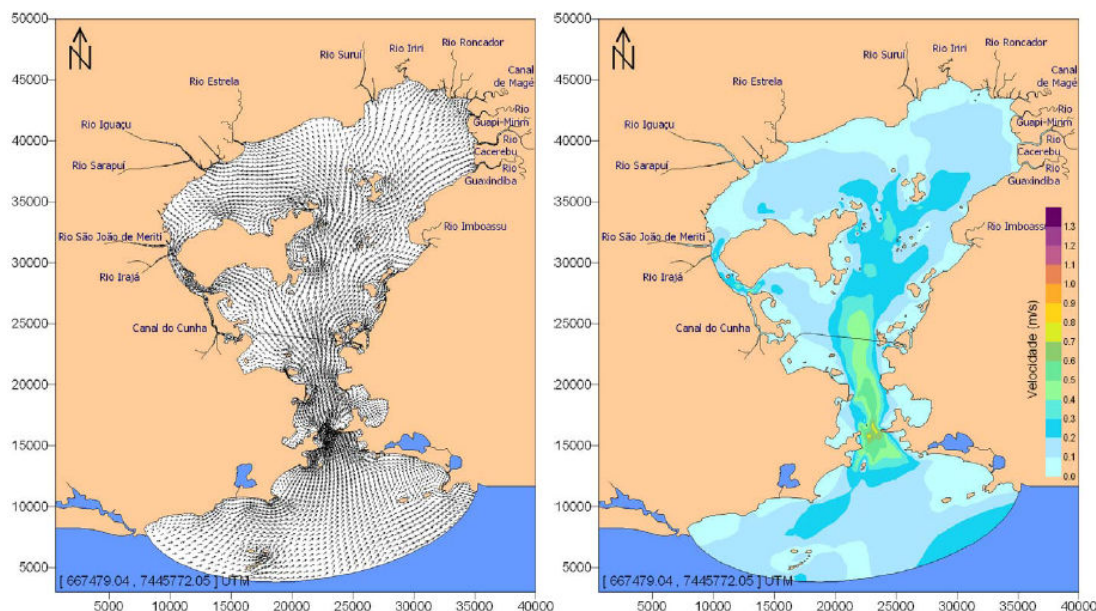
## Meia maré enchente

### Cenário 1 - Sem Vento (Figura V.1-14).

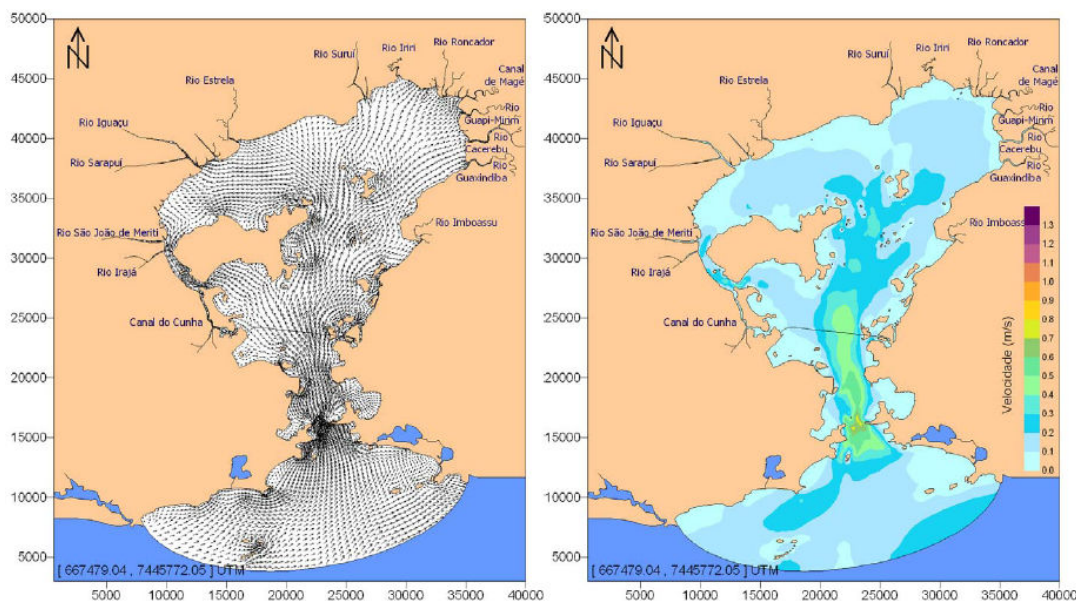


**Figura V.1-14** – Padrão de circulação referente à meia maré enchente (instante 302.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 1 (sem vento). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

## Cenário 2 - Ventos Usuais (Figura V.1-15).

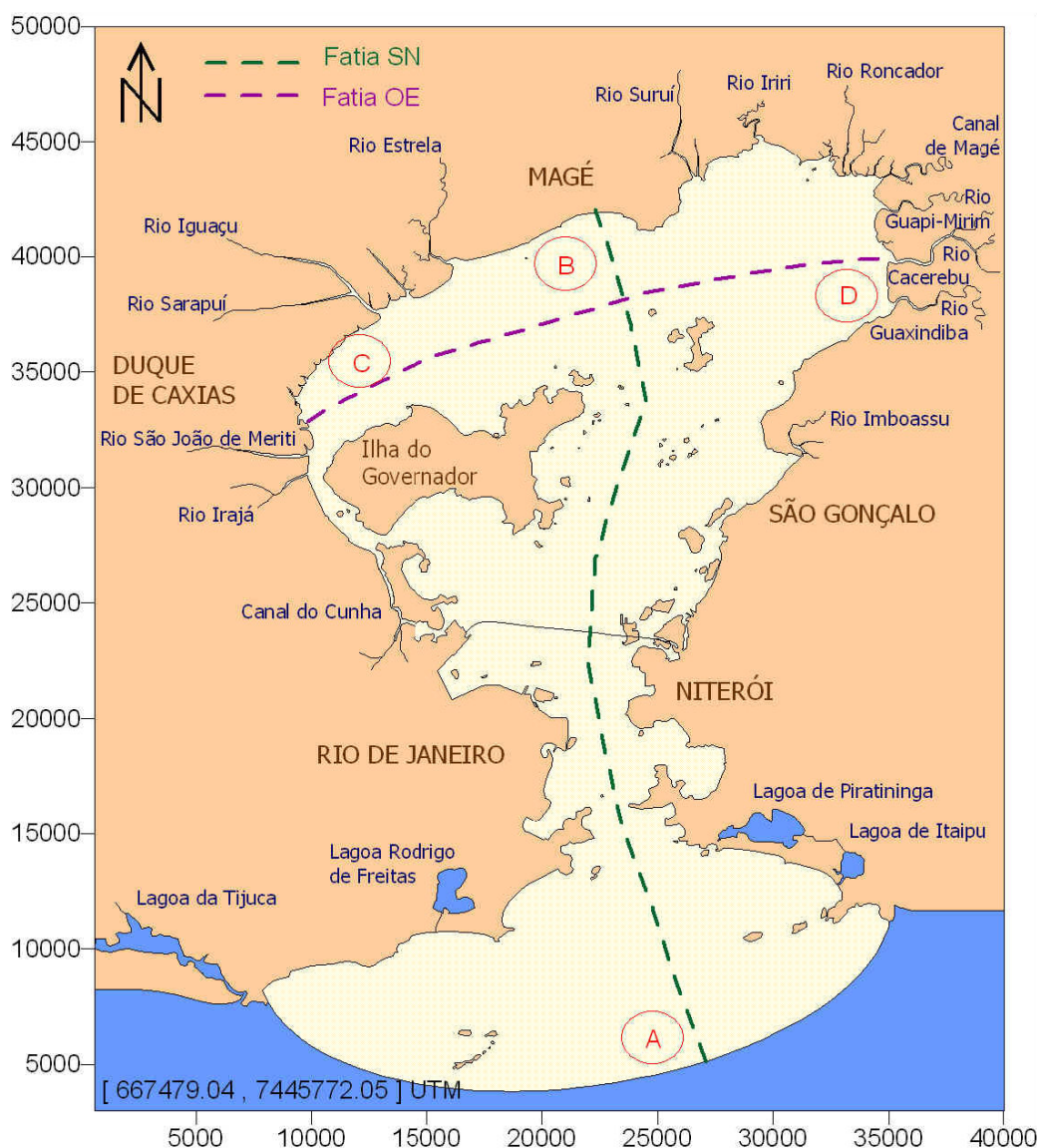


**Figura V.1-15** – Padrão de circulação referente à meia maré enchente (instante 302.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 2 (vento usual). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

**Cenário 3 - Vento de Frente Fria (Figura V.1-16).**

**Figura V.1-16** – Padrão de circulação referente à meia maré enchente (instante 302.400 s), com valores promediados na vertical, cenário 2 (vento usual). Os vetores correspondem às velocidades e suas magnitudes são mais bem avaliadas através do padrão de cores. Fonte: SAMPAIO (2003).

Para a visualização da variação da corrente de maré ao longo da Baía da Guanabara, foi traçada uma linha, chamada fatia SN, que parte da fronteira aberta do domínio (Ponto A) em direção a Magé (Ponto B), no sentido sul-norte; e uma fatia OE que parte do município de Duque de Caxias até a foz do rio Caceribu, caracterizando a porção norte da Baía de Guanabara (Figura V.1-17).

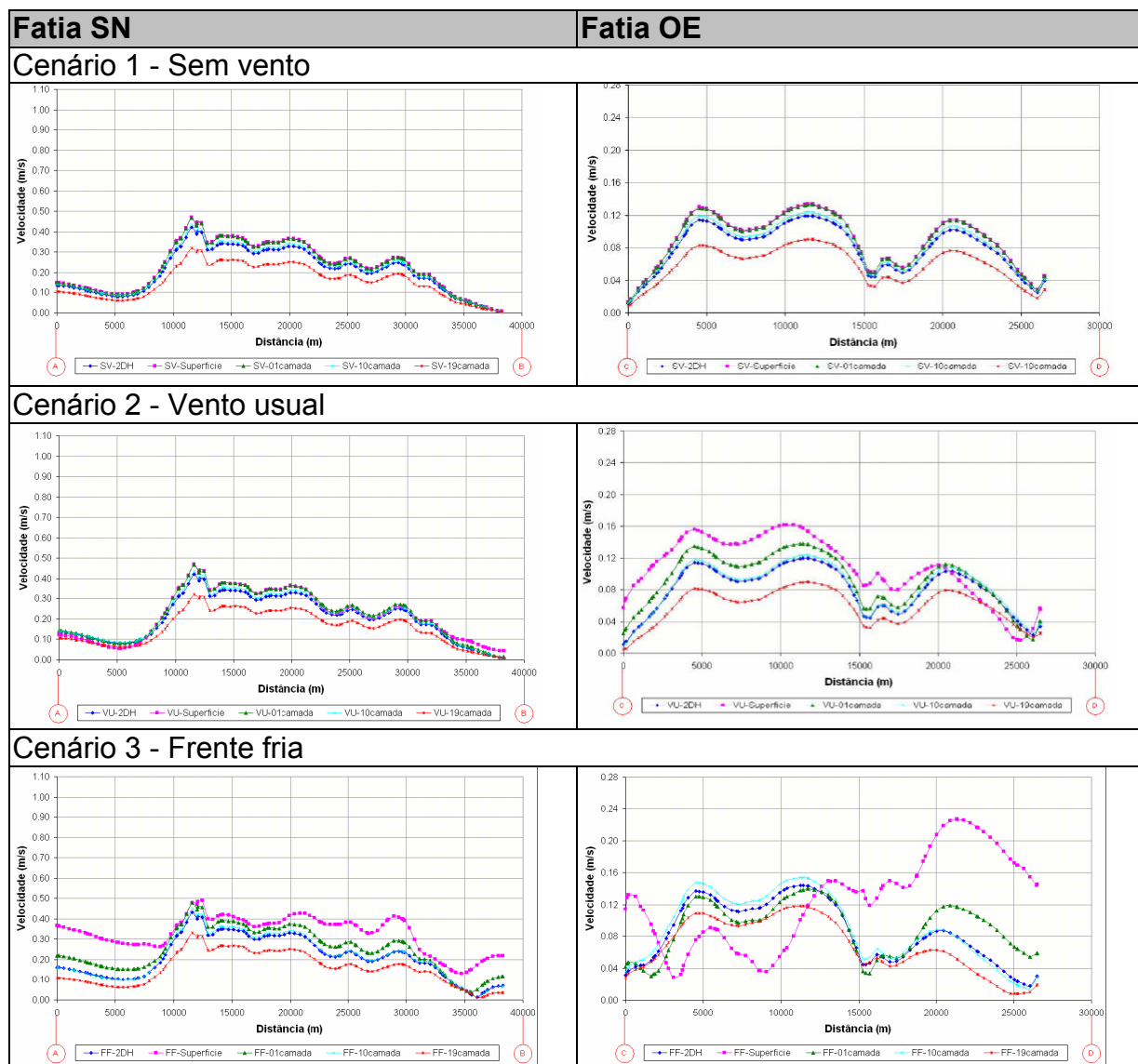


**Figura V.1-17** – Fatia SN e Fatia OE traçadas no domínio de modelagem da Baía de Guanabara para análise de velocidades. Fonte: SAMPAIO (2003).

Os valores do módulo da velocidade ao longo da fatia SN e OE estão apresentados para preamar, meia-maré vazante, baixa-mar e meia maré enchente, nos quais se podem observar as diferenças entre as velocidades ao longo da coluna d'água, assim como ao longo das próprias fatias SN-OE (Figura V.1-18 a Figura V.1-21).



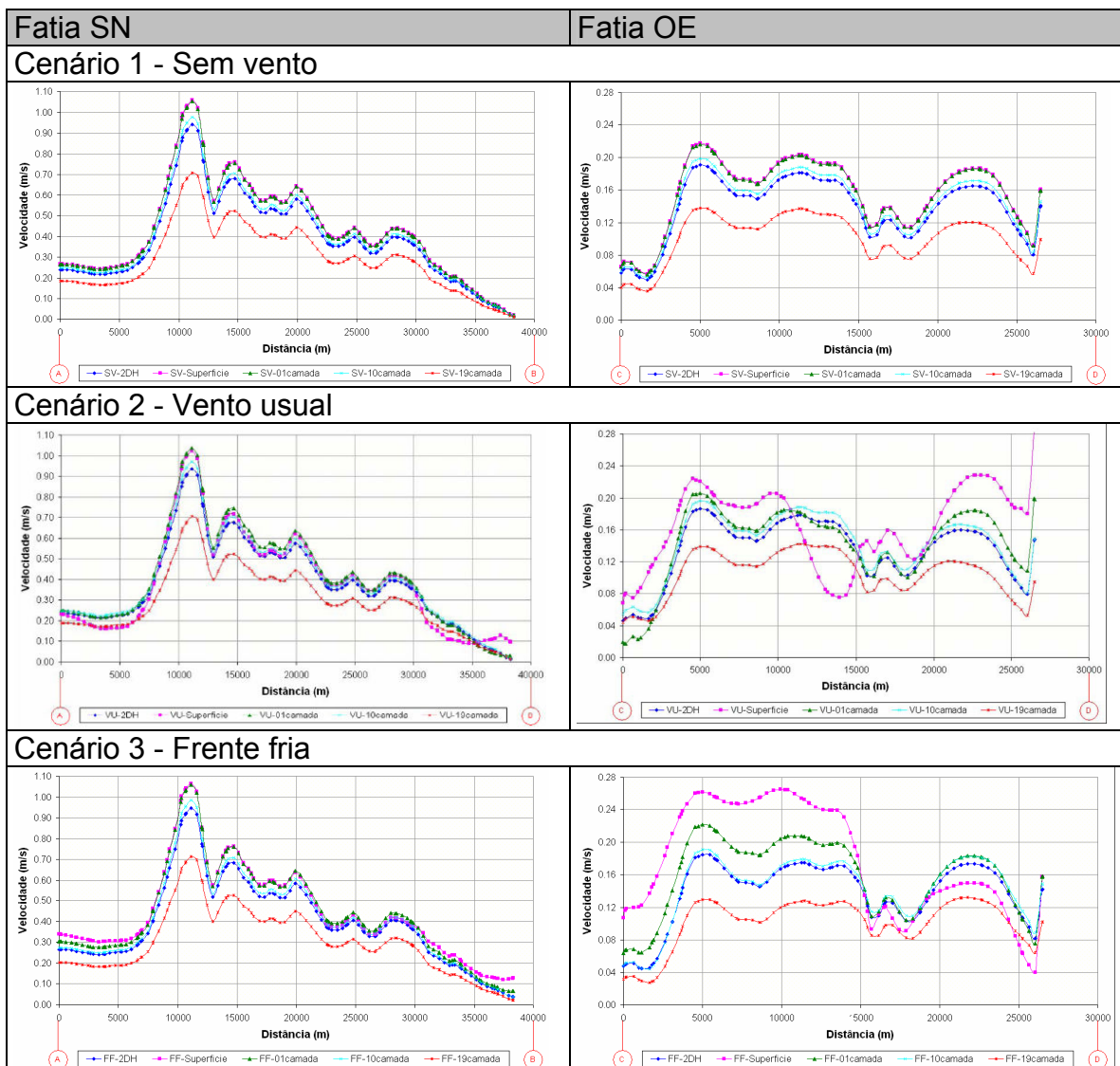
## Preamar



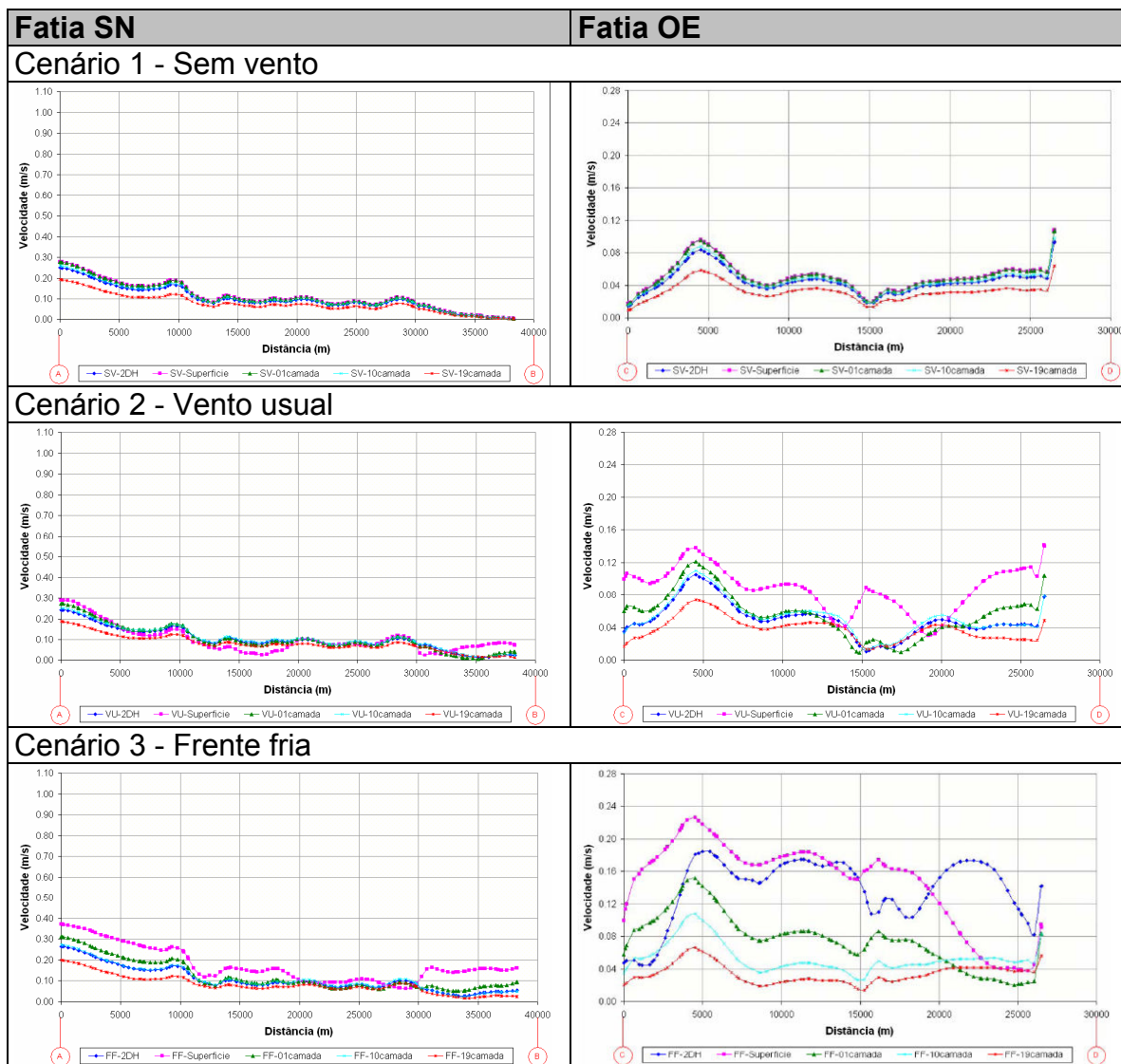
**Figura V.1-18 – Velocidades ao longo da fatia SN e OE no instante de preamar 266.400 s.**  
Valores promediados na vertical, superfície e 1, 10 e 19 camadas abaixo da superfície. Fonte: SAMPAIO (2003).



## Meia-maré vazante



**Figura V.1-19** – Velocidades ao longo da fatia SN e OE no instante de meia-maré vazante 277.200 s. Valores promediados na vertical, superfície e 1, 10 e 19 camadas abaixo da superfície. Fonte: SAMPAIO (2003).

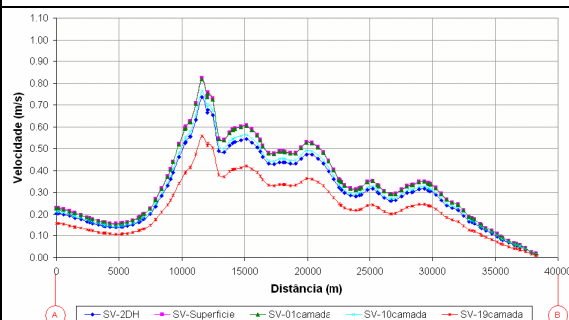
**Baixa-mar**

**Figura V.1-20** – Velocidades ao longo da fatia SN e OE no instante de baixa-mar 291.600 s. Valores promediados na vertical, superfície e 1, 10 e 19 camadas abaixo da superfície. Fonte: SAMPAIO (2003).

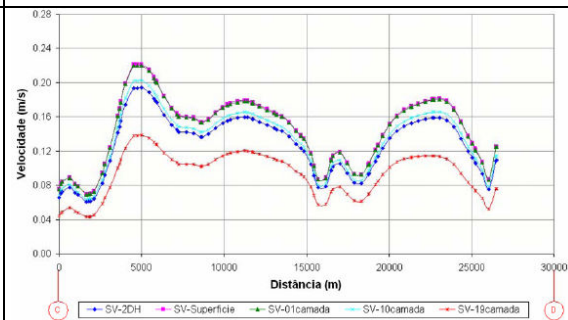
## Meia maré enchente

### Cenário 1 - Sem vento

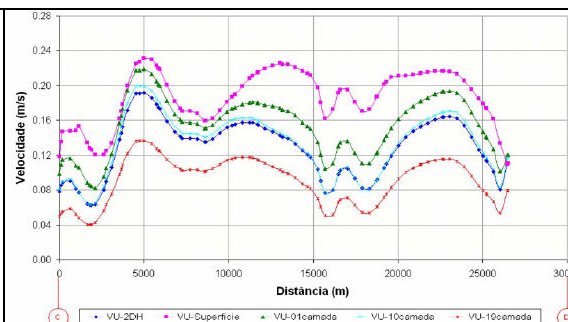
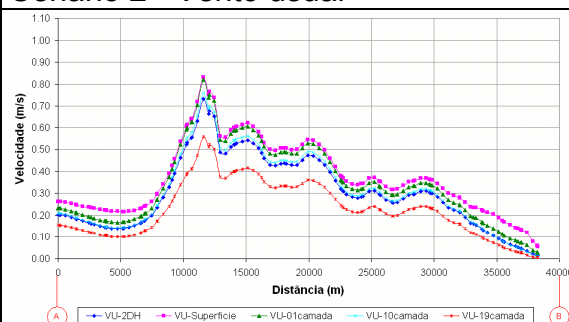
#### Fatia SN



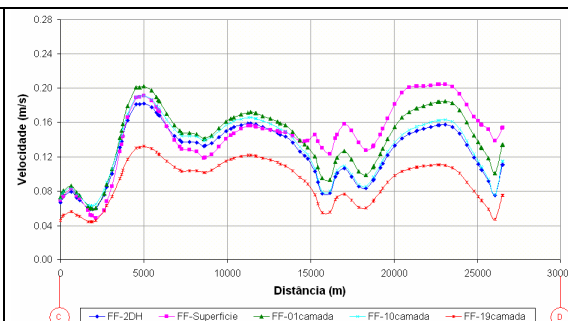
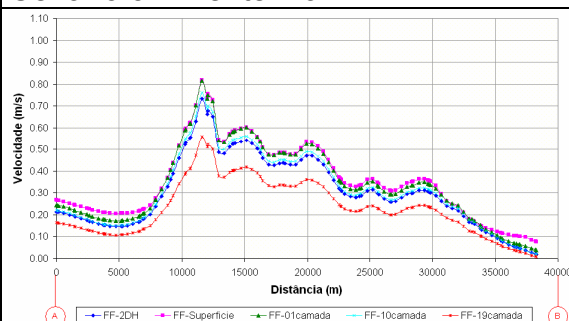
#### Fatia OE



### Cenário 2 - Vento usual



### Cenário 3 - Frente fria



**Figura V.1-21 – Velocidades ao longo da fatia SN e OE no instante de meia maré enchente 302.400 s. Valores promediados na vertical, superfície e 1, 10 e 19 camadas abaixo da superfície. Fonte: SAMPAIO (2003).**

Com relação ao comportamento hidrodinâmico da Baía de Guanabara, SAMPAIO (2003) elaborou as seguintes considerações sobre os resultados alcançados:

1. Os resultados mostram nitidamente o aumento da amplitude e diferenças de fase da maré, à medida que esta se propaga para o interior da Baía de Guanabara. Em decorrência disso, quando a

preamar ocorre na porção interior mais ao norte da baía nota-se um maior gradiente de elevação do nível d'água do que o observado quando ocorre a preamar na entrada da baía. A mesma condição foi verificada para a ocorrência de baixa-mar. Assim, o aumento da amplitude da maré torna os níveis de preamares mais elevados e os de baixa-mares mais baixos à medida que se avança para o interior da baía.

2. A análise dos resultados de elevação durante um ciclo completo de maré, ao longo da fatia SN, indo por cerca de 38 km do mar até o litoral norte da baía indicou que:
  - a. Nos primeiros 5 km da fatia SN, entre 5 e 10 km da boca da baía, a circulação, e consequentemente as elevações de nível d'água, são praticamente insensíveis à presença da BG. De fato, nos cinco primeiros quilômetros, os níveis d'água permanecem praticamente horizontais, ou seja, o escoamento não é significativamente afetado pelo enchimento e esvaziamento da BG.
  - b. Na região localizada na altura da Ilha de Cotunduba, ~9 km ao norte da fronteira aberta, os efeitos dos fluxos na boca da BG começam a ser percebidos pelo escoamento.
  - c. A cerca de 10 km do início da fatia SN, a influência da baía já pode ser verificada através da variação da elevação do nível d'água. Nota-se claramente a variação mais brusca que ocorre na região do estreitamento, por volta dos 11 km.
  - d. A partir dos 11 km ao longo da fatia SN, nota-se um suave gradiente de elevação.
3. Pode-se observar que a ocorrência de ventos locais, usuais ou de frente fria, não alterou significativamente a elevação dos níveis d'água em comparação com situação de calmaria. Notou-se alterações de níveis da ordem de 2 cm nos instantes próximos a preamar e baixa-mar nas estações situadas na porção norte da baía. Entretanto, deve-se esclarecer que as situações de vento local simuladas não estão

retratando efeitos meteorológicos de maior escala e, portanto, não simulam efeitos de marés meteorológicas.

4. As maiores velocidades no domínio de modelagem ocorrem no estreitamento da baía, na região próxima ao forte de São João e fortaleza de Santa Cruz. As menores velocidades, como eram de se esperar, ocorrem nas faixas marginais e em regiões mais abrigadas, como no Saco de São Francisco e Enseada de Botafogo.
5. Com a atuação do vento, a maior parte do domínio apresentou diferenças entre as direções de correntes na superfície e próximo ao fundo, principalmente nas regiões mais rasas e de menores velocidades. De fato, nestas regiões a ação do vento foi proporcionalmente maior. As diferenças observadas entre a direção de corrente na superfície e no fundo em algumas regiões do domínio de modelagem variam em até 180°.
6. No caso de circulação com ventos de frente fria, verificou-se maior diferença entre os módulos das velocidades ao longo da coluna d'água que nos demais cenários de simulação, principalmente na superfície livre. A ocorrência de ventos de frente fria foi capaz de aumentar as velocidades ao longo de toda a coluna d'água.
7. Ao longo da fatia OE com cerca de 27 km, que parte da região do município de Duque de Caxias em direção à foz do rio Caceribu, há maior variação e elevação nos módulos das velocidades quando há incidência de ventos de frente fria do que na atuação de ventos usuais.

### ***Hidrodinâmica na Área do Empreendimento***

A R. PEOTTA-PROGEN realizou um estudo caracterizando a circulação hidrodinâmica na área do empreendimento (Anexo V-1). Para tal, foi utilizado o módulo hidrodinâmico do sistema de modelagem MIKE 21 HD, que emprega uma malha de resolução flexível. Na área de maior interesse foi aplicada uma resolução mais fina crítica, onde são necessários resultados detalhados.



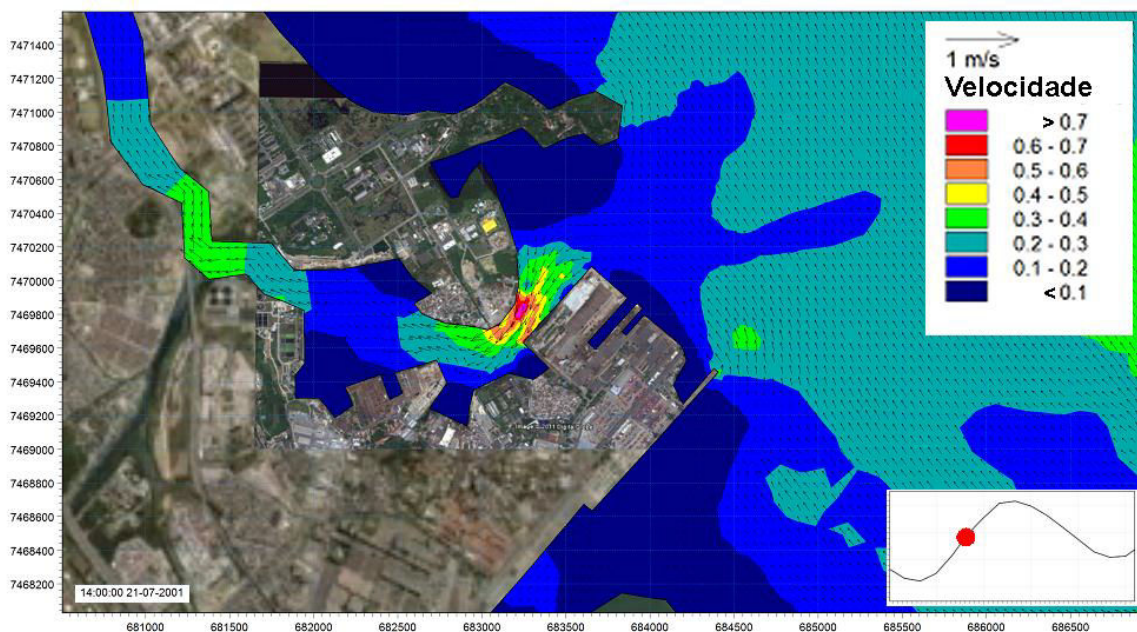
Para cobrir as situações típicas de verão e inverno decidiu-se usar dois períodos de marés, um sobreposto com uma grande entrada de frente (inverno) e um com uma pequena entrada de frente (verão).

A Figura V.1-22 (a, b, c, d, e) mostram o campo de corrente simulado pelo modelo, para a situação atual, durante um ciclo de maré, em cinco estágios (●): 1:maré baixa, 2:maré enchente, 3: maré alta, 4, maré vazante e 5: maré baixa.

As simulações indicam que as velocidades chegam a um valor máximo de cerca 0.6m/s no canal. Durante maré enchente a direção da vazão é SW. Durante maré vazante a direção é NE.



**Figura V.1-22a** – Campo de corrente simulado na maré baixa – Situação atual.  
R.PEOTTA.

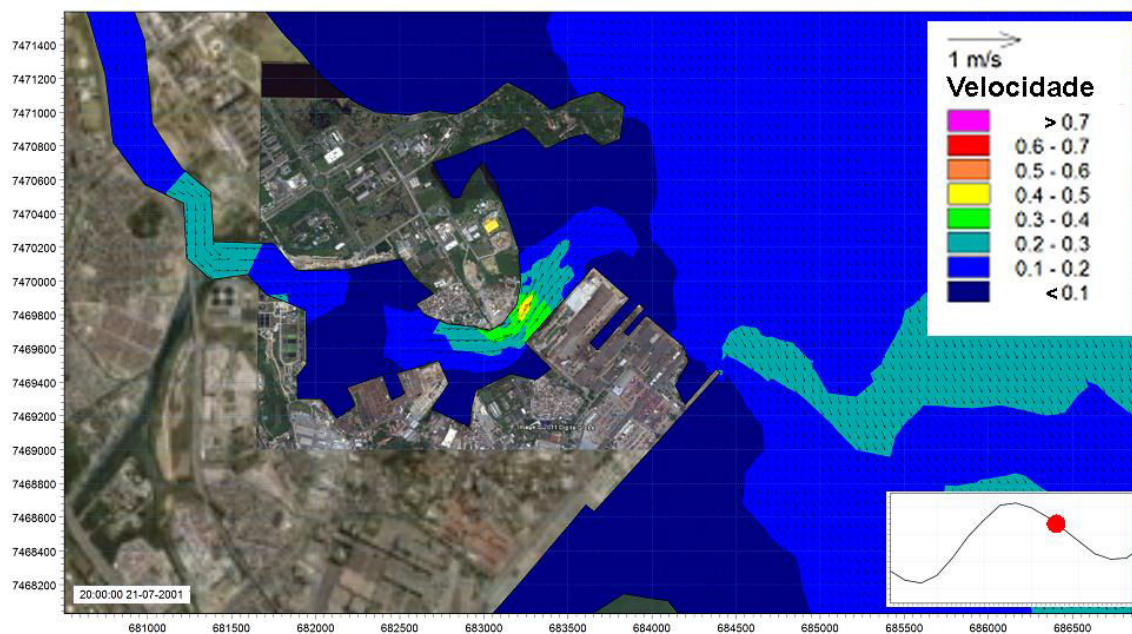


**Figura V.1.22b** – Campo de corrente simulado na maré enchente – Situação atual. R.PEOTTA.



**Figura V.1.22c** – Campo de corrente simulado na maré alta – Situação atual. R.PEOTTA.





**Figura V.1.22d** – Campo de corrente simulado na maré vazante – Situação atual.  
R.PEOTTA.



**Figura V.1.22e** – Campo de corrente simulado na maré baixa – Situação atual.  
R.PEOTTA.

### ***V.1.3 - Estudo de Circulação das Águas Marinhas***

A região costeira adjacente à Baía de Guanabara localiza-se na plataforma continental interna. Nesta zona, os ventos locais influenciam significativamente a circulação. Ventos do quadrante sul forçam correntes para NE, enquanto que ventos do quadrante norte forçam correntes para SW, sendo estas predominantes na região (CASTRO, 1996).

Nesta região da plataforma interna, temperatura e salinidade tendem a ser praticamente constantes ao longo da coluna d'água, com a predominância de Água Costeira (CASTRO *et al.*, 2006). Esta massa d'água é resultante da mistura da descarga continental de água doce com águas da plataforma continental e, portanto de menor salinidade (salinidade < 34). Entretanto, especialmente durante os meses de primavera e verão, é comum que a Água Central do Atlântico Sul (salinidade < 36,40 e temperatura < 20°C; MIRANDA, 1982), proveniente da ressurgência costeira de Cabo Frio (MASCARENHAS *et al.*, 1971; MIRANDA, 1982), atinja a zona costeira adjacente à baía (CASTRO *et al.*, 2006), podendo penetrar para o interior da mesma (TORRES JR., 1995).

Embora esse fenômeno tenha implicações significativas no aumento da produção primária e outros efeitos sobre os organismos vivos, não confere importância significativa no acréscimo da energia das correntes, uma vez que o termo baroclínico do gradiente de pressão é, em geral, pelo menos uma ordem de grandeza inferior ao termo barotrópico (este causado pelos deslocamentos da superfície livre: marés e ventos).

A região da plataforma continental atua como um receptor final de água e materiais provenientes do continente, os quais são transportados pela descarga dos rios e estuários, como o da Baía de Guanabara. A estrutura dinâmica resultante deste processo é uma massa de água flutuante com densidade inferior a das águas costeiras, chamada de pluma costeira.

O encontro das águas continentais de baixa salinidade com as águas costeiras define regiões onde se observam altos gradientes de propriedades, as chamadas zonas de frente. Características importantes das zonas de frente são a

formação de linhas de espuma, o acúmulo de detritos, e a presença de fortes gradientes de cor entre as diferentes massas de água. A interface entre as águas oceânicas e continentais é marcada por uma região de convergência (GARVINE e MONK, 1974; GELFENBAUM e STUMPF, 1993).

A formação e o desenvolvimento das plumas costeiras são controlados pela combinação de inúmeros processos, resultando na formação de uma pluma, de uma frente de densidade, e de uma corrente costeira em balanço quase-geostrófico. A dependência de fatores como intensidade da descarga fluvial efeitos rotacionais e termos não lineares insere um alto grau de complexidade no estudo destas massas de água, que podem assumir uma variedade de formas sobre a plataforma continental.

A intensidade da descarga fluvial é determinante para o tamanho da pluma de água doce formada (DINNEL *et al.*, 1990), determinando, por consequência, a contribuição dos efeitos de rotação da Terra sobre o seu comportamento. O efeito da rotação da Terra é transformar a pluma em uma corrente costeira, fazendo a transição de uma fase não linear para outra linear (PRITCHARD, 2000). A inclinação do canal de acesso dos estuários em relação à zona costeira (GARVINE, 1982) e a própria variabilidade de longo período na descarga fluvial (GARVINE, 1991) também podem ser determinantes no controle da posição da pluma e na distribuição de propriedades. Desta forma, uma mesma fonte de descarga fluvial pode forçar a expansão de plumas estruturalmente diferentes, que podem ser diferentemente influenciadas pelos processos físicos.

No hemisfério sul, as águas continentais que chegam à plataforma continental começam a ser defletidas pelo efeito de rotação da Terra, podendo deixar a costa a sua esquerda. Porém, a orientação tomada pela pluma de água doce pode ser controlada sazonalmente ou em curtas escalas temporais pela ação de ventos dominantes ou pela variabilidade temporal das correntes costeiras (ZHANG *et al.*, 1987; HICKEY *et al.*, 1998).

O efeito da mistura vertical é importante no controle estrutural das plumas, pois, retarda efetivamente a intrusão das correntes dirigidas por gradientes de densidade (CHAO e BOICOURT, 1986). A fricção no fundo e o aumento na profundidade em direção ao oceano também reduzem a intrusão da pluma sobre



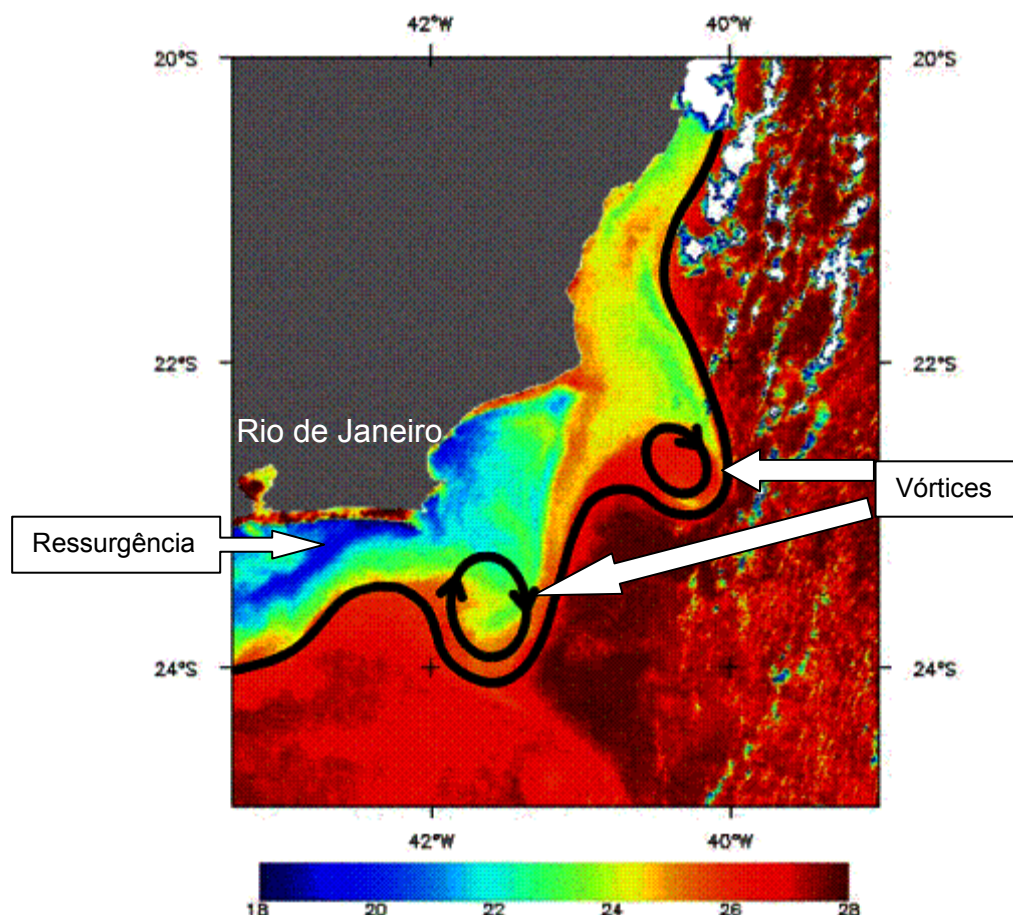
a plataforma continental (CHAO e BOICOURT, 1986; GHISOLFI, 2001), devido à conservação da vorticidade. Além disso, instabilidades barotrópicas e baroclínicas podem controlar os processos de entranhamento vertical ou lateral nas fronteiras das plumas (HICKEY, 2000).

Uma vez sobre a plataforma continental, as plumas respondem externamente à ação do vento, das marés e à interação com as correntes costeiras e de contorno. As plumas são muito sensíveis às perturbações causadas na camada superficial de Ekman pela alteração na direção preferencial do vento (CHAO, 1988; KOURAFALOU *et al.*, 1996a, 1996b; GHISOLFI, 2001; SOARES, 2003). Ventos favoráveis à ressurgência contribuem para a expansão da pluma em direção ao oceano, aumentando a estratificação da coluna de água e tornando as plumas menores. Por outro lado, ventos não favoráveis à ressurgência podem enfraquecer as correntes superficiais promovendo mistura, espalhando a pluma sobre a plataforma e formando um jato costeiro (CHAO, 1988; KOURAFALOU *et al.*, 1996a; SOARES, 2003). A ação das marés tem efeito modulador sobre as plumas, e embora sua contribuição para formação, movimentação e mistura das plumas seja significativa, este não é o fator dominante do seu comportamento (PRITCHARD, 2000).

Conceitua-se genericamente feição oceanográfica como uma estrutura de densidade bem caracterizada, formada a partir de um sistema de circulação base; como exemplos, citam-se correntes geostróficas, meandros, vórtices, anéis, ressurgências, filamentos, contracorrentes, ondas internas e marés (DEPAULA *et al.*, 2008).

A complexidade dinâmica da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro gera, ocasionalmente, feições oceanográficas únicas, com duração inferior a dez dias e de difícil previsão. Atualmente emprega-se a utilização de imagens termais obtidas por satélites na detecção desses processos, como parte da técnica Modelos Regionais Orientados por Feições, metodologia de descrição das condições oceanográficas em tempo real. Estas ferramentas são capazes de descrever e inserir, no campo de densidade, feições oceanográficas de mesoescala associadas à Corrente do Brasil, obtidas por plataformas orbitais com

sensores AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) (DEPAULA *et al.*, 2008) (Figura V.1-23).



**Figura V.1-23** – Imagem AVHRR da região entre Rio de Janeiro e Vitória. Feições oceanográficas (Corrente do Brasil, vórtices de Cabo Frio e de São Tomé e ressurgência) observadas por imagem termal de satélite. Fonte: CALADO, 2006.

### **Feições Oceanográficas do Leste-Sudeste Brasileiro**

Observações e experimentos numéricos revelam que a Corrente do Brasil (CB), fluindo ao largo do Sudeste Brasileiro, transporta Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) entre a superfície e níveis picnoclínicos. Subjacente a CB, a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) transporta, em níveis subpicnoclínicos da coluna de água, predominantemente Água Intermediária

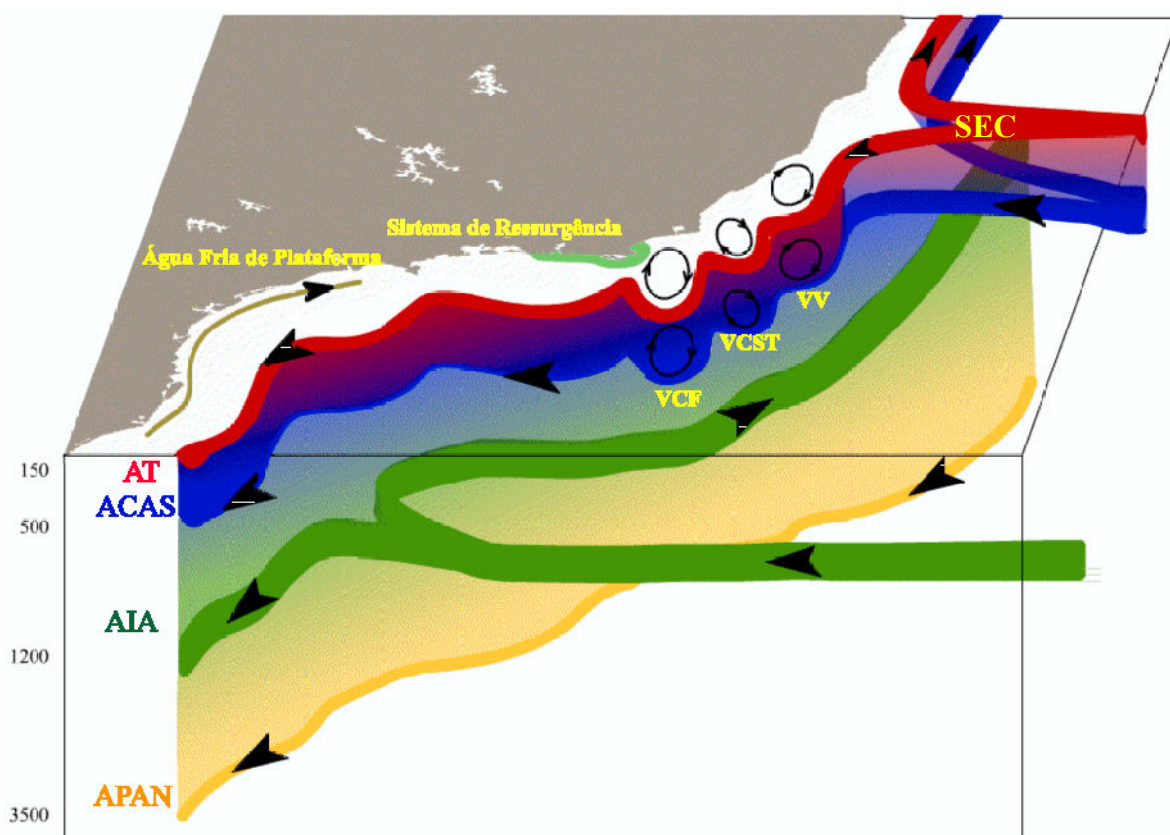
Antártica (AIA). A CCI flui para norte como uma corrente de contorno de nível intermediário, que é uma feição singular em termos do oceano mundial (BÖEBEL *et al.*, 1999). Neste contexto, nota-se, portanto, uma relação entre as referidas correntes de contorno oeste e correspondente estratificação de massas de água: o Sistema CB está associado com a estrutura das massas de água AT/ACAS-AIA.

Continuando, em seu percurso para sul-sudoeste, a CB desenvolve largos meandros de amplitude finita. Estes meandros não são observados somente ao sul de Cabo Frio – RJ (23°S), como se pensava inicialmente, mas sim ao norte do Cabo de São Tomé - RJ (22°S), ou mais especificamente, dentro da Bacia do Espírito Santo. Esta atividade de meandramento da CB é caracterizada por notória formação de estruturas ciclônicas e anti-ciclônicas [(MASCARENHAS *et al.*, 1971; SIGNORINI, 1978; GARFIELD, 1990; CAMPOS *et al.*, 1995, 1996 e 2000; CIRANO, 1995; CALADO, 2001; FERNANDES, 2001) *In*: GODOI, 2005]. Observações mostram que, ocasionalmente, estas estruturas se fecham em vórtices. Estes podem se destacar da CB e rumar para porções interiores do Giro Subtropical ou simplesmente serem reabsorvidos por esta corrente.

As feições oceanográficas mais importantes para o Sistema da Corrente do Brasil estão listadas abaixo, com correspondente citação dos estudos relevantes da literatura (Figura V.1-24):

1. **Frente da Corrente Brasil:** MASCARENHAS *et al.* (1971); SIGNORINI (1978); MIRANDA e CASTRO (1981); EVANS *et al.* (1983); EVANS e SIGNORINI (1985); GARFIELD (1990); CAMPOS *et al.* (1995); SILVEIRA *et al.* (2001); ZEMBA (1990); LIMA (1997); CASTRO e MIRANDA (1998) [*In*: SILVEIRA, 2004].
2. **Frente da Corrente de Contorno Intermediária:** STOMMEL (1965); MULLER *et al.* (1998); BOEBEL *et al.* (1997, 1999); SILVEIRA *et al.* (2001) [*In*: SILVEIRA, 2004].
3. **Vórtice de Cabo de São Tomé (VCST):** MASCARENHAS *et al.* (1971); SIGNORINI (1978); CALADO (2001); FERNANDES (2001) [*In*: SILVEIRA, 2004].

4. **Vórtice de Cabo Frio (VCF):** MASCARENHAS *et al.* (1971); SIGNORINI (1978); CALADO (2001); FERNANDES (2001) [*In: SILVEIRA, 2004*].
5. **Vórtice de Vitória (VV):** GAETA *et al.* (1999); SCHMIDT *et al.* (1994) [*In: SILVEIRA, 2004*].
6. **Vórtice no embaçamento de Santos:** CAMPOS *et al.* (2000) [*In: SILVEIRA, 2004*].
7. **Regiões de Ressurgência:** IKEDA *et al.* (1974); LORENZZETTI *et al.* (1998); MAGLIOCA *et al.* (1979); LORENZZETTI e GAETA (1996); Miranda (1982); MIRANDA e CASTRO (1979); RODRIGUES e LORENZZETTI (2001); CASTRO (1996); CAMPOS *et al.* (2000) [*In: SILVEIRA, 2004*].
8. **Fluxo de água doce na plataforma continental:** LENTINI *et al.* (2000); MOLLER *et al.* (2001); PIOLA *et al.* (2000) [*In: SILVEIRA, 2004*].
9. **Bifurcação da Corrente Sul Equatorial (SEC):** STOMMEL (1965); SILVEIRA *et al.* (1994); SILVEIRA *et al.* (2001) [*In: SILVEIRA, 2004*].

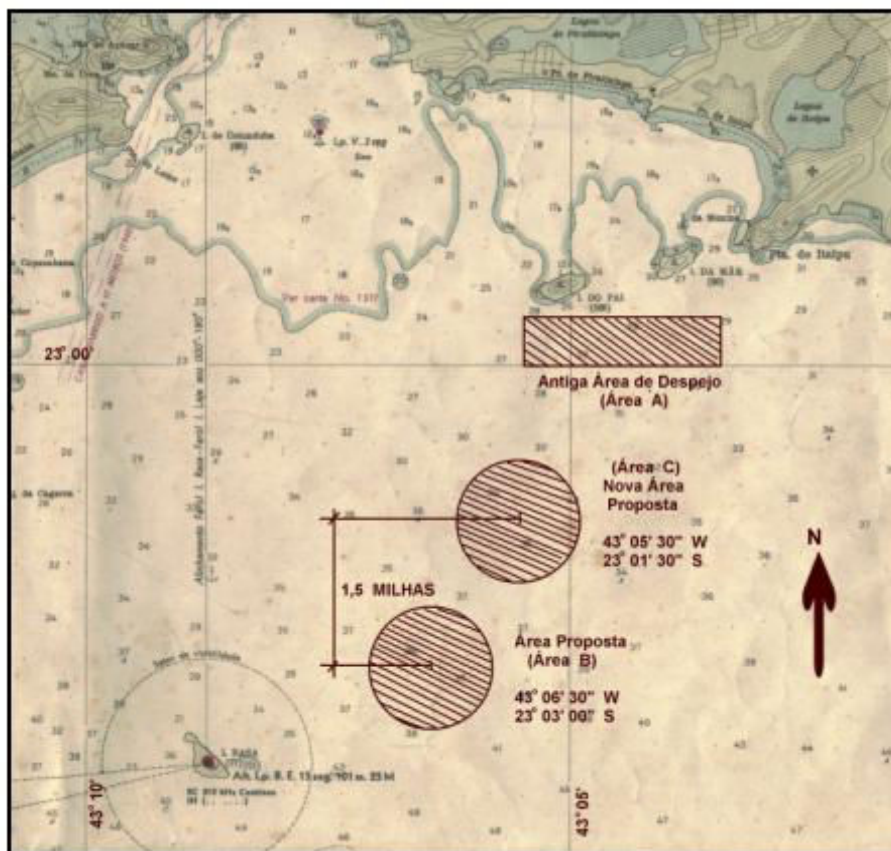


**Figura V.1-24** – Representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil, relacionando correntes de contorno, sua atividade de meso-escala e as massas de água transportadas por estas correntes: AT (vermelho) / ACAS (azul) / AIA (verde) / APAN (amarelo). Notar a bifurcação da ACAS em nível picnoclínico, e da AIA em nível sub-picnoclínico na região central do Embaioamento de São Paulo. Estão indicados, também, os vórtices ciclônicos e anticiclônicos: Vórtice de Cabo Frio (VCF) / Vórtice Cabo de São Tomé (VCST) / Vórtice Vitória (VV), ao largo de Cabo Frio - RJ, Cabo de São Tomé - RJ e Vitória - ES, respectivamente. Fonte: GODOI, 2005.

## Hidrodinâmica na Área do Bota-Fora

De 07/03 a 20/04/1995 a Companhia Docas do Rio de Janeiro, através do Instituto de Pesquisas Hidroviárias – INPH executou medições com flutuadores nas proximidades da Baía de Guanabara, com o propósito de indicar uma nova área de bota fora para o Porto do Rio de Janeiro. O estudo, descrito no Relatório INPH – 55 / 95 foi realizado nos seguintes locais, mostrados na Figura V.1-25.





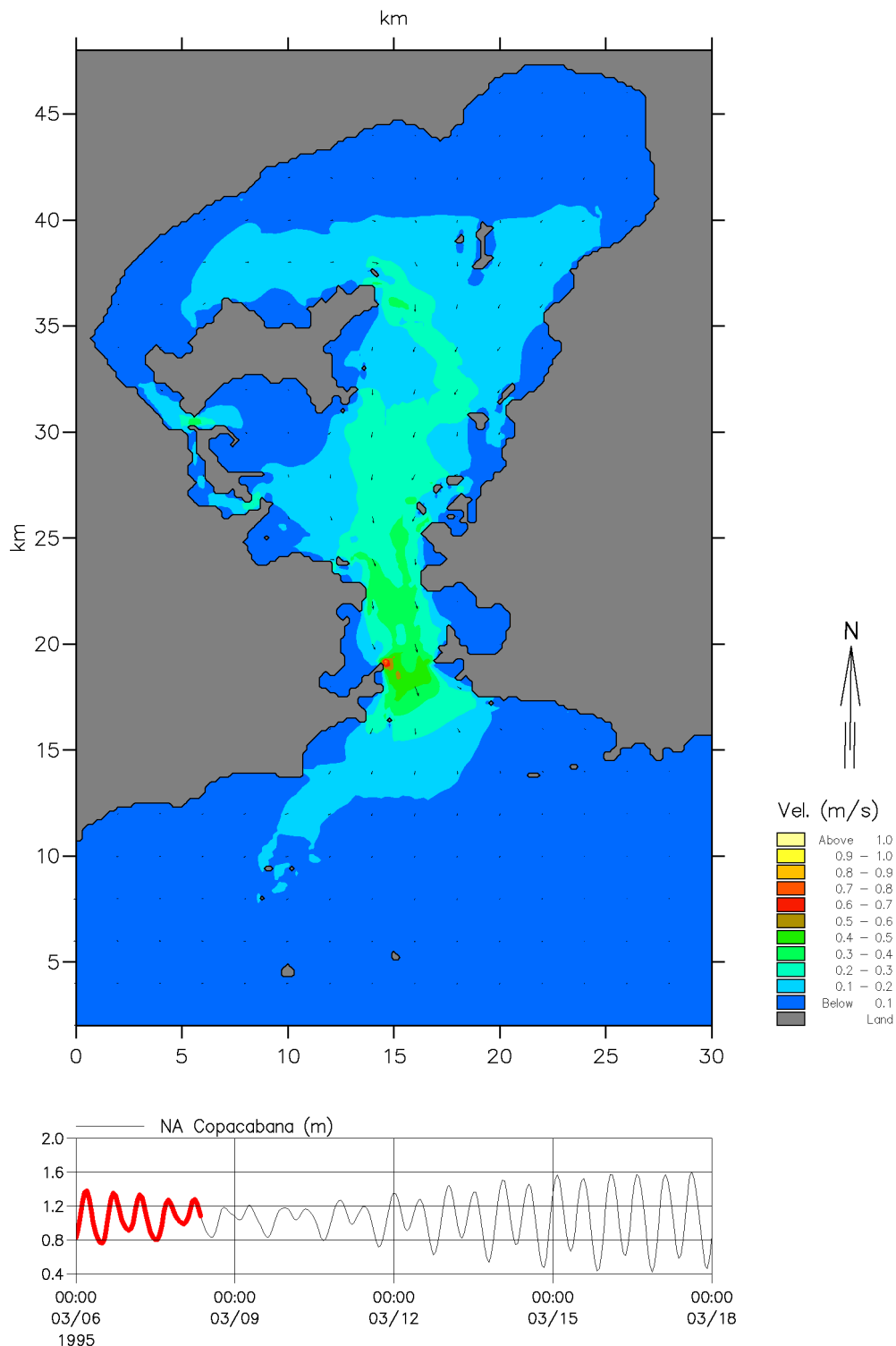
**Figura V.1-25** - Planta de localização das áreas de bota fora estudadas. Fonte: INPH.

- Na barra da Baía de Guanabara.
- Na atual área de bota fora, localizada próxima às ilhas do Pai e da Mãe (Área A).
- Nas duas novas áreas de bota fora propostas, a primeira localizada a aproximadamente 3 Km à ENE da Ilha Rasa (Área B) e a segunda localizada entre esta e a atual área de bota fora (Área C). As Áreas B e C são circulares, com raio de 1,0 Km. A primeira está centrada no ponto de coordenadas Lat. 23° 03' 00" S e Long. 43° 06' 30" W, e a segunda está centrada no ponto de coordenadas 43° 05' 30" W e 23° 1' 30" S, a 1,5 milhas ao Norte da Área B.

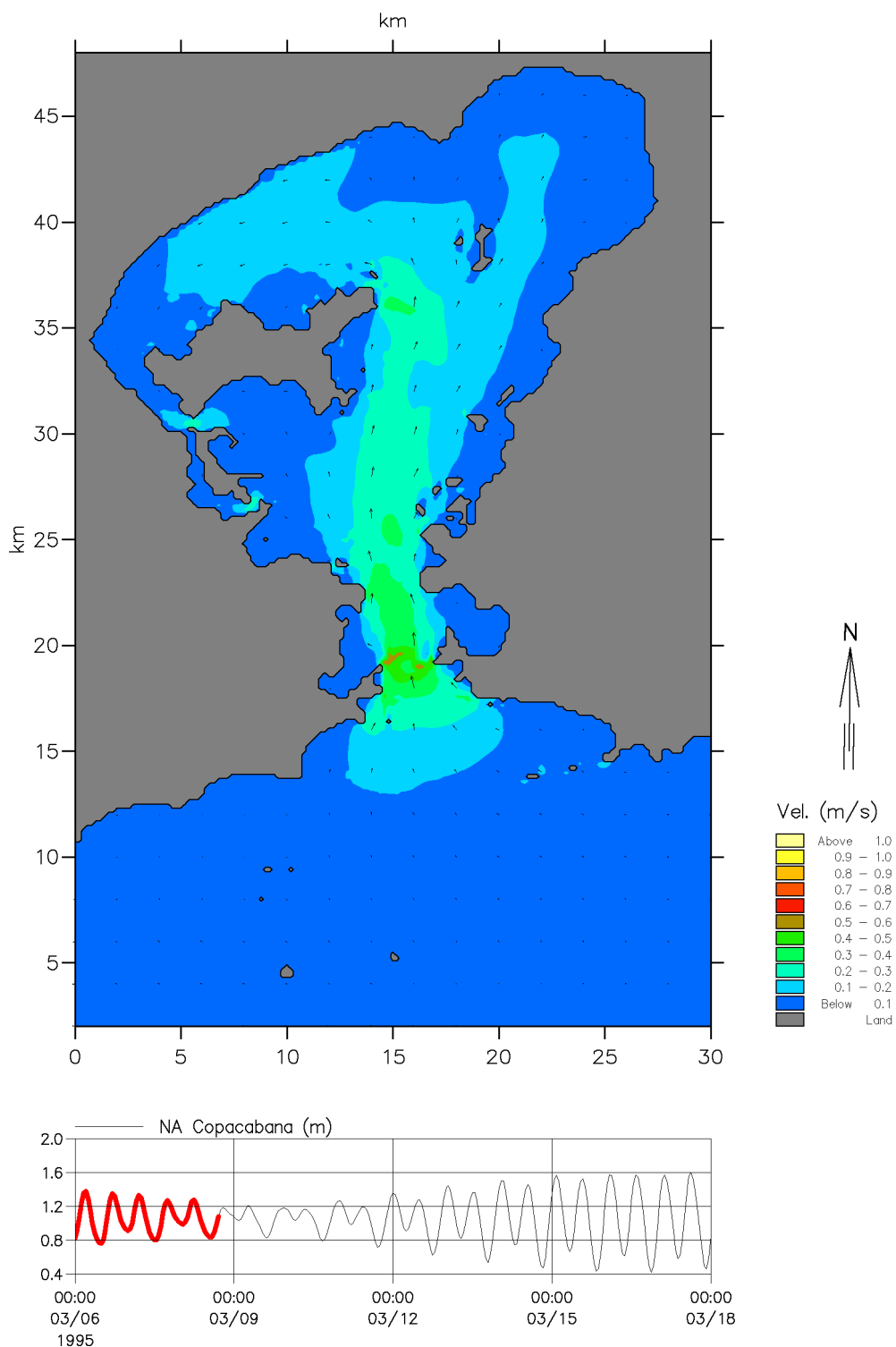
Nas análises das alternativas para escolha de locais apropriados para bota-foras, o INPH desenvolveu um estudo hidrodinâmico (MIKE 21 HD) e de

advecção de partículas (MIKE 21 PA) (Detalhes no Anexo II-10). O modelo hidrodinâmico 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.).

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. As correntes de maré simuladas estão mostradas na Figura V.1-26 e na Figura V.1-27, para uma situação de maré de quadratura vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente. Nota-se que área proposta para o bota-fora (área C), apresentada no Capítulo II – Caracterização do Empreendimento, as velocidades das correntes de maré são menores que 0,1 m/s.



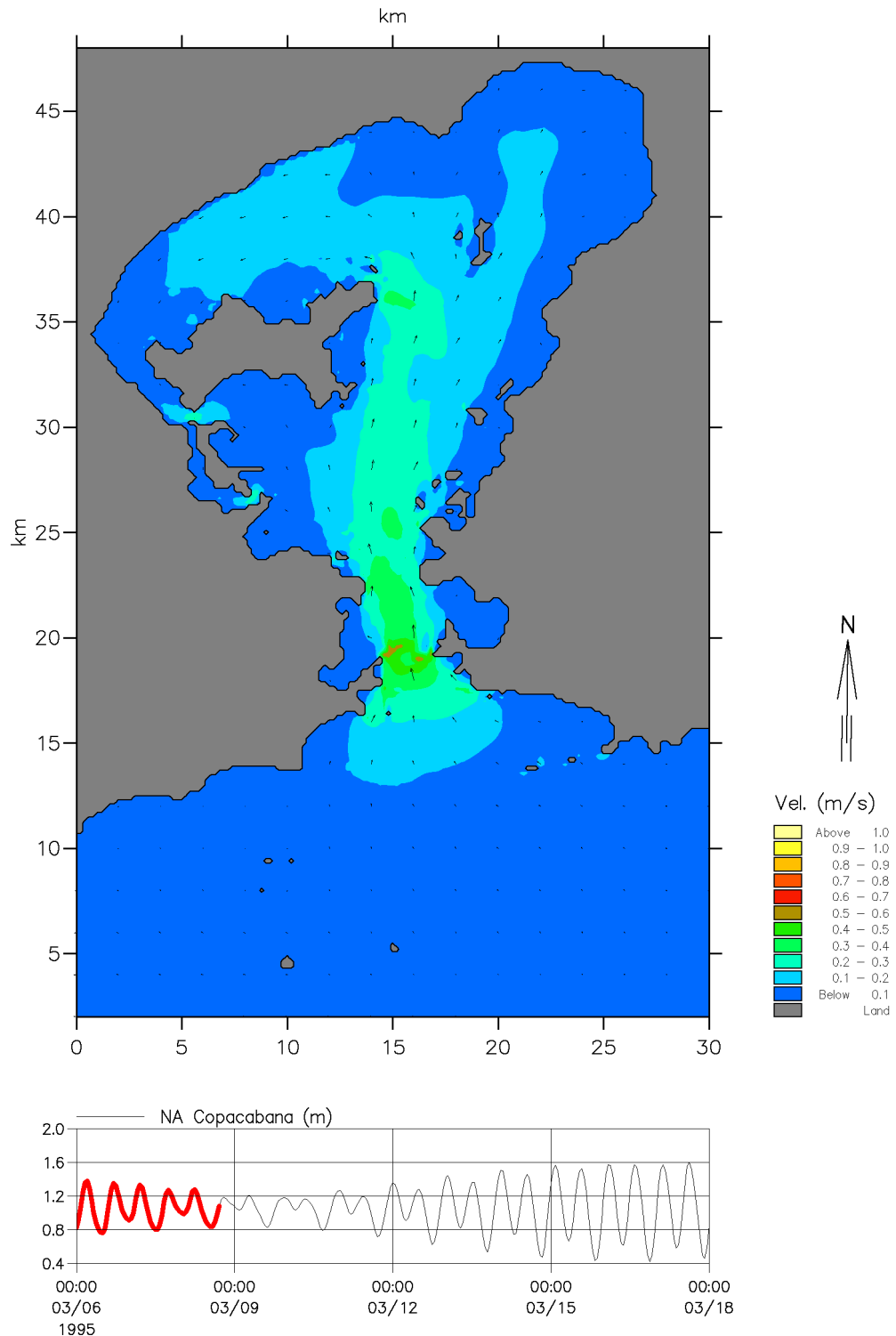
**Figura V.1-26 – Maré de Quadratura – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante. Fonte: INPH.**



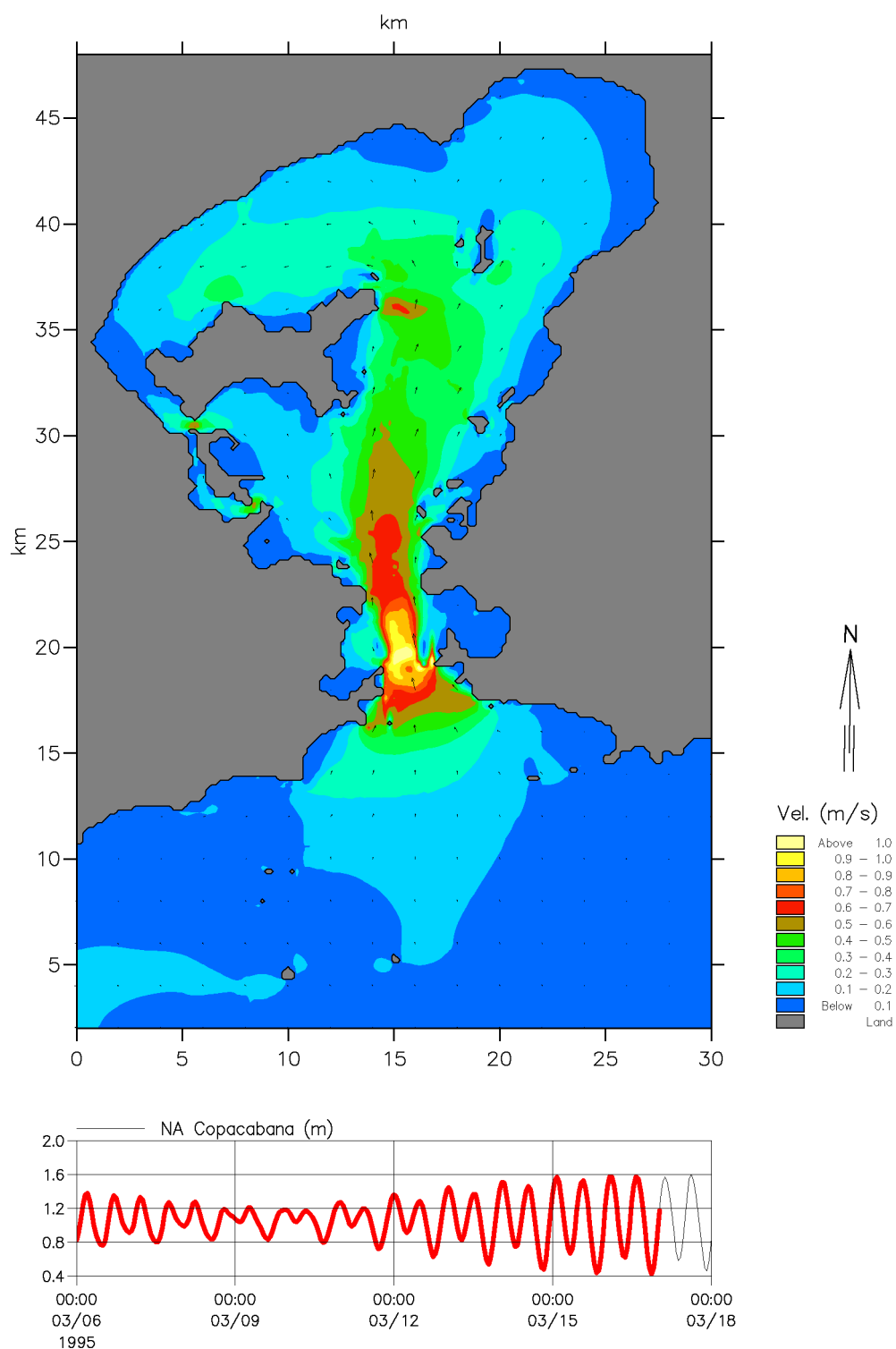
**Figura V.1-27 – Maré de Quadratura – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente. Fonte: INPH.**

As correntes de maré simuladas estão mostradas na Figura V.1-28 e na Figura V.1-29 para uma situação de maré de sizígia vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente. As velocidades de correntes no local do bota-fora na situação de maré de sizígia vazante são próximas àquelas encontradas para maré de quadratura, com valores inferiores a 0,1 m/s, aumentando ligeiramente a velocidade para até 0,2 m/s na situação de sizígia enchente.





**Figura V.1-28 – Maré de Sizígia – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante. Fonte: INPH.**



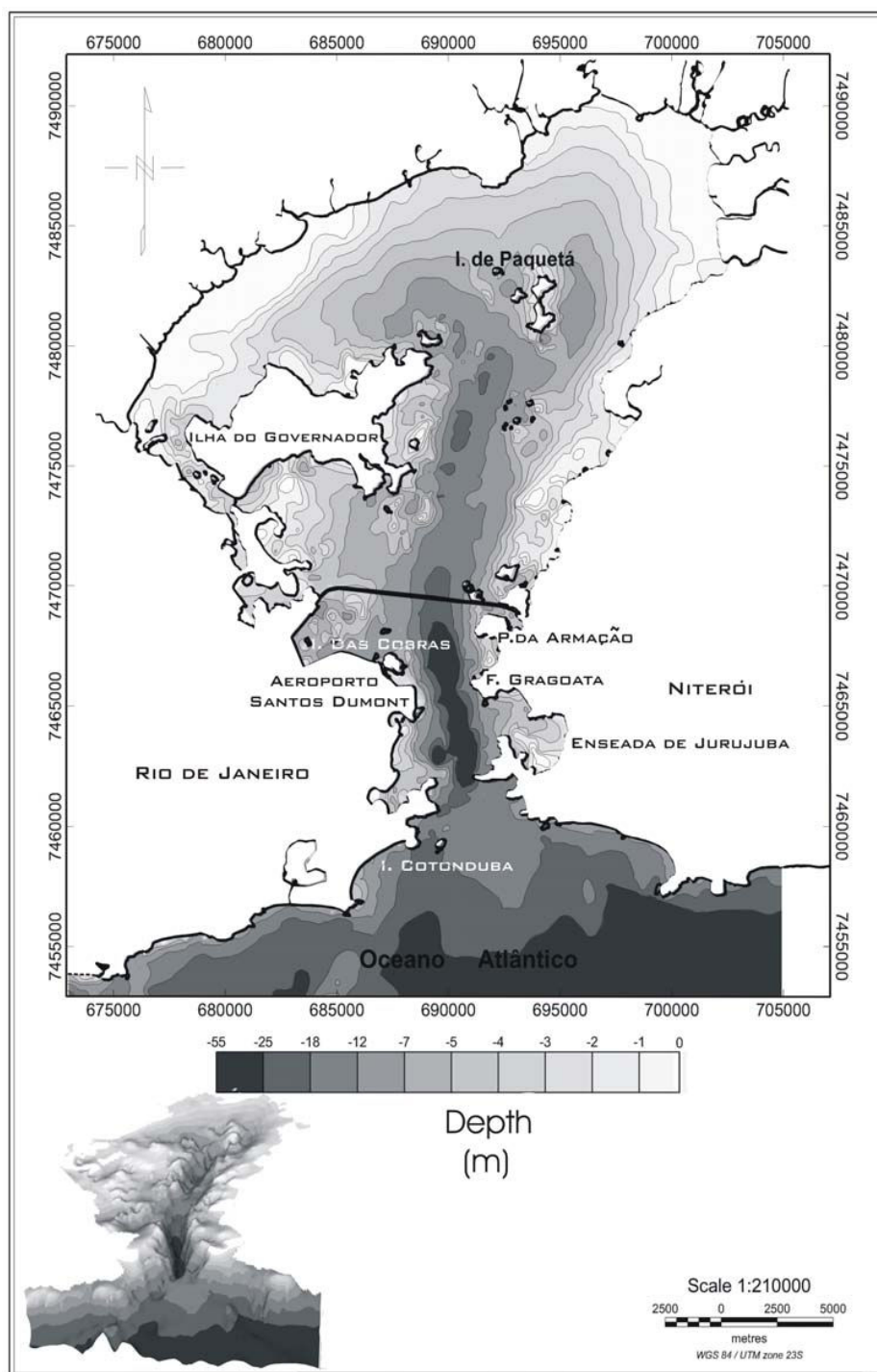
INPH  
COPACABANA

**Figura V.1-29 – Maré de Sizigia – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente. Fonte: INPH.**

### **V.1.4 - Caracterização Batimétrica**

A entrada da Baía é estreita, com 1,6 km aproximadamente, entre as pontas de São João e de Santa Cruz (QUARESMA, 1997) e, 30 km de extensão no seu maior eixo de direção N-S até o fundo da Baía onde ocorre um alargamento na direção E-W até o máximo de 28 km (KJERFVE *et al.*, 1997). Na entrada da barra observa-se um grande banco arenoso conforme descrito por QUARESMA (1997) que se eleva desde profundidades de 20 m até o mínimo de 11 m nas coordenadas 22° 56' 48''S e 043° 07' 54''W (DHN, 1998) (Figura V.1-30).

Esse banco arenoso externo é composto por fácies praias marinhas com recobrimento eólico, de grandes dimensões, o qual bloqueia o seu canal central, situação que indica seu deslocamento para o interior. O desnível batimétrico entre o topo desse banco (12m) e o canal central pode ultrapassar a 30m. Ao sul desse banco, na isóbata de 20m, são observados afloramento de arenitos ferruginosos dispostos no alinhamento das ilhas Pai e Mãe (DIAS e QUARESMA, 1996).



**Figura V.1-30** – Mapa batimétrico da Baía de Guanabara onde a tonalidade da cor representa os diversos intervalos de profundidade. Fonte: Quaresma (1997) e Catanzaro (2004).

O canal central, no interior da Baía, apresenta-se plano e com uma largura em torno de 400m na isóbata de 30m, sendo que esse canal não apresenta dragagens. Tal canal, nas proximidades da ilha da Laje (600m a NE), apresenta a maior profundidade da Baía (59m). Na área de seu maior estreitamento, na altura do alinhamento Aeroporto Santos Dumont-Gragoatá, o canal central amplia a sua largura, atingindo cerca de 900m, tornando-se raso. O canal sob a Ponte Presidente Costa e Silva, mais conhecida como Ponte Rio-Niterói, atinge a profundidade de cerca de 20m, sendo que, a partir desse ponto, em direção ao interior, as profundidades passam a ser mais rasas devido à grande sedimentação lamosa na área (DIAS e QUARESMA, 1996).

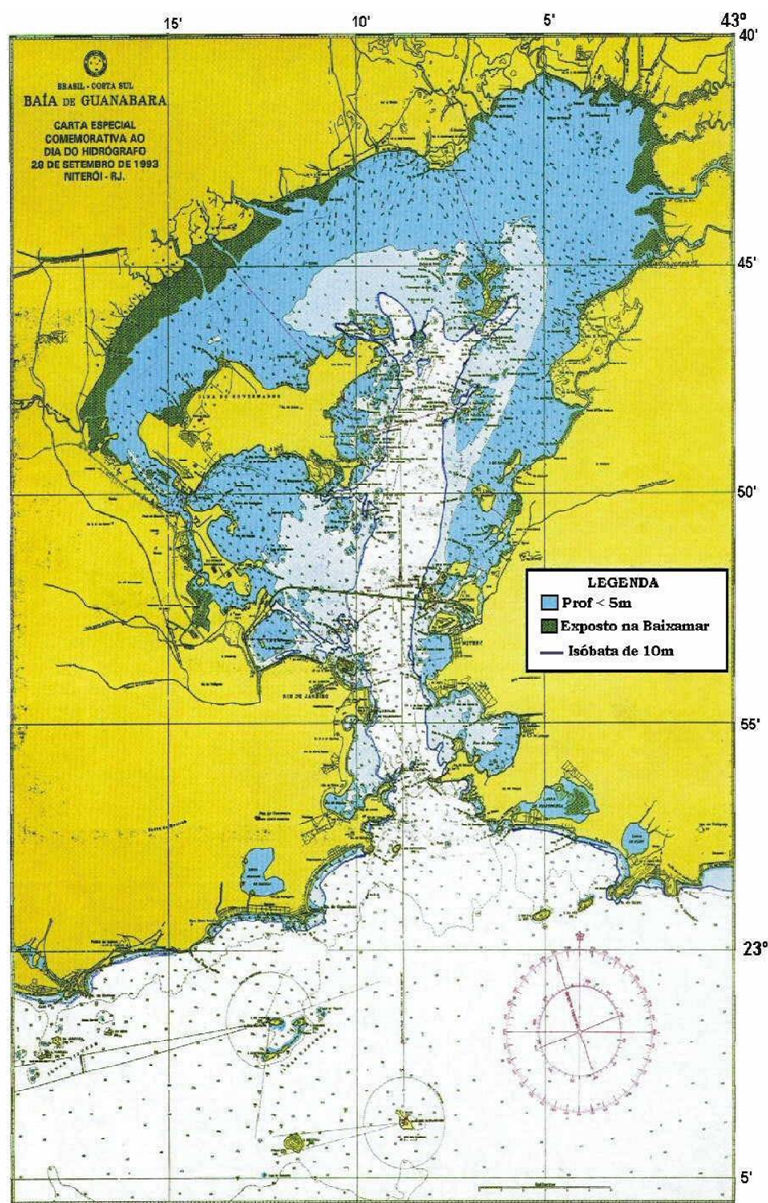
A leste do canal central ocorre um campo de dunas submersas situado entre as profundidades de 10 e 26m, possuindo alturas entre 0,5 e 2,5m e comprimentos de onda entre 20 e 100m. À medida que se adentra a Baía, essas dunas reduzem as suas dimensões até o desaparecimento a NW da ilha da Boa Viagem. A ocorrência das dunas submersa, situada na margem leste, expressa a relação entre as ondas de *swell* que entram na Baía, com as correntes de enchente, enquanto, na margem oeste do canal, a difração das ondas, na ilha da Laje e na ponta de São João, promovem uma maior proteção da área e consequentemente a formação de dunas submersas menos desenvolvidas (DIAS e QUARESMA, 1996).

QUARESMA (1997) atribui a esta feição grande importância no padrão de circulação da baía, pois provoca a canalização das correntes. A batimetria da Baía de Guanabara confere a ela o formato que lembra a morfologia de uma concha em leque onde na porção mais estreita (entrada) é mais profunda e à medida que se alarga torna-se mais rasa. As diversas ilhas, canais, e foz de rios, conferem a essa morfologia variações localizadas.

A Carta Náutica da Baía (DHN, 1998) (Figura V.1-31), indica as áreas de profundidade inferior a 5m coloridas de azul e a isóbata de 10m é apresentada como uma linha azul. É possível verificar que o espelho d'água da Baía, a partir da porção norte da ponte Rio-Niterói, é inferior a 5m quando reduzido o efeito da maré até o nível de redução da DHN. Quando se faz uma análise, tomando-se como base a isóbata de 10m, pode-se estimar que 70-80% da Baía têm



profundidades inferiores a 10m quando reduzido o efeito da maré citado anteriormente, resultando uma profundidade média de 5 a 6m (SEMA,1998). A isolinha de 10m pode servir de base para a descrição da feição mais proeminente da Baía, que é o seu canal central.



**Figura V.1-31 – Carta Náutica da Baía de Guanabara nº1501. Fonte: DHN (1998).**

No gradiente da Baía apresentado por Quaresma (1997) (Figura V.1-30), observa-se o canal coincidindo aproximadamente com a isóbata de 10m. Na

margem leste do canal é descrito um campo de ondas de areia (*sand waves*) entre as profundidades de 10 e 26m, com altura entre 0,5 e 2,5m e comprimento de onda variando de 20m a 100m, segundo DIAS e QUARESMA (1997), e de 18m a 98m, segundo KJERFVE *et. al.* (1997). Tais autores relacionam estas feições às ondas de SW, características da entrada de frentes frias, e às correntes de maré.

Com base na Figura V.1-30 e Figura V.1-31 pode-se dividir o canal em dois segmentos: da entrada da Baía à ponte Rio-Niterói e da ponte até as ilhas de Paquetá e do Governador. No primeiro trecho, tomando-se como base a isóbata de 10m, o canal tem largura variando de 1,6km na boca da barra a 2,0km com as profundidades mais comuns entre 30 e 40m (QUARESMA, 1997). Entre a Ilha das Cobras e a Ilha das Enxadas tem-se o canal de acesso ao Porto do Rio de Janeiro, se estendendo como um braço estreito do canal principal, à W e depois à NW, até a ponta do Caju.

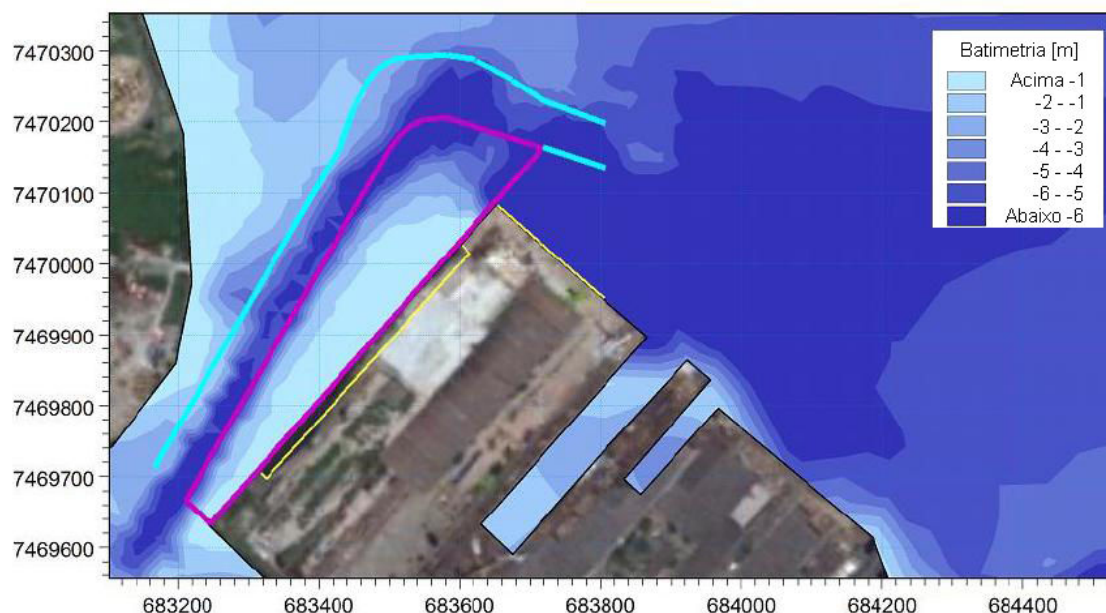
No trecho que vai da ponte até as Ilhas de Paquetá e do Governador, o canal tem profundidades em geral inferiores a 20m. Acima da latitude de 22° 47' S nota-se quatro braços terminais do canal:

- 1º) entre a Ilha do Governador e a Ilha do Boqueirão;
- 2º) entre a Ilha do Boqueirão e a ilha Nhanquetá;
- 3º) entre a ilha Nhanquetá e a Laje do Machado e
- 4º) entre a Ilha de Paquetá e a margem leste da Baía.

O restante da Baía é formado por áreas rasas, inferiores a 10m, de gradiente suave, podendo ser observadas áreas expostas na maré baixa, evidenciadas na Carta Náutica 1501 (DHN, 1998). Estas áreas são relacionadas a áreas de manguezais e a maior parte de foz de rios deságua na Baía. A topografia de fundo da Baía de Guanabara é reflexo de controle do embasamento, das correntes de maré e do aporte sedimentar, responsável pela suavização da topografia considerando-se as elevadas taxas de assoreamento no fundo da Baía.

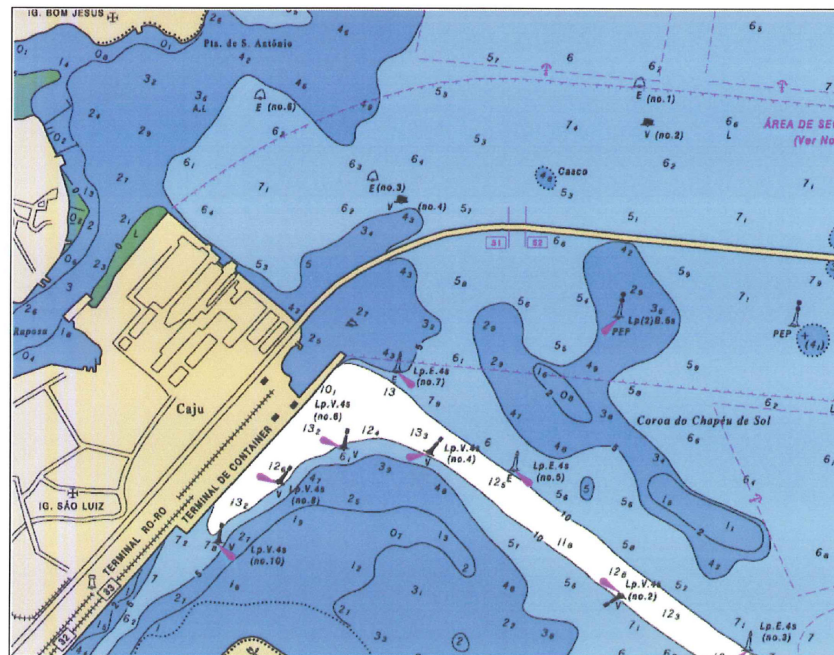
Na Figura V.1-32 é possível observar a batimetria na área do empreendimento expressa no detalhe da carta náutica da região, onde se destaca o canal de navegação do Canal do Fundão com profundidades máximas abaixo

de 6 metros e a do canal de navegação Porto do Rio de Janeiro, com profundidades de até 13 metros (Figura V.1-33).



**Figura V.1-32** – Detalhe da batimetria do canal de navegação do Porto do Rio de Janeiro. Fonte: INPH (2010).





**Figura V.1-33** - Detalhe da batimetria do canal de navegação do Porto do Rio de Janeiro.  
Fonte: INPH (2010).

### **V.1.5 - Caracterização da Qualidade da Água e do Sedimento do Canal do Fundão**

A micro-bacia do Canal do Cunha está inserida no município do Rio de Janeiro e coleta águas dos rios que nascem tanto na Serra dos Pretos Forros quanto no Maciço da Tijuca e atravessam áreas com elevada densidade populacional, como os bairros Piedade, Cascadura, Lins dos Vasconcelos, Engenho de Dentro, Inhaúma, Manguinhos, São Cristóvão e Maria da Graça (FERREIRA, 2003). O Canal do Cunha deságua na porção oeste da Baía de Guanabara, no Canal do Fundão, entre a Ilha do Fundão e o Terminal da empresa Briclog, e recebe grande quantidade de esgotos domésticos e efluentes industriais. Além disso, o Canal do Cunha e consequentemente o Canal do Fundão recebem uma grande carga poluidora das atividades da zona portuária (FERREIRA, 2003).

Tendo em vista essa alta carga de detritos que são carreados pelo Canal do Cunha para o do Fundão e que causam assoreamento no mesmo, fazem-se

necessárias atividades de dragagem para garantir a operação de portos e terminais portuários e a navegabilidade no corpo hídrico.

Contudo, a legislação brasileira estabelece que anteriormente ao início da realização de dragagens, seja feito o diagnóstico das condições ambientais da área. Deste modo, o presente relatório apresenta a descrição dos procedimentos técnicos realizados em campo, das metodologias de análise, assim como os resultados obtidos da coleta de sedimento e água realizada no trecho onde serão realizadas atividades de dragagem na foz do Canal do Fundão.

### ***Objetivo***

O presente estudo destina-se a caracterizar a qualidade da água e sedimento do Canal do Fundão, localizado na porção oeste da Baía de Guanabara/RJ, comparando seus aspectos aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

### ***Malha Amostral***

A amostragem foi realizada no dia 09 de julho de 2011, onde foram coletadas amostras de água subsuperficial e sedimento. As coletas foram realizadas com o auxílio da embarcação *Vento Sul I* (Figura V.1-34).



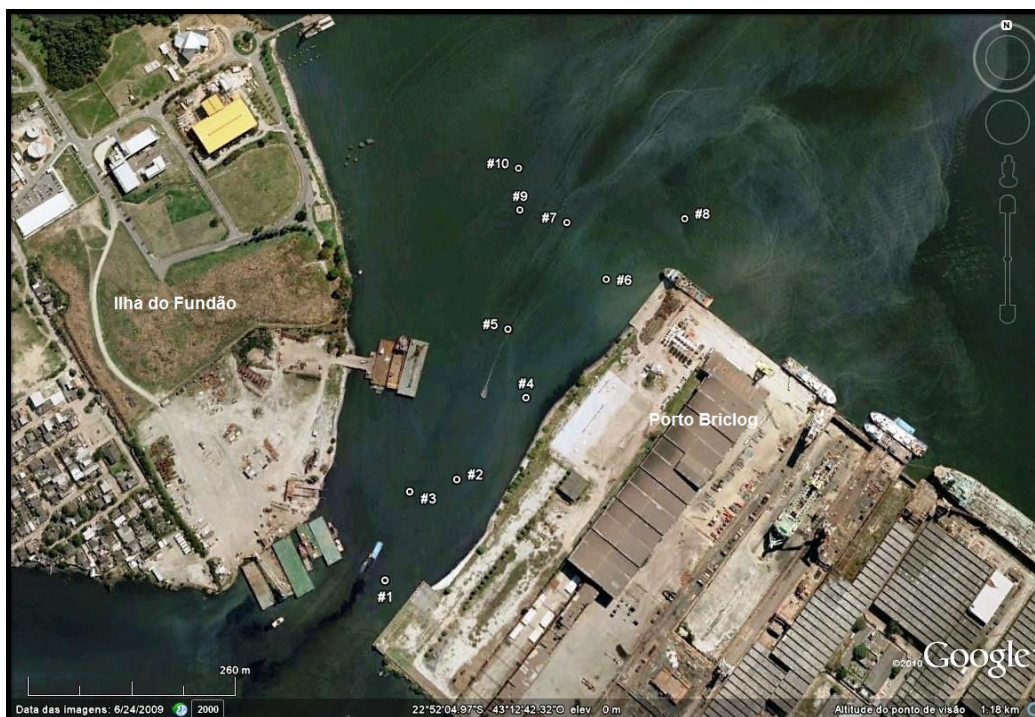


*Figura V.1-34 - Embarcação Vento Sul I utilizada na amostragem.*

A malha amostral correspondeu a dez pontos de coleta (estações #1 a #10), representando o trecho a ser dragado no Canal do Fundão. As coordenadas e a localização dos pontos de amostragem estão apresentadas na Tabela V.1-3 e na Figura V.1-35, respectivamente.

***Tabela V.1-3 - Coordenadas das estações de amostragem do Canal do Fundão.***

Estação	Coordenadas DATUM SAD69	
	Leste	Norte
#1	683266	7469699
#2	683362	7469821
#3	683300	7469808
#4	683457	7469923
#5	683437	7470016
#6	683573	7470078
#7	683524	7470160
#8	683686	7470158
#9	683619	7470179
#10	683461	7470241



**Figura V.1-35 - Desembocadura do Canal do Fundão com indicação das estações de coleta. Fonte: GOOGLE EARTH.**

## **Metodologia de Coleta e Análise**

### **Qualidade da Água**

As amostras de água foram coletadas em subsuperfície utilizando-se Garrafa de Van Dorn. Para as análises laboratoriais de nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo total e fosfato), metais pesados, semimetais, fluoretos, cianetos e compostos orgânicos, a água foi transferida diretamente da Garrafa de Van Dorn para os recipientes apropriados (Figura V.1-36).



**Figura V.1-36** - Coleta de água subsuperficial utilizando garrafa do tipo Van Dorn.

Os parâmetros temperatura da água, pH, salinidade, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez foram medidos *in situ* através da sonda multiparamétrica da marca HORIBA, modelo U 5000G (Figura V.1-37). A profundidade das estações foi verificada através de ecobatímetro instalado na própria embarcação.



**Figura V.1-37** - Sonda multiparamétrica U 5000G utilizada para a medição dos parâmetros *in situ*.

A Tabela V.1-4 apresenta a compilação de todos os parâmetros avaliados para a caracterização e o monitoramento da qualidade da água. Constan também nesta tabela a frascaria, o volume da alíquota, o modo de conservação da amostra e o equipamento utilizado durante a coleta.

**Tabela V.1-4 - Compilação dos parâmetros, frascaria, volume, modo de conservação e equipamento utilizado durante a coleta de água.**

Variáveis	Frascaria	Volume	Conservação	Equipamento
Temperatura, salinidade, condutividade, pH, OD e Turbidez	<i>in situ</i>	-	-	HORIBA 5000G
Nutrientes	polietileno	250 mL	congelamento	Garrafa Van Dorn
Metais e semimetais	vidro âmbar	500 mL	HNO <sub>3</sub>	Garrafa Van Dorn
Fluoretos	polietileno	1 L	HNO <sub>3</sub>	Garrafa Van Dorn
Cianetos	polietileno	500 mL	NaOH	Garrafa Van Dorn
Compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC)	âmbar	1 L	refrigeração	Garrafa Van Dorn
Compostos orgânicos voláteis (VOC)	vial	40 mL	refrigeração	Garrafa Van Dorn

Adicionalmente, na Tabela V.1-5 encontram-se os métodos analíticos utilizados para cada parâmetro e os limites de detecção pertinentes.



**Tabela V.1-5 - Metodologias analíticas e limites de detecção dos parâmetros analisados para o compartimento água.**

Parâmetros	Metodologia analítica	Limite de detecção
<b>Fosfato</b>	Fosfato total – digestão em meio ácido e análise pelo método anterior (GRASSHOFF <i>et al.</i> , 1983)	0,001 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Fósforo Total</b>		
<b>Nitrito</b>	Método da diazotação e análise por colorimetria (GRASSHOFF <i>et al.</i> , 1983)	0,0005 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Nitrato</b>	Redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação e análise por colorimetria (GRASSHOFF <i>et al.</i> , 1983)	0,005 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Amônia</b>	HACH 8038	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Metais e semimetais</b>	USEPA 7000	*
<b>Fluoretos</b>	SM 4500	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cianetos</b>	SM 4501	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Compostos orgânicos semi-voláteis</b>	USEPA 8270D	*
<b>Compostos orgânicos voláteis</b>	EPA 8260	*

\*O limite de detecção de cada composto encontra-se no laudo analítico.

## Qualidade do Sedimento

O sedimento foi coletado com amostrador busca-fundo Van Veen com capacidade de 8 litros. As amostras destinadas à granulometria, fósforo total e nitrogênio Kjeldahl foram acondicionadas em sacos plásticos e as amostras correspondentes aos metais, semimetais e compostos orgânicos foram armazenadas em recipientes de vidro (Figura V.1-38 e Figura V.1-39).





**Figura V.1-38** - Amostrador Van Veen utilizado para coleta de sedimento.



**Figura V.1-39** - Transferência do sedimento coletado para respectivos recipientes.

A metodologia e o limite de detecção correspondente para cada análise se encontram na Tabela V.1-6.

**Tabela V.1-6 - Metodologias analíticas e limites de detecção dos parâmetros analisados para o compartimento sedimento.**

Parâmetros	Metodologia analítica	Limite de detecção
<b>Granulometria</b>	Folk (1968) e Silte/argila por pipetagem	#
<b>Carbono orgânico total (COT)</b>	Combustão em Alta Temperatura – Mufla 400°C/12h	#
<b>Fósforo Total</b>	Extração com persulfato de sódio e ácido bórico /Determinação colorimétrica fosfomolibdico (GRASSHOFF <i>et al.</i> , 1999)	0,009 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Nitrogênio kjeldahl</b>	Extração com persulfato de sódio /Determinação colorimétrica (GRASSHOFF <i>et al.</i> , 1999)	0,005 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Compostos orgânicos Semi-voláteis</b>	USEPA 8270D	*
<b>Compostos orgânicos voláteis</b>	EPA 8260	*
<b>Metais totais</b>	USEPA 6010	*

\*O limite de detecção de cada composto encontra-se no laudo analítico.

### ***A Qualidade da Água do Canal do Fundão***

Os resultados foram primariamente comparados com a Resolução CONAMA 357/05 e com informações da literatura.

Dentre os resultados obtidos *in situ*, a profundidade é apresentada na Tabela V.1-7. Observa-se que a estação #2 foi a estação mais rasa (0,9 m), já a estação mais profunda foi a #8 com 6,8 m de profundidade. Pode-se perceber, através da tabela, que até a estação #6, aquelas que têm numeração par apresentaram valores menores comparados às ímpares, isso se deve a proximidade com a margem do canal.

**Tabela V.1-7 - Profundidades das estações de  
coleta do Canal do Fundão.**

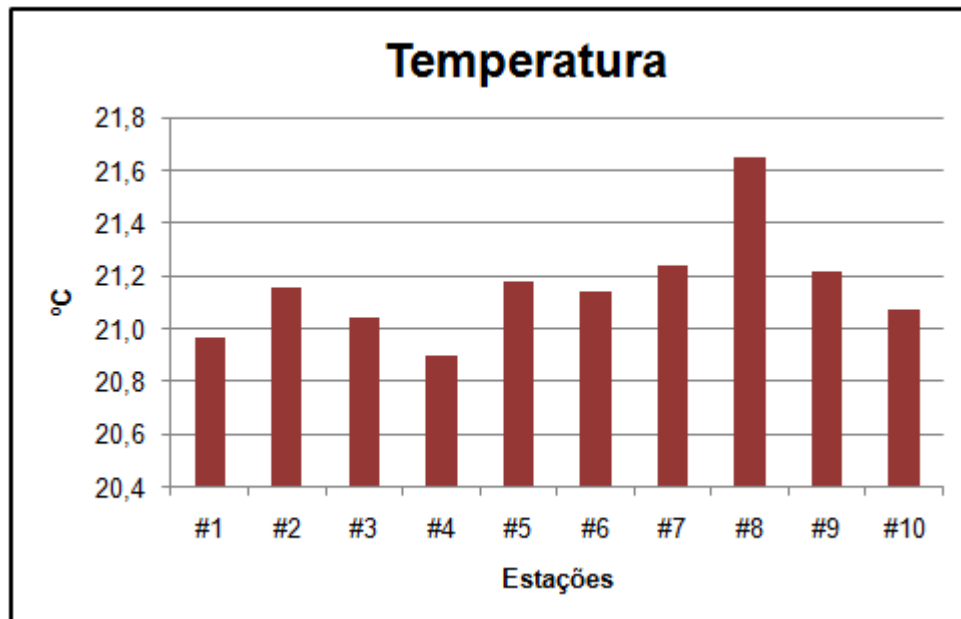
Estação	Profundidade (m)
#1	2,1
#2	0,9
#3	2,2
#4	2,9
#5	5,2
#6	1,2
#7	4,5
#8	6,8
#9	4,8
#10	2,4

### *Temperatura*

A mensuração da temperatura de um corpo hídrico é importante não apenas por caracterizá-lo quanto a este parâmetro, mas também porque este influencia diretamente processos físicos, químicos e biológicos da água, a exemplo, a influência da temperatura na solubilidade dos gases, uma vez que altas temperaturas diminuem as concentrações de oxigênio dissolvido e aumentam as taxas de transferências de gases.

Temperaturas mais elevadas têm influência direta nos organismos aquáticos, influenciando no seu crescimento, na migração, desova, incubação do ovo e na sobrevivência, reduzindo a tolerância a outros fatores de estresse. (Philippi *et al.*, 2004).

Na atual coleta foram encontrados valores de temperatura que variaram entre 20,90 °C, na estação #2, e 21,65 °C, com média e desvio padrão de  $21,16 \pm 0,20$  °C (Figura V.1-40). De um modo geral, pode-se considerar baixa a variação de temperatura entre as estações, tendo em vista o baixo desvio. Não há um limite estabelecido pela CONAMA 357/05.



**Figura V.1-40** - Temperatura mensurada na água superficial das estações amostradas no Canal do Cunha.

Barros *et al.* (2007) detectou temperaturas mais elevadas nas águas superficiais próximas ao local onde deságua o Canal do Cunha, que variaram entre 29,60 °C e 30,60 °C em maré vazante e 30,10 e 31,10 °C na maré enchente. Entretanto, em condições naturais, a temperatura superficial de um corpo hídrico será influenciada principalmente pela troca térmica com atmosférica, o que restringe a comparação.

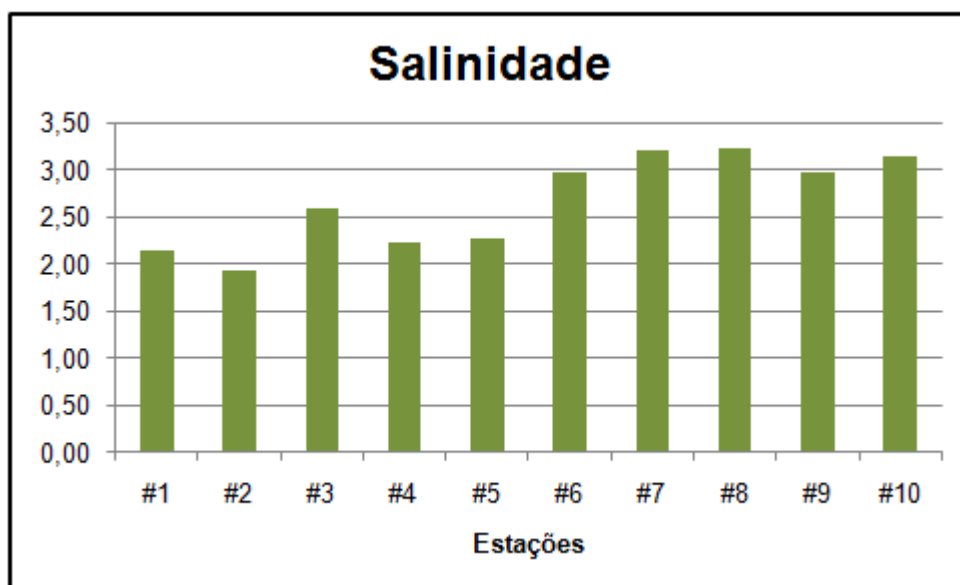
### **Salinidade e Condutividade**

Segundo Amador (1997) a salinidade em uma baía se distribui sob influência de oscilações de maré, aporte de água doce, precipitação, evaporação, temperatura, profundidade e regime de troca de águas na interface estuário/oceano.

A condutividade da água se relaciona diretamente com a salinidade, pois a concentração de íons dissolvidos é seu principal fator de influência, embora a mobilidade destes íons também interfira.

Os valores de salinidade nas estações de coleta do Canal do Fundão variaram entre 1,93 (estação #2) e 3,22 (estação #8) (Figura V.1-41), com média

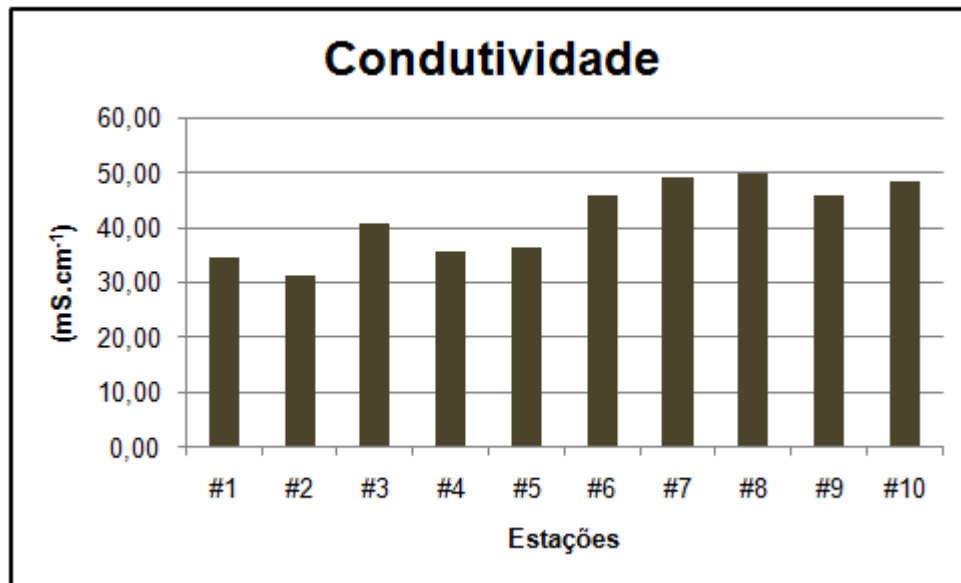
de  $2,67 \pm 0,49$ . Segundo a Resolução CONAMA 357/05, águas que apresentam salinidade superior a 0,5 e inferior a 30 são definidas como salobra, para qual se enquadram as águas das estações amostradas. Deste modo, todos os demais parâmetros, quando possível, serão comparados a padrões estabelecidos por esta resolução para águas salobras.



**Figura V.1-41** - Salinidade mensurada na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

Considerando a condutividade, o valor médio com seu desvio padrão foi de  $41,76 \pm 6,93$  mS.cm<sup>-1</sup>. O mínimo encontrado foi de 31,10 mS.cm<sup>-1</sup>, na estação #2, e o máximo de 49,70 mS.cm<sup>-1</sup> na estação #8 (Figura V.1-42). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite para este parâmetro.





**Figura V.1-42** - Condutividade mensurada na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

Comparando os gráficos de salinidade e condutividade, pode-se perceber que eles apresentaram a mesma oscilação, corroborando com o mencionado anteriormente da relação direta entre estes parâmetros. Além disso, pode-se observar uma tendência de aumento dos valores a partir da estação #6, que está associada ao posicionamento destas estações, que se encontram na desembocadura do canal, onde as características da água são influenciadas pelas águas da baía (mais salinas).

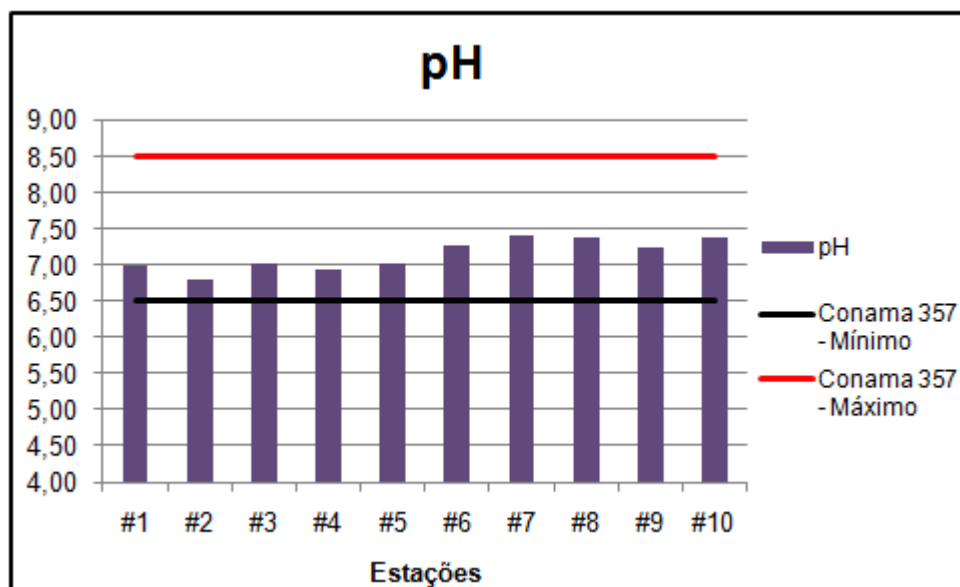
### *pH*

O pH influencia na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. (SEMA, 2008). Segundo NIENCHESKI *et al.* (1999), este parâmetro é influenciado por diversos fatores físico-químicos e biológicos. Alterações neste podem afetar a vida dos organismos aquáticos, visto que, em geral, estes são adaptados às condições de neutralidade.

Além disso, considerando a potabilidade da água, alterações no pH podem alterar o sabor, contribuir para corrosão do sistema de distribuição, podendo

ocasionar contaminação da água por metais (IGAM, 2006).

A média do pH em superfície foi de  $7,14 \pm 0,21$ , tendo o valor mínimo sido detectado na estação #2 (6,81) e máximo na estação #7 (7,40) (Figura V.1-43). Considerando a faixa estabelecida pelo CONAMA 357/05 para águas salobras da classe 1 e 2 (pH 6,5 a 8,5), os valores detectados estão em conformidade com a legislação.



**Figura V.1-43** - pH mensurado na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

Pode-se observar baixa variação dos valores de pH, tendo em vista o baixo desvio padrão, entretanto, analisando espacialmente, os valores a partir da estação #6, assim como para salinidade e condutividade, foram maiores, com características mais básicas, demonstrando, assim, a influencia das águas da baía de Guanabara.

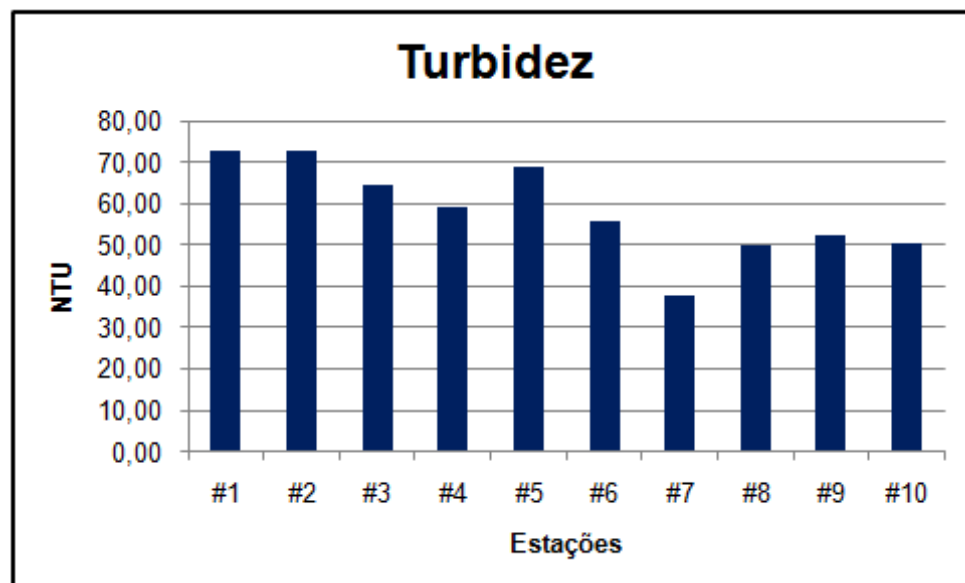
Em monitoramento da FEEMA na Baía de Guanabara, entre os anos de 2003 a 2005, as variações foram de 6,8 a 8,7, sendo o menor referente a uma estação mais interna e o maior próximo a entrada da baía (FEEMA, 2005). Tendo os valores menores sido próximo aos encontrados neste trabalho.

## Turbidez

Os valores de turbidez detectados no Canal do Fundão em subsuperfície estiveram entre 37,9 NTU, na estação #7, e 72,9 NTU na estação #2 (Figura V.1-44), com valor médio e desvio padrão de  $58,37 \pm 11,40$  NTU. O alto desvio é reflexo da elevada variação entre as estações, onde é possível constatar que os maiores valores foram detectados nos pontos #1 a #6.

A diferença entre esses dois grupos de estações pode estar associada à zona de máxima turbidez (ZMT), conhecida em estuários por apresentar elevada concentração de material particulado comparada às concentrações a montante e a jusante desta área. Isto ocorre principalmente pela agregação das partículas em suspensão influenciada diretamente pelo aumento de salinidade (Machado, 2007), fato este que é comprovado pela detecção do início da cunha salina nas estações amostradas mais internas (#1 a #6).

Quanto à legislação vigente, não são estabelecidos limites críticos para a turbidez. A Resolução CONAMA 357/05 apenas cita que substâncias que produzem turbidez estejam virtualmente ausentes.



**Figura V.1-44** - Turbidez mensurada na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

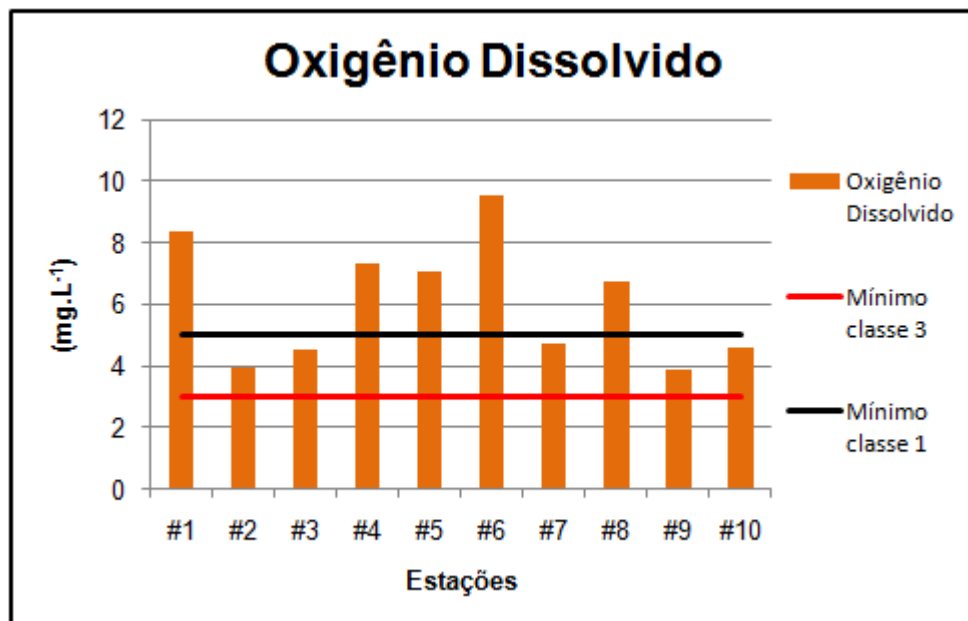
## *Oxigênio Dissolvido (OD)*

O monitoramento de oxigênio dissolvido é de suma importância, tendo em vista sua relevância para a vida aquática, bem como elemento principal para o metabolismo dos microorganismos aeróbicos, além de ser um indicador de impactos ambientais, como eutrofização e poluição orgânica (ESTEVES, 1988; LALLI & PARSONS, 1995).

Esteves (1988) ressalta que a maioria das espécies de peixes não resiste a concentrações de OD inferiores a 4,0 mg/L. Enquanto ALABASTER & LLOYD (1982) citam 3,0 mg/L como o mínimo requerido para a maioria dos processos vitais em peixes.

LALLI & PARSONS (1995) relacionam o oxigênio a outros parâmetros, quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás.

No Canal do Fundão, foi observada uma alta oscilação na concentração de oxigênio dissolvido, com valor médio de  $6,07 \pm 2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ , mínimo de  $3,91 \text{ mg.L}^{-1}$  (estação #9) e máximo de  $9,53 \text{ mg.L}^{-1}$  na #6. Comparando com os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05, todos os valores estiveram acima do limite da classe 3, porém apenas as estações #1, #4, #5, #6 e #8, apresentaram valores acima do mínimo estabelecido para a classe 1 (Figura V.1-45).



**Figura V.1-45** - Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

## Nutrientes

Os macronutrientes, fósforo e nitrogênio, são necessários às funções metabólicas do fitoplâncton. Suas concentrações variam em uma relação direta com os processos de demanda biológica pela biomassa fitoplanctônica na zona eufótica e dos aportes devidos a processos físicos (advecção, intrusão de águas mais ricas), biológicos (regeneração), climáticos (chuvas e ventos) e drenagem continental (AIDAR *et al.*, 1993).

O fósforo se apresenta nos ambientes aquáticos em formas que podem variar em função do pH do ambiente, sendo limitante em água doce, devido à precipitação em meio ácido (MOREL & HERING, 1993; MILLERO, 1996).

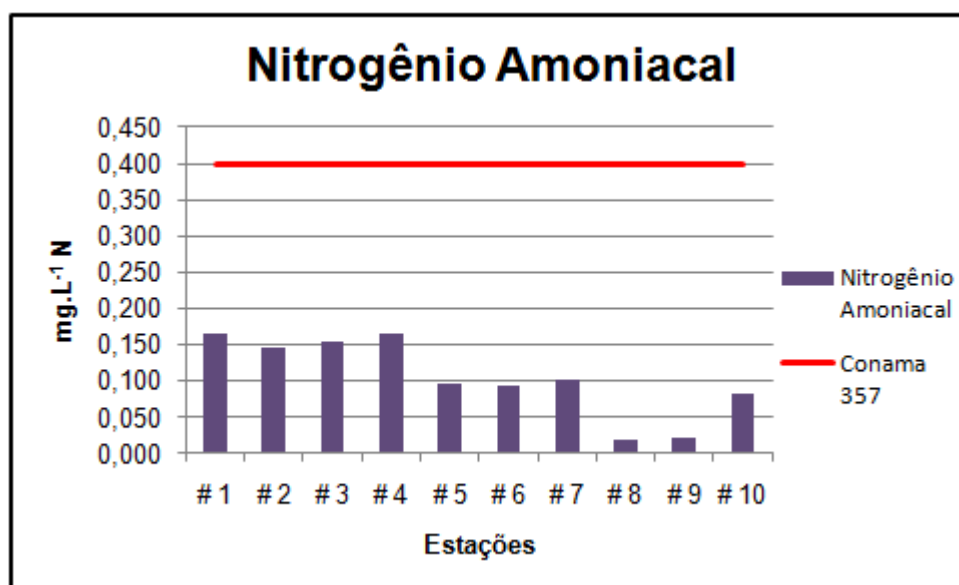
O nitrogênio em suas três formas inorgânicas, os íons amônio ou nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), são comumente referidas como nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) (LIBES, 1992). O nitrato e o amônio são considerados os compostos nitrogenados mais importantes nos ecossistemas aquáticos, pois representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrato sustenta um bom crescimento para a maior parte das



espécies do fitoplâncton e íon amônio tem mais fácil absorção pelos organismos, sem grande gasto de energia para a célula na síntese de aminoácidos (RAYMONT, 1980).

As concentrações de nitrogênio amoniacal no Canal do Fundão variaram entre 0,018 mg.L<sup>-1</sup>N, na estação #8, e 0,164 mg.L<sup>-1</sup>N na estação #1, com média de 0,104 ± 0,054 mg.L<sup>-1</sup>N. Pode-se observar através da Figura V.1-46 que todas as concentrações detectadas ficaram abaixo do limite estabelecido pela classe 1 da CONAMA 357/05.

FERREIRA (2003) detectou concentração média de nitrogênio amoniacal no Canal do Cunha de 0,039 mg.L<sup>-1</sup> N, valor este dentro da faixa observada neste estudo, corroborando o resultado.

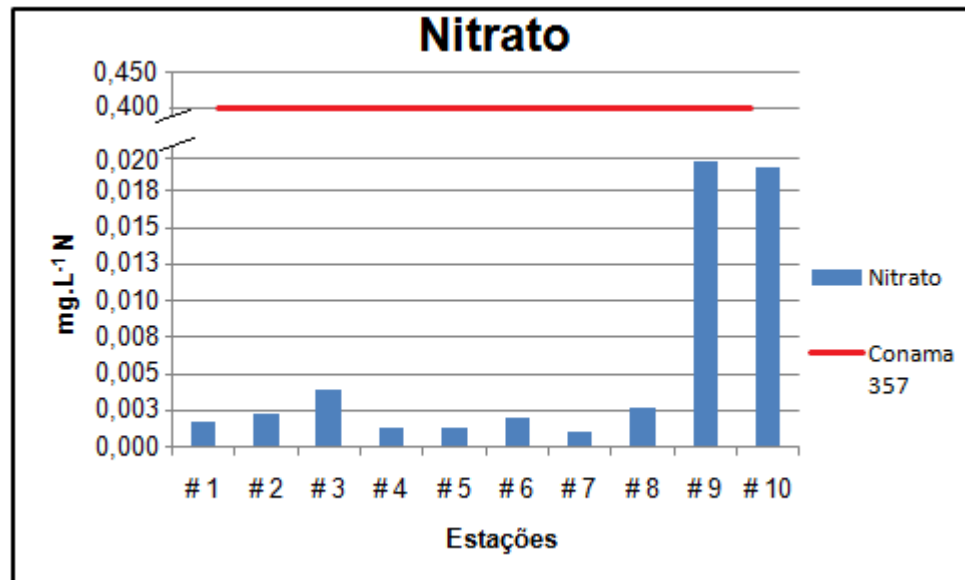


**Figura V.1-46** - Concentrações de nitrogênio amoniacal detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

O nitrato também apresentou concentrações bem abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para a classe 1 (0,40 mg.L<sup>-1</sup>N), tendo variado entre 0,001 mg.L<sup>-1</sup>N (estações #4, #5 e #7) e 0,020 mg.L<sup>-1</sup>N (estação #9). O valor médio foi de 0,006 ± 0,007 mg.L<sup>-1</sup>N, sendo este elevado desvio padrão resposta às altas concentrações observadas nas estações #9 e #10 (Figura V.1-47).

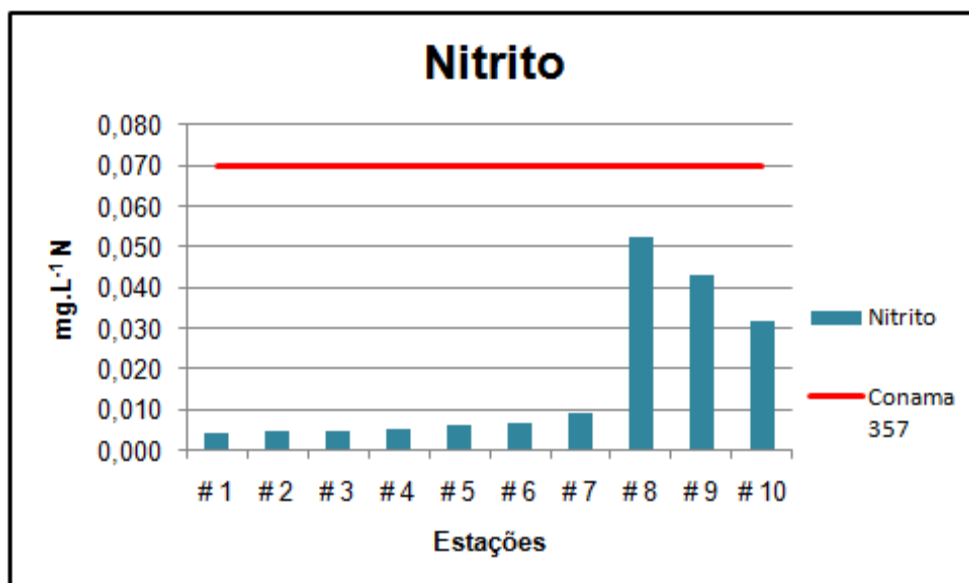
Desconsiderando as concentrações encontradas nas estações #9 e #10, os

valores observados nas demais estações foram próximos à média detectada por Ferreira (2003) ( $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ) no mesmo canal.



**Figura V.1-47** - Concentrações de nitrato detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

As concentrações de nitrito variaram entre  $0,004 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$  (estação #1) a  $0,052 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$  (estação #7), estando esta faixa de variação abaixo do estabelecido pela legislação para classe 1 ( $0,070 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ). Assim como para nitrato, foi observado uma média com um elevado desvio padrão ( $0,017 \pm 0,018 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ ), que também foi reflexo às estações localizadas na desembocadura do canal (#8, #9 e #10) (Figura V.1-48). Comparando com o estudo de Ferreira (2003), que detectou concentração média de  $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}\text{N}$ , os atuais valores foram superiores.

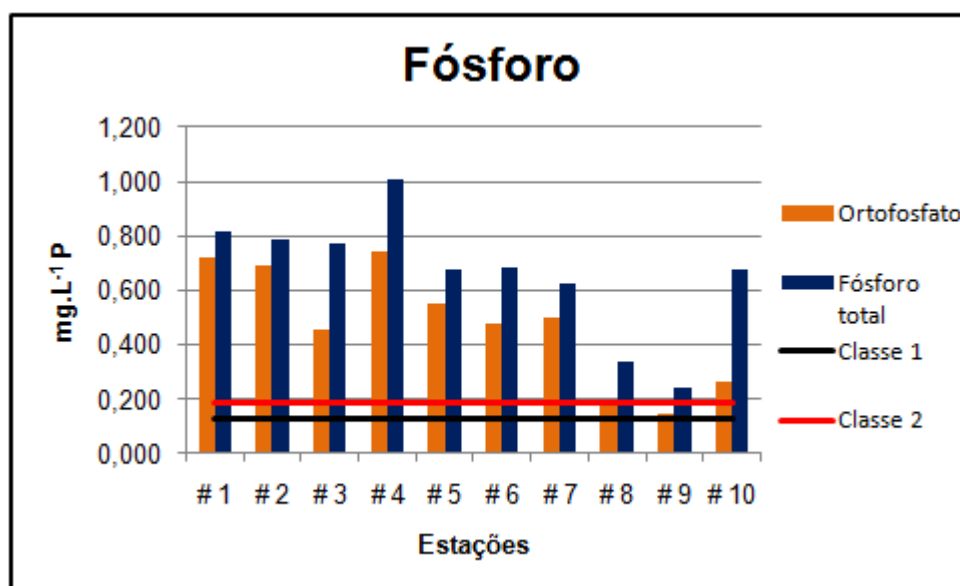


**Figura V.1-48** - Concentrações de nitrato detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

Considerando o nitrato e nitrogênio amoniacal como as formas mais e menos oxidadas do nitrogênio, respectivamente, e o nitrito como a forma intermediária instável destes compostos (FREITAS, 2009); além disso, que no Canal do Fundão foram encontradas maiores concentrações de nitrito e nitrogênio amoniacal, pode-se concluir que na região amostrada, apesar da presença de oxigênio, prevalece no sistema condições mais redutoras. Isto é resposta ao alto impacto antrópico recente e crônico que o canal sofre, oriundo de esgotos domésticos e industriais lançados ao longo de sua bacia de drenagem (COELHO, 2007).

Passando a avaliar as formas de fósforo detectadas na área de estudo, o ortofosfato apresentou concentrações que variaram entre 0,141 mg.L<sup>-1</sup>P (estação #9) e 0,743 mg.L<sup>-1</sup>P (estação #4), com média e desvio padrão de 0,471 ± 0,220 mg.L<sup>-1</sup>P.

Já as concentrações de fósforo total oscilaram entre 0,336 mg.L<sup>-1</sup>P (estação #9) e 1,009 mg.L<sup>-1</sup>P (estação #4), tendo apresentado média de 0,661 ± 0,225 mg.L<sup>-1</sup>P. Este composto apresentou concentrações ligeiramente mais elevadas que as de ortofosfato, fato que é esperado, tendo em vista que a análise de fósforo total além de englobar o ortofosfato detecta as outras especiações do fósforo (Figura V.1-49).



**Figura V.1-49** - Concentrações de ortofosfato e fósforo total detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão.

Como pode ser observado na Figura V.1-49, todas as concentrações de fósforo total estiveram acima do estabelecido pela a resolução CONAMA 357/05 para a classe 2 (0,186 mg.L<sup>-1</sup>P). Estas elevadas concentrações também podem ser associadas a despejos de efluentes sanitários e industriais que ocorrem nas margens do Canal do Cunha e consequentemente no Canal do Fundão. KJERFVE *et. al.* (1997) já haviam correlacionado as fontes de descarga com as concentrações de fosfato, visto que estes se apresentavam mais altos em águas superficiais das estações mais internas da Baía de Guanabara.

### Metais e Arsênio

A análise de metais pesados em água é menos usual do que o estudo destes em biota ou sedimento visto que neste compartimento as concentrações se apresentam significativamente mais baixas, o que exige alta frequência de amostragem em função das variações bruscas que podem ocorrer nessas concentrações (SANTOS *et al.*, 2006).

Os elementos analisados encontram-se listados na Tabela V.1-8 e foram

comparados com a resolução CONAMA 357/05, quando possível. De um modo geral, não foram detectadas concentrações acima do limite de detecção do método na maioria dos metais e arsênio, ou os valores estiveram abaixo do limite estabelecido pela resolução citada anteriormente, com exceção do alumínio na estação #5 e chumbo nas estações #4 e #5. Os metais ferro, manganês e zinco estiveram presentes na maioria dos pontos de coleta, exceto em #9, onde não foram encontradas concentrações dos outros elementos analisados.

Em geral as baixas concentrações de metais podem estar associadas à mistura da água doce com marinha, já que grande parte desses contaminantes pode sofrer processo de precipitação durante a formação dos agregados (MACHADO, 2007), principalmente na zona de máxima turbidez, citada anteriormente. Deste modo, os agregados formados podem ser uma via de transferência desses elementos do compartimento água para o sedimento.



**Tabela V.1-8 - Concentrações de metais e arsênio detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão. Os valores em vermelho ultrapassaram o limite estabelecido para a *Classe 1*.**

Metal	Al (mg.kg <sup>-1</sup> )	As (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ba (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ag (mg.kg <sup>-1</sup> )	Se (mg.kg <sup>-1</sup> )	V (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )
#1	N.D	N.D	0,017	N.D	N.D	N.D	N.D	0,140	0,042	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,018
#2	N.D	N.D	0,016	N.D	N.D	N.D	N.D	0,134	0,037	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,015
#3	N.D	N.D	0,017	N.D	N.D	N.D	N.D	0,200	0,039	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,021
#4	N.D	N.D	0,016	N.D	0,014	N.D	N.D	0,149	0,038	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,021
#5	0,110	N.D	N.D	N.D	0,015	N.D	N.D	0,163	0,025	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,021
#6	0,100	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,159	0,023	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,029
#7	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,155	0,017	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
#8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,083	0,015	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,015
#9	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
#10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,101	0,020	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Média	0,021	-	0,007	-	0,003	-	-	0,128	0,026	-	-	-	-	-	-	0,014
DP	0,044	-	0,009	-	0,006	-	-	0,056	0,013	-	-	-	-	-	-	0,010
Mínimo	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Máximo	0,110	N.D	0,017	N.D	0,015	N.D	N.D	0,200	0,042	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,029
Classe 1	0,100	0,01	-	0,005	0,010	0,005	0,050	0,300	0,100	0,0002	-	0,025	0,005	0,010	-	0,090
Classe 2	-	0,069	-	0,040	0,210	-	1,100	-	-	0,0018	-	0,074	-	0,290	-	0,120

## *Fluoretos e Cianetos*

Os cianetos são sais do hidrácido cianídrico (ácido prússico, HCN), que podem ocorrer em ambiente aquático na forma de ânion ( $\text{CN}^-$ ), ou de cianeto de hidrogênio (HCN) - este prevalece, principalmente, em ambientes neutros. Estas substâncias apresentam alta toxicidade sobre os microorganismos, sobretudo o cianeto livre (IGAM, 2007).

São utilizados nas indústrias galvânicas, no processamento de minérios e na indústria química, podendo chegar às águas superficiais através de efluentes sem tratamento das mesmas (IGAM, 2007).

Já os fluoretos são compostos nos quais os íons flúor estão ligados a algum outro elemento químico de carga positiva (HOLLEMAN, 2001). O flúor é amplamente conhecido como poluidor do meio ambiente (MIRLEAN, 2002). Em condições naturais, a concentração de flúor em rios e lagos é em torno de 0,01 – 0,3 ppm, já na água do mar é em torno de 1,3 ppm (DREVER, 1988).

Podem ser encontradas altas concentrações de fluoretos em áreas vulcânicas, fontes hidrotermais, rochas sedimentares e outras derivadas de magmas altamente evoluídos. Por outro lado, altas concentrações de fluoretos podem estar ligadas às emissões por indústrias de fertilizantes.

Nas análises realizadas em águas superficiais coletadas nas estações de amostragem do Canal do Fundão, não foram identificadas concentrações de cianetos e fluoretos acima do limite de detecção dos métodos ( $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente). Deste modo, não foram atingidos os limites da classe 1 para águas salobras estabelecidos pela CONAMA 357/05 (cianetos –  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  e fluoretos –  $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

## *Compostos Orgânicos*

Compostos orgânicos são resistentes à degradação biológica, não integrando aos ciclos biogeoquímicos, e acumulando-se em determinado ciclo (interrompido) (VON SPERLING, 2005). Entre estes se destacam os HPA's (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), PCB's (Bifenilas policloradas), Fenóis e BTEX (Benzeno,

Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos). Uma grande parte destes compostos, mesmo em reduzidas concentrações, está associada a problemas de toxicidade, tanto a biota quanto a saúde humana (Von Sperling, *op cit.*).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são compostos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados em sua estrutura e podem ser introduzidos no ambiente a partir de diversas fontes: motores de exaustão a gasolina e a diesel, o alcatrão da fumaça do cigarro, superfície dos alimentos chamuscados ou queimados, fumaça de queima de carvão ou madeira, além de outros processos de combustão parcial, em que o carbono ou combustível não são convertidos em CO (óxido de carbono) ou CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) (BAIRD, 2002).

No Canal do Fundão, foram detectadas concentrações de HPA's nas estações #1, #2, #3 e #7, tendo os compostos sido destacados na tabela V.1.8. O somatório destas substâncias variou entre 0,36 µg.L<sup>-1</sup> e 21,14 µg.L<sup>-1</sup> (Tabela V.1-9). Na resolução CONAMA 357/05 não há limite para os compostos quantificados.

Os fenóis são compostos pouco solúveis ou insolúveis em água, ligeiramente ácidos, obtidos principalmente através da extração de óleos. Seus compostos aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais (CETESB, 2008). Na área amostrada, estes variaram entre abaixo do limite de quantificação do método (0,05 µg.L<sup>-1</sup>), nas estações #4, #8 e #9, e 7,50 µg.L<sup>-1</sup> na estação #5 (Tabela V.1-9). A CONAMA 357/05 estabelece como concentração limite para água salobra da classe 1 o valor de 3,00, tendo os pontos de amostragem #1, #3, #5, #7 e #10 ultrapassado esse limiar.

O grupo dos BTEX é formado por substâncias orgânicas voláteis encontradas no petróleo e seus derivados, por outro lado os PCB's são utilizados como dielétricos e como fluidos de trocas de calor em capacitores elétricos e transformadores, como fluidos hidráulicos e lubrificantes. No Brasil, desde 1981, a legislação estabelece a proibição da fabricação, comercialização e uso em todo território (MIRANDA FILHO *et al.*, 2008). Na região amostrada do Canal do Cunha, todos estes compostos estiveram abaixo do limite de detecção do método.

**Tabela V.1-9 - Concentrações de compostos orgânicos detectadas na água superficial das estações amostradas no Canal do Fundão. Os valores em vermelho ultrapassaram o limite estabelecido para a Classe 1.**

		Parâmetros (µg.L <sup>-1</sup> )						
Estações		Fenóis	HPA's					Somatório HPA's
			Naftaleno	Acenaftileno	Acenafteno	Fluoreno	Fenantreno	
CONAMA 357/05	#1	4,02	0,36	N.D	N.D	N.D	N.D	0,36
	#2	2,76	18,01	1,30	0,26	0,81	0,76	21,14
	#3	3,32	10,55	0,77	N.D	0,48	0,50	12,30
	#4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
	#5	7,50	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
	#6	1,29	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
	#7	3,39	8,07	0,70	N.D	0,51	0,53	9,81
	#8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
	#9	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
	#10	5,23	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0,00
Classe 1	3,00	-	-	-	-	-	-	
Classe 2	-	-	-	-	-	-	-	

## A Qualidade do Sedimento do Canal do Fundão

### Granulometria

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação (DIAS, 2004). Fazer esta análise é a base para o conhecimento da estrutura, dinâmica e dos processos existentes no ambiente (BARROS *et al.*, 2007).

Os sedimentos de ecossistemas aquáticos podem ser constituídos por materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone. Sua composição e distribuição possuem forte relação com a biodiversidade dos organismos bentônicos, já que exercem um importante papel na estruturação dessas comunidades (FRANÇA *et al.*, 2006).

Adicionalmente, sabe-se que os sedimentos são capazes de acumular contaminantes, criando condições favoráveis à medição frequente dos efeitos de

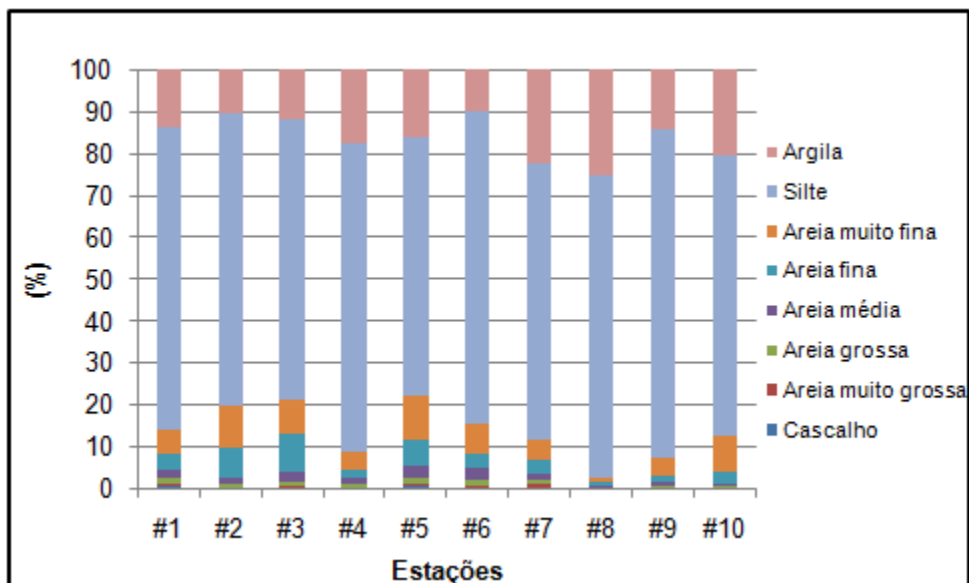
determinados impactos ou alterações que um ambiente venha a sofrer (KENNISH, 1998).

A partir da análise granulométrica das amostras coletadas nos dez pontos do Canal do Fundão foram observadas maior concentração de sedimentos finos, tendo a fração silte apresentado a maior contribuição variando entre 61,84% (estação #5) e 78,94% (estação #9).

Esta maior contribuição de sedimentos finos (silte e argila) resultou em uma classificação estrutural de Folk de lama arenosa com cascalho esparsa para as estações #1 e #5, silte arenoso, nas estações #2, #3, #6, #7 e #10; e silte em #4, #8 e #9.

Considerando os parâmetros estatísticos (Figura V.1-50), as curvas de distribuição de frequência dos grãos (curtose) mostraram-se em geral muito leptocúrtica, sendo resposta a alta contribuição de silte. Por outro lado, o pobre grau de selecionamento é resultado da presença, mesmo que pequena, de sedimentos mais grosseiros (frações de areia e cascalho) na região. Já a assimetria foi muito positiva, positiva e aproximadamente simétrica na maioria das estações, devido à presença de partículas mais finas, de acordo com o mencionado anteriormente, exceto a estação #3 que apresentou assimetria negativa, resultado gerado pelo fato de neste ponto ter sido observado os maiores percentuais de areia fina.





**Figura V.1-50** - Distribuição percentual dos grãos do sedimento das estações amostradas no Canal do Fundão.

GUIMARÃES *et al.* (2007) verificaram a ocorrência de sedimentos mais finos, com maior frequência, na parte mais interna da Baía de Guanabara, corroborando, assim, os atuais dados, fato este associado ao baixo hidrodinamismo nesta região, o que é observado também no Canal do Fundão. A distribuição percentual dos grãos por estação, assim como os dados estatísticos detalhados estão descritos na Tabela V.1-10.

**Tabela V.1-10 - Contribuição percentual dos grãos e parâmetros estatísticos do sedimento coletado nas estações amostradas no Canal do Fundão.**

Parâmetros /Estações	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Cascalho (%)	0,38	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Areia muito grossa (%)	0,49	0,21	0,30	0,11	0,73	0,32	0,74	0,03	0,08	0,00
Areia grossa (%)	1,43	0,67	1,17	0,86	1,53	1,38	1,17	0,18	0,27	0,28
Areia média (%)	1,99	1,58	2,30	1,27	2,51	2,88	1,53	0,37	0,87	0,72
Areia fina (%)	4,05	7,32	9,36	1,95	6,21	3,82	3,10	0,78	1,71	3,02
Areia muito fina (%)	5,40	9,99	8,17	4,56	10,76	6,76	5,02	1,16	4,09	8,30
Silte (%)	72,59	69,90	66,73	73,58	61,84	75,19	66,10	72,28	78,94	67,14
Argila (%)	13,68	10,33	11,96	17,66	16,13	9,64	22,34	25,19	14,04	20,54
Mediana ( $\phi$ )	4,50	4,43	4,43	4,56	4,45	4,46	4,58	4,66	4,54	4,56
Média ( $\phi$ )	4,50	4,32	4,24	4,68	4,31	4,46	4,93	5,10	4,54	4,83
Selecionamento ( $\phi$ )	1,05	1,04	1,19	1,03	1,27	0,96	1,37	1,20	0,83	1,20
Assimetria ( $\phi$ )	0,07	-0,07	-0,12	0,34	-0,07	0,01	0,38	0,64	0,25	0,43
Curtose ( $\phi$ )	3,19	2,70	2,84	2,83	2,93	2,97	3,04	2,38	2,6	2,70
Curtose Normal ( $\phi$ )	0,76	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,70	0,73	0,73
Média	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte	Silte
Class. Textural de Folk	Lama arenosa com cascalho esparsos	Silte arenoso	Silte arenoso	Silte	Lama arenosa com cascalho esparsos	Silte arenoso	Silte arenoso	Silte	Silte	Silte arenoso
Selecionamento	Pobrememente selecionada	Pobrememente selecionada	Pobrememente selecionada	Pobrememente selecionada	Pobrememente selecionada	Moderadamente selecionada	Pobrememente selecionada	Pobrememente selecionada	Moderadamente selecionada	Pobrememente selecionada
Curtose	Extremamente leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Extremamente leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica	Muito leptocúrtica
Assimetria	Aproximadamente simétrica	Aproximadamente simétrica	Assimetria negativa	Assimetria muito positiva	Aproximadamente simétrica	Aproximadamente simétrica	Assimetria muito positiva	Assimetria muito positiva	Assimetria positiva	Assimetria muito positiva

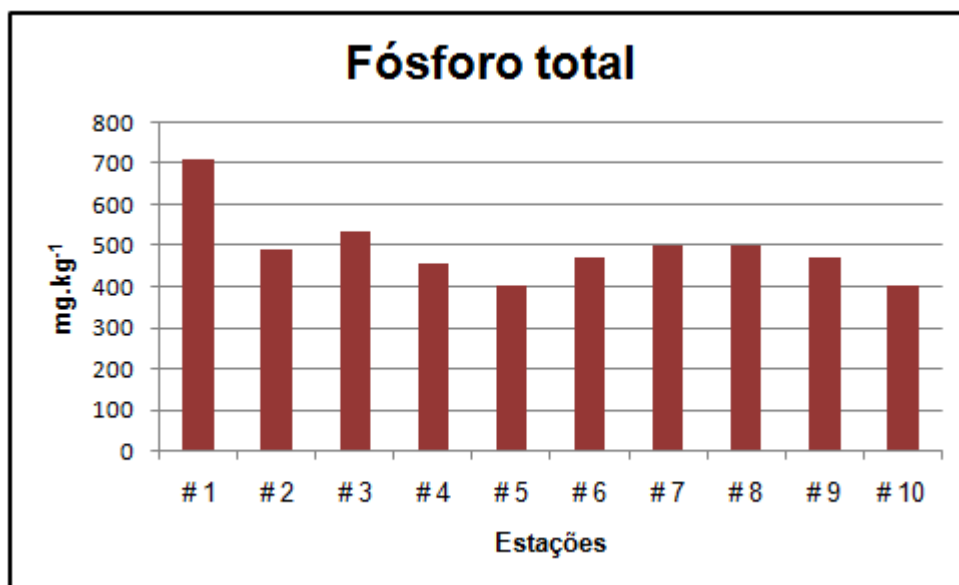
## *Carbono Orgânico Total e Nutrientes*

A matéria orgânica pode chegar aos ambientes aquáticos na forma dissolvida ou particulada e se origina de uma mistura complexa de lipídios, carboidratos, proteínas e outros compostos produzidos pelos organismos (BEZERRA & MOZETO, 2008).

Dentre esses ambientes aquáticos, os estuários são os principais receptores de materiais derivados de atividades ocorridas no continente e possivelmente são os que mais recebem as maiores frações de carbono orgânico e nutrientes (CARREIRA *et al.*, 2002). Ao chegar nessas regiões, a matéria orgânica apresenta reatividades bastante distintas frente a fatores físico-químicos e biológicos, de acordo com sua origem (CARREIRA *et al.*, 2009).

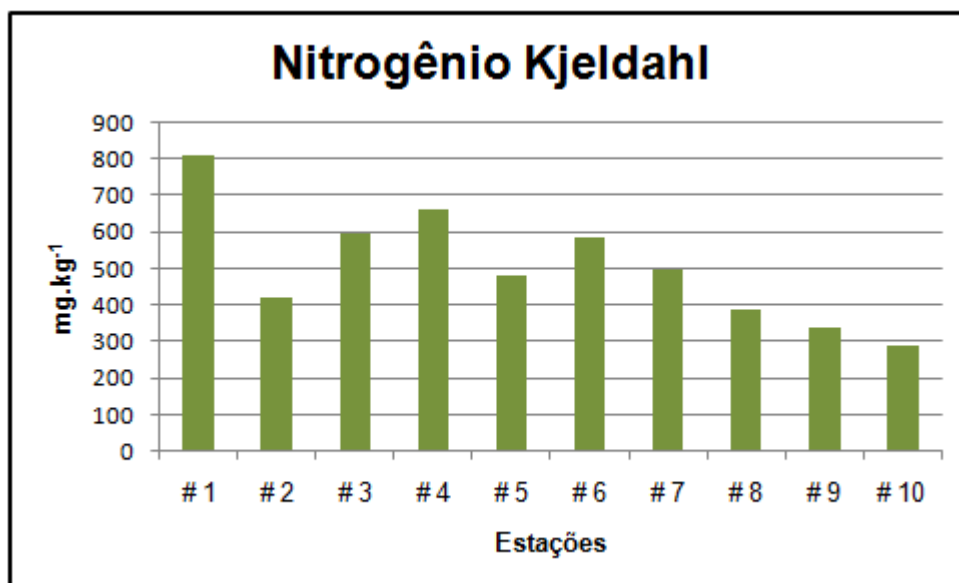
Dentre os compostos que constitui a matéria orgânica, a resolução CONAMA 344/04 orienta valores de alerta para carbono orgânico, fósforo e nitrogênio.

As concentrações de fósforo total variaram entre 403,62 mg.kg<sup>-1</sup> (estação #5) e 711,14 mg/kg<sup>-1</sup> (estação #1), com valor médio e desvio padrão de 493,95 ± 86,66 mg.kg<sup>-1</sup> (Figura V.1-51). Esta faixa de concentração esteve abaixo do valor alerta recomendado pela CONAMA 344 (2.000 mg.kg<sup>-1</sup>).



**Figura V.1-51** - Concentrações de Fósforo Total detectadas no sedimento das estações amostradas no Canal do Fundão.

As concentrações de nitrogênio Kjeldahl, nas estações amostradas, também estiveram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 344 (4.800 mg.kg<sup>-1</sup>) para este parâmetro, tendo apresentado valores entre 289,23 mg.kg<sup>-1</sup> (estação #10) e 807,84 mg.kg<sup>-1</sup> (estação #1), com média de 505,93 ± 158,88 mg.kg<sup>-1</sup> (Figura V.1-52).



**Figura V.1-52** - Concentrações de Nitrogênio Kjeldahl detectadas no sedimento das estações amostradas no Canal do Fundão.

Para carbono orgânico total, foram detectadas concentrações que variaram entre 4,33% (estação #5) e 6,49% (estação #4). A Resolução CONAMA 344 estabelece como valor de alerta 10% para este parâmetro, deste modo, nenhuma concentração encontrada ultrapassou este limiar. Por outro lado, estes valores estiveram acima do apresentado por Carreira *et al.* (2002) para os sedimentos da Baía de Guanabara ( $2,93 \pm 0,83\%$ ). Estas altas concentrações podem estar associadas ao elevado despejo de dejetos orgânicos que ocorre na bacia de drenagem do Canal do Cunha, corroborando o mencionado anteriormente.

### Compostos Orgânicos

Os sedimentos são carreadores e fontes potenciais de contaminantes nos sistemas aquáticos, já que as partículas recobertas por material orgânico mantêm os contaminantes orgânicos associados à sua superfície (KENNISH, 1997).

Deste modo, torna-se importante um diagnóstico ambiental, para que sejam detectadas possíveis contaminações por esses compostos e sejam tomadas devidas providências.

Nas amostras analisadas, das substâncias listadas pela Resolução CONAMA



344/04 para a caracterização química, apenas foram detectadas concentrações de alguns compostos de HPA's nas estações #4 e #10, (Tabela V.1-11); nos demais pontos de coleta, tanto HPA's quanto PCB's e pesticidas organoclorados não foram detectados através do método analítico.

Observando a Tabela V.1-11, somente na estação #10, a concentração de naftaleno esteve acima do nível 1 ( $160 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) estabelecido pela resolução supracitada, para sedimentos de água salobra e salina. Por outro lado, quando se analisa o somatório de HPA's dessas duas estações, os valores não atingiram tal limite. É importante salientar que o nível 1 corresponde ao limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos à biota, por outro lado, o nível 2 corresponde ao limiar acima do qual se prevê um provável efeito à biota.

Outros compostos semivoláteis também foram analisados e detectados, porém apenas na estação #10. Foram encontrados fenóis ( $340 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ), dietilftalato ( $501 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) e dibutilftalato ( $115 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ). Não há limite de referência para esses compostos na resolução 344/04. FONTANA *et al.* (2010) na porção norte da Baía de Guanabara detectaram concentração média de fenóis de  $6.351,30 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , valor este bastante superior às concentrações detectadas no presente estudo.

**Tabela V.1-11** - Concentrações de compostos orgânicos detectados no sedimento das estações amostradas no Canal do Fundão.

Parâmetro ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	Estações		CONAMA 344/04	
	#4	#10	Água Salina-Salobra	
			Nível 1 ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	Nível 2 ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )
HPA's	Naftaleno	N.D	381	160
	Fenantreno	103	100	240
	Fluoranteno	118	N.D	600
	Pireno	151	N.D	665
	Soma dos HPA's	372	481	3000
Demais compostos orgânicos	Fenóis	N.D	340	-
	Dietilftalato	N.D	501	-
	Dibutilftalato	N.D	115	-

\*N.D – não detectável pelo método de análise.

## *Metais e Arsênio*

Os metais podem ser oriundos tanto de fontes naturais (intemperismo de rochas, emissão vulcânica, incêndios florestais, fontes biogênicas) quanto de fontes antrópicas (lançamento de efluentes urbanos, agrícolas e industriais, mineração, lixiviação de resíduos contaminados).

Dentre as fontes naturais, 80% correspondem aos materiais da crosta que podem ser intemperizados (fase dissolvida) ou erodidos (fase particulada) da superfície da Terra ou injetados por emissão vulcânica. Os incêndios florestais e as fontes biogênicas representam cerca de 20% das fontes naturais dos metais (CALLENDER, 2005).

As principais fontes antropogênicas de metais pesados de acordo com FÖRSTNER & WITTMAN (1983) que se somam as naturais têm sido relacionadas aos efluentes urbanos (principalmente Cr, Cu, Pb, Zn, Mn e Ni), a queima de combustíveis fósseis (Cu, Ni, Pb), as indústrias de beneficiamento de ferro e aço (Cr e Zn), fertilizantes (Cu, Fe, Mn, Ni e Zn) e depósitos de rejeitos (Zn, Mn e Pb).

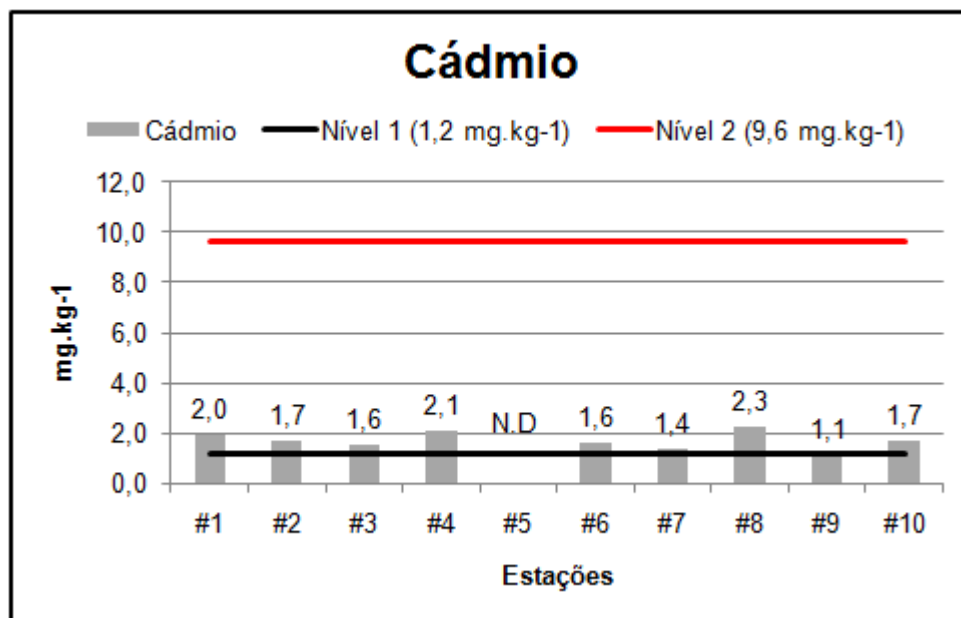
Os metais possuem alta capacidade de bioacumulação, baixa degradabilidade e um elevado potencial tóxico (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981), por isso a importância de incluir o estudo dessas substâncias em um diagnóstico ambiental.

Com a finalidade de caracterizar quimicamente o sedimento do Canal do Fundão de acordo com a CONAMA 344/04, serão discutidos os metais e semimetais analisados: arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, sendo os resultados comparados com os limiares estabelecidos por esta resolução e quando possível comparados com a literatura de regiões próximas à área de estudo.

Para arsênio, as concentrações estiveram abaixo do limite de detecção do método ( $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) em sua maioria, exceto na estação #10, onde foi detectado valor de  $3,07 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Este valor esteve abaixo da concentração estabelecida pela CONAMA 344 para o nível 1 ( $8,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

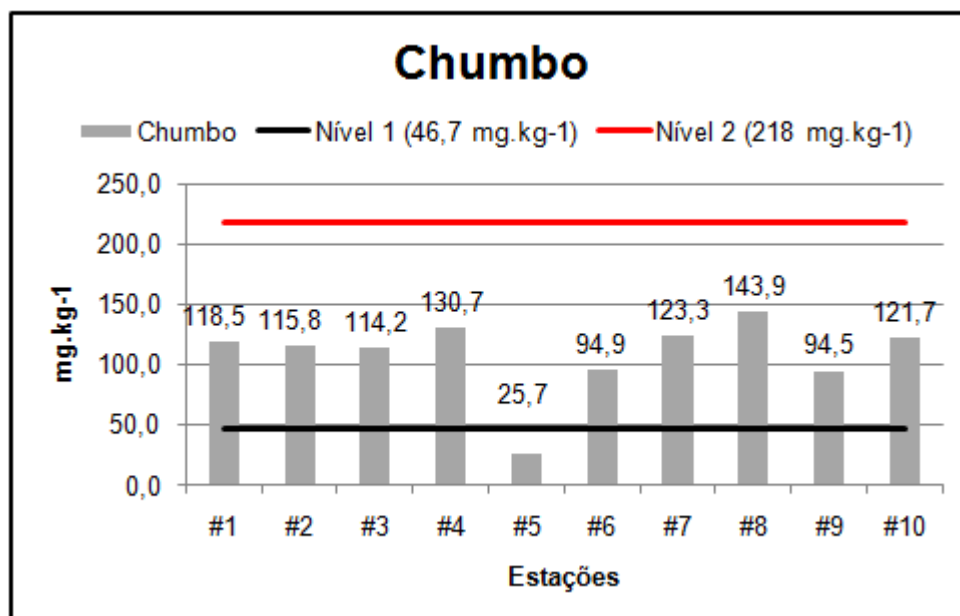
Já as concentrações de cádmio variaram entre abaixo do limite de detecção do método ( $0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), na estação #5, e  $2,26 \text{ mg.kg}^{-1}$  na estação #8.

Observando a Figura V.1-53, constata-se que apenas as estações #5 e #9 não ultrapassaram o limiar estabelecido para o nível 1 ( $1,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), tendo o valor médio ( $1,71 \pm 0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) também sido maior que este limite.



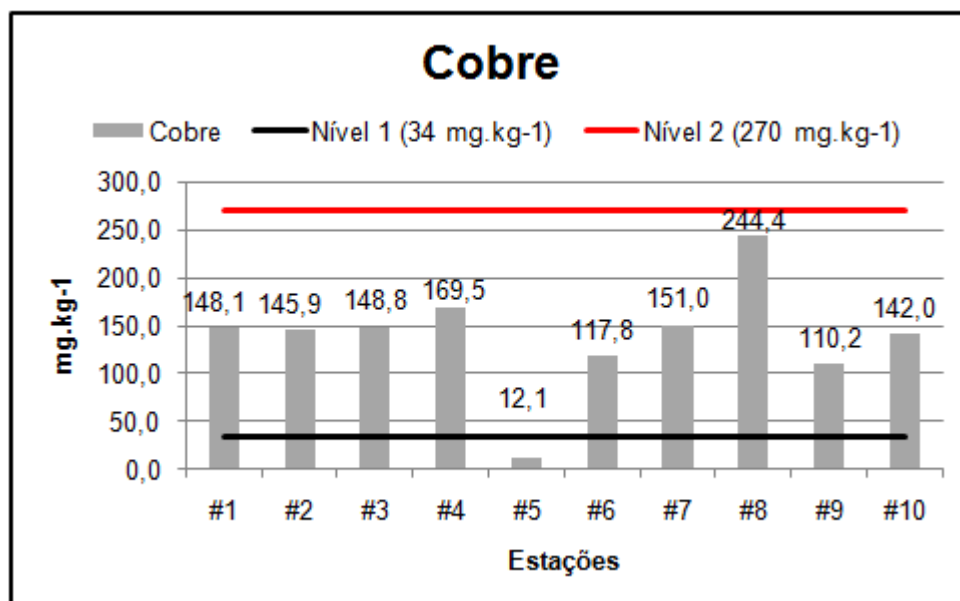
**Figura V.1-53** - Concentrações de cádmio detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

O valor mínimo encontrado para chumbo foi de  $25,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ , na estação #5, e o máximo de  $143,92 \text{ mg.kg}^{-1}$ , na estação #8, com a média das concentrações sendo  $108,32 \pm 32,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Apenas a estação #5 apresentou concentração abaixo do estabelecido para o nível 1 ( $46,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) pela resolução supracitada (Figura V.1-54). FONSECA (2004), estudando a região norte da Ilha do Governador, encontrou concentrações de chumbo que variaram entre 74 e  $95,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  com média de  $86,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , valores estes elevados e próximos aos detectados no Canal do Fundão, o que demonstra que nas regiões internas da baía de Guanabara com baixo hidrodinamismo apresentam altas concentrações deste metal.



**Figura V.1-54** - Concentrações de chumbo detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

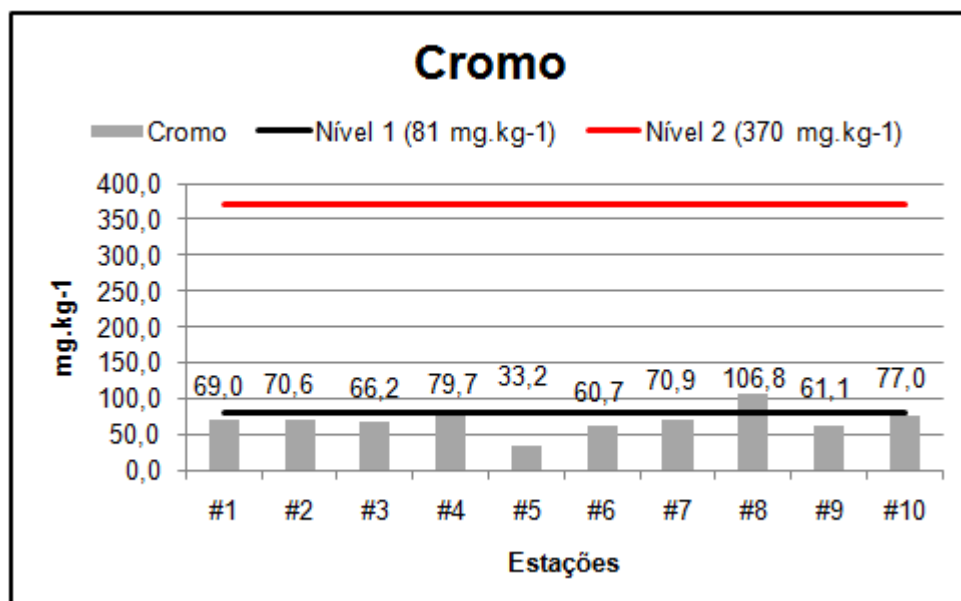
Para cobre, foram detectadas concentrações que variaram entre 12,09 mg.kg<sup>-1</sup>, na estação #5, e 244,45 mg.kg<sup>-1</sup> na estação #8, com valor médio de 138,96 ± 57,55 mg.kg<sup>-1</sup>. Com exceção da estação #5, as concentrações de cobre também estiveram acima do estabelecido para o nível 1 (34 mg.kg<sup>-1</sup>) pela CONAMA 344 (Figura V.1-55). Estes valores estiveram acima do encontrado nos trabalhos de PERIN *et al.* (1997), 5 – 80 mg.kg<sup>-1</sup>; MACHADO *et al.* (2001), 32 – 58 mg.kg<sup>-1</sup>; e FONSECA (2004), 48,6 – 96,4 mg.kg<sup>-1</sup> para a região mais ao norte da Ilha do Governador.



**Figura V.1-55** - Concentrações de cobre detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

O cromo variou entre  $33,23 \text{ mg.kg}^{-1}$  (estação #5) e  $106,79 \text{ mg.kg}^{-1}$  (estação #8), com média de  $69,51 \pm 18,34 \text{ mg.kg}^{-1}$ , tendo apenas a concentração detectada na estação #8 ultrapassado o limiar estabelecido para o nível 1 ( $81 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (Figura V.1-56). Ao contrário do cobre, a concentração média de cromo detectada no trabalho de FONSECA (2004),  $197,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , foram superiores aos do atual trabalho.

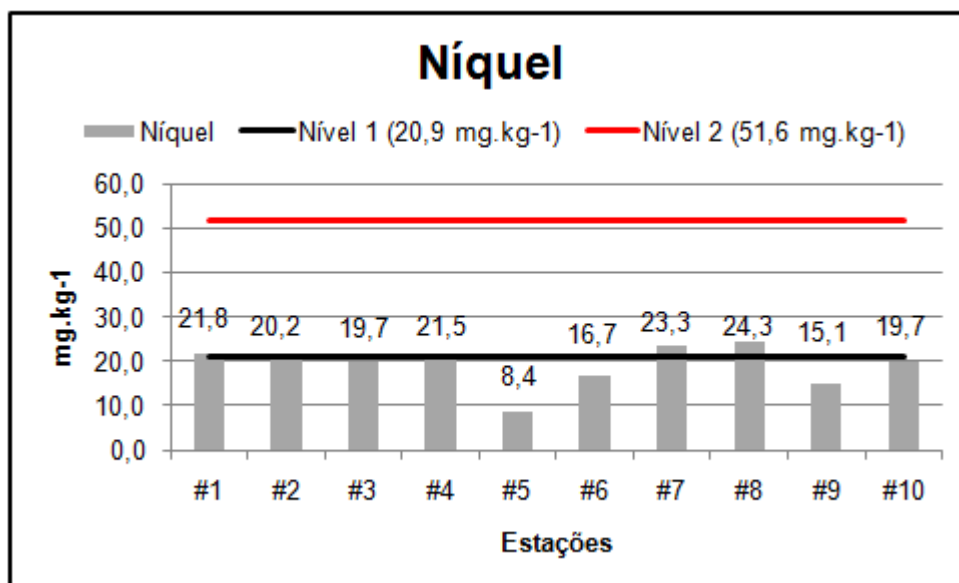




**Figura V.1-56** - Concentrações de cromo detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

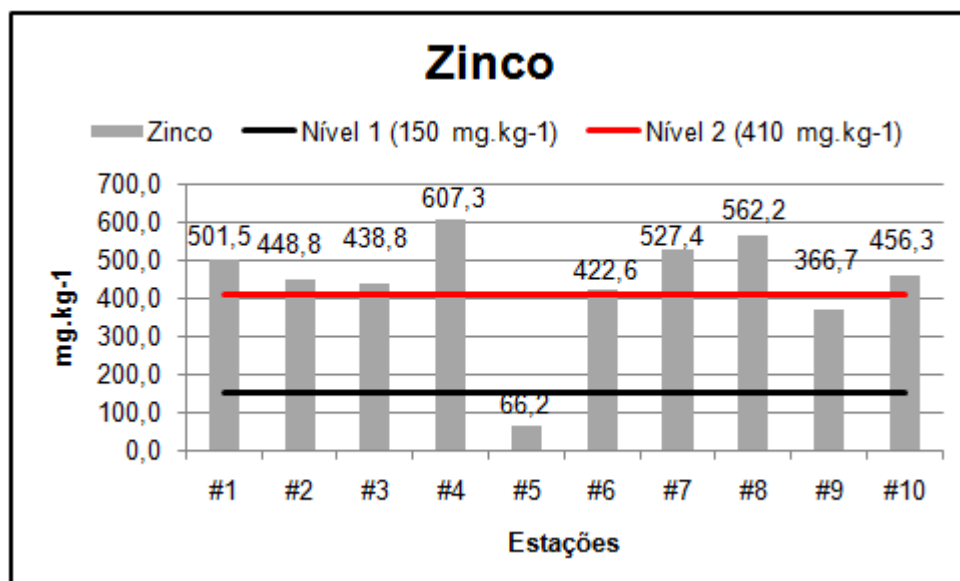
Por outro lado, não foram encontradas concentrações de mercúrio acima do limite de detecção do método ( $0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), deste modo não atingindo o limiar do nível 1 ( $0,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

Já as concentrações de níquel variaram entre  $8,44 \text{ mg.kg}^{-1}$  (estação #5) e  $24,30 \text{ mg.kg}^{-1}$  (estação #8), com média de  $19,09 \pm 4,66 \text{ mg.kg}^{-1}$ , tendo as estações #1, #4, #7 e #8 ultrapassado o estabelecido para o nível 1 (Figura V.1-57). Essas concentrações também foram inferiores ao encontrado na região norte da Ilha do Governador ( $52,1 - 115 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (FONSECA, 2007).



**Figura V.1-57** - Concentrações de níquel detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

Por fim, a concentração mínima de zinco ( $66,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) foi detectada na estação #5 e a máxima na estação #4 ( $607,27 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), com média de  $439,76 \pm 149,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ . O valor médio, assim como as concentrações da maioria das estações ficaram acima do estabelecido para o nível 2 ( $410 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), exceto a da estação #9, que ficou acima apenas do limiar do nível 1, e a da estação #5, que ficou abaixo dos dois limiares (Figura V.1-58). Altos valores de zinco no interior da baía de Guanabara já foram descritos por PERIN *et al.*, 1997; MACHADO *et al.*, 2001; FONSECA, 2007.



**Figura V.1-58** - Concentrações de zinco detectadas nas estações amostradas do Canal do Fundão. As linhas preto e vermelha correspondem aos limites estabelecidos para os níveis 1 e 2, respectivamente, da resolução CONAMA 344/04.

Observando a distribuição dos metais nos sedimentos amostrados, pode se perceber que a estação #5 apresentou as menores concentrações, por outro lado, as maiores estiveram na estação #8. Este fato pode estar associado às contribuições de sedimento mais fino, tendo em vista que a segunda estação supracitada possui a maior contribuição de silte e argila comparada com as demais estações, já a #5 tem a menor.

Segundo WASSERMAN & WASSERMAN (2008), sedimentos finos em ambiente costeiro tem grande influência com relação à retenção de poluentes, devido à elevada superfície específica apresentada por este material.

### **V.1.6 - Considerações Finais**

A temperatura da água apresentou baixa variação. A salinidade esteve na faixa salobra de classificação, tendo as estações mais internas, valores menores comparadas às mais próximas à foz do canal. A condutividade manteve o mesmo padrão da salinidade.

O pH esteve dentro do recomendado pela CONAMA 357/05 para a classe 1. Já o oxigênio dissolvido apresentou alta variação, com a detecção de valores baixos, que estiveram acima apenas da classe 3. A turbidez também apresentou ampla variação, porém com as estações mais internas contendo os maiores valores.

Para as formas de nitrogênio analisadas, o nitrogênio amoniacal foi o que apresentou as maiores concentrações, consequência do alto impacto antrópico crônico a que o canal está submetido. Contudo, todas as concentrações das formas inorgânicas de nitrogênio estiveram abaixo do estabelecido para a classe 1 da resolução CONAMA 357/05.

Já as concentrações de fósforo total estiveram acima do recomendado por esta resolução para a classe 2 em todas as estações.

Com relação aos metais, apenas o alumínio e o chumbo apresentaram concentrações acima do limite estabelecido para a classe 1. Os compostos inorgânicos fluoretos e cianetos não foram detectados.

Considerando os compostos orgânicos em água, concentrações do grupo dos fenóis foram detectadas acima do estabelecido pela CONAMA 357/05 em cinco estações. Além disso, também foram observadas concentrações de compostos de HPA's em três estações. Já os compostos dos grupos BTEX e PCB's não foram detectados.

A análise do compartimento sedimento, nas dez estações amostradas, identificou predominância de sedimentos finos (silte e argila), tendo sido classificados como silte, silte arenoso e lama arenosa com cascalho esparso.

O nitrogênio Kjeldahl, fósforo total e carbono orgânico total apresentaram concentrações abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 344/04 .

Em relação aos compostos orgânicos, não foram detectadas concentrações de PCB's e pesticidas organoclorados; já compostos do grupo HPA's foram detectados nas estações #4 e #10, tendo apenas nesta segunda estação sido detectada concentração de naftaleno acima do limite do nível 1 estabelecido pela resolução pertinente.

Considerando os metais, os elementos Cd, Pb, Cu, Cr e Ni apresentaram concentrações acima do limiar para o nível 1, em ao menos uma estação, já as concentrações de zinco foram superiores ao limite do nível 2.

Deste modo, pode-se perceber, através dos resultados obtidos tanto para o compartimento água quanto sedimento, que a área a ser dragada do Canal do Fundão apresenta características de um ambiente impactado, resultado da influencia antrópica em sua bacia de drenagem.