

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA DESMOBILIZAÇÃO DA ANTIGA ÁREA DE DESCARTE  
DE MATERIAIS DRAGADOS NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS ..... 1**

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	2
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
6. ANEXOS.....	125

## Programa de Monitoramento Ambiental para Desmobilização da Antiga Área de Descarte de Materiais Dragados na Região do Porto de Santos

### 1. Introdução e Objetivos

O Programa de Monitoramento Ambiental para a Desmobilização da Antiga Área de Descarte de Materiais Dragados na Região do Porto de Santos foi delineado para acompanhar as condições do ambiente marinho na região da área aonde vinha sendo efetuado o descarte do material oriundo da dragagem de manutenção dos berços e seus acessos. A Figura 1-1 apresenta uma esquematização desta área, bem como indica as coordenadas da mesma.

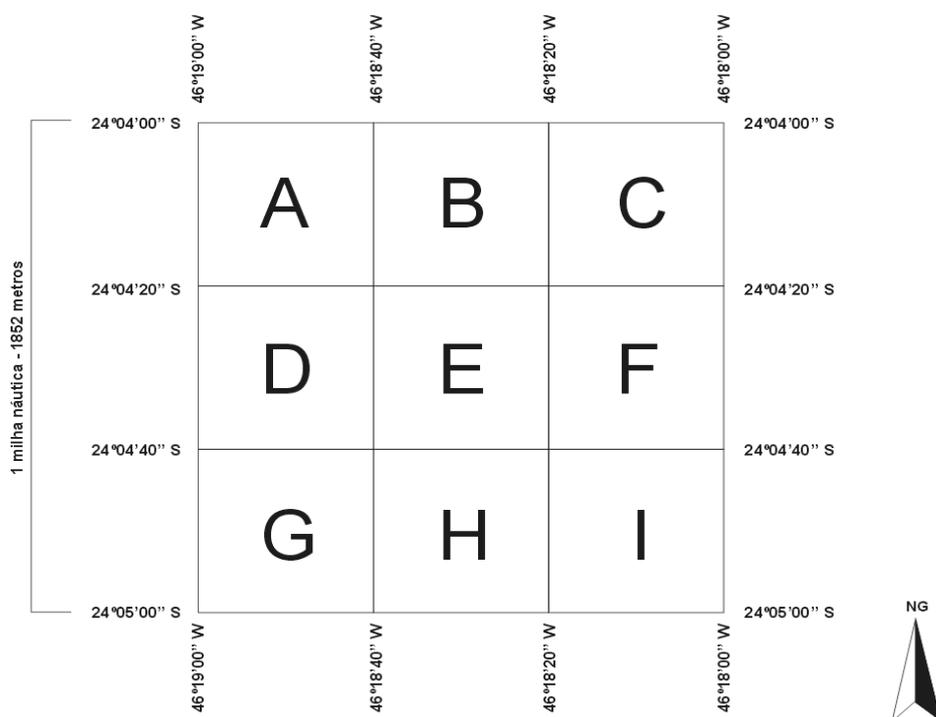


Figura 1-1. Desenho esquemático do quadrilátero da antiga área de descarte (*Datum WGS 84*).

Este programa contempla a realização de seis monitoramentos na área sob influência da pluma de material dragado na região do Porto de Santos, listados a seguir, nos quais são realizadas análises de diferentes parâmetros:

- a) Qualidade dos Sedimentos;
- b) Qualidade da Água de Fundo;
- c) Comunidades Demersais-Bentônicas;
- d) Bioacumulação: Análises Químicas nos Tecidos dos Organismos;
- e) Comunidades de Fundo Consolidado (Costão Rochoso);
- f) Comunidades Bentônicas de Fundo Inconsolidado.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos de Área sob Influência da Pluma de Material Dragado**

Para o monitoramento da qualidade dos sedimentos, a coleta das amostras é realizada com dragas do tipo *van Veen* de aço inox. A amostra constitui-se de três subamostras coletadas em triangulação. As subamostras são misturadas e homogeneizadas em bandeja de aço inox e auxílio de espátula de mesmo material. Todas as amostras de sedimento são acondicionadas em frascaria apropriada, armazenadas em caixas térmicas com gelo e mantidas sob refrigeração.

São realizadas semestralmente amostragens em 9 pontos de coleta, conforme coordenadas apresentadas na Tabela 2.1-1 e Figura 2.1-1.

Tabela 2.1-1. Coordenadas (Datum WGS 84) dos pontos de amostragem de sedimento para o Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos.

Ponto	Codigo da amostra	Coordenadas prévia (UTM)		
		Zona	Easting mE	Northing mN
1	SF-1	23 J	354361	7331492
2	SF-2	23 J	363913	7334747
3	SF-3	23 J	366993	7336809
4	SF-4	23 J	369127	7333542
5	SF-5	23 J	370249	7338412
6	SF-6	23 J	371438	7339203
7	SF-7	23 J	373866	7339536
8	SF-8	23 J	382705	7345235
9	SF-9	23 K	402948	7353031



Figura 2.1-1. Localização dos 9 pontos de amostragem de sedimento e água de fundo (datum WGS 84). O ponto P3 localiza-se dentro da Antiga Área de Descarte.

Durante a amostragem de sedimentos, é realizada *in situ* a medição, em triplicata, de parâmetros físico-químicos das amostras (pH,  $E_H$  e temperatura) com medidor portátil multi parâmetro, devidamente calibrado.

Para a avaliação das amostras de sedimento são analisados os parâmetros conforme Tabela 2.1-2.

O monitoramento de dioxinas e furanos deve ser intensificado caso estas substâncias ocorram em concentração acima do nível inferior de *threshold effect level* (TEL) da *Canadian Sediment Quality Guidelines*, ou seja, deve ser repetido nos 2 (dois) meses subsequentes. O TEL corresponde ao nível de efeito limiar abaixo do qual efeitos induzidos por dioxinas e furanos são pouco prováveis. Esse mesmo documento também define o PEL (*probable effects level*), que estabelece um limite no qual, acima dele, a ocorrência de efeitos adversos induzidos pelos compostos é altamente provável. Entre os níveis de TEL e PEL, a ocorrência de efeitos adversos pode ser ocasional.

Tabela 2.1-2. Detalhamento dos parâmetros analisados nas amostras coletadas para o Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos.

Grupo	Parâmetros
Granulometria	-
Metais Totais e Arsênio	Arsênio
	Cádmio
	Chumbo
	Cobre
	Cromo
	Ferro Total
	Manganês
	Níquel
	Zinco
	Mercurio
Carbono Orgânico Total e Nutrientes	Carbono Orgânico Total
	Nitrogênio Kjeldahl
	Fósforo Total
Bifenilas Policloradas	PCB's Totais
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA's	Benzo (a) Pireno
	Acenafteno
	Acenaftileno
	Benzo (a) Antraceno
	Criseno
	Dibenzo (a,h) Antraceno
	Fluoranteno
	Indeno (1,2,3 - cd) Pireno
	Naftaleno
	Pireno
	Antraceno
	Benzo (b) Fluoranteno
	Benzo (g,h,i) Perileno
	Fenantreno
	Benzo (k) Fluoranteno
	Fluoreno
2-Metilnaftaleno	
Somatória de HPA	
Dioxinas e Furanos	i-TEQ-USEPA
	i-TEQ-WHO

Além dos parâmetros químicos analisados no sedimento, são realizados testes de toxicidade com o anfípodo *Leptocheirus plumulosus* nas amostras dos 9 pontos e ensaios de mutagenicidade de AMES nas amostras dos pontos 3, 5 e 9.

Durante os ensaios ecotoxicológicos, os laboratórios responsáveis mantêm rigorosos controles das condições laboratoriais exigidas, como substâncias de referência e outros. Para os ensaios com o anfípodo *L. plumulosus*, o ensaio é realizado conforme método ABNT NBR 15638 (2008) e para o ensaio de mutagenicidade de AMES segue-se os procedimentos descritos pelas Normas Técnicas CETESB-L5620 e EPA/600/4-85/058 (1985).

## **2.2. Monitoramento da Qualidade da Água de Fundo na Área sob Influência da Pluma de Material Dragado**

Em relação ao monitoramento da qualidade da água de fundo, os pontos de coleta são os mesmos da amostragem de sedimento (Tabela 2.1-1).

Em todos os pontos de amostragem de água de fundo são realizadas análises *in situ* para a medição da profundidade de coleta, bem como dos parâmetros físico-químicos (pH, sólidos suspensos, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade). Ainda nas amostras de água de fundo são avaliados parâmetros químicos em laboratório, conforme descrito na Tabela 2.2-1.

Após a coleta, as amostras são armazenadas em caixas térmicas com gelo e mantidas sob refrigeração entre 2º e 6ºC, desde o momento da coleta até o início das análises.

O monitoramento de dioxinas e furanos deve ser intensificado quando da ocorrência destas substâncias em concentração acima no nível inferior (TEL) da *Canadian Sediment Quality Guidelines*, sendo repetido nos 2 (dois) meses subsequentes.

Tabela 2.2-1. Detalhamento dos parâmetros analisados nas amostras coletadas para o Monitoramento da Qualidade da Água de Fundo.

Grupo	Parâmetros
Metais Totais e Arsênio	Arsênio
	Cádmio
	Chumbo
	Cobre
	Cromo
	Ferro Total
	Manganês
	Níquel
	Zinco
	Merúrio
	Carbono Orgânico Total e Nutrientes
Nitrogênio Kjeldahl	
Fósforo Total	
Bifenilas Policloradas	PCB's Totais
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA's	Benzo (a) Pireno
	Acenafteno
	Acenaftileno
	Benzo (a) Antraceno
	Criseno
	Dibenzo (a,h) Antraceno
	Fluoranteno
	Indeno (1,2,3 - cd) Pireno
	Naftaleno
	Pireno
	Antraceno
	Benzo (b) Fluoranteno
	Benzo (g,h,i) Perileno
	Fenantreno
	Benzo (k) Fluoranteno
	Fluoreno
	2-Metilnaftaleno
	Somatória de HPA
Dioxinas e Furanos	i-TEQ-USEPA
	i-TEQ-WHO

### 2.3. Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas em Área sob Influência da Pluma de Material Dragado

#### Coleta dos Organismos Demersais-Bentônicos

Para a realização do monitoramento da fauna demersal-bentônica, são realizadas coletas de organismos utilizando uma embarcação da frota comercial de tangones que atua na região, na pesca de camarão (Figura 2.3-1). As redes de

pesca possuem as seguintes dimensões: tralha inferior, 20 m; tralha superior, 18 m; malha do ensacador, 25 mm e da manga de 45 mm.



Figura 2.3-1. Imagem da porta da rede de arrasto-de-fundo da embarcação usada na coleta dos organismos demersais-bentônicos.

Os lances de pesca são realizados paralelos à costa, próximos à isóbata de 20 metros com duração de 30 minutos nos pontos AR1, AR2 e AR3 e de 60 minutos no ponto controle (AR4), situado em frente ao Município de Praia Grande. A Figura 2.3-2 apresenta o mapa com a localização dos pontos de coleta da fauna e a Tabela 2.3-1 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

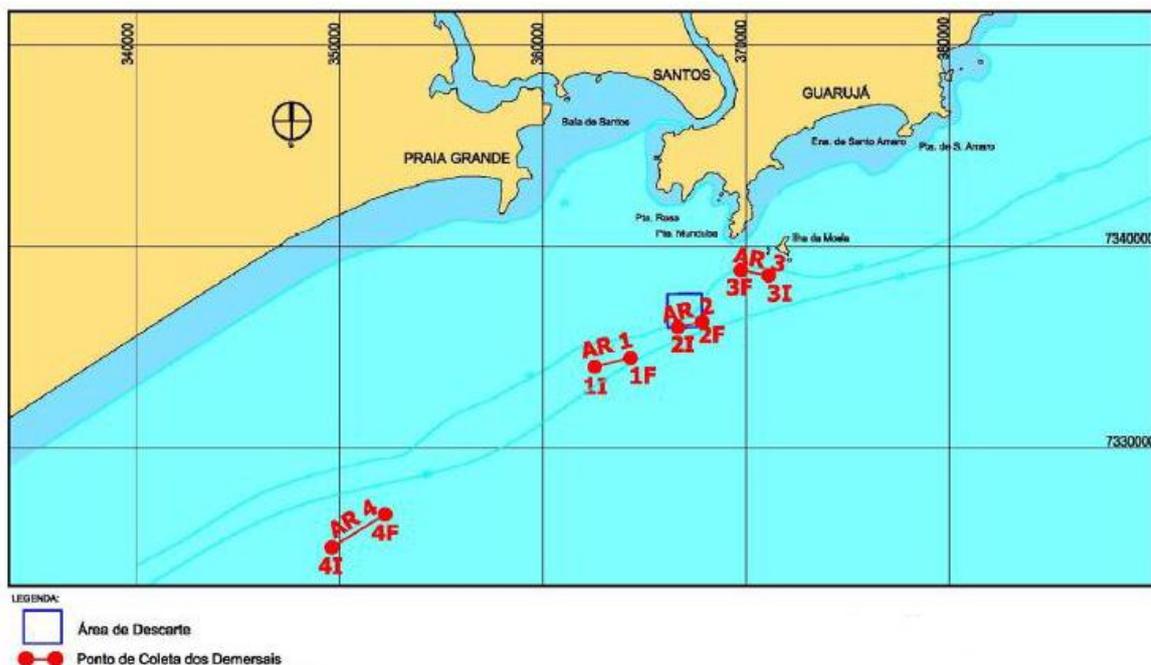


Figura 2.3-2. Mapa com a localização dos pontos de coleta da fauna demersal-bentônica. O quadrado representa a antiga área de descarte do material dragado, o ponto AR4 corresponde ao ponto controle.

Tabela 2.3-1. Coordenadas geográficas de lançamento e recolhimento das redes de arrasto nos pontos de coleta para o Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas.

Ponto de Coleta	Lançamento		Recolhimento	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
AR1	24° 05,855' S	046° 21,158' W	24° 05,505' S	046° 19,898' W
AR2	24° 04,945' S	046° 19,058' W	24° 04,845' S	046° 17,918' W
AR3	24° 03,645' S	046° 17,258' W	24° 03,615' S	046° 16,018' W
AR4 (controle)	24° 10,975' S	046° 29,768' W	24° 10,025' S	046° 27,878' W

Imediatamente após a despesca, os organismos são submetidos a um procedimento de choque térmico, sendo logo transferidos para uma caixa de isopor contendo água do mar e gelo de boa qualidade na proporção 1:1, e mantidos nesse ambiente até a sua insensibilização. A quantidade de gelo utilizada deve ser suficiente para manter a temperatura da água entre 4° e 6° C (Kietzmann *et al.*, 1974; Meyer e Ludorff, 1978; Kubitzka, 2000), sendo garantido rápido abate, menor sofrimento aos animais e preservação da qualidade dos tecidos.

Em laboratório, sempre que possível, os organismos são identificados ao nível taxonômico de espécie, com auxílio de manuais de identificação para cada grupo. São obtidos dados de número e dados biométricos (comprimento total e massa total) dos exemplares de cada espécie capturada (para os camarões foi registrado, também, o comprimento da carapaça, e para os siris e caranguejos, a largura da carapaça). Os estômagos dos peixes são avaliados quanto ao grau de repleção, ou seja, se estavam com conteúdo ou vazio. Para isto é usada a seguinte escala: vazio, pouco cheio, meio cheio e cheio. Esta análise permite verificar a atividade alimentar das espécies no momento da captura e inferir sobre a utilização deste ecossistema pelas espécies para alimentação. Para verificar a atividade reprodutiva das espécies nesta região, também são avaliados os estádios de desenvolvimento gonadal das espécies mais abundantes e classificados segundo a escala macroscópica de Vazzoler (1996).

Os organismos coletados são classificados e separados em quatro categorias, a saber: peixes (ósseos e cartilagosos); crustáceos; moluscos; e outros organismos (invertebrados, como esponjas, estrelas-do-mar, ouriços, anêmonas, água-viva, e outros que são capturados oportunamente pela rede de arrasto). Tendo em vista que o aparelho amostral não é o ideal para avaliar os parâmetros populacionais dos outros organismos, esses não foram incluídos nas análises ecológicas.

### **Tratamento dos Dados**

Inicialmente é gerado um banco eletrônico de dados, contendo as seguintes informações: ponto de coleta, táxon ou grupo zoológico, família, espécie, nome popular, número e peso dos exemplares, comprimento, sexo, estágio de desenvolvimento sexual e índice de repleção estomacal. Estas informações poderão ser utilizadas posteriormente para verificação de mudanças na estrutura da comunidade.

Em relação aos atributos das populações, são calculadas a abundância absoluta e relativa, a proporção em número e em peso e a biomassa em gramas de cada espécie. Com relação aos atributos das comunidades, são calculados os

índices de riqueza de Margalef (Ludwig e Reynolds, 1988), de diversidade de Shannon e de equitatividade de Pielou (Magurran, 1988). Estes índices consideram a riqueza em espécies e a proporção das populações nos ecossistemas e são amplamente utilizados em estudos de comunidades. As fórmulas utilizadas para o cálculo foram as seguintes:

- *Diversidade de Shannon:*  $H' = -\sum (p_i \cdot \ln p_i)$ ;
- *Riqueza de Margalef:*  $d = (S - 1) / \ln N$ ;
- *Equitabilidade Pielou:*  $J' = H' / \ln S$ .

#### 2.4. Monitoramento da Bioacumulação: Análises Químicas nos Tecidos dos Organismos

A coleta de tecido de organismos da fauna demersal-bentônica para análise de bioacumulação é realizada juntamente com a campanha de Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas em Área sob Influência da Pluma de Material Dragado. A escolha dos táxons para a realização das análises químicas de contaminantes nos tecidos é baseada na disponibilidade de biomassa nos pontos de coleta, a fim de possibilitar a comparação entre os diferentes pontos e possibilitar o acompanhamento temporal em campanhas posteriores. A Tabela 2.4-1 apresenta um grupo de seis potenciais espécies para a análise de bioacumulação, com hábito alimentar e comportamento ligados ao substrato marinho.

Tabela 2.4-1 Lista de potenciais espécies e nomes vulgares dos organismos que poderão ser utilizados nas análises químicas de bioacumulação.

TAXON	NOME VULGAR
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Camarão sete barbas
<i>Etropus</i> sp.	Linguado
<i>Litopenaeus schimitti</i>	Camarão-branco
<i>Paralichthys brasiliensis</i>	Maria-luiza
<i>Menticirrhus americanus</i>	Betara
<i>Zapteryx brevirostris</i>	Raia-viola-cara-curta

Entretanto, as espécies capturadas podem não ocorrer de forma homogênea em todos os pontos de coleta. Assim, em alguns pontos há necessidade de substituição de algumas espécies por outras do mesmo nível trófico para obtenção de amostras de tecido suficiente para as análises químicas.

Não são utilizados indivíduos de grande porte, pois estes apresentam grande mobilidade, não sendo exclusivamente residentes do ecossistema em questão e, portanto, podem estar expostos a outros interferentes.

As espécies selecionadas para as análises são acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração até a chegada nos laboratórios da Fundespa, onde são transferidos para congeladores. Para a análise de contaminantes são obtidas amostras de tecidos, acondicionados em papel alumínio e preservados à -20°C para envio ao laboratório especializado. A manipulação e a retirada de tecido muscular dos organismos são realizadas seguindo USEPA (2000).

Posteriormente, as amostras são enviadas ao laboratório responsável pelas análises químicas nos tecidos musculares dos organismos demersais-bentônicos.

## **2.5. Monitoramento das Comunidades de Fundo Consolidado (Costão Rochoso) sob Influência da Pluma de Material Dragado**

### **2.5.1. Localização dos Pontos de Amostragem**

A amostragem fisionômica das comunidades de costão rochoso é realizada em quatro pontos de coleta distribuídos na Ilha da Moela, Ponta do Munduba e Ilha Monte Pascoal em Bertioga. A localização dos pontos de amostragem é indicada pela Tabela 2.5.1-1.

Tabela 2.5.1-1. Localização dos pontos de amostragem para o monitoramento das comunidades de costão rochoso.

Pontos	Coordenadas prévias	
	Latitude	Longitude
1 Ilha da Moela NW	24°02'45.04"S	46°15'48.75"W
2 Ilha da Moela SW	24°03'00.90"S	46°15'58.58"W
3 Ponta do Manduba	24°02'30.15"S	46°17'18.33"W
4 Ilha Monte Pascoal	23°49'31.89"S	46°01'28.77"W

### 2.5.2. Procedimentos de Amostragem

As coordenadas apresentadas na Tabela 2.5.1-1 atuam meramente como indicativos da face do costão que é amostrada, sendo necessárias tomadas de pontos georreferenciados em campo, com a precisão adequada para a interpretação dos resultados, segundo o objetivo específico de caracterizar, amostrar e quantificar as fisionomias ali presentes. São anotados o tamanho da área e as coordenadas de início e término da região amostrada no costão.

É realizada uma avaliação preliminar das fisionomias existentes no local por meio de estimativa visual e posteriormente amostragem quantitativa, por meio de mergulhos de reconhecimento no local, nos quais são listadas todas as fisionomias que podem ser discriminadas visualmente. Para cada fisionomia identificada é preenchida uma ficha com sua descrição, contendo uma foto da fisionomia, a relação dos organismos dominantes, nível em que ocorre e possíveis variações encontradas.

Para cada fisionomia encontrada é determinada a distribuição horizontal em termos de latitude e longitude. Também é avaliada a distribuição vertical em relação ao nível de maré.

### 2.5.3. Análise dos Dados

Os dados são analisados por meio da repartição espacial em modo R. A definição de grupos com a utilização das três áreas como unidades (modo R) destaca semelhanças presentes entre estas no período de coleta, as quais são importantes na caracterização das comunidades. Esta análise é efetuada no

plano qualitativo e quantitativo e utiliza-se como descritor de heterogeneidade o Índice de Similaridade de Kulczynski.

São caracterizados parâmetros geomorfológicos tais como declividade, perfil vertical, fisiografia (costão amplo, matacão), heterogeneidade (quantidade de refúgios), orientação geográfica da face da rocha (grau de insolação) e hidrodinamismo (intensidade de batimento pelas ondas).

## **2.6. Monitoramento das Comunidades Bentônicas de Fundo Inconsolidado na Área sob Influência da Pluma de Material Dragado**

### **2.6.1. Localização dos Pontos de Amostragem**

Os pontos de coleta para o monitoramento das comunidades bentônicas de fundo inconsolidado correspondem aos mesmos pontos utilizados no Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos da Área sob Influência da Pluma de Material Dragado (subitem 2.1) e do Monitoramento da Qualidade da Água de Fundo na área sob influência da Pluma de Material Dragado (subitem 2.2), indicados na Tabela 2.1-1.

### **2.6.2. Procedimentos de Amostragem e Armazenamento**

Para caracterização das comunidades bentônicas, as coletas são realizadas com o auxílio de um pegador-de-fundo do tipo *van Veen* (área amostral de 0,05 m<sup>2</sup> e volume aproximado de 4 litros de sedimentos), sendo obtidas três réplicas em cada um dos pontos de coleta. As amostras coletadas são lavadas *in situ* em uma peneira com abertura de malha de 0,5 mm. Em seguida, o material retido é colocado em recipientes plásticos, fixado em álcool a 70% e acondicionado em caixas térmicas com gelo para armazenamento.

### 2.6.3. Análise em Laboratório

Em laboratório, as amostras são triadas sob microscópio estereoscópico e os organismos encontrados são separados em grandes grupos taxonômicos e registrados. Em seguida, todos os organismos são identificados até o menor nível taxonômico possível e os organismos não identificados em nível de espécie são classificados em morfotipos para serem incluídos nos cálculos de riqueza e diversidades de espécies.

Após a triagem, é realizado um registro fotográfico do sedimento restante de cada uma das réplicas triadas, incluindo uma avaliação semi-quantitativa da presença de fragmentos vegetais e de carbonato biodetrítico.

### 2.6.3. Análise de Dados

Os cálculos para as densidades médias e descritores da comunidade bentônica são feitos a partir da média entre as triplicatas e são eles: (1) abundância de indivíduos (ind. m<sup>-2</sup>); (2) riqueza específica (*S*: número de espécies/m<sup>2</sup>); (3) diversidade de espécies de Shannon-Wiener (*H'*: bits/indivíduo); e (4) equitatividade de Pielou (*J'*). O índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (Magurran, 1988) é calculado com logaritmos naturais (ln), conforme recomendam Martins e Santos (1999), através da equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde:

*p<sub>i</sub>* = porcentagem relativa da espécie “*i*” no total amostrado de todas as riquezas de espécies.

A equitatividade de Pielou indica se as espécies possuem abundâncias iguais entre todas as espécies da comunidade (*J'*=1) ou se apenas uma ou relativamente poucas espécies de uma comunidade tem grande número de indivíduos (*J'* próximo a zero) (Krebs, 1989; Martins e Santos, 1999; Clarke e Warwick, 2001). A equitatividade é calculada através da fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Onde:

$H'$  = índice de diversidade de espécies;

$S$  = número de espécies na amostra.

Para identificar quais as espécies mais importantes em cada amostra, é utilizada a Análise de Percentagens de Similaridade (Simper) (Clarke e Warwick, 2001). O Simper também compara pares de amostras de modo a mostrar a contribuição média das principais espécies à similaridade entre elas. Desta maneira, se uma espécie apresenta uma alta contribuição dentro de um grupo de amostras e baixa nos outros grupos, pode ser considerada como uma boa espécie discriminadora.

### 3. Resultados e Discussão

São apresentadas a seguir as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos deste programa de monitoramento referentes ao período de julho a dezembro de 2013, que correspondem às seguintes campanhas:

- i) Campanhas de julho e outubro de 2013 do Monitoramento da Qualidade química e ecotoxicológicas dos sedimentos;
- ii) Campanhas de novembro e dezembro de 2013 do Monitoramento intensificado de dioxinas e furanos no sedimento;
- iii) Campanhas de julho e outubro de 2013 do Monitoramento da Qualidade química da água de fundo;
- iv) Campanha de outubro de 2013 do Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas e Bioacumulação;
- v) Campanhas de julho e outubro de 2013 do Monitoramento das Comunidades Bentônicas de Fundo Inconsolidado;
- vi) Campanha de novembro de 2013 do Monitoramento das Comunidades de Fundo Consolidado (Costão Rochoso).

### 3.1. Monitoramento da Qualidade de Sedimento

#### Campanha de julho de 2013

A Campanha de julho de 2013 foi realizada nos dias 4 e 5 de julho de 2013, sendo coletadas amostras de sedimento nos 9 pontos de coleta. As coletas nos pontos P5, P7, P8 e P9 foram realizadas no primeiro dia de coleta e a amostragem nos pontos P1 a P4 e P6 foi realizada no segundo dia. Os resultados físico-químicos, das análises químicas, granulométricas e ecotoxicológicas das amostras de sedimento são apresentados a seguir. Os laudos referentes às análises químicas e ecotoxicológicas desta campanha encontram-se no Anexo 6-1.

#### A. Resultados das Análises Físico-Químicas

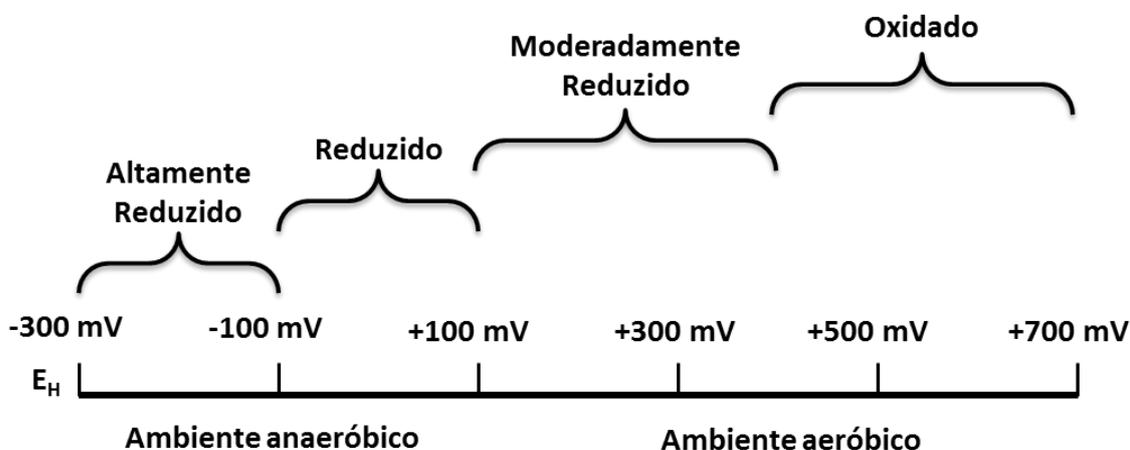
Os resultados médios ( $n=3$ ) de potencial Redox ( $E_H$ ; mV), de potencial hidrogeniônico (pH) e de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) medidos *in situ* nas amostras coletadas na Campanha de julho de 2013 encontram-se na Tabela 3.1-1.

Tabela 3.1-1. Valores médios dos parâmetros físico-químicos  $E_H$ , pH e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) medidos *in situ* nas amostras de sedimento da Campanha de julho de 2013.

Ponto de coleta	$E_H$ (mV)	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
P1	-6,70	7,64	21,67
P2	-28,70	7,90	21,60
P3	3,33	7,98	22,03
P4	-103,27	7,84	22,37
P5	-76,83	7,83	21,77
P6	-59,97	7,90	21,87
P7	-13,63	7,84	22,30
P8	-141,13	7,86	21,80
P9	22,40	7,91	22,27

Os valores médios de  $E_H$  variaram de -141,1 a 22,4 mV, sendo que o primeiro valor ocorreu no ponto P8 e o segundo, no ponto P9. Esses valores caracterizam o ambiente sedimentar como anaeróbico, conforme escala de potencial de oxi-redução (Figura 3.1-1), ou seja, possui características redutoras

esperadas para sedimentos submersos. Contudo, esses valores não são tão negativos como os encontrados em sedimentos de ambientes com baixa hidrodinâmica e alta produtividade primária (Wasserman e Wasserman, 2008), como manguezais e estuários, considerados altamente reduzidos.



Adaptado de Arana (2003)

Figura 3.1-1. Escala de potencial de oxi-redução ( $E_H$ ) para sedimentos. Adaptado de Arana (2003).

Os resultados médios de pH variaram pouco entre os pontos de coleta, com valores entre 7,64 e 7,98. Esses valores de pH estão dentro do esperado para uma região marinha (valores de pH próximo de 8), porém com certa influência estuarina e antrópica (Wright e Colling, 1995; Braga e Niencheski, 2006; Azevedo e Braga, 2011).

A temperatura também variou pouco entre as amostras, apresentando valores entre 21,6 e 22,3°C, ou seja, com uma diferença de apenas 0,7°C entre o menor e maior valor medido. Estas temperaturas são menores do que as encontradas nas campanhas realizadas durante os meses anteriores e mais quentes do ano. Nas campanhas realizadas entre janeiro e maio de 2013, a temperatura média foi sempre maior do que 23°C, chegando a registrar média de 25,6°C em janeiro.

## B. Resultados das Análises Químicas e Granulométricas

### Metais e Arsênio

Os resultados de concentração dos metais e semimetais analisados nas amostras de sedimento da Campanha de julho de 2013 são apresentados na Tabela 3.1-2.

Foram quantificados em todas as amostras de sedimento coletadas nesta campanha os metais chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco, em concentrações abaixo dos limites de Nível 1 estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12 (Brasil, 2012).

Os metais ferro e manganês também foram quantificados em todas as amostras coletadas, porém a Resolução CONAMA 454/12 não estabelece valores de alerta para estes metais. Os valores de ferro encontrados variaram entre 5440,2 (P3) e 21656,2 mg/kg (P6) e os valores de manganês entre 89,6 (P1) e 568,8 mg/kg (P6).

Os demais metais analisados (cádmio e mercúrio) e o semimetal arsênio apresentaram, em todas as amostras de sedimento, concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado (LQ).

Tabela 3.1-2. Concentração dos metais e semimetal analisados (mg/kg) nas amostras de sedimento referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Metais e Arsênio												
Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Arsênio Total	mg/kg	19	70	<0,489	<0,462	<0,493	<0,530	<0,691	<1,18	<0,604	<0,628	<0,486
Cádmio Total	mg/kg	1,2	7,2	<0,326	<0,308	<0,329	<0,354	<0,460	<0,789	<0,403	<0,419	<0,324
Chumbo Total	mg/kg	46,7	218	7,84	8,65	5,24	10,30	16,80	29,50	12,00	16,40	8,52
Cobre Total	mg/kg	34	270	0,80	1,00	1,09	2,34	4,36	10,00	3,18	3,28	0,76
Cromo Total	mg/kg	81	370	8,54	11,00	6,23	12,70	16,10	27,60	12,50	16,20	8,39
Ferro Total	mg/kg	-	-	6646,0	8014,8	5440,2	8935,6	14258,7	21656,2	12029,0	14250,4	7247,1
Manganês Total	mg/kg	-	-	89,6	136,3	111,3	152,3	282,2	568,8	222,9	274,9	135,9
Mercúrio Total	mg/kg	0,3	1	<0,013	<0,012	<0,013	<0,014	<0,018	<0,032	<0,016	<0,017	<0,013
Níquel Total	mg/kg	20,9	51,6	2,34	3,54	2,35	4,81	5,87	10,90	4,40	5,88	2,62
Zinco Total	mg/kg	150	410	17,1	18,8	14,5	21,7	34,5	54,5	28,3	33,7	16,6

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

### ***Bifenilas Policloradas Totais (PCB) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)***

As amostras de sedimento coletadas nos 9 pontos amostrais, referentes à Campanha de julho de 2013, apresentaram concentrações dos compostos de PCB inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado (Tabela 3.1-3).

Tabela 3.1-3. Resultados de PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal "<" indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Bifenilas Policloradas ou PCBs												
Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Bifenilas Policloradas Totais	$\mu\text{g}/\text{kg}$	22,7	180	<0,0782	<0,0740	<0,0788	<0,0849	<0,1105	<0,1893	<0,0966	<0,1005	<0,0778

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.  
 Valor Acima do Nível 2.

Em relação aos compostos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), todos apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras coletadas (Tabelas 3.1-4).

Tabela 3.1-4. Resultados de HPA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento referentes à Campanha de junho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos ou HPAs												
Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Benzo(a)antraceno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	280	690	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Benzo(a)pireno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	230	760	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Criseno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	300	850	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Dibenzo(a,h)antraceno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	43	140	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Acenafteno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	16	500	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Acenaftileno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	44	640	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Antraceno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	85	1100	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Fenantreno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	240	1500	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Fluoranteno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	600	5100	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Fluoreno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	19	540	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
2-Metilnaftaleno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	70	670	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Naftaleno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	160	2100	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Pireno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	665	2600	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Benzo(k)fluoranteno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	-	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Benzo(g,h,i)perileno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	-	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Indeno(1,2,3-cd)pireno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	-	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Benzo(b)fluoranteno	$\mu\text{g}/\text{kg}$	-	-	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89
Somatória de HPAs	$\mu\text{g}/\text{kg}$	4000	-	< 3,91	< 3,70	< 3,94	< 4,24	< 5,52	< 9,46	< 4,83	< 5,03	< 3,89

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

### Carbono Orgânico Total (COT) e Nutrientes

A Tabela 3.1-5 apresenta os resultados analíticos de carbono orgânico total (COT), nitrogênio Kjeldahl total (NKT) e fósforo total das amostras de sedimento coletadas durante a Campanha de julho de 2013. Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de COT, NKT e fósforo total inferiores aos valores de alerta estabelecidos na Resolução CONAMA 454/12.

Tabela 3.1-5. Resultados de carbono orgânico total (%), nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Outros Parâmetros											
Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Carbono Orgânico Total	%	10	0,10	0,31	0,58	0,79	1,51	3,39	0,71	0,84	0,51
Fósforo Total	mg/kg	2000	115,5	121,1	103,3	159,0	259,9	505,3	182,7	213,8	122,6
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4800	< 97,8	< 92,5	122,0	184,7	348,1	933,9	165,1	285,3	< 97,3

Legenda: Valor Acima do valor alerta

A porcentagem de carbono orgânico total variou entre 0,10%, no ponto P1, e 3,39%, no ponto P6. A concentração de fósforo total variou entre 103,3 (P3) e 259,9 mg/kg (P6). Já o parâmetro NKT não foi quantificado nas amostras dos pontos P1, P2 e P9 e, nas amostras em que foi quantificado, o valor máximo ocorreu no ponto P6 (933,9 mg/kg).

Analisando os resultados de COT, NKT e fósforo total obtidos nas campanhas realizadas no ano de 2013 (Tabela 3.1-6), no geral, os menores valores ocorreram na maioria das vezes nos pontos P1 e P2 e ocasionalmente no ponto P9. Já os maiores valores ocorreram no ponto P6. O ponto P6, por se localizar próximo à Ilha da Moela, provavelmente recebe mais nutriente e material orgânico proveniente do continente em comparação com os demais pontos. Os pontos P5 e P7 são próximos do ponto P6 e, no geral, também apresentaram valores altos de COT e nutrientes. Além disso, assim como os sedimentos lamosos carregados por correntes possuem uma tendência de depositar nesta região (DTA Engenharia, 2013<sup>1</sup>), os nutrientes associados a esses substratos também podem se depositar nessa região aumentando sua concentração no sedimento.

---

<sup>1</sup> DTA Engenharia, 2013. Relatório de integração “Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP” a ser protocolado pela Codesp.

Tabela 3.1-6. Resultados de carbono orgânico total (%), nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) das amostras de sedimento das Campanhas de janeiro a julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Pontos	Nitrogênio Kjeldahl Total - NKT (mg/kg)						
	Jan-13	Fev-13	Mar-13	Abr-13	Mai-13	Jun-13	Jul-13
P1	290,6	348,1	1481,2	3264,8	372,4	122,3	< 97,8
P2	273	363,6	1374,8	2847,6	352,9	219,5	< 92,5
P3	511,3	436,3	2769,2	4561,2	342,9	227,4	122
P4	352,8	572,4	2346,4	4043,2	405,6	399,3	184,7
P5	532	807,9	3684,8	4793,9	523,4	693,6	348,1
P6	1333,6	816,5	4652	4399,3	1370,7	1810,4	933,9
P7	960,4	858,9	4621,2	4624,6	384,4	1040,7	165,1
P8	538,7	591,9	3463,6	4222,4	363,2	472,5	285,3
P9	275	651,6	2531,2	3945,2	873	173,1	< 97,3
Pontos	Carbono orgânico Total - COT (%)						
	Jan-13	Fev-13	Mar-13	Abr-13	Mai-13	Jun-13	Jul-13
P1	0,28	0,13	2,43	0,55	0,23	0,04	0,1
P2	0,27	0,34	2,47	0,66	0,27	0,35	0,31
P3	1,24	1,13	2,83	0,92	0,92	0,82	0,58
P4	0,96	0,48	3,54	1,12	0,69	0,93	0,79
P5	1,6	1,58	4,96	1,17	1,31	1,2	1,51
P6	3,25	3,53	8,47	3,52	2,61	1,63	3,39
P7	2,53	1,3	6,12	2,49	0,46	1,44	0,71
P8	1,74	0,37	3,81	0,7	0,88	0,85	0,84
P9	0,15	0,97	3,17	0,6	1,58	0,04	0,51
Pontos	Fósforo Total (mg/kg)						
	Jan-13	Fev-13	Mar-13	Abr-13	Mai-13	Jun-13	Jul-13
P1	103,8	116,8	52,9	116,6	133,4	97,6	115,5
P2	97,5	122	49,1	101,7	123,2	68,7	121,1
P3	182,6	146,4	98,9	162,9	119,7	165,2	103,3
P4	126	190,8	83,8	144,4	141,6	69,6	159
P5	190	278,6	131,6	202	182,7	168,2	259,9
P6	476,3	291,6	396,1	362,2	478,5	209,6	505,3
P7	343	286,3	247	314,6	137,3	182,2	182,7
P8	192,4	211,4	123,7	150,8	129,7	100,3	213,8
P9	98,2	217,2	90,4	140,9	311,8	75	122,6

### Granulometria

Na Campanha de julho de 2013, houve predominância da fração areia muito fina nas amostras de sedimentos dos pontos P1, P2 e P3 e da fração silte nas amostras dos pontos P5 a P9 (Tabela 3.1-7). Na amostra do ponto P4, a maior porcentagem foi da fração areia muito fina (47%), porém a fração areia fina

também foi importante, representando 30% dos grãos do sedimento coletado. No ponto P6, também se destaca a contribuição da fração silte na amostra.

Analisando a Figura 3.1-2, pode-se notar claramente a predominância das areias nos pontos P1 a P4. Já nos pontos a NE da Antiga Área de Descarte (P5 a P9) predominaram as lamas (silte e argila). Nas campanhas anteriores a esta, realizadas no primeiro semestre de 2013, apenas as amostras dos pontos P6 e P5 e/ou P7 apresentaram maiores porcentagens de sedimentos lamosos e as dos pontos P8 e P9 apresentam um carácter mais arenoso.

Tabela 3.1-7. Caracterização granulométrica das amostras de sedimento referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Granulometria										
Fração	Unidade	Pontos de Coleta								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Argila	%	0,92	1,66	2,31	6,83	14,70	37,30	6,67	8,68	1,91
Silte	%	5,58	8,74	9,39	16,40	80,80	61,10	69,40	60,80	75,10
Areia Muito Fina	%	92,10	87,30	75,40	46,50	2,86	1,02	19,30	22,30	16,30
Areia Fina	%	1,27	2,21	12,60	29,80	1,44	0,31	4,41	8,14	6,34
Areia Média	%	0,12	0,11	0,31	0,57	0,13	0,11	0,12	0,11	0,16
Areia Grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Muito Grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	93,49	89,62	88,31	76,87	4,43	1,44	23,83	30,55	22,80

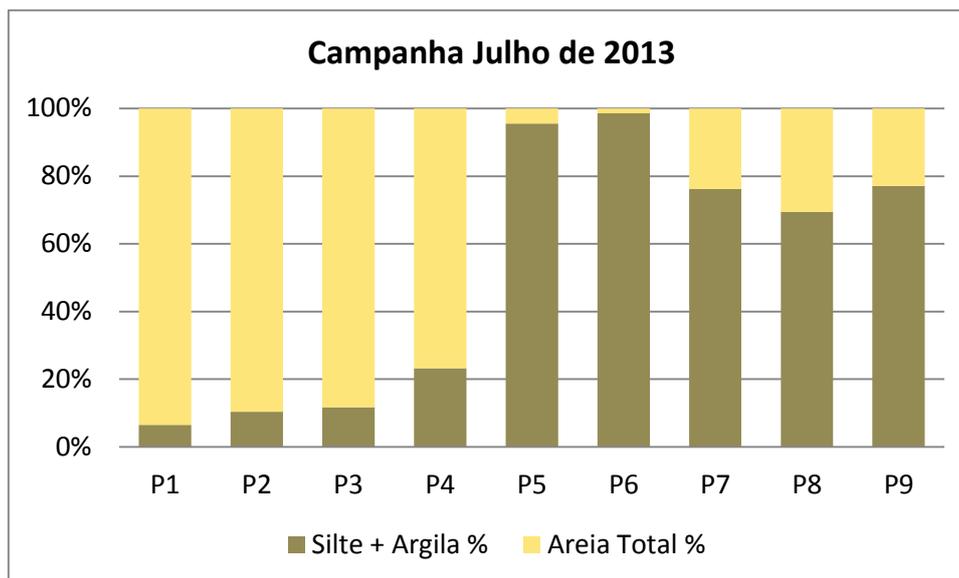


Figura 3.1-2. Proporções (%) de silte + argila e de areia total das amostras de sedimento coletados na Campanha de julho de 2013.

## C. Ensaio Ecotoxicológicos

### ***Sedimento Total (Leptocheirus plumulosus)***

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos das amostras de sedimento superficial da Campanha de julho de 2013 são apresentados a seguir, juntamente com os resultados do controle laboratorial, cujos testes e análises são realizados paralelamente aos das amostras coletadas.

Após dez dias de exposição e de acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observada toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação ao controle, nos ensaios das amostras da Campanha de julho de 2013 (Tabela 3.1-8). Os valores obtidos estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados (ABNT, 2008).

Tabela 3.1-8. Resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* das amostras de sedimento da Campanha de julho de 2013, após dez dias de exposição.

Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade	Mortalidade total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total	%			
Controle	1	1	20	5	3	2,89	-
	2	0	20	0			
	3	1	20	5			
P1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P2	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P3	1	1	20	5	3	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	1	20	5			
P4	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P5	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P6	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P7	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P8	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
P9	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			

A Figura 3.1-3 apresenta a mortalidade total média percentual do anfípodo *L. plumulosus* para cada ponto amostrado e seu respectivo desvio padrão. Foi observado mortalidade apenas nas amostras dos pontos P3 e P6.

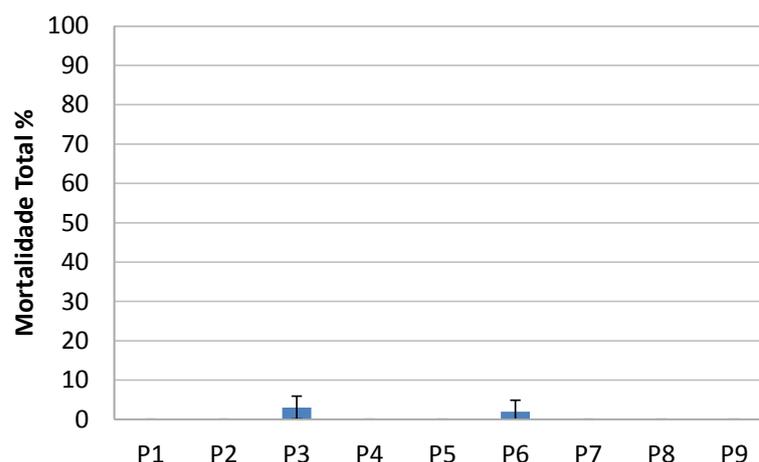


Figura 3.1-3. Mortalidade média percentual e desvio padrão (n=3) de *Leptocheirus plumulosus* observada após os testes de toxicidade aguda nas amostras de sedimento referentes à Campanha de julho de 2013.

Os valores de pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L) medidos na água de interface no início e final do teste de toxicidade aguda estão apresentados na Tabela 3.1-9.

Tabela 3.1-9. Resultados físico-químicos da água de interface no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* das amostras de sedimentos referentes à Campanha de julho de 2013.

Amostra	pH		Salinidade		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,48	8,20	21	22	5,83	6,20
P1	7,72	8,28	21	22	5,98	6,46
P2	7,69	8,32	21	21	5,9	5,99
P3	7,63	8,2	22	23	5,8	6,01
P4	7,62	8,34	21	23	5,66	5,59
P5	7,38	8,35	21	22	5,51	6,23
P6	7,64	8,48	21	23	5,33	5,84
P7	7,66	8,27	22	23	5,79	6,09
P8	7,67	8,28	21	22	5,86	6,27
P9	7,73	8,16	21	22	6,03	6,25

Os resultados das análises dos parâmetros pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não

ionizada (NH<sub>3</sub> - mg/L) realizadas na água intersticial dos sedimentos, no início e final do teste, estão apresentados na Tabela 3.1-10.

Quanto à concentração de amônia não ionizada na água intersticial no início do teste, os valores obtidos variaram entre 0,083 e 0,235 mg/L, mantendo-se sempre abaixo do limite de 0,8 mg/L aceito para a espécie utilizada no teste (USEPA, 2001).

Tabela 3.1-10. Resultados físico-químicos da água intersticial no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* das amostras de sedimentos referentes à Campanha de julho de 2013.

Amostra	pH		Salinidade		Oxigênio Dissolvido		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)		Amônia não ionizada (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,81	7,83	23	22	5,55	5,81	25,3	25,5	1,50	-	0,049	-
P1	8,12	8,08	37	22	5,79	6,06	25,3	25,5	4,00	-	0,235	-
P2	*	7,96	*	22	*	5,91	25,3	25,5	*	-	*	-
P3	7,96	7,95	37	21	5,28	5,97	25,3	25,5	2,00	-	0,083	-
P4	7,94	7,98	37	22	5,49	5,84	25,3	25,5	5,50	-	0,218	-
P5	7,77	7,92	36	22	5,40	5,70	25,3	25,5	4,00	-	0,108	-
P6	7,34	7,95	36	22	4,39	5,55	25,3	25,5	10,00	-	0,102	-
P7	7,84	7,91	37	24	5,48	5,60	25,3	25,5	4,00	-	0,127	-
P8	7,94	7,96	36	23	5,34	5,69	25,3	25,5	4,00	-	0,158	-
P9	*	7,99	*	23	*	5,83	25,3	25,5	*	-	*	-

**Legenda:** \* Não foi obtida água intersticial suficiente para a leitura dos parâmetros físico-químicos, após a centrifugação do sedimento.

**Valor** Concentração de amônia não ionizada acima do limite (0,8 mg/L) para *Leptocheirus plumulosus*.

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) e respectivo intervalo de confiança (I.C.) foi de 0,82 mg Zn/L e I.C. de 0,66 a 1,01 mg Zn/L. A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma CL<sub>50</sub>; 96h média de 0,64 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2.desvio padrão) de 0,36 a 0,91 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

#### D. Informações das Atividades de Dragagem

São apresentadas neste item informações sobre o número de viagens realizadas pelas dragas à Antiga Área de Descarte. Estes dados foram fornecidos pela CODESP e se encontram no Anexo 6-2. Na Figura 3.1-4 pode-se observar o número de viagens por dia realizadas pela draga *Hang Jun 5001* durante o mês de julho de 2013 e a indicação da data da realização da campanha para coleta de amostra deste mês (04 de julho).

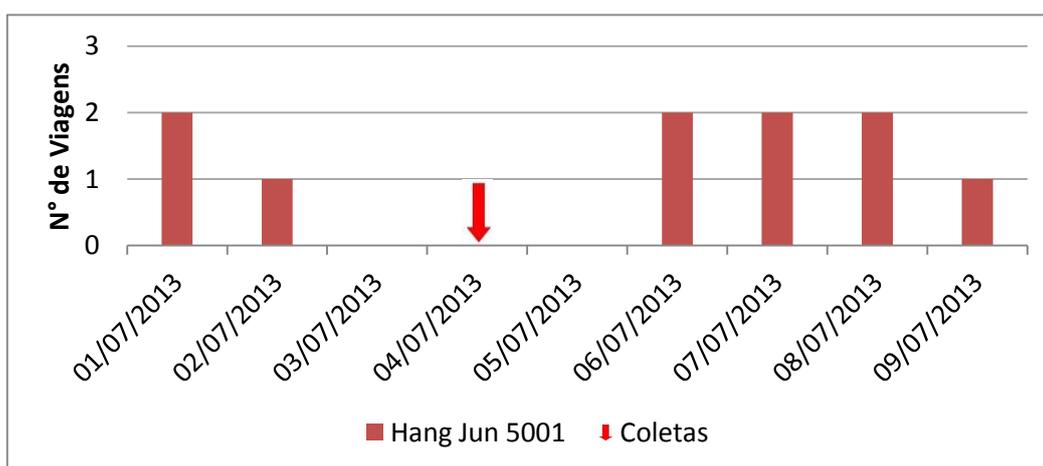


Figura 3.1-4. Número de viagens por dia realizadas pela draga *Hang Jun 5001* à Antiga Área de Descarte durante o mês de julho de 2013. Seta vermelha = data da campanha de coleta de amostras.

De acordo com informação fornecida pela Codesp, a última viagem para descarte de material dragado na Antiga Área de Descarte foi realizada no dia 09 de julho de 2013. Sendo assim, durante esses 9 primeiros dias de julho de 2013, foram realizadas 10 viagens.

Já em relação ao número de viagens entre campanhas de coleta de amostras, foram realizadas 13 viagens entre as campanhas de junho e julho e, após esta última, ocorreram mais 7 viagens (Tabela 3.1-11 e Figura 3.1-5).

O volume de sedimentos descartados na Antiga Área de Descarte durante o mês de julho, até a data do último descarte realizado, foi de 2.4211,2 m<sup>3</sup>. Apesar do número de viagens realizadas em julho ser bem próximo do número de viagens realizadas em junho (10 e 13, respectivamente), o volume descartado de

sedimentos dragados foi aproximadamente a metade do volume descartado em junho (4.477 m<sup>3</sup>).

Tabela 3.1-11. Número de viagens realizadas por dragas à Antiga Área de Descarte nos períodos anteriores às datas das Campanhas de junho e julho de 2013.

Período		Nº de Viagens
Entre Campanhas de maio e junho de 2013	03/05 a 04/06/2013	15
Entre Campanhas de junho e julho de 2013	07/06 a 02/07/2013	13
Após Campanhas de julho de 2013	06/07 09/07/2013	7

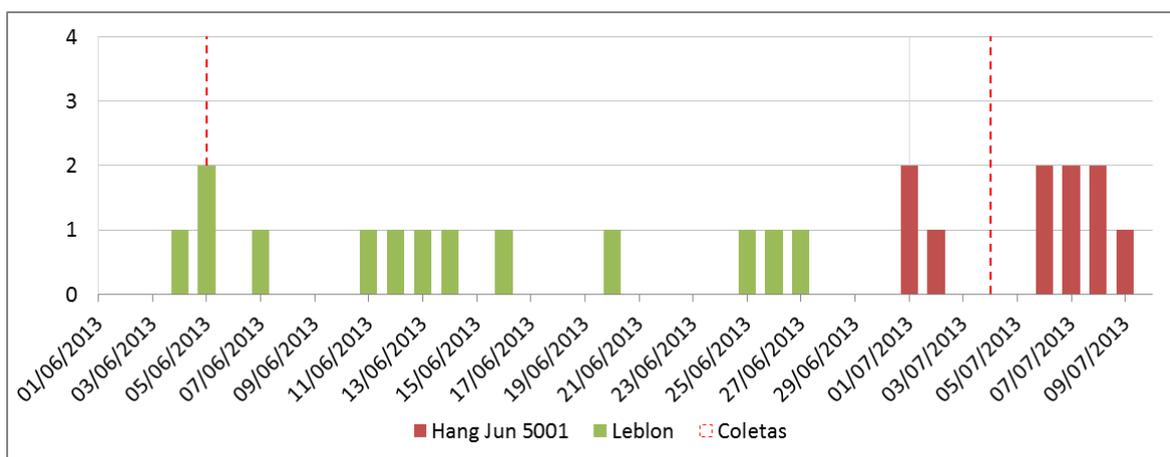


Figura 3.1-5. Número de viagens por dia realizadas pelas dragas *Hang Jun 5001* e *Leblon* à Antiga Área de Descarte no período entre junho e julho de 2013. (---) data das campanhas de coleta de amostras.

### E. Avaliação Integrada dos Resultados Sedimentológicos, Condições Meteoceanográficas e Atividades de Dragagem

Como apresentado em relatórios referentes ao primeiro semestre de 2013 (RTC 01 – 250413 e RTC 02 – 031013), a região estudada apresentou sedimentos, de forma geral, com predominância de areia muito fina, com exceção dos pontos P5, P6 e P7, onde a contribuição das frações mais finas do sedimento (silte e argila) foi mais importante.

Em comparação com dados de granulometria obtidas desde 2007 até 2012 (DTA Engenharia, 2013<sup>2</sup>), no Monitoramento da Antiga Área de Descarte, a região estudada também apresentou predominância da fração areia muito fina, porém os pontos que apresentaram predominância das frações mais finas foram apenas P5 e P6, que foram considerados os pontos de coleta mais afetados diretamente pela disposição de sedimento na Antiga Área de Descarte.

Contudo, na Campanha de julho de 2013, as amostras de sedimento dos pontos P8 e P9 também apresentaram alta porcentagem das frações de silte e argila, diferenciando-se das campanhas anteriores.

Não houve, no período anterior à campanha de coleta de julho, um aumento no número de viagens relevante, em comparação aos meses anteriores. Além disto, os pontos P8 e P9 são os mais afastados do local da Antiga Área de Descarte e, portanto, seria menos provável que estes pontos apresentassem alguma alteração expressiva na composição granulométrica sem que os pontos mais próximos desta área (P3, P5, P6) também apresentassem.

A frente fria mais próxima da data da Campanha de julho atingiu a região de Santos (São Paulo) entre a manhã do dia 29 e a manhã do dia 30 de junho de 2013 (fonte: [http://www.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/sintese\\_junho2013.pdf](http://www.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/sintese_junho2013.pdf)). Este sistema frontal poderia ter contribuído para uma alteração nas proporções granulométricas do sedimento. Todavia, sistemas frontais costumam estar associados a correntes marinhas mais intensas que podem ter maior competência para carrear sedimento, o que aumenta a proporção das frações de maior tamanho do sedimento. De acordo com relatório da DTA Engenharia (*op. cit.*), de 2007 a 2012, no período de outono-inverno, o sedimento da região caracterizou-se por ser mais arenoso, com pouca contribuição de lamas, devido à maior incidência de sistemas frontais entre os meses de abril e setembro, associada ao período com baixos índices pluviométricos.

---

<sup>2</sup> Relatório de integração do “Monitoramento das Atividades de Dragagem na Área de Disposição Oceânica de Material Dragado da Codesp e suas Regiões Adjacentes” a ser protocolado pela CODESP

### Campanha de outubro de 2013

A campanha de coleta de amostras de sedimento para avaliação da qualidade química e ecotoxicológica foi realizada nos dias 8 e 9 de outubro de 2013. As datas e os horários da amostragem de cada ponto de coleta encontram-se na Tabela 3.1-12. Os laudos referentes às análises químicas, granulométricas e ecotoxicológicas desta campanha encontram-se no Anexo 6-3.

Na Tabela 3.1-13 encontram-se as coordenadas obtidas durante a amostragem em comparação com as coordenadas previstas de cada ponto de coleta (*datum* SIRGAS 2000). A Figura 3.1-6 apresenta a localização dos pontos de coleta previstos e dos pontos onde foram de fato coletados as amostras. Analisando essa figura, pode-se observar que a diferença entre esses pontos foi mínima.

Tabela 3.1-12. Datas e horários da amostragem de cada ponto de coleta da Campanha de outubro de 2013.

Pontos	Data	Hora
P1	09/10/2013	09:00
P2	09/10/2013	10:14
P3	09/10/2013	11:03
P4	09/10/2013	11:58
P5	08/10/2013	13:42
P6	08/10/2013	12:51
P7	08/10/2013	12:10
P8	08/10/2013	11:12
P9	08/10/2013	10:15

Tabela 3.1-13. Coordenadas dos pontos amostrais previstas (ponto amostral) e obtidas durante a amostragem (ponto coletado) da Campanha de outubro de 2013 (*datum* SIRGAS 2000).

Pontos	Ponto amostral		Ponto coletado	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
P1	24,1223°	46,4331°	24,1222°	46,4330°
P2	24,0937°	46,3389°	24,0936°	46,3391°
P3	24,0754°	46,3084°	24,0753°	46,3086°
P4	24,1051°	46,2877°	24,1050°	46,2879°
P5	24,0612°	46,2762°	24,0618°	46,2767°
P6	24,0541°	46,2645°	24,0539° <td 46,2638°	
P7	24,0513°	46,2405°	24,0518°	46,2403°
P8	24,0005°	46,1532°	24,0006°	46,1532°
P9	23,9315°	45,9537°	23,9315°	45,9536°

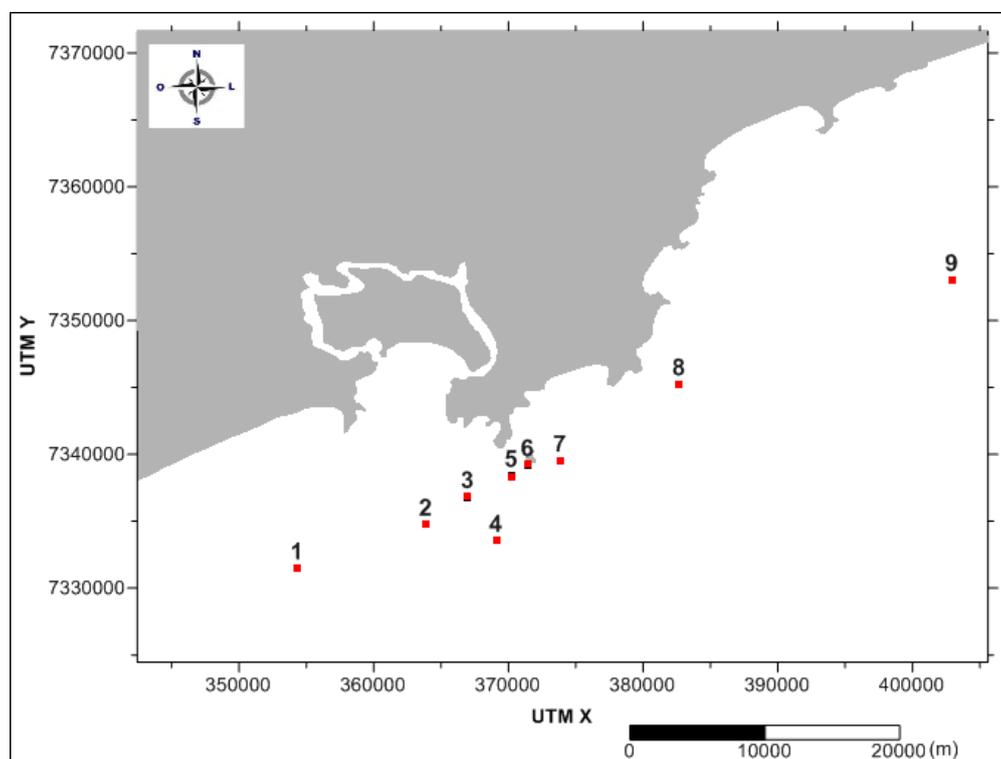


Figura 3.1-6. Localização dos pontos de coleta previstos (pontos pretos) e amostrados (pontos vermelhos) da Campanha de outubro de 2013.

É importante ressaltar que a Campanha de outubro de 2013 foi a primeira campanha realizada após o término das atividades de descarte de material dragado na Antiga Área de Descarte. De acordo com a Codesp, o último descarte

de materiais dragados na região do Porto de Santos na Antiga Área de Descarte ocorreu no dia 09 de julho de 2013. Diante disto, a partir desta data, a periodicidade das campanhas dos monitoramentos que compõem este programa passou a ser semestral, com exceção do Monitoramento Intensificado de Dioxinas e Furanos.

### A. Resultados das Análises Físico-Químicas

Os resultados médios (n=3) de potencial Redox ( $E_H$ ; mV), de potencial hidrogeniônico (pH) e de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) medidos *in situ* nas amostras coletadas na Campanha de outubro de 2013 encontram-se na Tabela 3.1-14.

Tabela 3.1-24. Valores médios dos parâmetros físico-químicos  $E_H$  (mV), pH e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) medidos *in situ* nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013.

Ponto de Coleta	$E_H$ (mV)	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
P1	-49,0	7,97	20,4
P2	-131,3	7,97	20,0
P3	91,3	7,98	20,0
P4	-168,9	7,80	19,1
P5	106,7	7,78	19,5
P6	104,4	7,48	19,9
P7	103,3	7,88	19,7
P8	104,1	7,78	19,7
P9	-115,5	7,93	20,8

Os valores médios de  $E_H$  variaram de -168,9 a 106,7 mV, sendo que o primeiro valor ocorreu no ponto P4 e o segundo, no ponto P5. Esses valores caracterizam o ambiente sedimentar como anaeróbico, conforme escala de potencial de oxi-redução (Figura 3.1-1), ou seja, possui características redutoras esperadas para sedimentos submersos. Contudo, esses valores não são tão negativos como os encontrados em sedimentos de ambientes com baixa hidrodinâmica e alta produtividade primária (Wasserman e Wasserman, 2008), como manguezais e estuários, considerados altamente reduzidos.

Os resultados médios de pH variaram pouco entre os pontos de coleta, com valores entre 7,48 e 7,98. Esses valores de pH estão dentro do esperado para uma região marinha (valores de pH próximo de 8), porém com certa influência estuarina e antrópica (Wright e Colling, 1995; Braga e Niencheski, 2006; Azevedo e Braga, 2011).

A temperatura também variou pouco entre as amostras, apresentando valores entre 19,1 e 20,8°C. Estas temperaturas são menores do que as encontradas nas campanhas realizadas durante os meses anteriores, inclusive em comparação com as temperaturas observados em julho de 2013. Nas campanhas realizadas entre janeiro e maio de 2013, a temperatura média foi sempre maior do que 23°C, chegando a registrar média de 25,6°C em janeiro.

## **B. Resultados das Análises Químicas e Granulométricas**

### ***Metais e Arsênio***

Nas análises químicas das amostras de sedimento foram quantificados os metais chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco, em concentrações abaixo dos limites de Nível 1 estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12, em todas as amostras coletadas.

Os demais metais analisados (cádmio e mercúrio) e o semimetal arsênio apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras de sedimento.

Todos os metais quantificados nesta campanha já haviam sido quantificados nas campanhas realizadas no primeiro semestre de 2013, quando ainda havia atividade de descarte de materiais dragados, e sempre estiveram abaixo do Nível 1 da CONAMA 454/12.

Os resultados analíticos determinados para metais e semimetais nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013 são apresentados na Tabela 3.1-15.

Tabela 3.1-15. Resultados das análises de metais e semimetais (mg/kg) nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Metais e Arsênio												
Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Arsênio Total	mg/kg	19	70	< 0,725	< 0,700	< 0,724	< 0,721	< 0,747	< 0,744	< 0,764	< 0,725	< 0,752
Cádmio Total	mg/kg	1,2	7,2	< 0,484	< 0,466	< 0,483	< 0,481	< 0,498	< 0,496	< 0,509	< 0,484	< 0,501
Chumbo Total	mg/kg	46,7	218	5,35	6,22	6,5	5	9,92	10,3	10,2	8,64	7,65
Cobre Total	mg/kg	34	270	8,46	1,37	1,27	2,68	3,94	4,4	9,93	3,39	1,32
Cromo Total	mg/kg	81	370	13,7	9,4	9,58	7,63	12,2	11,1	14,1	13,3	8,51
Mercúrio Total	mg/kg	0,3	1	< 0,019	< 0,019	< 0,019	< 0,019	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,019	< 0,020
Níquel Total	mg/kg	20,9	51,6	3,2	2,63	2,72	2,44	4,43	4,25	5,06	3,88	2,44
Zinco Total	mg/kg	150	410	22,5	16,9	18,3	16	41	37,5	65,6	49,4	33,2

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

### ***Bifenilas Policloradas Totais (PCB) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)***

As amostras de sedimento coletadas nos 9 pontos amostrais, referentes à Campanha de outubro de 2013, apresentaram concentrações dos compostos de PCB inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado (Tabela 3.1-16). O mesmo ocorreu para os compostos de HPA, que apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras (Tabelas 3.1-17).

Ao longo do primeiro semestre de 2013, apenas alguns compostos de HPA foram quantificados em algumas amostras da Campanha de fevereiro de 2013, todos em concentrações abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA 454/12. Contudo, desde esta campanha, nenhum composto de HPA ou de PCB foi quantificado.

Tabela 3.1-16. Resultados das análises de PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Bifenilas Policloradas Totais	$\mu\text{g}/\text{kg}$	22,7	180	< 0,1161	< 0,1119	< 0,1158	< 0,1154	< 0,1195	< 0,1190	< 0,1222	< 0,1161	< 0,1202

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

Tabela 3.1-17. Resultados das análises de HPA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12		Pontos de Coleta								
		Nível 1	Nível 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Benzo(a)antraceno	Grupo A $\mu\text{g}/\text{kg}$	74,8	693,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Benzo(a)pireno		88,8	763,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Criseno		108,0	846,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Dibenzo(a,h)antraceno		6,2	135,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Acenafteno	Grupo B $\mu\text{g}/\text{kg}$	16,0	500,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Acenaftileno		44,0	640,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Antraceno		85,3	1100,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Fenantreno		240,0	1500,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Fluoranteno		600,0	5100,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Fluoreno		19,0	540,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
2-Metilnaftaleno		70,0	670,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Naftaleno		160,0	2100,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Pireno		665,0	2600,0	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Benzo(k)fluoranteno		-	-	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Benzo(g,h,i)perileno		-	-	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Indeno(1,2,3-cd)pireno		-	-	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01
Benzo(b)fluoranteno	-	-	< 5,80	< 5,60	< 5,79	< 5,77	< 5,98	< 5,95	< 6,11	< 5,80	< 6,01	

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.  
 Valor Acima do Nível 2.

### Carbono Orgânico Total (COT) e Nutrientes

A Tabela 3.1-18 apresenta os resultados das análises de carbono orgânico total e nutrientes das amostras de sedimentos coletados durante a Campanha de outubro de 2013. Todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de COT, Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT) e Fósforo Total inferiores aos valores de alerta estabelecidos na Resolução CONAMA 454/12.

Tabela 3.1-18. Resultados das análises de carbono orgânico total (%), Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013.

Parâmetros	Unidade	Resolução CONAMA 454/12	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Carbono Orgânico Total	%	10	0,4	0,31	0,42	0,58	1,38	2,63	2,23	0,92	0,35
Fósforo Total	mg/kg	2000	77	122	126	119	189	202,7	200,8	143	119
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	4800	323	265	345	388	914	1152	1665	679	298

Como já mencionado, considerando as campanhas de 2013 (Tabela 3.1-6), os menores valores de NKT, COT e fósforo total ocorreram na maioria das vezes

nos pontos P1 e P2 e ocasionalmente no ponto P9 e os maiores valores ocorreram no ponto P6. Com os resultados obtidos em outubro de 2013, esta tendência manteve-se. O ponto P6 provavelmente recebe um maior aporte de nutrientes e materiais orgânicos continentais em relação aos demais pontos por se localizar próximo à Ilha da Moela. O mesmo vale para os pontos P5 e P7, que são próximos do ponto P6. Além disso, assim como os sedimentos lamosos carregados por correntes possuem uma tendência de depositar nesta região (DTA Engenharia, 2013<sup>3</sup>), os nutrientes associados a esses substratos também podem se depositar nessa região aumentando sua concentração no sedimento.

### ***Granulometria***

Na campanha de outubro de 2013, a região foi caracterizada pela predominância de grãos mais finos de sedimento. A maioria dos pontos apresentou como fração dominante areia muito fina, com exceção dos pontos P6 e P7 cuja fração dominante foi silte (Tabela 3.1-19 e Figura 3.1-7).

Analisando a Figura 3.1-7, pode-se notar claramente a predominância das areias nos pontos P1 a P4. Nota-se também que a distribuição dos teores de areia e lama voltou à situação das campanhas anteriores (janeiro a junho de 2013), com caráter arenoso nos pontos P8 e P9, destacando a situação pontual da Campanha de julho de 2013, quando se observou uma predominância de lama (silte + argila) nos referidos pontos.

Sendo assim, a composição granulométrica observada nesta campanha assemelha-se à observada nas Campanhas entre janeiro e junho de 2013, não sendo possível verificar diferenças relacionadas ao fim das atividades de descarte de material dragado na Antiga Área de Descarte (ponto P3).

---

<sup>3</sup> DTA Engenharia, 2013. Relatório de integração “Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP” a ser protocolado pela Codesp.

Tabela 3.1-19. Caracterização granulométrica das amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Fração	Unidade	Pontos de Coleta								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Argila	%	1,42	0,76	1,95	3,21	7,99	23,5	19,6	4,38	0,12
Silte	%	6,27	6,34	8,2	11	32,2	69,8	54,7	25	8,06
Areia Muito Fina	%	91,1	89,1	72,8	50,9	58,4	6,03	25	64,4	85,4
Areia Fina	%	1,11	3,71	16,6	34,4	1,18	0,26	0,58	6,2	6,35
Areia Média	%	0,11	< 0,10	0,48	0,52	0,15	0,3	< 0,10	< 0,10	0,15
Areia Grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Muito Grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	92,32	92,81	89,88	85,82	59,73	6,59	25,58	70,6	91,9

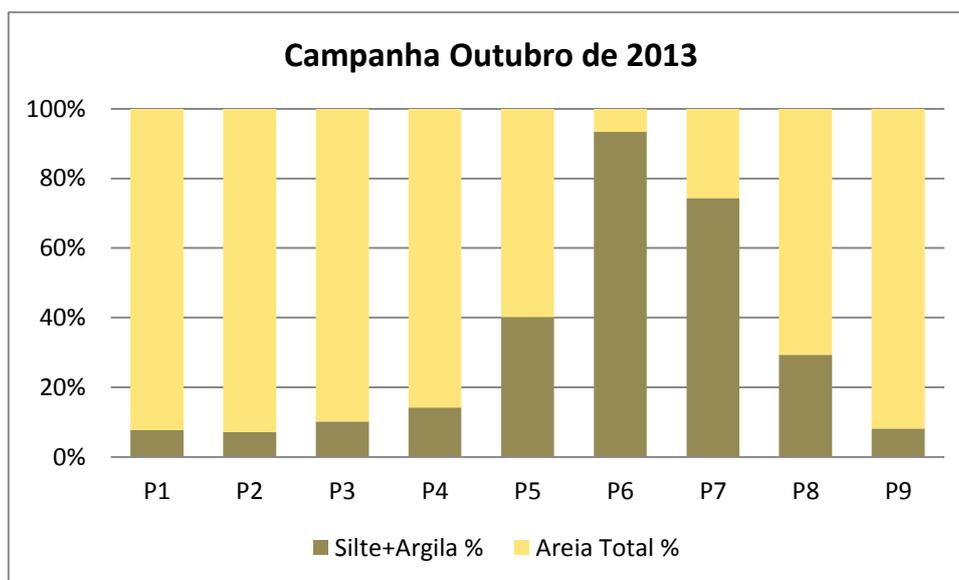


Figura 3.1-7. Proporções (%) de silte + argila e de areia total das amostras de sedimento coletados na Campanha de outubro de 2013.

### **Dioxinas e Furanos**

A toxicidade dos compostos de dioxinas e furanos varia segundo a posição e a quantidade de substituições de cloro na molécula, sendo o congênere 2,3,7,8-TCDD a forma mais tóxica existente (Fernícola e Oliveira, 2012). Para o cálculo da somatória de potencialidade tóxica de dioxinas e furanos, é preciso normalizar os valores quantificados, multiplicando as concentrações dos diferentes compostos por fatores de equivalência tóxica (TEF).

Os valores do equivalente tóxico (i-TEQ) de cada composto analisado, calculados a partir da concentração quantificada em cada amostra de sedimento da Campanha de outubro de 2013 encontram-se na Tabela 3.1-20.

Tabela 3.1-20. Valores de equivalente tóxico (i-TEQ) calculados dos compostos analisados nas amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013. Resultados com concentrações abaixo do limite de quantificação não foram calculados (N.C.).

Parâmetros	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<b>Dioxinas</b>										
2,3,7,8 - TCDD	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.						
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg	N.C.	N.C.	0,15	N.C.	0,19	0,35	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg	N.C.	0,01	0,04	0,03	0,07	0,15	0,16	0,04	0,02
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg	N.C.	0,07	0,30	0,24	0,63	1,13	1,00	0,21	0,14
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg	0,03	0,02	0,08	0,07	0,22	0,35	0,42	0,09	0,08
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg	0,10	0,15	0,77	0,58	1,81	3,10	6,08	0,58	0,34
OCDD	ng/kg	0,01	0,02	0,08	0,06	0,15	0,30	0,72	0,05	0,03
<b>Total i-TEQ (dioxinas)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,14</b>	<b>0,26</b>	<b>1,41</b>	<b>0,99</b>	<b>3,06</b>	<b>5,37</b>	<b>8,38</b>	<b>0,96</b>	<b>0,61</b>
<b>Furanos</b>										
2,3,7,8-TCDF	ng/kg	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.	0,00	0,01	N.C.	0,01	0,03	0,13	0,01	0,01
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.	0,08	0,19	0,14	0,29	0,42	0,35	0,21	0,15
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg	0,02	0,02	0,10	0,07	0,17	0,32	0,24	0,06	0,04
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg	0,02	0,01	0,05	0,03	0,09	0,17	0,10	0,03	0,02
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,23	N.C.	N.C.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,07	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg	0,02	0,03	0,16	0,12	0,37	0,59	0,44	0,13	0,07
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg	N.C.	0,00	0,02	0,01	0,04	0,07	0,05	0,02	0,01
OCDF	ng/kg	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
<b>Total i-TEQ (furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,11</b>	<b>0,17</b>	<b>0,58</b>	<b>0,41</b>	<b>1,02</b>	<b>1,66</b>	<b>1,65</b>	<b>0,50</b>	<b>0,35</b>
<b>Total i-TEQ (dioxinas+furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,26</b>	<b>0,43</b>	<b>1,99</b>	<b>1,40</b>	<b>4,07</b>	<b>7,03</b>	<b>10,03</b>	<b>1,46</b>	<b>0,96</b>

O composto de dioxina mais tóxico, 2,3,7,8-TCDD, não foi quantificado nas amostras dos 9 pontos de coleta, diferentemente do composto de furano considerado mais tóxico, 2,3,4,7,8-PeCDF, que foi quantificado na maioria das amostras de sedimentos analisadas nesta campanha (P2 a P9).

As Figuras 3.1-8 e 3.1-9 indicam quais compostos de dioxinas e furanos, respectivamente, foram encontrados nas amostras dos pontos de coleta e os correspondentes valores de i-TEQ.

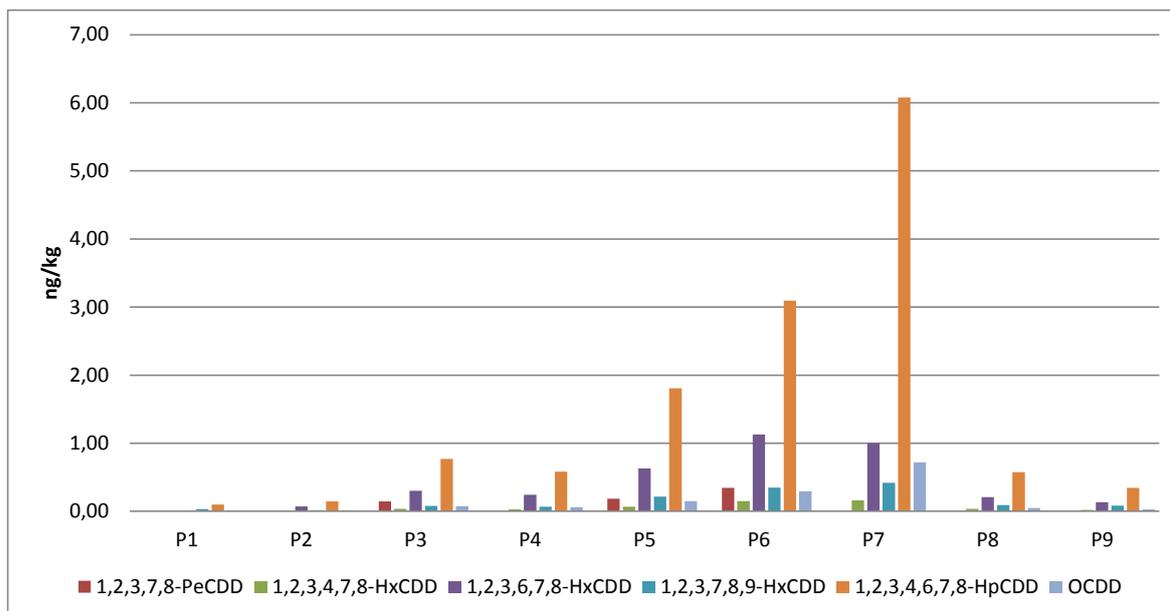


Figura 3.1-8. Valores de i-TEQ das dioxinas quantificadas nas amostras de sedimento dos 9 pontos de coleta da Campanha de outubro de 2013.

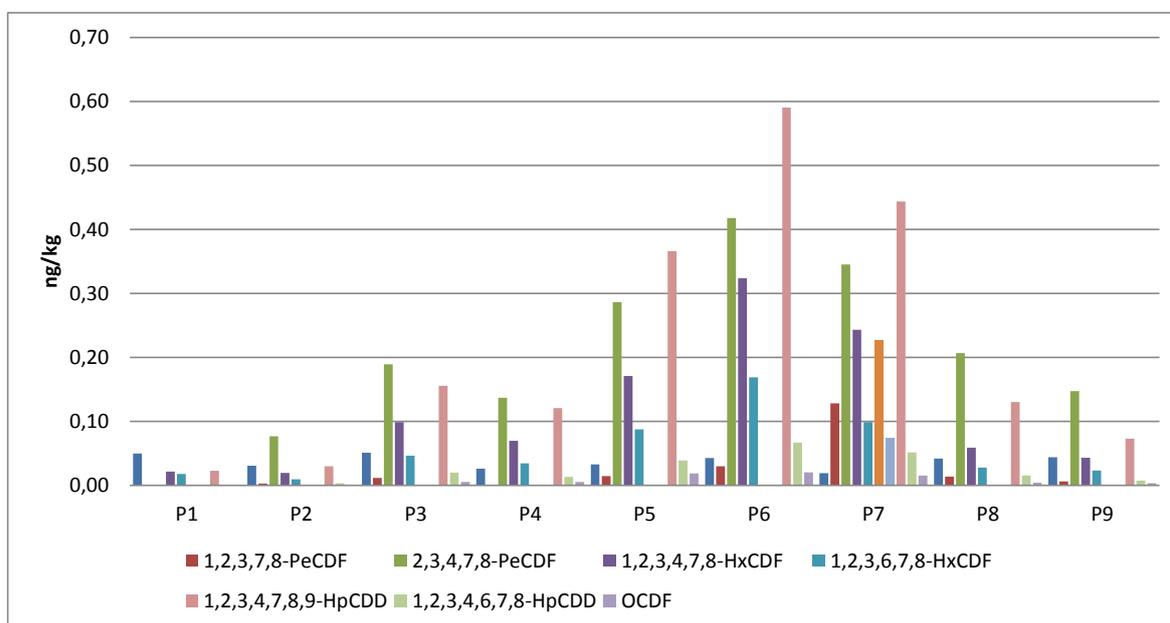


Figura 3.1-9. Valores de i-TEQ dos furanos quantificados nas amostras de sedimento dos 9 pontos da Campanha de outubro de 2013.

Os valores de somatória de dioxinas e furanos encontrados foram comparados com os valores ISQG (TEL) e PEL, da *Canadian Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life*, e se encontram representados na Figura 3.1-10. O valor de TEL (*threshold effect level*) corresponde ao nível de

efeito limiar e representa o valor de i-TEQ abaixo do qual, efeitos induzidos por dioxinas e furanos são pouco prováveis. Já o valor de PEL (*probable effects level*) estabelece um limite no qual, acima dele, a ocorrência de efeitos adversos induzidos pelos compostos é altamente provável. Quando encontrados valores de i-TEQ entre os valores de TEL e PEL, a ocorrência de efeitos adversos pode ser ocasional.

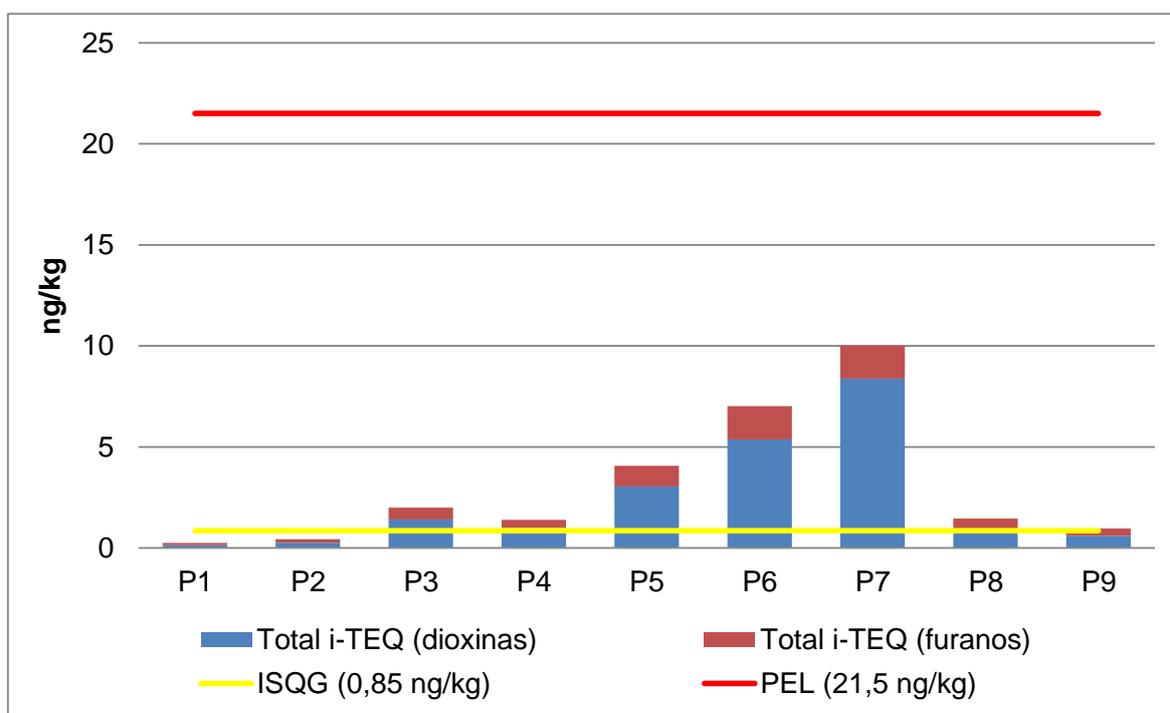


Figura 3.1-10. Somatório dos valores de i-TEQ calculados para dioxinas e furanos das amostras coletadas nos pontos amostrais durante a Campanha de outubro de 2013, excetuando o ponto P7. (—) ISQG/TEL; (—) PEL.

Em todos os pontos foram quantificados tanto dioxinas como furanos. Nos pontos P1 e P2 o valor da somatória de i-TEQ não ultrapassou o valor de TEL de 0,85 ng/kg. Já para os pontos P3 a P9, as somatórias das concentrações de dioxinas e furanos estiveram acima do valor de TEL, contudo se mantiveram abaixo do valor de PEL (21,5 ng/kg). Em todas as campanhas realizadas no primeiro semestre de 2013 nas quais este parâmetro foi analisado (abril, maio e junho), os pontos P4 a P8 sempre apresentaram valores de i-TEQ superior ao TEL e inferior ao PEL. Já o ponto P3 apresentou valor de i-TEQ entre o TEL e o

PEL em duas campanhas e o ponto P9 em uma campanha. Sendo assim, de forma geral, não se observou uma diferença evidente relacionada ao término das atividades de descarte de sedimentos na Antiga Área de Descarte.

Para melhor compreensão das associações dos compostos de dioxinas e furanos com o sedimento, foi realizada uma comparação dos valores de i-TEQ total de cada ponto com a porcentagem da fração lamosa do sedimento (silte+argila x dioxinas+furanos) e com as porcentagens de carbono orgânico total (COT) quantificados nos mesmos pontos (COT x dioxinas+furanos) (Figura 3.1-11) através de uma regressão linear.

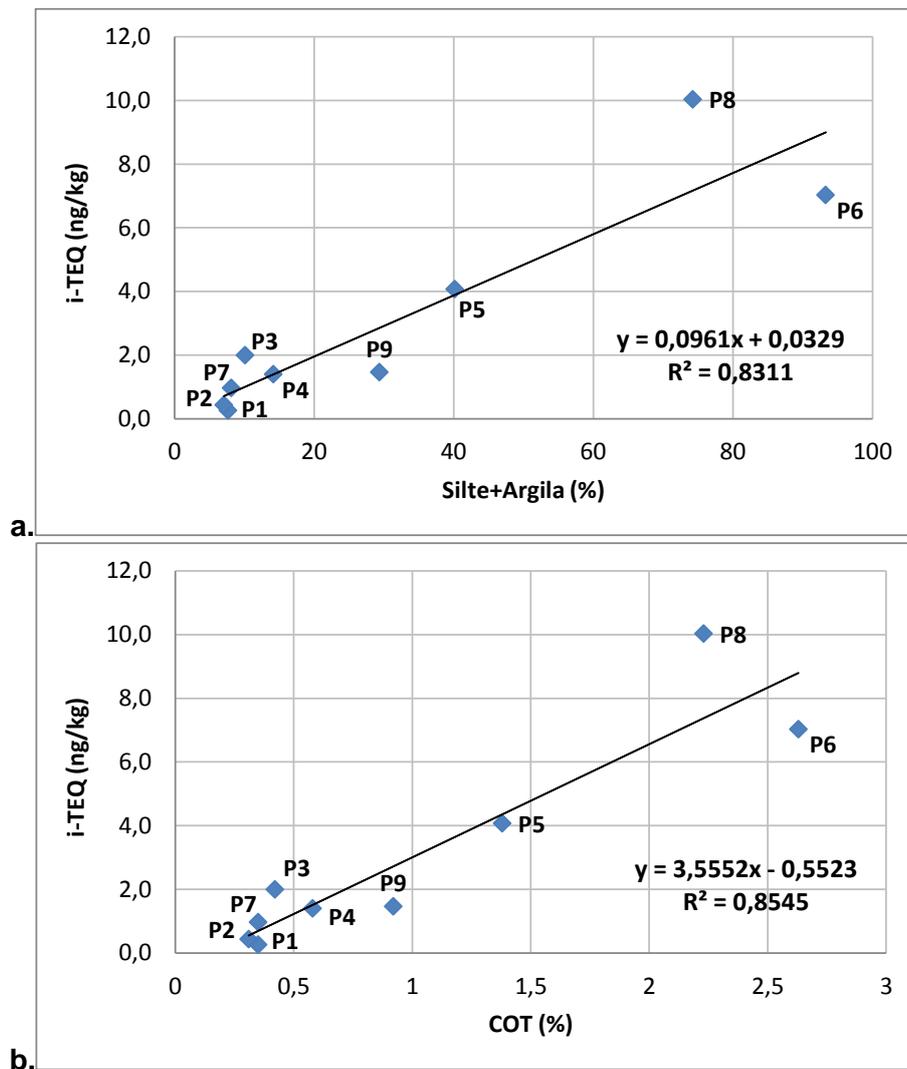


Figura 3.1-11. Regressão linear entre os valores de i-TEQ total (dioxinas+furanos) e as porcentagens das frações lamosas (silte+argila) (a) e as de carbono orgânico total (COT) (b) das amostras de sedimento da Campanha de outubro de 2013.

Assim como já observado em campanhas anteriores, em ambos os casos, o ajuste da curva de regressão foi satisfatório, com valores de  $R^2$  iguais a 0,83, para silte+argila x dioxinas+furanos, e a 0,85, para COT x dioxinas+furanos, o que confirma a existência de uma relação positiva entre os parâmetros avaliados.

Além da regressão linear, também foram calculadas as correlações entre a porcentagem de sedimentos finos e as concentrações de dioxinas e furanos e a correlação entre carbono orgânico total e dioxinas e furanos. Para a Campanha de outubro de 2013, a correlação argila+silte x dioxina+furano apresentou um valor de 0,91 e a correlação COT x dioxinas+furano foi de 0,92, confirmando a existência de uma relação entre os parâmetros comparados.

Essas relações podem ser explicadas pelo fato das dioxinas e os furanos serem compostos hidrofóbicos e, portanto, de baixíssima solubilidade em água e grande afinidade por compostos apolares, adsorvendo-se às argilas e à matéria orgânica presente nos sedimentos.

Lee e colaboradores (2006) encontraram níveis de dioxinas e furanos até 16 vezes maiores nas frações mais finas do que nas mais grosseiras em amostras de sedimento de diferentes regiões costeiras da Coréia. Neste mesmo estudo, a regressão entre a concentração de dioxinas e furanos e o conteúdo de carbono orgânico das frações mais finas do sedimento mostrou uma alta correlação ( $r^2 > 0,7$ ;  $p = 0,05$ ).

### C. Resultados dos Ensaio Ecotoxicológicos

#### ***Sedimento Total (Leptocheirus plumulosus)***

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total são apresentados a seguir. Juntamente com estes resultados, são apresentados os resultados do ensaio do controle laboratorial realizado paralelamente aos testes e às análises com as amostras coletadas.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e final do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 3.1-21.

Tabela 3.1-21. Resultados dos parâmetros físico-químicos da água de interface no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* das amostras de sedimentos referentes à Campanha de outubro de 2013.

Amostra	pH		Salinidade		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,97	8,15	20	20	5,70	6,36
P1	7,96	8,21	21	21	5,83	6,34
P2	7,89	8,28	22	23	5,84	6,39
P3	7,8	8,02	23	24	5,26	5,89
P4	8,04	8,17	23	24	5,72	6,14
P5	7,98	8,24	23	24	5,75	6,33
P6	7,92	8,47	23	24	5,82	6,37
P7	8	8,55	23	24	5,43	6,29
P8	7,91	8,21	23	24	5,6	6,3
P9	7,87	8,15	23	24	5,67	6,39

As análises efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final do teste dos parâmetros pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH<sub>3</sub> - mg/L) estão apresentados na Tabela 3.1-22.

Tabela 3.1-22. Resultados dos parâmetros físico-químicos na água intersticial dos sedimentos no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* das amostras de sedimentos referentes à Campanha de outubro de 2013.

Amostra	pH		Salinidade		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)		Amônia não ionizada (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,64	7,74	22	22	5,02	6,11	23,4	24,6	2,40	-	0,046	-
P1	*	7,76	*	23	*	6,23	23,4	24,6	*	-	*	-
P2	*	7,75	*	23	*	6,11	23,4	24,6	*	-	*	-
P3	*	7,7	*	22	*	6,08	23,4	24,6	*	-	*	-
P4	7,95	7,72	35	22	5,59	6,08	23,4	24,6	2,30	-	0,081	-
P5	7,74	7,75	34	23	4,92	6,06	23,4	24,6	2,30	-	0,051	-
P6	7,72	7,83	34	23	4,38	5,93	23,4	24,6	2,29	-	0,048	-
P7	7,75	7,77	34	23	4,55	5,76	23,4	24,6	3,10	-	0,070	-
P8	7,88	7,8	34	22	5,50	6,01	23,4	24,6	3,10	-	0,094	-
P9	*	7,75	*	23	*	6,13	23,4	24,6	*	-	*	-

**Legenda:** \* Não foi obtida água intersticial suficiente para a leitura dos parâmetros físico-químicos, após a centrifugação do sedimento.

**Valor** Concentração de Amônia Não ionizada acima do limite (0,8 mg/L) para *Leptocheirus plumulosus*

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observada toxicidade aguda para *L. plumulosus*, após dez dias de exposição, em

comparação ao controle, para nenhuma das amostras da Campanha de outubro de 2013 (Tabela 3.1-23). Ao longo de 2013, nenhuma amostra apresentou efeito tóxico para *Leptocheirus plumulosus*.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos variaram entre 0,048 e 0,094 mg/L, mantendo-se abaixo do limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

Tabela 3.1-23. Resultados dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras da Campanhas de outubro de 2013.

Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total			
Controle	1	0	20	3	0,58	-
	2	1	20			
	3	1	20			
P1	1	0	20	5	1,00	Não Tóxico
	2	2	20			
	3	1	20			
P2	1	0	20	5	1,00	Não Tóxico
	2	1	20			
	3	2	20			
P3	1	5	20	15	2,65	Não Tóxico
	2	4	20			
	3	0	20			
P4	1	0	20	3	1,15	Não Tóxico
	2	2	20			
	3	0	20			
P5	1	0	20	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20			
	3	0	20			
P6	1	2	20	5	1,00	Não Tóxico
	2	0	20			
	3	1	20			
P7	1	1	20	2	0,58	Não Tóxico
	2	0	20			
	3	0	20			
P8	1	0	20	5	1,00	Não Tóxico
	2	1	20			
	3	2	20			
P9	1	0	20	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20			
	3	0	20			

A Figura 3.1-12 apresenta a mortalidade média percentual do anfípodo *L. plumulosus* para cada ponto amostrado e o respectivo desvio padrão.

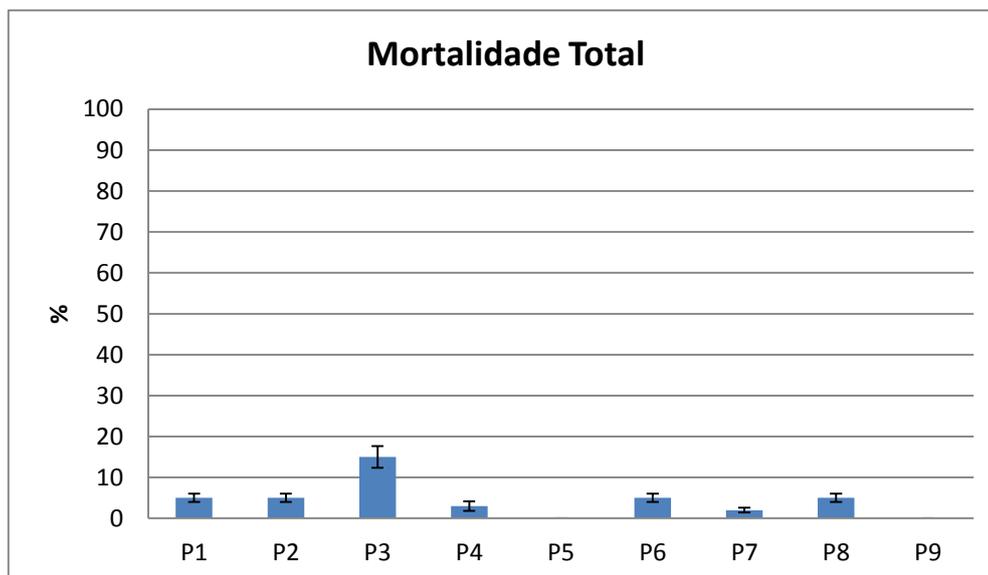


Figura 3.1-12: Mortalidade média percentual e desvio padrão de *Leptocheirus plumulosus* observado após os testes de toxicidade aguda nas amostras de sedimento referentes à Campanha de outubro de 2013.

### **Teste Ames (*Salmonella typhimurium*)**

Durante a Campanha de outubro, nos dias 08 e 09 de outubro de 2013, também foram coletadas amostras de sedimento nos pontos P3, P5 e P9 para a realização do teste de mutagenicidade (teste Ames). Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pelo teste. O laudo dos ensaios realizados encontra-se no Anexo 6-3.

Os resultados obtidos após 72 horas de incubação das cepas TA98 e TA100 de *Salmonella typhimurium* expostas a diferentes concentrações do extrato orgânico de cada amostra na ausência e presença de atividade metabólica, assim como o resumo das análises estatísticas para cada cultivo são apresentados na Tabela 3.1-24. Uma amostra é considerada positiva quando apresentar ANOVA significativa ( $p < 0,05$ ); razão de mutagenicidade (RM) igual ou superior a 2 e efeito dose-resposta também significativo ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3.1-24. Resultados das análises estatísticas realizadas para as amostras dos pontos P3, P5 e P9 e avaliação da atividade mutagênica nas condições do teste, referentes à Campanha de outubro de 2013.

	Cepa	S9	ANOVA	RM	Dose-resposta	Atividade Mutagênica
P3	TA98	(+)	Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA98	(-)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(+)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(-)	Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
P5	TA98	(+)	Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA98	(-)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(+)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(-)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
P9	TA98	(+)	Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA98	(-)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(+)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada
	TA100	(-)	Não Significativo	< 2	Não Significativo	Não Detectada

Para a maioria das amostras dos pontos P3 (todas as cepas, exceto T98 + S9 e T100 – S9), P5 (todas as cepas, exceto T98 + S9) e P9 (todas as cepas, exceto T98 + S9), os resultados das ANOVAS foram não significativos. Os valores de RM estiveram todos abaixo de 2 em cada uma das condições analisadas. Em relação ao efeito dose-resposta, para todas as cepas e em todas as amostras, os resultados foram não significativos. Desta forma, não foi detectada atividade mutagênica nas amostras de sedimento dos pontos P3, P5 e P9, nas condições do teste. O mesmo ocorreu ao longo de 2013, ou seja, nenhuma amostra analisada apresentou atividade mutagênica nesse período.

Para o teste com a amostra do ponto P3 e a cepa TA100 - S9, a ANOVA foi significativa, porém, dado que o efeito dose-resposta mostrou-se não significativo e  $RM < 2$ , não foi detectada atividade mutagênica.

Cabe mencionar que o teste Ames apresenta elevada sensibilidade aos compostos de HPA e que, nas amostras da Campanha de outubro de 2013, as concentrações desses compostos mantiveram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico. Assim, era esperado que nenhuma das cepas testadas para cada uma das amostras de sedimento coletadas apresentasse atividade mutagênica.

### 3.1.1. Monitoramento Intensificado de Dioxinas e Furanos no Sedimento

Devido à ocorrência de dioxinas e furanos acima do nível inferior (TEL) da *Canadian Sediment Quality Guidelines* na campanha de monitoramento da qualidade de sedimento realizada em outubro de 2013 e seguindo o estabelecido no termo de referência, foi prevista a realização de campanhas para avaliação de dioxinas e furanos no sedimento nos dois meses subsequentes, no caso, em novembro e dezembro de 2013. A seguir, são apresentadas as atividades desenvolvidas referentes a estas duas campanhas.

#### Campanha de Novembro de 2013

As atividades de coleta de amostras para avaliação de dioxinas e furanos ocorreram entre os dias 12 e 13 de novembro de 2013. A data e o horário de coleta em cada ponto amostral podem ser observados na Tabela 3.1.1-1. A localização dos pontos pode ser observada na Figura 3.1.1-1.

Tabela 3.1.1-1. Data e horário da realização da coleta de amostras de sedimento por ponto amostral da Campanha de novembro de 2013.

Pontos	Data	Hora
P1	13/11/2013	12:13
P2	13/11/2013	11:40
P3	13/11/2013	11:13
P4	13/11/2013	10:34
P5	13/11/2013	09:58
P6	13/11/2013	09:34
P7	13/11/2013	09:06
P8	13/11/2013	08:24
P9	12/11/2013	15:50

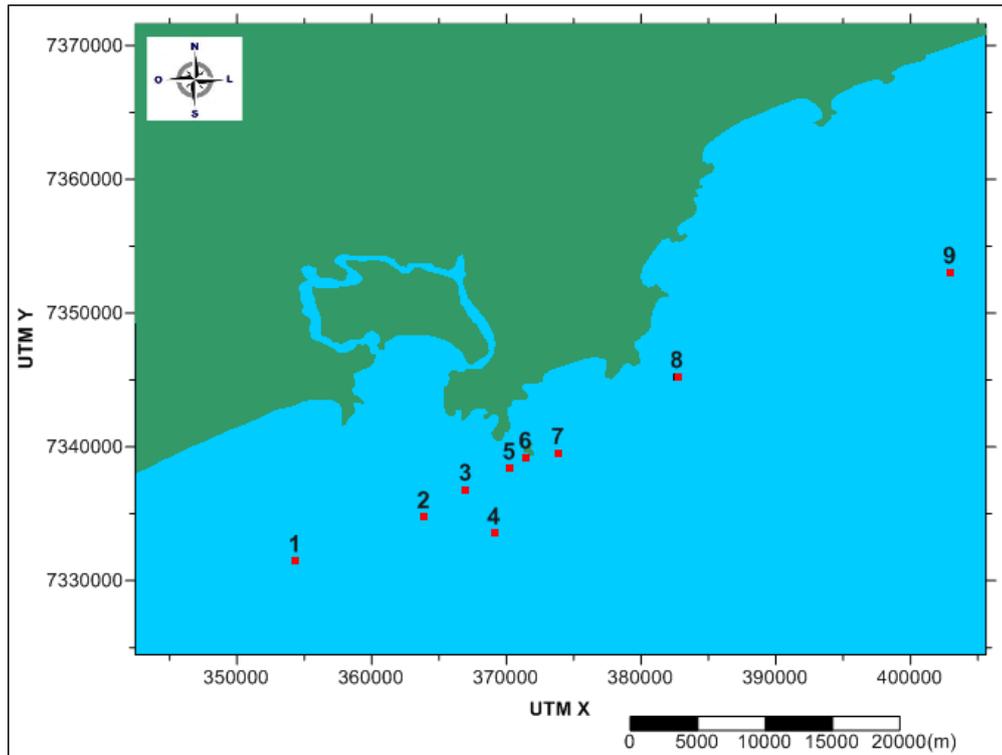


Figura 3.1.1-1. Localização dos pontos amostrais da Campanha de novembro de 2013.

A seguir são apresentados os resultados das análises de dioxinas e furanos nas amostras de sedimento da Campanha de novembro de 2013. Os laudos dessas análises encontram-se no Anexo 6-4.

### ***Dioxinas e Furanos***

Os valores do equivalente tóxico (i-TEQ) de cada composto analisado, calculados a partir da concentração quantificada em cada amostra de sedimento da Campanha de novembro de 2013, encontram-se na Tabela 3.1.1-2.

Tabela 3.1.1-2. Valores de equivalente tóxico (i-TEQ) calculados dos compostos analisados nas amostras de sedimento da Campanha de novembro de 2013. Resultados com concentrações abaixo do limite de quantificação não foram calculados (N.C.).

Parâmetros	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<b>Dioxinas</b>										
2,3,7,8 - TCDD	ng/kg	N.C.								
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg	N.C.								
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg	N.C.	N.C.	0,12	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg	0,11	N.C.	0,13	N.C.	0,55	0,56	0,41	0,08	N.C.
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,14	0,20	0,15	N.C.	N.C.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg	0,04	0,10	0,35	0,08	2,66	1,48	1,10	0,28	0,09
OCDD	ng/kg	0,00	0,01	0,03	0,01	0,87	0,12	0,09	0,02	0,00
<b>Total i-TEQ (dioxinas)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,16</b>	<b>0,11</b>	<b>0,64</b>	<b>0,09</b>	<b>4,22</b>	<b>2,36</b>	<b>1,74</b>	<b>0,38</b>	<b>0,09</b>
<b>Furanos</b>										
2,3,7,8-TCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,05	0,03	N.C.	N.C.	0,02
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.								
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,22	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,12	0,20	0,12	N.C.	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,04	0,09	0,07	N.C.	N.C.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,13	0,19	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg	N.C.								
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg	0,01	0,02	0,08	0,02	0,28	0,28	0,23	0,07	0,02
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	0,01	N.C.	0,03	0,03	0,03	N.C.	N.C.
OCDF	ng/kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>Total i-TEQ (furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,09</b>	<b>0,02</b>	<b>0,65</b>	<b>0,84</b>	<b>0,67</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>
<b>Total i-TEQ (dioxinas+furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,73</b>	<b>0,11</b>	<b>4,86</b>	<b>3,19</b>	<b>2,42</b>	<b>0,45</b>	<b>0,14</b>

O composto de dioxina mais tóxico, 2,3,7,8-TCDD, não foi quantificado nas amostras dos 9 pontos de coleta e o de furano mais tóxico, 2,3,4,7,8-PeCDF, foi quantificado apenas na amostra de sedimentos do ponto P7.

As Figuras 3.1.1-2 e 3.1.1-3 indicam quais compostos de dioxinas e furanos, respectivamente, foram encontrados nas amostras dos pontos de coleta e os correspondentes valores de i-TEQ.

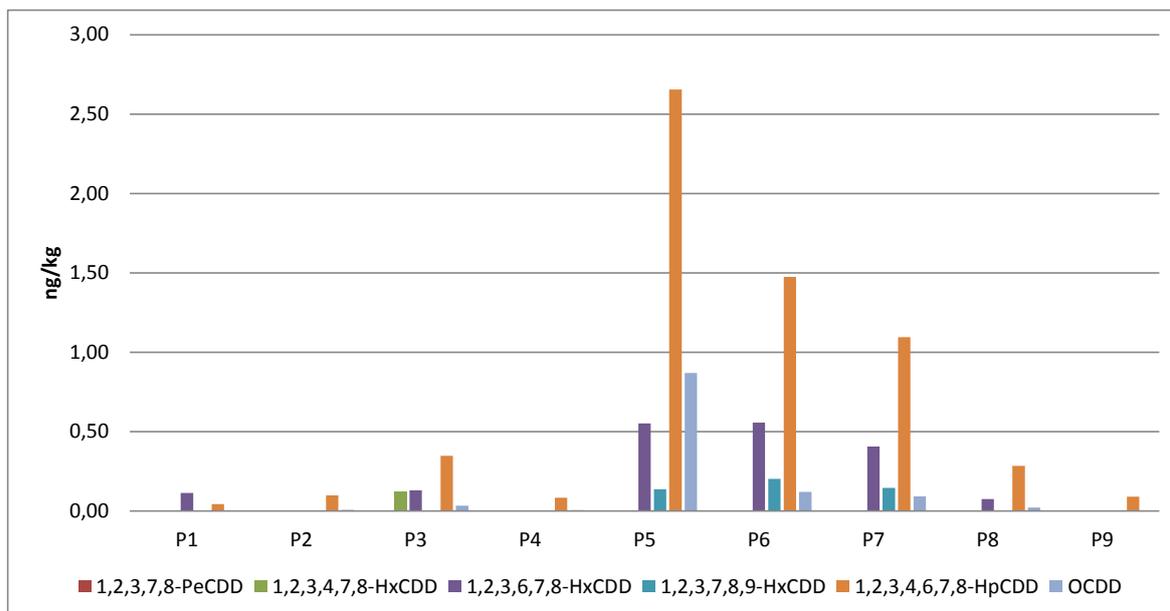


Figura 3.1.1-2. Valores de i-TEQ das dioxinas quantificadas nas amostras de sedimento dos 9 pontos de coleta da Campanha de novembro de 2013.

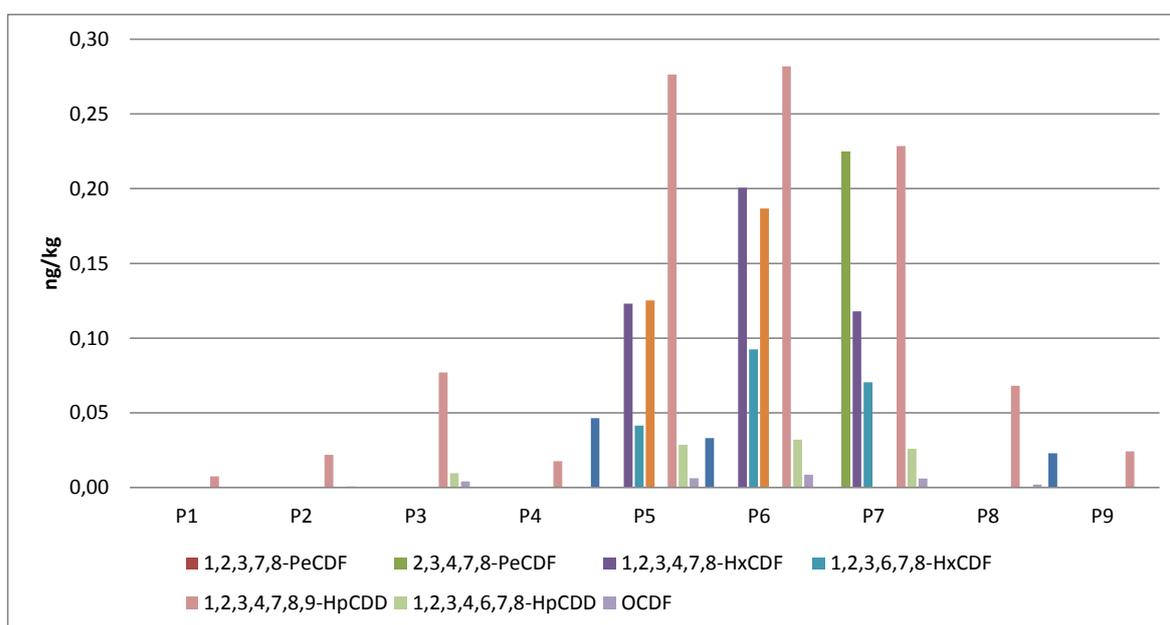


Figura 3.1.1-3. Valores de i-TEQ dos furanos quantificadas nas amostras de sedimento dos 9 pontos da Campanha de novembro de 2013.

Em relação aos valores de somatória de dioxinas e furanos encontrados, estes foram comparados com os valores ISQG (TEL) e PEL, da *Canadian Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life*, e se encontram representados na Figura 3.1.1-4.

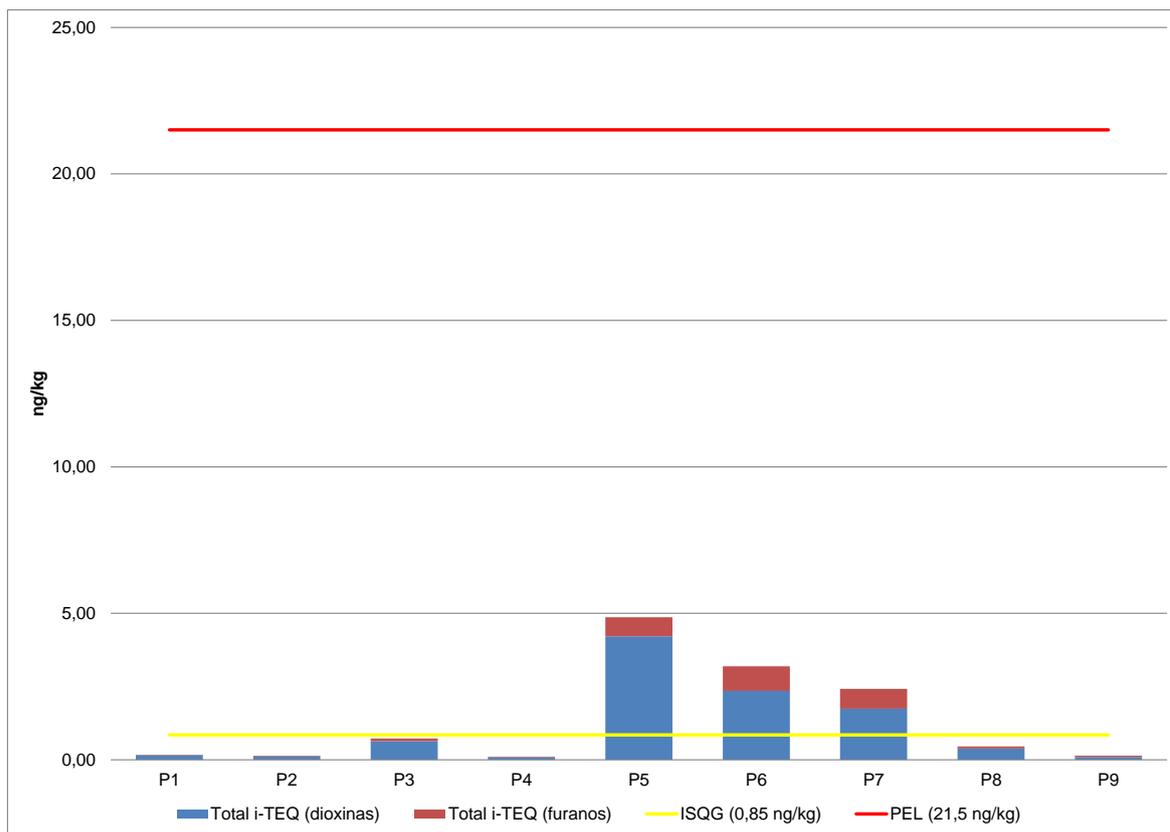


Figura 3.1.1-4. Somatório dos valores de i-TEQ calculados para dioxinas e furanos das amostras coletadas nos pontos amostrais durante a Campanha de novembro de 2013. (—) ISQG/TEL; (—) PEL.

Em todos os pontos foram quantificados tanto dioxinas como furanos. Nos pontos P1 a P4 e P8 e P9 o valor da somatória de i-TEQ não ultrapassou o valor de TEL de 0,85 ng/kg. Já para os pontos P5 a P7, as somatórias das concentrações de dioxinas e furanos estiveram acima do valor de TEL, contudo se mantiveram abaixo do valor de PEL (21,5 ng/kg).

Os pontos P5, P6 e P7 são os que ao longo das campanhas de 2013 sempre apresentaram as maiores porcentagens de sedimentos lamosos. Como já verificado em campanhas anteriores, há uma relação positiva entre os valores de i-TEQ totais e as frações de silte e argila do sedimento. Portanto, os maiores valores de i-TEQ totais observados nesses pontos provavelmente estão relacionados à composição granulométrica do sedimento.

Em campanhas anteriores realizadas em 2013, entre 6 e 7 amostras apresentaram valores de i-TEQ totais maiores do que o TEL, inclusive em outubro, quando as atividades de descarte de material dragado na Antiga Área de Descarte já haviam sido encerradas. Já na Campanha de novembro, foram observadas apenas 3 amostras (P5, P6 e P7) com i-TEQ total maior do que o TEL. Tal resultado pode estar relacionado ao término das atividade de descarte na região, contudo mais resultados devem ser obtidos para melhor avaliação.

### **Campanha de Dezembro de 2013**

As atividades de coleta de amostras para avaliação de dioxinas e furanos ocorreram entre os dias 16 e 17 de dezembro de 2013. A data e o horário de coleta em cada ponto amostral podem ser observados na Tabela 3.1.1-3. A localização dos pontos pode ser observada na Figura 3.1.1-5.

Tabela 3.1.1-3. Data e horário da realização da coleta de amostras de sedimento por ponto amostral da Campanha de dezembro de 2013.

Pontos	Data	Hora
P1	16/12/2013	12:14
P2	16/12/2013	11:39
P3	16/12/2013	11:17
P4	16/12/2013	10:52
P5	16/12/2013	10:21
P6	16/12/2013	09:59
P7	16/12/2013	09:33
P8	16/12/2013	08:52
P9	17/12/2013	16:54

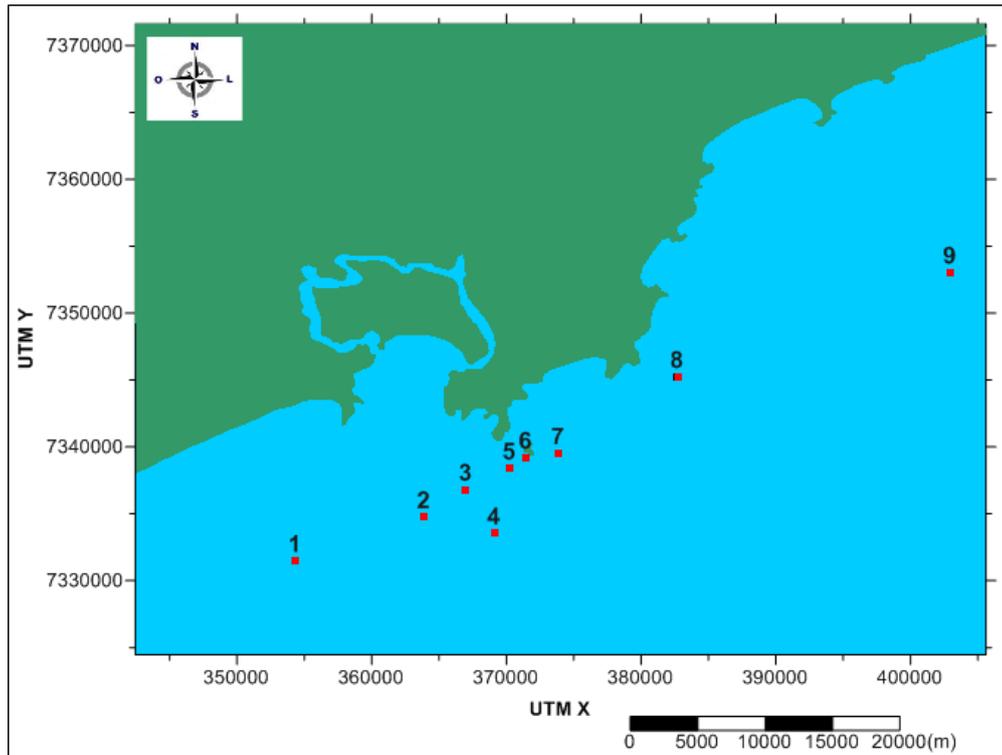


Figura 3.1.1-5. Localização dos pontos amostrais da Campanha de dezembro de 2013.

A seguir são apresentados os resultados das análises de dioxinas e furanos nas amostras de sedimento da Campanha de dezembro de 2013. Os laudos dessas análises encontram-se no Anexo 6-5.

### ***Dioxinas e Furanos***

Os valores do equivalente tóxico (i-TEQ) de cada composto analisado, calculados a partir da concentração quantificada em cada amostra de sedimento da Campanha de dezembro de 2013, encontram-se na Tabela 3.1.1-4.

Tabela 3.1.1-4. Valores de equivalente tóxico (i-TEQ) calculados dos compostos analisados nas amostras de sedimento da Campanha de dezembro de 2013. Resultados com concentrações abaixo do limite de quantificação não foram calculados (N.C.).

Parâmetros	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<b>Dioxinas</b>										
2,3,7,8 - TCDD	ng/kg	N.C.								
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,402	3,360	N.C.
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg	N.C.	0,042	0,071	0,051	0,346	0,789	0,576	0,709	0,022
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg	N.C.	0,044	0,068	0,046	0,321	0,816	0,555	0,721	0,106
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg	N.C.	0,017	0,026	N.C.	0,121	0,300	0,193	0,411	0,042
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg	0,050	0,114	N.C.	0,117	0,780	1,939	1,561	0,602	0,269
OCDD	ng/kg	0,004	0,009	0,010	0,008	0,065	0,131	0,104	0,041	0,020
<b>Total i-TEQ (dioxinas)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,054</b>	<b>0,225</b>	<b>0,176</b>	<b>0,222</b>	<b>1,632</b>	<b>3,975</b>	<b>3,391</b>	<b>5,845</b>	<b>0,458</b>
<b>Furanos</b>										
2,3,7,8-TCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,025	N.C.	0,111	N.C.
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,027	0,009	N.C.
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,259	0,256	0,367	N.C.
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	0,014	0,031	0,015	0,103	0,273	0,177	0,083	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	0,010	0,019	N.C.	0,055	0,139	0,090	0,046	N.C.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	0,029	N.C.	0,354	0,777	0,487	0,065	N.C.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,070	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg	0,011	0,019	0,026	0,023	0,166	0,445	0,275	0,117	0,056
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0,018	0,054	0,038	0,014	N.C.
OCDF	ng/kg	0,000	0,001	0,001	0,001	0,006	0,016	0,011	0,005	0,002
<b>Total i-TEQ (furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,011</b>	<b>0,044</b>	<b>0,107</b>	<b>0,039</b>	<b>0,701</b>	<b>1,987</b>	<b>1,430</b>	<b>0,817</b>	<b>0,057</b>
<b>Total i-TEQ (dioxinas+furanos)</b>	<b>ng/kg</b>	<b>0,066</b>	<b>0,269</b>	<b>0,283</b>	<b>0,262</b>	<b>2,333</b>	<b>5,962</b>	<b>4,821</b>	<b>6,662</b>	<b>0,515</b>

O composto de dioxina mais tóxico, 2,3,7,8-TCDD, não foi quantificado nas amostras dos 9 pontos de coleta, diferentemente do composto de furano mais tóxico, 2,3,7,8-TCDF, que foi quantificado nas amostras de sedimentos dos pontos P5 e P8.

As Figuras 3.1-6 e 3.1-7 indicam quais compostos de dioxinas e furanos, respectivamente, foram encontrados nas amostras dos pontos de coleta e os correspondentes valores de i-TEQ.

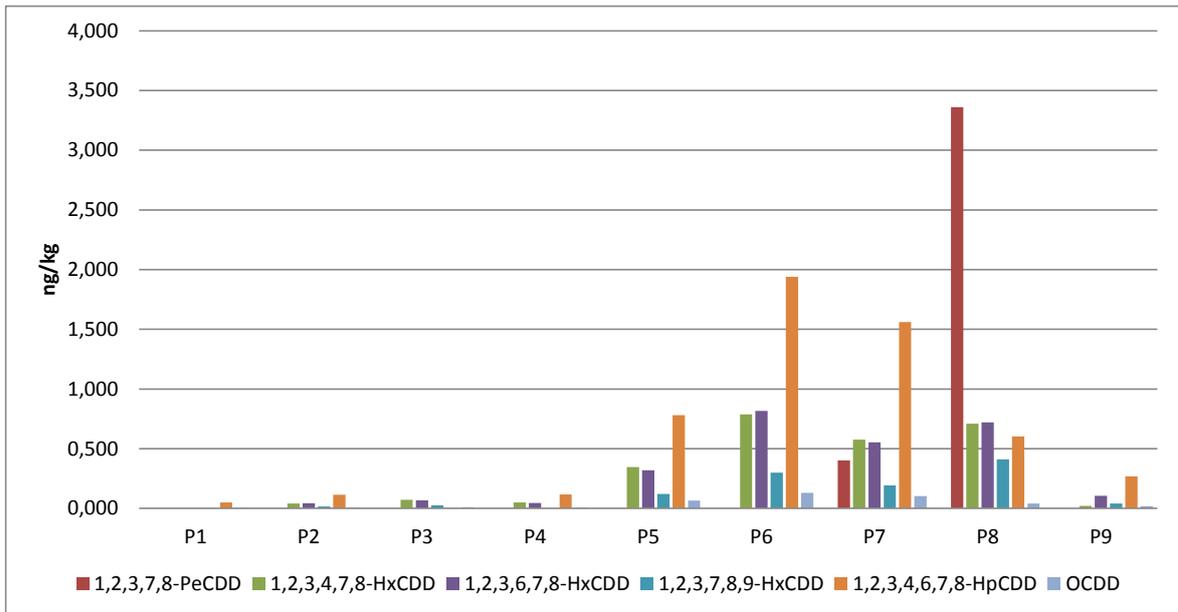


Figura 3.1-6. Valores de i-TEQ das dioxinas quantificadas nas amostras de sedimento dos 9 pontos de coleta da Campanha de dezembro de 2013.

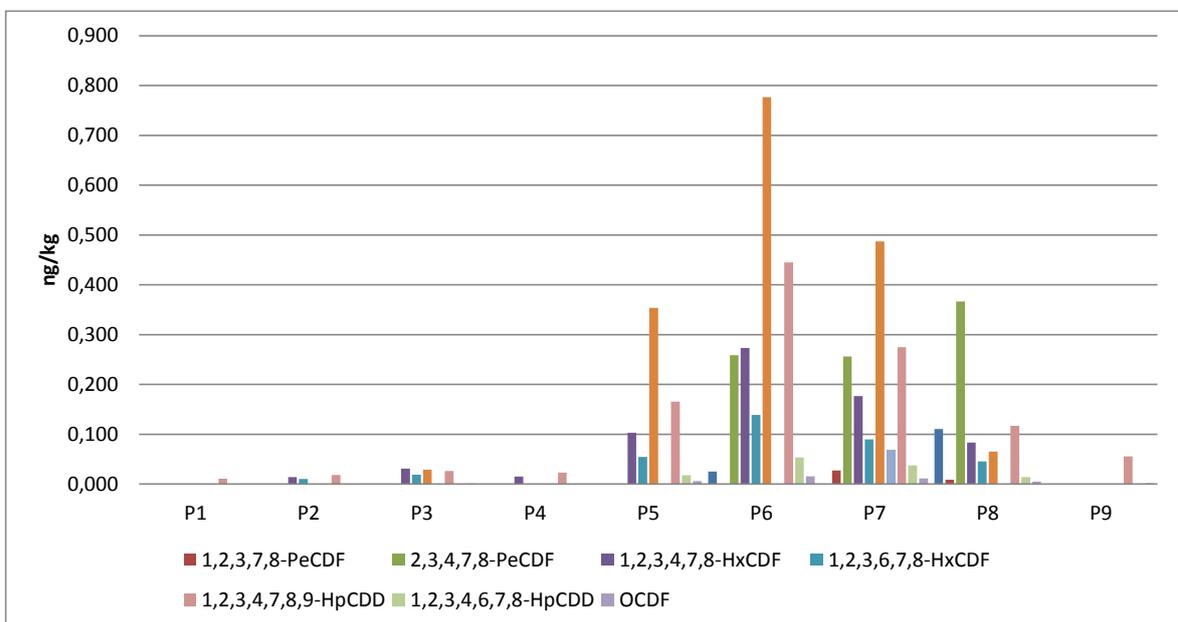


Figura 3.1-7 Valores de i-TEQ dos furanos quantificados nas amostras de sedimento dos 9 pontos da Campanha de dezembro de 2013.

Em relação aos valores de somatória de dioxinas e furanos encontrados, estes foram comparados com os valores ISQG (TEL) e PEL, da *Canadian Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life*, e se encontram representados na Figura 3.1-8.

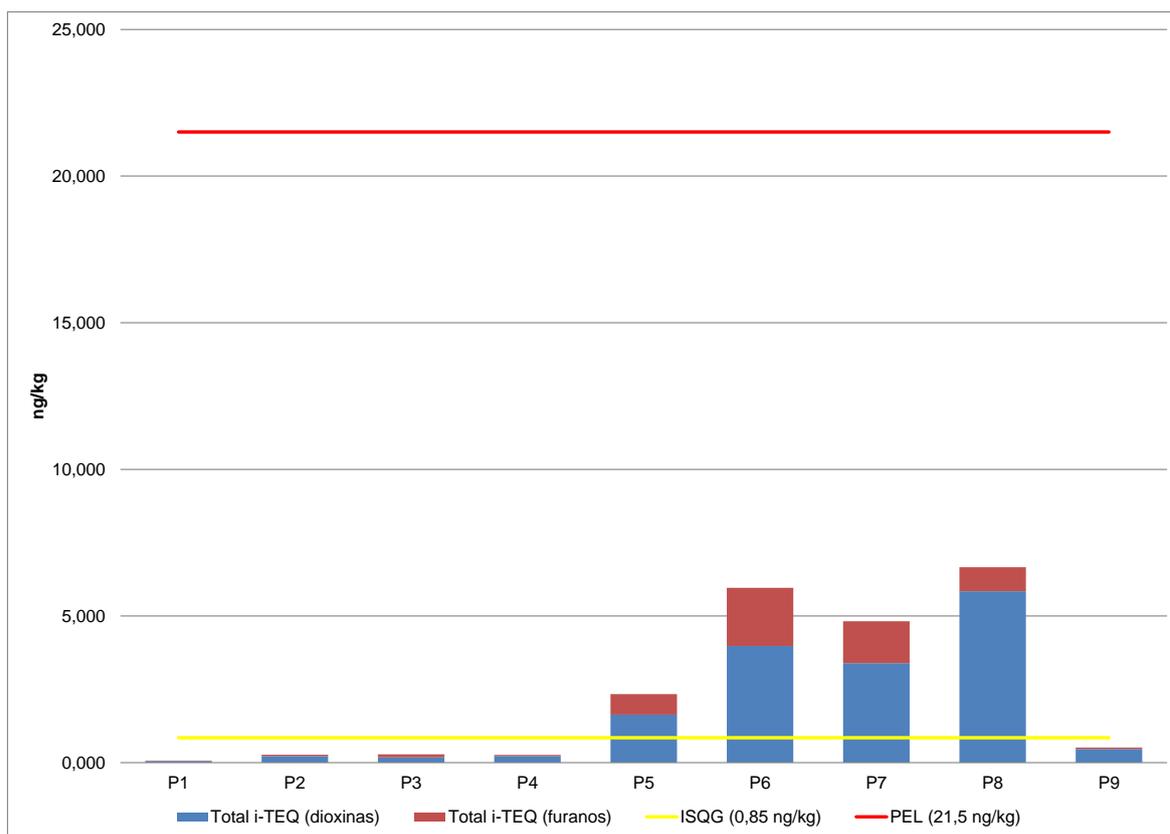


Figura 3.1-8. Somatório dos valores de i-TEQ calculados para dioxinas e furanos das amostras coletadas nos pontos amostrais durante a Campanha de dezembro de 2013. (—) ISQG/TEL; (—) PEL.

Em todos os pontos foram quantificados tanto dioxinas como furanos. Nos pontos P1 a P4 e P9 o valor da somatória de i-TEQ não ultrapassou o valor de TEL de 0,85 ng/kg. Já para os pontos P5 a P8, as somatórias das concentrações de dioxinas e furanos estiveram acima do valor de TEL, contudo se mantiveram abaixo do valor de PEL (21,5 ng/kg).

Nesta campanha, assim como na Campanha de novembro de 2013, houve uma diminuição no número de amostras (4 amostras) com valores de i-TEQ total maior do que o TEL em comparação com campanhas anteriores realizadas em 2013 (6 a 7 amostras). Como já mencionado para a Campanha de novembro, este resultado pode indicar um efeito do término das atividades de descarte de material dragado na região do Porto de Santos.

## **3.2. Monitoramento da Qualidade da Água de Fundo**

### **Campanha de julho de 2013**

A Campanha de julho de 2013 de coleta de amostras de água de fundo foi realizada nos dias 4 e 5 de julho de 2013 nos 9 pontos amostrais. As coletas nos pontos P5, P7, P8 e P9 foram realizadas no primeiro dia de coleta e a amostragem nos pontos P1 a P4 e P6 foi realizada no segundo dia, juntamente com a amostragem de sedimento.

Os resultados das análises químicas e físico-químicas são apresentados a seguir. Os laudos das químicas análises realizadas pelo laboratório *Analytical Technology* encontram-se no Anexo 6-6.

### **A. Resultados das Análises Químicas e Físico-Químicas**

#### ***Análises Físico-Químicas***

Os resultados da análise físico-química realizada *in situ* nas amostras de água de fundo da Campanha de julho de 2013 encontram-se na Tabela 3.2-1. Os resultados apresentaram pouca variação de seus valores entre os pontos de coleta, sendo que a média da salinidade foi de 34,2, de pH foi de 7,8, de temperatura foi de 21,5°C e de oxigênio dissolvido de 7,2 mg/L. Os valores de salinidade, temperatura e pH encontram-se dentro do esperado para a região e época do ano estudada (Rossi-Wongtchowski e Madureira, 2006; Carvalho, 2009). Já em relação ao oxigênio dissolvido (OD), nenhuma amostra apresentou concentração inferior ao valor de referência de 6 mg/L para águas salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18.

Tabela 3.2-1. Resultados médios das medições dos parâmetros físico-químicos das amostras de água de fundo referentes à Campanha de julho de 2013.

Ponto de Coleta	Salinidade	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
P1	33,95	7,46	21,42	7,24
P2	34,08	7,80	21,49	7,22
P3	34,37	7,82	21,50	7,21
P4	34,57	7,85	21,50	7,20
P5	34,33	7,86	21,49	7,21
P6	34,36	7,88	21,50	7,21
P7	34,23	7,85	21,49	7,22
P8	33,87	7,87	21,55	7,22
P9	34,22	7,87	21,73	7,18

### **Metais e Arsênio**

Os resultados da análise de metais e do semimetal arsênio nas amostras de água de fundo da Campanha de julho de 2013 encontram-se na Tabela 3.2-2.

Apenas os metais ferro e manganês apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do método utilizado (LQ) nas amostras analisadas. O metal ferro foi quantificado nas amostras dos pontos P1, P3, P5, P7 e P8, com concentrações que variaram de 0,039 a 0,213 mg/L. Não há um valor máximo de concentração de ferro total na Resolução CONAMA 357, artigo 18 (Brasil, 2005). Contudo, esta resolução considera valor máximo de ferro dissolvido de 0,3 mg/L para águas salinas de classe 1 e 2. Nenhuma das amostras de água de fundo apresentou concentrações de ferro total, que inclui o ferro dissolvido, maior do que esse valor.

Já o metal manganês foi quantificado em apenas duas amostras, as dos pontos P5 e P6. Contudo, as concentrações foram menores do que o valor máximo para o padrão de qualidade de águas salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 12 (Brasil, 2005).

No geral, as concentrações de manganês em mar aberto podem variar de 0,0004 a 0,01 mg/L, porém, em regiões mais costeiras, as concentrações encontradas em estudos realizados no Mar da Irlanda e no Mar do Norte foram de até 0,0255 mg/L (Howe *et al.*, 2005). Porém, em locais com maior impacto

antrópico, essas concentrações podem ser superiores (Azevedo e Chasin, 2003; Howe *et al.*, 2005 ).

Tabela 3.2-2. Concentração dos metais e semimetal analisados (mg/L) nas amostras de água de fundo referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Metais e Arsênio											
Parâmetros	Unidade	CONAMA 357 Artigo 18	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cádmio Total	mg/L	0,005	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Chumbo Total	mg/L	0,010	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cobre Total	mg/L	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Cromo Total	mg/L	0,05	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Ferro Total	mg/L	-	0,039	< 0,030	0,054	< 0,030	0,213	< 0,030	0,039	0,037	< 0,030
Manganês Total	mg/L	0,1	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,021	0,02	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Níquel Total	mg/L	0,025	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Zinco Total	mg/L	0,09	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070
Mercúrio Total	µg/L	0,2	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000	< 0,6000

Legenda: (-) Valor comparativo não disponível para este composto

### ***Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) e Bifenilas Policloradas (PCB)***

Tanto os compostos de hidrocarbonetos aromáticos como os de bifenilas policloradas não foram quantificados nas amostras de água de fundo da Campanha de julho de 2013. Os resultados podem ser encontrados no laudo analítico, que se encontra no Anexo 6-6.

### ***Outros Parâmetros***

Em relação aos parâmetros carbono orgânico total (COT), sólidos suspensos totais, nitrogênio Kjeldahl total (NKT) e fósforo total, os resultados destes encontram-se na Tabela 3.2-3.

Tabela 3.2-3. Concentração (mg/L) de carbono orgânico total, sólidos suspensos totais, nitrogênio Kjeldahl total e fósforo total nas amostras de água de fundo referentes à Campanha de julho de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Outros Parâmetros											
Parâmetros	Unidade	CONAMA 357 Artigo 18	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Carbono Orgânico Total (COT)	mg/L	3,0	1,71	1,67	1,76	1,72	2,19	2,25	2,14	2,23	2,38
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	-	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	0,384	< 0,300	0,336	< 0,300	0,369
Nitrogênio Kjeldahl Total (NKT)	mg/L	-	< 5,00	< 5,00	< 5,00	17,30	28,00	28,00	8,67	< 5,00	< 5,00
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,031	0,035	0,036	0,036	0,041	0,048	0,037	0,035	< 0,020

Legenda: ( - ) Valor comparativo não disponível para este composto

A concentração de COT nas amostras de água de fundo de todos os pontos de coleta foi maior do que o limite de quantificação do método analítico, porém menor do que o valor máximo para o padrão de qualidade de água salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18.

Quanto aos sólidos suspenso totais, este parâmetro foi quantificado apenas nas amostras dos pontos P5, P7 e P9, com valores de 0,384, 0,336 e 0,369 mg/L, respectivamente.

O parâmetro NKT foi quantificado nas amostras dos pontos P4 a P7, com valores variando de 8,67 mg/L, no ponto P7, a 28 mg/L, nos pontos P5 e P6.

Fósforo total apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método (LQ) nas amostras de todos os pontos, com exceção do ponto P9. Entretanto, nas amostras em que este nutriente foi quantificado, a concentração foi menor do que o valor máximo de padrão de qualidade de águas salinas de classe 1 da CONAMA 357, artigo 18.

### Campanha de outubro de 2013

A campanha de coleta de amostras de água de fundo referente ao mês de outubro de 2013 ocorreu juntamente com a campanha para coleta de amostras de sedimento. As datas, horários e coordenadas/localização são os mesmos da Campanha de outubro de 2013 do Monitoramento da Qualidade do sedimento.

Os resultados das análises químicas e físico-químicas realizadas pelo laboratório *Analytical Technology* são apresentados a seguir. Os laudos destas análises encontram-se no Anexo 6-7.

## A. Resultados das Análises Químicas e Físico-Químicas

### **Análises Físico-Químicas**

Os resultados da análise físico-química realizada *in situ* nas amostras de água de fundo da Campanha de outubro de 2013 encontram-se na Tabela 3.2-4. Os resultados apresentaram pouca variação de seus valores entre os pontos de coleta, sendo que a média da salinidade foi de 32, de pH foi de 8, de temperatura foi de 20°C e de oxigênio dissolvido de 6,1 mg/L. Os valores de salinidade, temperatura e pH encontram-se dentro do esperado para a região e época do ano estudada (Rossi-Wongtchowski e Madureira, 2006; Carvalho, 2009). Já em relação ao oxigênio dissolvido (OD), nenhuma amostra apresentou concentração inferior ao valor de referência de 6 mg/L para águas salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18.

Tabela 3.2-4. Resultados médios das medições dos parâmetros físico-químicos das amostras de água de fundo referentes à Campanha de outubro de 2013.

Ponto de Coleta	Salinidade	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
P1	31,57	7,99	20,17	7,17
P2	31,63	8,07	19,57	5,83
P3	31,67	8,04	19,50	6,14
P4	31,87	7,80	19,47	7,06
P5	32,73	8,07	19,17	5,50
P6	31,57	8,07	20,07	5,52
P7	31,93	8,11	19,17	5,70
P8	32,03	8,05	20,00	6,12
P9	32,17	7,99	19,67	5,84

### **Metais e Arsênio**

Os resultados da análise de metais e do semimetal arsênio nas amostras de

água de fundo da Campanha de outubro de 2013 encontram-se na Tabela 3.2-5.

Apenas os metais ferro e manganês apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do método utilizado (LQ) nas amostras analisadas. O metal ferro foi quantificado nas amostras dos pontos P2, P3, P5, P6, P7 e P8, com concentrações que variaram de 0,052 a 0,368 mg/L. Não há um valor máximo de concentração de ferro total na Resolução CONAMA 357, artigo 18 (Brasil, 2005). Contudo, esta resolução considera valor máximo de ferro dissolvido de 0,3 mg/L para águas salinas de classe 1 e 2. As amostras dos pontos P2, P5, P6 e P8 apresentaram concentrações próximas a esse valor, porém deve se levar em consideração que ferro total inclui ferro dissolvido e particulado.

Já o metal manganês foi quantificado em apenas quatro amostras, dos pontos P5 a P8, sendo que todas as concentrações foram menores do que o valor máximo para o padrão de qualidade de água salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18 (Brasil, 2005).

No geral, as concentrações de manganês em mar aberto podem variar de 0,0004 a 0,01 mg/L, porém, em regiões mais costeiras, estudos realizados no Mar da Irlanda e no Mar do Norte reportaram valores de até 0,0255 mg/L (Howe *et al.*, 2005). Contudo, em locais com maior impacto antrópico, essas concentrações podem ser superiores (Azevedo e Chasin, 2003; Howe *et al.*, 2005).

Tabela 3.2-5. Concentração dos metais e semimetal analisados (mg/L) nas amostras de água de fundo referentes à Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Metais e Arsênio											
Parâmetros	Unidade	CONAMA 357 Artigo 18	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio Total	mg/L	0,005	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Chumbo Total	mg/L	0,01	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Cobre Total	mg/L	-	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Cromo Total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Ferro Total	mg/L	-	<0,030	<b>0,3</b>	<b>0,062</b>	<0,030	<b>0,335</b>	<b>0,368</b>	<b>0,153</b>	<b>0,357</b>	<b>0,052</b>
Manganês Total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>0,03</b>	<b>0,036</b>	<b>0,014</b>	<b>0,041</b>	<0,010
Mercúrio Total	µg/L	0,2	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200	<0,200
Níquel Total	mg/L	0,025	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zinco Total	mg/L	0,09	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070

Legenda: (-) Valor comparativo não disponível para este composto

## ***Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) e Bifenilas Policloradas (PCB)***

Tanto os compostos de hidrocarbonetos aromáticos como os de bifenilas policloradas não foram quantificados nas amostras de água de fundo da Campanha de outubro de 2013. Os resultados podem ser encontrados no laudo analítico, que se encontra no Anexo 6-7.

### ***Outros Parâmetros***

Em relação aos parâmetros carbono orgânico total (COT), sólidos suspensos totais, nitrogênio Kjeldahl total (NKT) e fósforo total, os resultados destes encontram-se na Tabela 3.2-6.

Tabela 3.2-6. Concentração (mg/L) de carbono orgânico total, sólidos suspensos totais, nitrogênio Kjeldahl total e fósforo total nas amostras de água de fundo referentes à Campanha de outubro de 2013. Valores precedidos do sinal “<” indicam resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357 Artigo 18	Pontos de Coleta								
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Carbono Orgânico Total	mg/L	3,0	1,79	2,67	1,97	1,87	3,05	2,87	2,35	3,66	2,45
Fósforo Total	mg/L	0,062	< 0,020	0,047	0,028	0,037	0,059	0,064	0,057	0,075	0,06
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300	< 0,300
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	18	44	36	8	88	60	33,3	56	12

Legenda: (-) Valor comparativo não disponível para este composto

O parâmetro COT foi quantificado em todas as amostras de água de fundo, sendo que na maioria delas sua concentração foi menor do que o valor máximo para o padrão de qualidade de água salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18. As exceções ocorreram nas amostras dos pontos P5 e P8, que apresentaram concentrações maiores que 3,0 mg/L, valor máximo para este parâmetro estabelecido pela supracitada resolução.

Quanto aos sólidos suspenso totais, este parâmetro foi quantificado em todas as amostras, com valores entre 8 e 88 mg/L. O parâmetro NKT não foi quantificado em nenhuma das amostras coletadas.

Fósforo total apresentou concentrações acima do limite de quantificação do

método (LQ) nas amostras de todos os pontos, com exceção do ponto P1. Na maioria das amostras em que este nutriente foi quantificado, a concentração foi menor do que o valor máximo de padrão de qualidade de águas salinas de classe 1 da CONAMA 357, artigo 18. Porém, nas amostras dos pontos P6 e P8, as concentrações apresentaram valores acima de 0,062 mg/L, valor máximo estabelecido pela supracitada resolução.

### ***Dioxinas e Furanos***

Na Campanha de outubro de 2013, as amostras de água de fundo coletadas nos 9 pontos amostrais apresentaram concentrações inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado para os compostos de Dioxinas e Furanos. Os resultados podem ser encontrados no laudo analítico, que se encontra no Anexo 6-7.

### **3.3. Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas**

A campanha de coleta de organismos demersais-bentônicos foi realizada no dia 19 de outubro de 2013. As coordenadas dos pontos de coleta juntamente com a data e hora de coleta são apresentadas na Tabela 3.3-1. Na Figura 3.3-1 são apresentadas imagens das amostras coletadas nos quatro pontos amostrais obtidas na Campanha de outubro de 2013.

Tabela 3.3-1. Coordenadas e profundidade dos pontos de coleta e horários iniciais e finais dos arrastos da Campanha de outubro de 2013.

Ponto de Coleta	Profundidade (m)	Hora da coleta		Latitude		Longitude	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
AR1	22	13:00	13:30	24°06,812	24°05,320	46°20,025	46°20,114
AR2	21,6	14:06	14:36	24°04,766	24°04,417	46°18,890	46°18,043
AR3	22,5	15:15	15:45	24°03,6362	24°03,820	46°16,2825	46°17,014
AR4	26,4	10:30	11:00	24°10,760	24°09,627	46°29,428	46°28,060



Figura 3.3-1. Imagens das amostras de organismos demersais-bentônicos da Campanha de outubro de 2013 obtidas nos pontos AR1 (a), AR2 (b), AR3 (c) e AR4 - controle (d).

Nos pontos de coleta AR1, AR2 e AR3, estabelecidos para análise ecológica deste estudo, foram capturados 53 *taxa*, totalizando 1.104 exemplares de peixes (43,272 kg), 1.611 de crustáceos (11,585 kg), 74 de moluscos (1,311 kg) e 114 de outros organismos (estrelas do mar, esponja e anêmona) (3,622 kg) (Tabela 3.3-2).

Analisando a área como um todo, foi observado predomínio de peixes com a ocorrência de 31 espécies, representando 58,5% do total de espécies capturadas, sendo seguidos pelos crustáceos com 11 espécies (20,8%), moluscos com 6 (11,3%) e “outros organismos” com 5 espécies (9,4%).

Os peixes foram responsáveis por 38% da captura total em número de indivíduos e 72,4% em peso. Os crustáceos contribuíram com 55,5% em número e 19,4% em peso e os moluscos com 2,5% em número e 2,2% em peso. Outros organismos, como estrelas-do-mar, esponjas e anêmonas, representaram 3,9% da captura em número e 6,1% em peso.

Tabela 3.3-2. Família, espécie, número e peso (em gramas) dos indivíduos capturados nos pontos de coleta durante a Campanha de outubro de 2013.

Grupo	Espécies	Nome Popular	Ponto AR1		Ponto AR2		Ponto AR3		TOTAL	
			Número	Peso (g)	Número	Peso (g)	Número	Peso (g)	Número	Peso
P e i x e s	<i>Achirus lineatus</i>	Linguado			1	64,8			1	64,8
	<i>Centropomus parallelus</i>	Robalo			3	972			3	972
	<i>Chaetodipterus faber</i>	Enxada			5	345,1			5	345,1
	<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i>	Cangauá	1	29,6	19	544,5			20	574,1
	<i>Cynoscion sp</i>	Pescada	2	4,8	4	8,5			6	13,3
	<i>Diapterus rhombeus</i>	Carapeba							0	0
	<i>Diplectrum radiale</i>	Michole-de-areia			2	381,4			2	381,4
	<i>Gymnothorax ocellatus</i>	Moréia			1	137,6			1	137,6
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	Tortinha	1	9	3	37,3			4	46,3
	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Baiacu			2	131,6			2	131,6
	<i>Larimus breviceps</i>	Oveva	4	23,2	22	355,9			26	379,1
	<i>Macrodon atricauda</i>	Pescada					40	1876,7	40	1876,7
	<i>Menticirrus americanus</i>	Betara	24	2701	42	1914,69			66	4615,7
	<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	1	118,9	2	204	2	536,6	5	859,5
	<i>Ortopristhis ruber</i>	Corcoroca	1	384,4					1	384,4
	<i>Paralanchurus brasiliensis</i>	Maria-luiza	92	4272,48	535	7417,01	201	11087,2	828	22776,7
	<i>Pellona harroweri</i>	Pellona	3	32,7					3	32,7
	<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	Corcoroca			1	18,8			1	18,8
	<i>Porichthys porosissimus</i>	Mangangá-liso	1	29,4			5	129,5	6	158,9
	<i>Prionotus punctatus</i>	Cabrinha			1	2,8			1	2,8
	<i>Rhinobatos horkelii</i>	Raia-viola			3	394,3			3	394,3
	<i>Rioraja agassizii</i>	Raia	1	477,7					1	477,7
	<i>Selene vomer</i>	Galo-de-penacho	2	3,2			2	3,3	4	6,5
	<i>Serranus auriga</i>	Mariquita			1	10,05			1	10,1
	<i>Squatina guggenheim</i>	Cação-anjo					1	2000	1	2000,0
	<i>Stellifer brasiliensis</i>	Cangoá	3	116,1	6	114,7	1	8,1	10	238,9
<i>Stellifer rastrifer</i>	Cangoá					2	256,8	2	256,8	
<i>Symphurus tessellatus</i>	Lingua-de-mulata			2	107,5	5	280,1	7	387,6	
<i>Trichiurus lepturus</i>	Espada	2	87,1	2	6,7	2	328,5	6	422,3	
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Abrótea					45	2783	45	2783	
<i>Zapteryx brevirostris</i>	Raia-viola			3	2523,6			3	2523,6	
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>138</b>	<b>8289,6</b>	<b>660</b>	<b>15692,9</b>	<b>306</b>	<b>19289,8</b>	<b>1104</b>	<b>43272,2</b>
C r u s t á c e o s	<i>Callinectes danae</i>	Siri azul	74	1849	39	1310,8	33	1100	146	4259,8
	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	Camarão-rosa	4	61,3	9	65,1			13	126,42
	<i>Hepathus pudibundus</i>	Caranguejo baú	64	1935,4	23	656,9	29	1072,9	116	3665,2
	<i>Libinia sp</i>	Carabuejo aranha			1	53,8	1	84,2	2	138
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	Camarão-branco	2	42,2	6	154,5			8	196,7
	<i>Persephona mediterranea</i>	Reloginho	8	123,8	2	36,4			10	160,2
	<i>Pleoticus muelleri</i>	Camarão ferrinho	2	11,7			36	118,5	38	130,15
	<i>Rimapeneus constrictus</i>	Camarão			1	1,1			1	1,1
	<i>Sicyonia dorsalis</i>	Camarão					22	24,9	22	24,9
	Stomatopoda	Tamburutaca	6	55,1	1	7,2			7	62,3
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Camarão-sete-barbas	7	48,4	44	190,2	1197	2581,7	1248	2820,4	
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>167</b>	<b>4127,0</b>	<b>126</b>	<b>2476</b>	<b>1318</b>	<b>4982,2</b>	<b>1611</b>	<b>11585,2</b>
M o l i u s c o s	<i>Buccinanops sp</i>	Gastropoda	14	264,8	8	172,7	8	146,2	30	583,7
	<i>Dorytheuthis sanpaulensis</i>	Lula			1	11	1	4,3	2	15,3
	<i>Loliguncula brevis</i>	Lula	6	68,1	12	52,3			18	120,4
	<i>Olivancillaria spp</i>	Gastropoda	3	70,9					3	70,9
	<i>Semicassis granulata</i>	Gastropoda	10	344			8	128,1	18	472,1
<i>Siratus senegalensis</i>	Gastropode					3	48,4	3	48,4	
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>33</b>	<b>747,8</b>	<b>21</b>	<b>236</b>	<b>20</b>	<b>327</b>	<b>74</b>	<b>1310,8</b>
o u t r o s	Actiniaria	Anêmona-do-mar	16	99,3	10	81,7	6	51	32	232
	<i>Astropecten marginatus</i>	Estrela-do-mar			1	27	1	7,1	2	34,1
	<i>Luidia senegalensis</i>	Estrela-do-Mar	10	517	39	1402,8	25	1123,7	74	3043,5
	<i>Mellita quinquesperforata</i>	Bolacha-do-mar	3	210,5			1	78,4	4	288,9
<i>Renilla sp</i>	Esponja tapete	1	7,4	1	16			2	23,4	
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>30</b>	<b>834,2</b>	<b>51</b>	<b>1527,5</b>	<b>33</b>	<b>1260,2</b>	<b>114</b>	<b>3621,9</b>

No ponto de coleta AR2 foi observado maior número de espécies (36), sendo seguido pelos pontos AR1 (30) e AR3 (25) (Tabela 3.3-3 e Figura 3.3-2). Em todos os pontos, o grupo dos peixes foi o que apresentou o maior número de espécies.

Tabela 3.3-3. Número de espécies (absoluta e percentual) por grupo taxonômico em cada ponto de coleta da Campanha de outubro de 2013.

GRUPOS	AR1			AR2			AR3		
	Frequência Absoluta	F. Relativa do Ponto	F. Relativa Total	Frequência Absoluta	F. Relativa do Ponto	F. Relativa Total	Frequência Absoluta	F. Relativa do Ponto	F. Relativa Total
<b>Peixes</b>	14	46,7	45,2	21	58,3	67,7	11	44,0	35,5
<b>Crustáceos</b>	8	26,7	72,7	8	22,2	72,7	6	24,0	54,5
<b>Moluscos</b>	4	13,3	66,7	3	8,3	50,0	4	16,0	66,7
<b>Outros</b>	4	13,3	80,0	4	11,1	80,0	4	16,0	80,0
	30		56,6	36		67,9	25		47,2

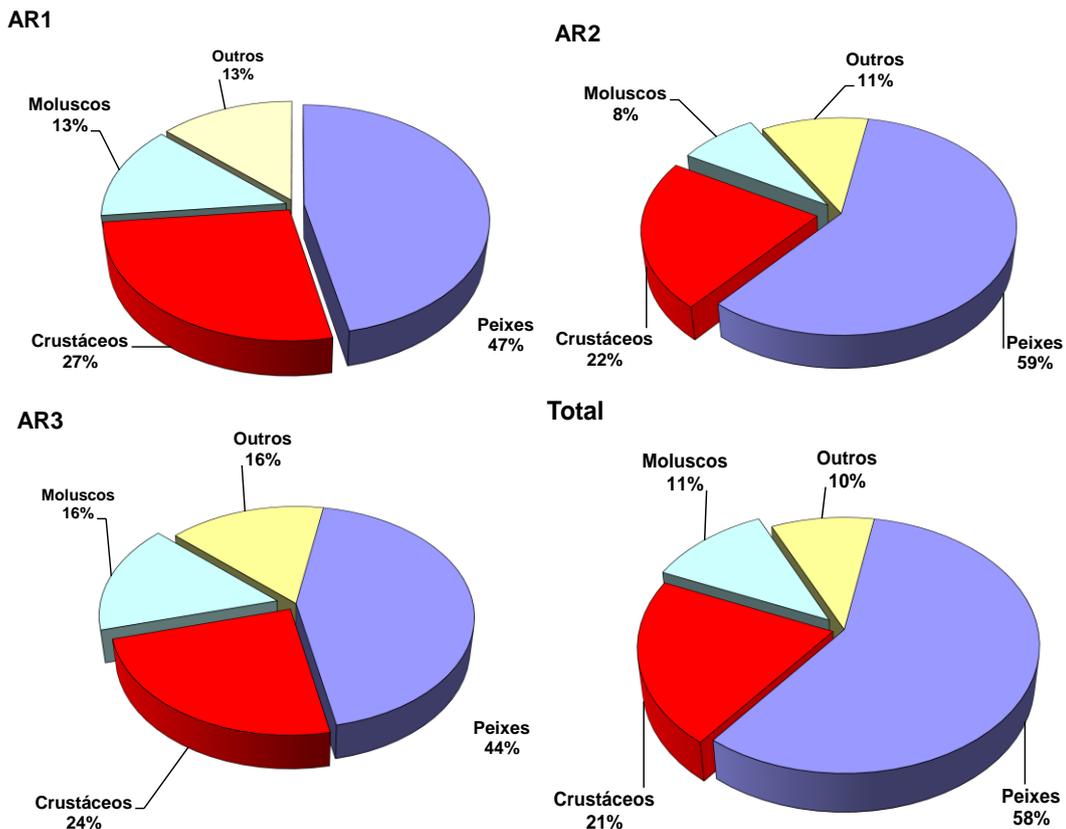


Figura 3.3-2. Proporção do número de espécies (%) por grupos de organismos nos pontos de coleta e na área total amostrada da Campanha de outubro de 2013.

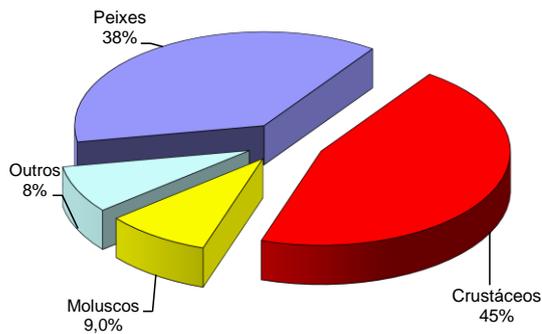
Os peixes foram dominantes em número e em peso de indivíduos em todos os pontos de coleta (Tabela 3.3-4 e Figuras 3.3-3 e 3.3-4) e apresentaram a maior abundância no ponto AR2, localizado no quadrilátero de disposição do material dragado. Os crustáceos foram mais abundantes no ponto AR3.

Tabela 3.3-4. Composição das amostras em número de indivíduos e em peso (gramas), por grupo de organismos e em cada ponto de coleta.

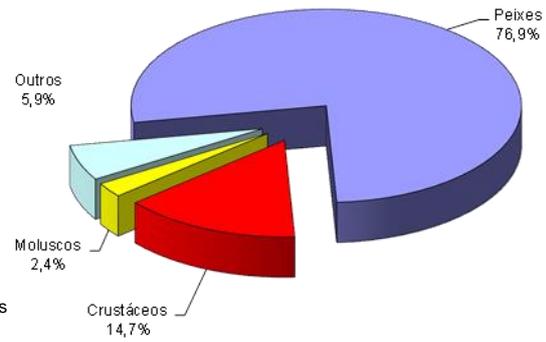
GRUPOS	AR1		AR2		AR3		TOTAL	
	Número	Peso	Número	Peso	Número	Peso	N	P
Peixes	138,0	8.289,6	660	15.692,9	306	19.289,8	1104	43272,3
Crustáceos	167	4127,0	126	2476	1318	4982,2	1611	11585,2
Moluscos	33	747,8	21	236	20	327	74	1310,8
Outros	30	834,2	51	1527,5	33	1260,2	114	3621,9

As espécies de peixes mais abundantes e que apresentaram maior biomassa nas amostras foram a maria-luiza, *Paralonchurus brasiliensis*, a betara, *Menticirrhus americanos*, a abrótea, *Urophycis brasiliensis*, e a pescada, *Macrodon atricauda*, representando 75%, 6%, 4,1% e 3,6% do total em número de indivíduos e 52,6%, 10,7%, 6,4% e 4,1% do total em peso, respectivamente. Entre os crustáceos, o camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, o siri-azul, *Callinectes danae*, e o caranguejo baú, *Hepathus pudibundus*, foram as espécies mais abundantes, representando 77,5%, 9,1% e 7,2% do total em número e 24,3%, 36,8% e 31,6% do total em biomassa, respectivamente. Os gastrópodes *Olivancillaria spp* e *Semicassis granulata* e a lula *Loliguncula brevis* foram os moluscos mais abundantes, perfazendo 40,5%, 24,3% e 24,3% do total em número e 44,5%, 36% e 9,2% do total em biomassa, respectivamente.

**AR1 %N**



**AR2 %N**



**AR3 %N**

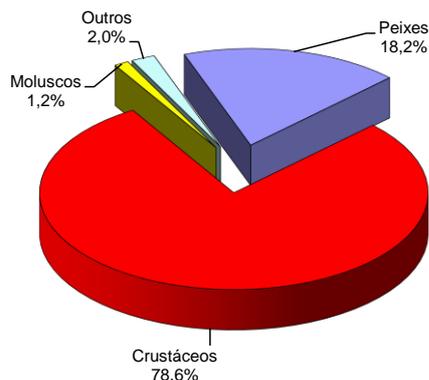
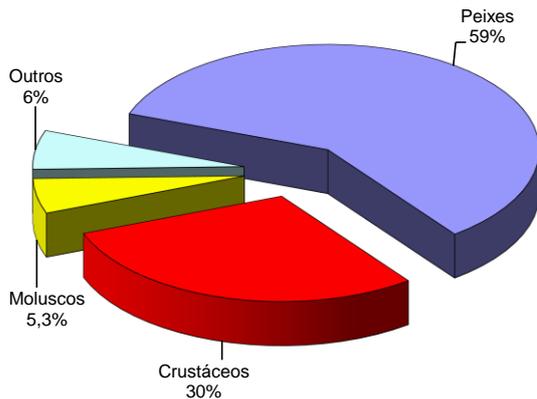
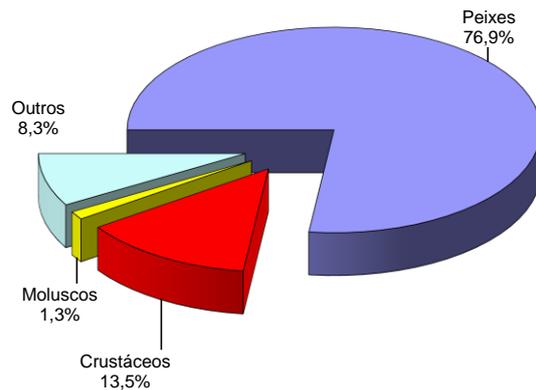


Figura 3.3-3. Proporção do número de indivíduos (%) por grupos de organismos capturados nos pontos de coleta da Campanha de outubro de 2013.

**AR1 %P**



**AR2 %P**



**AR3 %P**

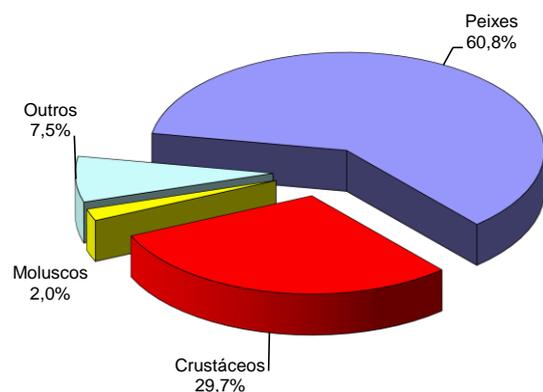


Figura 3.3-4. Proporção da biomassa (%) por grupo de organismos capturados nos pontos de coleta da Campanha de outubro de 2013.

A Figura 3.3-5 apresenta a contribuição percentual da biomassa das principais espécies em cada ponto de coleta. Pode-se observar que a maria-luiza, *Paralonchurus brasiliensis*, foi a espécie que apresentou maior biomassa nos três pontos amostrais. O camarão sete-barbas foi particularmente mais abundante no ponto AR3, onde também foi observada abundância de abrótea (*Urophycis brasiliensis*) e pescada (*Macrodon atricauda*).

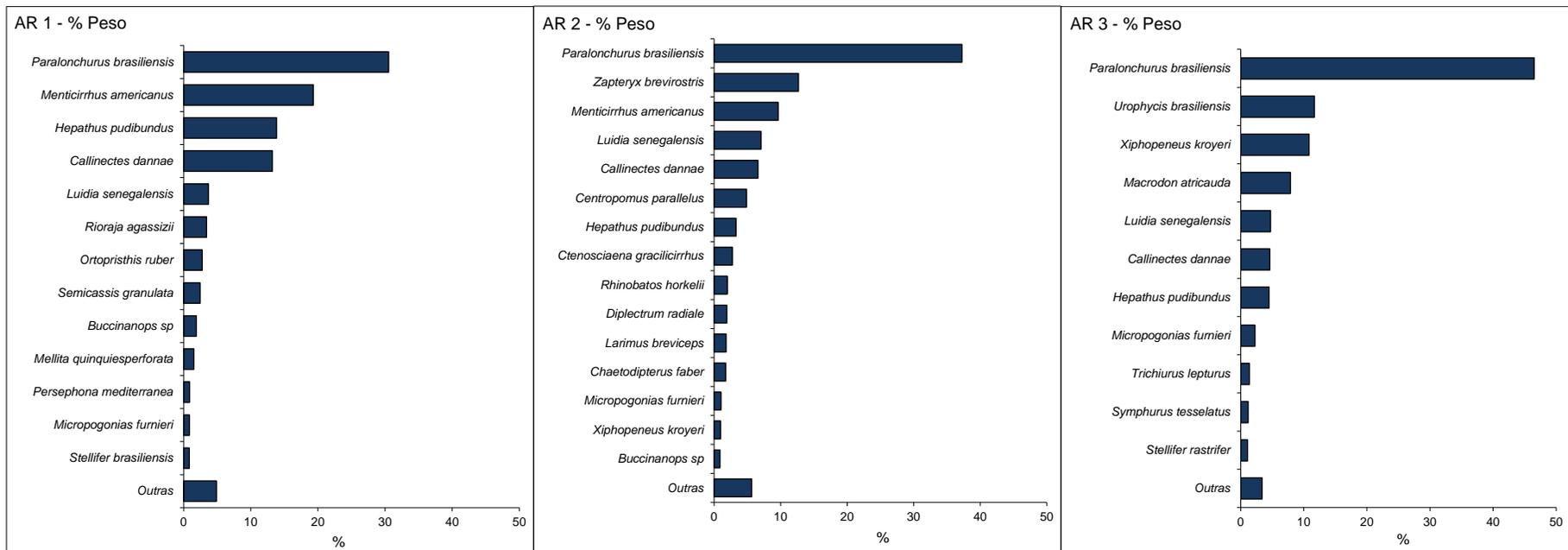


Figura 3.3-5. Contribuição (%) da biomassa das principais espécies capturadas em cada ponto de coleta da Campanha de outubro de 2013.

Os índices ecológicos apresentaram valores diferentes entre os pontos de coleta, sendo a diversidade e a equitabilidade mais elevadas no ponto AR1 (Tabela 3.3-5). O baixo valor de equitabilidade no ponto AR2 e AR3 foi devido à elevada dominância em número da maria-luiza ( $n = 535$  e  $201$ , respectivamente) e do camarão sete-barbas ( $n = 1.197$ , no ponto AR3).

Tabela 3.3-5. Número de espécies (S), de indivíduos (N) e índices de riqueza (d), equitabilidade (J') e diversidade (H') por ponto de coleta, referentes à Campanha de outubro de 2013.

Índices	AR1	AR2	AR3
S	30	37	25
N	368	858	1677
d	4,91	5,33	3,23
J'	0,71	0,48	0,37
H'(loge)	2,41	1,73	1,21

Comparando esses resultados com os das campanhas anteriores realizadas em março e maio de 2013, percebemos a mesma tendência de variação do número de espécies entre os pontos de coleta (Figura 3.3-6). Com relação à variação do número de indivíduos, em especial de peixes, ao longo das três campanhas de 2013, observou-se uma redução no ponto AR1, de 784 (março) para 286 (maio) e 138 (outubro), um aumento no ponto AR2, de 357 (março) para 270 (maio) e 660 (outubro), e uma diminuição no ponto AR3, de 413 (março) para 261 (maio) e 306 (outubro). Vale destacar que o ponto AR1 apresentou, em março de 2013, uma elevada abundância de sardinha mole (*Pellona harroweri*), espécie não demersal formadora de cardume, capturada na subida da rede do fundo. As variações encontradas se devem, provavelmente, aos fatores relacionados à sazonalidade de cada espécie. Entretanto, percebe-se que nos pontos AR2 e AR3 há um atrativo para espécies demersais-bentônicas, devido à elevada disponibilidade de matéria orgânica e conseqüentemente de alimento para as espécies comedoras de detritos e invertebrados bentônicos.

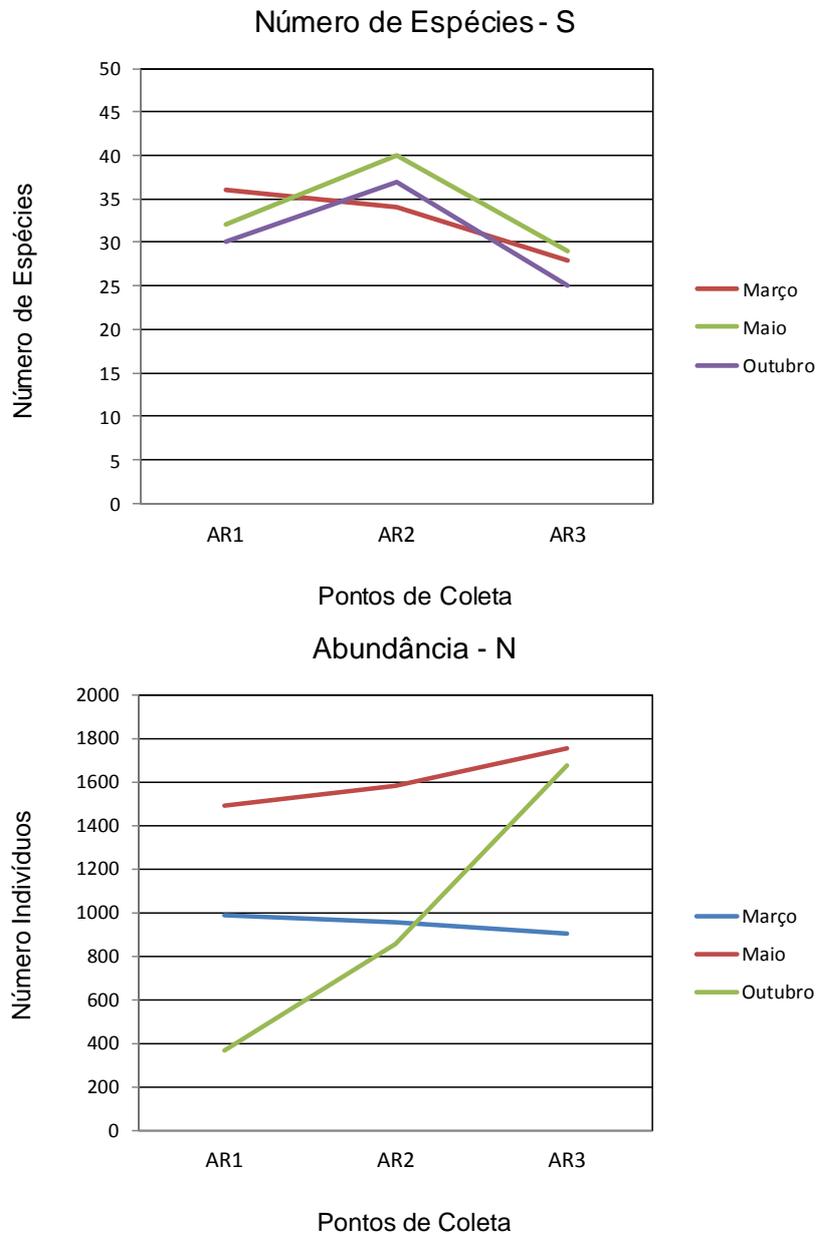


Figura 3.3-6. Abundância em número de indivíduos e diversidade de espécies nos pontos de coleta das Campanhas de março (—), maio (—) e outubro (—) de 2013.

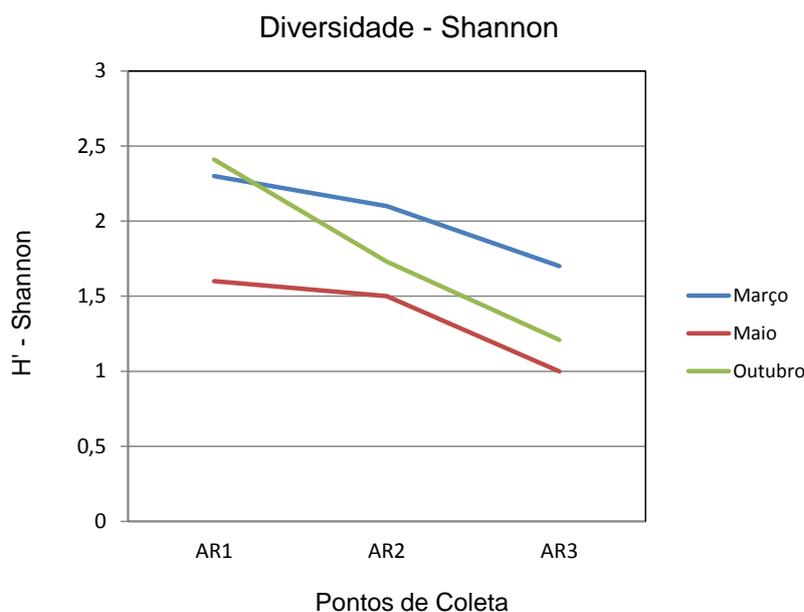


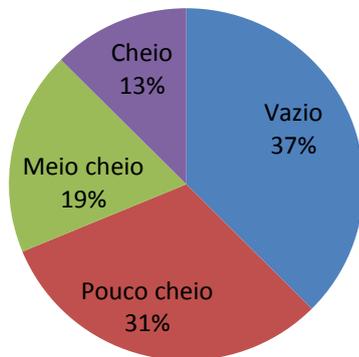
Figura 3.3-6. (continuação) Abundância em número de indivíduos e diversidade de espécies nos pontos de coleta das Campanhas de março (—), maio (—) e outubro (—) de 2013.

Em relação à diversidade, observou-se uma tendência de redução desta no ponto AR1 em direção ao ponto AR3 (Figura 3.3-6). Isto provavelmente ocorreu devido à mudança do tipo de sedimento nos pontos AR2 e AR3, que se torna mais fino e com mais matéria orgânica devido ao antigo aporte de material da dragagem, favorecendo a dominância de espécies detritívoras.

Analisando os estômagos dos indivíduos das espécies mais abundantes, de maneira geral, pode-se observar atividade alimentar nos três pontos de coleta (Figuras 3.3-7 a 3.3-9). Estes resultados confirmam que os pontos apresentam disponibilidade de alimento para as diversas espécies e está sendo utilizada por estas como área de alimentação.

**AR 1 - *Paralanchurus brasiliensis***

N=32



**AR 1 - *Menticirrhus americanus***

N=24

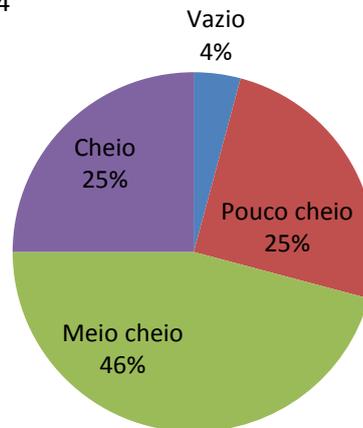
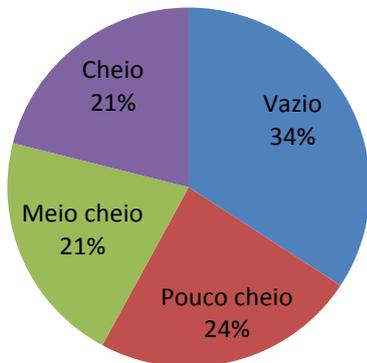


Figura 3.3-7. Índices de repleção estomacal das principais espécies capturadas (*Paralanchurus brasiliensis* e *Menticirrhus americanus*) no ponto AR1 da Campanha de outubro de 2013.

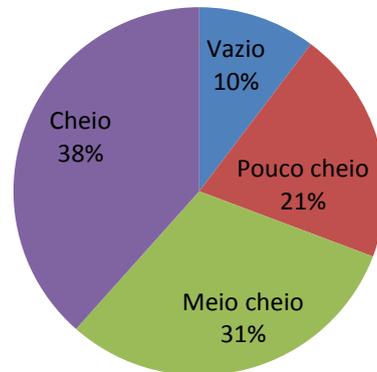
**AR 2 - *Paralonchurus brasiliensis***

N=38



**AR 2 - *Menticirrhus americanus***

N=39



**AR 2 - *Ctenosciaena gracilicirrhus***

N=18

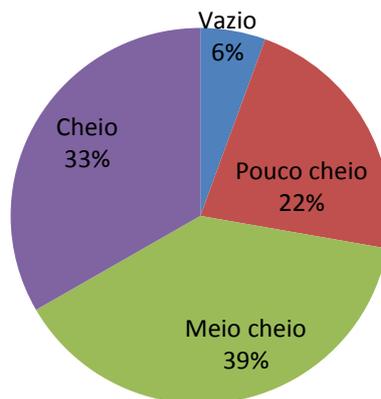
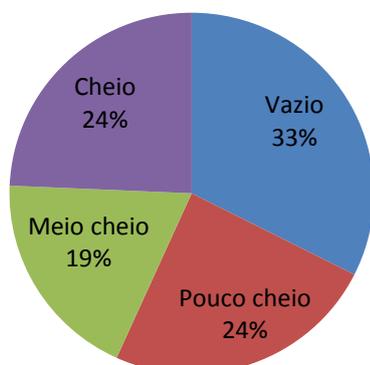


Figura 3.3-8. Índices de repleção estomacal das principais espécies capturadas (*Paralonchurus brasiliensis*, *Menticirrhus americanus* e *Ctenosciaena gracilicirrhus*) no ponto AR2 da Campanha de outubro de 2013.

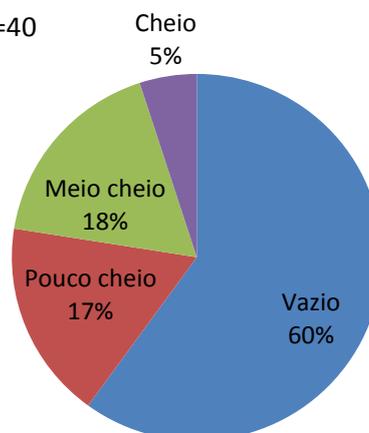
**AR 3 - *Paralanchurus brasiliensis***

N=37



**AR 3 - *Macrodon atricauda***

N=40



**AR 3 - *Urophycis brasiliensis***

N=40

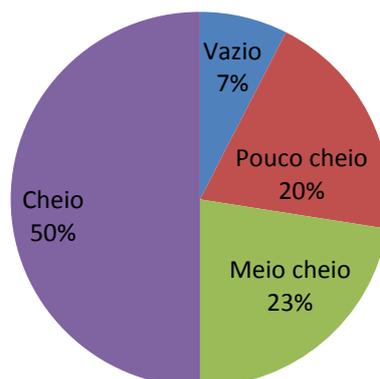


Figura 3.3-9. Índices de repleção estomacal das principais espécies capturadas (*Paralanchurus brasiliensis*, *Macrodon atricauda* e *Urophycis brasiliensis*) no ponto AR3 da Campanha de outubro de 2013.

A composição em tamanho dos indivíduos de cada espécie indicou a predominância de indivíduos de peixes teleósteos e de raias de porte médio. A Tabela 3.3-6 apresenta os comprimentos máximos e mínimos medidos das espécies de peixes da Campanha de outubro de 2013.

Tabela 3.3-6. Comprimento máximo e mínimo das espécies capturada nos pontos de coleta da Campanha de outubro de 2013.

Espécies	AR 1		AR 2		AR 3		CT min (mm)	CT max (mm)
	CT min (mm)	CT max (mm)	CT min (mm)	CT max (mm)	CT min (mm)	CT max (mm)		
<i>Achirus lineatus</i>			140	140			140	140
<i>Callinectes danae</i>	50	100	44	97	46	99	44	100
<i>Centropomus parallelus</i>			286	337			286	337
<i>Chaetodipterus faber</i>			102	136			102	136
<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i>	130	130	114	170			114	170
<i>Cynoscion sp</i>	47	68	38	75			38	75
<i>Diplectrum radiale</i>			219	233			219	233
<i>Dorytheuthis sanpaulensis</i>			59	59	35	35	35	59
<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	117	176	90	120			90	176
<i>Gymnothorax ocellatus</i>			433	433			433	433
<i>Hepathus pudibundus</i>	34	77	38	71	35	76	34	77
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	97	97	87	133			87	133
<i>Lagocephalus laevigatus</i>			95	175			95	175
<i>Larimus breviceps</i>	60	108	62	168			60	168
<i>Libinia sp</i>			57	57	68	68	57	68
<i>Litopenaeus schmitti</i>	116	168	150	190			116	190
<i>Loliguncula brevis</i>	38	68	24	51			24	68
<i>Macrodon atricauda</i>					73	327	73	327
<i>Menticirrus americanus</i>	107	304	67	250			67	304
<i>Micropogonias furnieri</i>	231	231	211	216	99	375	99	375
<i>Ortopristhis ruber</i>	298	298					298	298
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	185	247	85	215	111	220	85	247
<i>Pellona harroweri</i>	75	117					75	117
<i>Persephona mediterranea</i>	25	38	30	38			25	38
<i>Pleoticus muelleri</i>	76	106			60	116	60	116
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>			115	115			115	115
<i>Porichthys porosissimus</i>	143	143			54	169	54	169
<i>Prionotus punctatus</i>			64	64			64	64
<i>Rhinobatos horkelii</i>			253	380			253	380
<i>Rimapeneus constrictus</i>			50	50			50	50
<i>Rioraja agassizii</i>	455	455					455	455
<i>Selene vomer</i>	44	46			43	49	43	49
<i>Serranus auriga</i>			84	84			84	84
<i>Sicyonia dorsalis</i>					43	88	43	88
<i>Squatina guggenheim</i>					70	70	70	70
<i>Stellifer brasiliensis</i>	94	173	113	130	87	87	87	173
<i>Stellifer rastrifer</i>					201	201	201	201
<i>Stomatopoda</i>	81	103	81	81			81	103
<i>Symphurus tessellatus</i>			140	207	151	201	140	207
<i>Trichiurus lepturus</i>	213	567	173	251	201	838	173	838
<i>Urophycis brasiliensis</i>					91	242	91	242
<i>Xiphopeneus kroyeri</i>	75	141	80	115	65	137	65	141
<i>Zapteryx brevirostris</i>			432	454			432	454

### **3.5.1. Monitoramento da Bioacumulação: Análises Químicas nos Tecidos dos Organismos**

A coleta de organismos para o Monitoramento da Bioacumulação foi realizada concomitantemente à Campanha de outubro de 2013 do Monitoramento das Comunidades Demersais-Bentônicas, no dia 19 de outubro.

A escolha dos táxons para a realização das análises químicas de contaminantes nos tecidos foi baseada na disponibilidade de biomassa nos pontos de coleta, a fim de possibilitar a comparação entre os diferentes pontos e possibilitar o acompanhamento temporal em campanhas posteriores, tendo como alvo espécies com hábito alimentar e comportamento ligados ao substrato marinho.

Tendo em vista as baixas capturas em número e biomassa e a distribuição diferenciada das espécies ao longo da área, não foi possível realizar as análises de contaminantes nas mesmas espécies em todos os pontos de coleta. Entretanto, as espécies escolhidas atenderam aos critérios estabelecidos. No ponto AR1 foram analisadas somente 3 espécies bioindicadoras, devido a baixa abundância de espécies e a quantidade de amostra de camarão foi suficiente apenas para analisar os congêneres de dioxinas e furanos.

Não foram utilizados indivíduos de grande porte por acreditar-se que esses apresentam grande mobilidade, não sendo exclusivamente residentes deste ecossistema e, portanto, podem estar expostos a outros interferentes.

As espécies selecionadas para análise de bioacumulação foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração até a chegada nos laboratórios da FUNDESPA, onde foram transferidos para congeladores. Em laboratório, as amostras de tecido muscular foram retiradas dos organismos, acondicionados em papel alumínio e preservados à -20°C para posterior envio ao laboratório especializado. A manipulação e a retirada de tecido muscular dos organismos foram realizadas segundo USEPA (2000).

As amostras foram enviadas para o laboratório responsável e os laudos dos resultados das análises químicas do tecido de organismos encontram-se no Anexo 6-8.

A Tabela 3.4-1 apresenta a lista das espécies utilizadas como bioindicadores e a quantidade em gramas de tecido extraído para análise.

Tabela 3.4-1. Lista das espécies selecionadas, códigos e quantidade (em gramas) de tecido extraído das amostras para a análise de bioacumulação da Campanha de outubro de 2013.

Código Amostra	Espécie	Nome Popular	AR1	AR2	AR3	AR4
Camarão	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Camarão sete-barbas	360	360		
MEAM	<i>Menticirrhus americanus</i>	Betara	86			360
CEPA	<i>Centropomus parallelus</i>	Robalo		360		
PABR	<i>Paralanchurus brasiliensis</i>	Maria-luiza	360	360	360	360
MAAN	<i>Macrodon atricauda</i>	Pescada		360	360	
URBR	<i>Urophycis brasiliensis</i>	Abrótea			360	
MIFU	<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina			360	360
DIRH	<i>Diapterus rhombeus</i>	Carapeba				360

Os parâmetros analisados nas amostras de tecido foram: Metais, SVOC - semivoláteis, PCB – bifenilas policloradas, POC - pesticidas organoclorados e Dioxinas e Furanos. Os resultados obtidos foram comparados com legislações brasileiras que apresentam valores de potenciais contaminantes para consumo humano. Quando o parâmetro não é contemplado pela legislação nacional, optou-se por buscar referências no órgão ambiental americano – USEPA (APPENDIX E-1 DEQ/WQAGM, 2010).

As legislações brasileiras utilizadas foram a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 42/2013 e o Decreto Ministério da Saúde nº55.871/65 para metais e semimetais conforme apresentado na Tabela 3.4-2. Para os compostos orgânicos optou-se pelo uso do órgão ambiental americano – USEPA (Tabela 3.4-3).

Tabela 3.4-2. Legislações nacionais sobre os limites de metais e semimetais em alimentos para consumo humano.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
Arsênio	RDC nº 42/13	Peixes crus, congelados ou refrigerados
		Crustáceos
Cádmio	RDC nº 42/13	Peixes crus, congelados ou refrigerados, exceto casos específicos*
		*casos específicos: bonito, carapeba, enguia, tainha, jurel, imperador, cavala, sardinha, atum e linguado
		*caso específico: melva
		*casos específicos: anchova e peixe espada
		Crustáceo
Chumbo	RDC nº 42/13	Peixes crus, congelados ou refrigerados
		Crustáceo
Cobre	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Cromo	Decreto 55.871/65	Qualquer alimento
Mercúrio	RDC nº 42/13	Peixe, exceto predadores
		Peixes predadores
		Crustáceos
Níquel	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Zinco	Decreto 55.871/65	Outros alimentos

Tabela 3.4-3. Legislação internacional sobre os limites de contaminantes em alimentos para consumo humano.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
PCBs totais e semi-voláteis (incluindo HPA)	USEPA (2010)	Peixes

No Decreto nº 55.871/65, alguns alimentos (p.ex., bebidas e sucos) apresentam valores máximos diferenciados para cada metal. Quando um alimento não se enquadra em nenhuma das categorias apresentadas no referido decreto, como é o caso dos peixes e camarões, ele é classificado como “outros alimentos”. No caso específico do cromo, todos os alimentos consumidos são enquadrados na categoria “qualquer alimento”, uma vez que não há diferença nos valores máximos permitidos deste metal para as diferentes categorias alimentícias.

Vale ressaltar que os valores estabelecidos pela USEPA são baseados em risco de ingestão de organismos (peixes) determinados com cálculos matemáticos e variáveis populacionais muitas vezes não condizentes com a realidade brasileira. Já as legislações brasileiras são antigas e baseiam-se em consumo de produtos pós-processo de conservação ou produto “*in natura*”.

### **Metais e semimetais**

Os metais e semimetais (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês, níquel, zinco e mercúrio) foram analisados nas amostras das espécies XIKR - *Xiphopenaeus kroyeri* (Camarão sete-barbas), MEAM - *Menticirrhus americanus* (Betara), PABR - *Paralonchurus brasiliensis* (Maria Luísa), CEPA - *Centropomus parallelus* (Robalo-flecha), URBR - *Urophycis brasiliensis* (Abrótea), MIFU - *Micropogonias furnieri* (Corvina), MAAN - *Macrodon atricauda* e DIRH - *Diapterus rhombeus* (Carapicu) como visto na Tabela 3.4-4. Somente zinco apresentou concentrações acima do Limite de Quantificação do Método (LQ).

As concentrações de zinco observados nesta campanha variaram entre 5,15 e 33,00 mg/kg. Tais valores encontram-se dentro do intervalo obtido por Kuniyoshi e colaboradores (2008), que encontraram concentrações de zinco entre 0,16 e 33,5 mg/kg para músculos de diversas espécies de peixes marinhos e entre 7 a 50 mg/kg para crustáceos coletados na região de Santos e São Vicente.

Na Tabela 3.4-5 são apresentados os valores limites para os metais e semimetais analisados em alimentos estabelecidos pelas legislações nacionais vigentes. É importante frisar que a legislação brasileira não possui um valor limite específico do metal zinco para os organismos aquáticos destinados ao consumo humano. A referência adotada, de 50 mg/kg, é a mesma considerada pela Cetesb (2001), presente na categoria “outros elementos” do Decreto 55.871/65, o qual enquadra a matriz analisada. Este valor foi utilizado como base de comparação de eventuais efeitos biológicos adversos.

O zinco é um micronutriente essencial a todos os níveis de organização e possui papel fundamental em processos fisiológicos e metabólicos de microorganismos como síntese de enzimas e aminoácidos, fixação de nitrogênio entre outros (Silva, 2003). A bioacumulação do zinco em animais aquáticos pode variar entre 51 a 1.130 vezes a concentração apresentada na água (Silva, 2003). Em geral, o zinco não se biomagnifica, sendo que crustáceos e peixes podem acumular zinco tanto diretamente da água quanto da alimentação. As fontes exógenas principais são a queima de combustível fóssil, processo de galvanoplastia (Bailey *et al.*, 2002), esgoto, lodo de estação de tratamento de esgotos (se utilizado para agricultura) e tintas (ATSDR, 2005).

Tabela 3.4-4. Concentrações dos metais e semimetais nas amostras de tecido muscular da Campanha de outubro de 2013. Legenda: XIKR – *Xiphopenaeus kroyeri* (Camarão sete-barbas), MEAM - *Menticirrhus americanus* (Betara), PABR - *Paralichthys brasiliensis* (Maria Luísa), CEPA - *Centropomus parallelus* (Robalo-flecha), URBR - *Urophycis brasiliensis* (Abrótea), MIFU - *Micropogonias furnieri* (Corvina), MAAN – *Macrodon atricauda* e DIRH - *Diapterus rhombeus* (Carapicu).

Parâmetros (mg/kg)	P1-MEAM	P1-PABR	P1-XIKR		P2-MEAM	P2-PABR	P2-CEPA	P2-XIKR
Arsênio Total	< 1,25	< 1,25	N.A.		< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
Cádmio Total	< 0,833	< 0,833			< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833
Chumbo Total	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Cobre Total	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Cromo Total	< 3,75	< 3,75			< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75
Manganês Total	< 2,50	< 2,50			< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
Mercurio Total	< 0,100	< 0,100			< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Níquel Total	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Zinco Total	<b>15,9</b>	<b>6,96</b>			<b>33</b>	<b>5,15</b>	<b>15,2</b>	<b>22,6</b>
Parâmetros (mg/kg)	P3-PABR	P3-MIFU	P3-URBR	P3-MAAN	P4-DIRH	P4-MEAM	P4-MIFU	P4-PABR
Arsênio Total	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
Cádmio Total	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833
Chumbo Total	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Cobre Total	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Cromo Total	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75
Manganês Total	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
Mercurio Total	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Níquel Total	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
Zinco Total	<b>25,7</b>	<b>6,55</b>	<b>11,2</b>	<b>16,8</b>	<b>12</b>	<b>12,9</b>	<b>19,1</b>	<b>13,2</b>

N.A. - Não analisado

Tabela 3.4-5. Valores limites (mg/kg) de metais e semimetais em alimentos estabelecidos pelas legislações nacionais vigentes.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento	Limite máximo (mg/kg)
Arsênio	RDC nº 42/13	Peixes crus, congelados ou refrigerados	1,00
		Crustáceos	1,00
Cádmio	RDC nº 42/13	Peixes crus, congelados ou refrigerados, exceto casos específicos*	0,05
		*casos específicos: bonito, carapeba, enguia, tainha, jurel, imperador, cavala, sardinha, atum e linguado	0,10
		*caso específico: melva	0,20
		*casos específicos: anchova e peixe espada	0,30
Chumbo	RDC nº 42/13	Crustáceo	0,50
		Peixes crus, congelados ou refrigerados	0,30
Cobre	Decreto 55.871/65	Outros alimentos	30,00
Cromo	Decreto 55.871/65	Qualquer alimento	11,00
Mercúrio	RDC nº 42/13	Peixe, exceto predadores	0,50
		Peixes predadores	1,00
		Crustáceos	0,50
Níquel	Decreto 55.871/65	Outros alimentos	5,00
Zinco	Decreto 55.871/65	Outros alimentos	50,00

### Semivoláteis (SVOC)

Assim como nas campanhas anteriores, nenhum dos compostos semivoláteis analisados foi detectado em concentração acima do limite de quantificação.

### Pesticidas Organoclorados (POC)

Nenhum dos compostos de pesticidas organoclorados analisados foi detectado nas amostras em concentração acima do limite de quantificação, como pode ser visto na Tabela 3.4-6.

Tabela 3.4-6. Concentrações de pesticidas organoclorados nas amostras de tecido muscular da Campanha de outubro de 2013. Legenda: XIKR – *Xiphopenaeus kroyeri* (Camarão sete-barbas), MEAM - *Menticirrhus americanus* (Betara), PABR - *Paralonchurus brasiliensis* (Maria Luísa), CEPA - *Centropomus parallelus* (Robalo-flecha), URBR - *Urophycis brasiliensis* (Abrótea), MIFU - *Micropogonias furnieri* (Corvina), MAAN – *Macrodon atricauda* e DIRH - *Diapterus rhombeus* (Carapicu).

Parâmetros	Unidade	P1-MEAM	P1-PABR	P1-XIKR		P2-MEAM	P2-PABR	P2-CEPA	P2-XIKR
a-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060	N.A.		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
b-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
g-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
d-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Heptacloro	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Aldrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Heptacloro Epóxido	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
a-Clordano	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan I	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
g-Clordano	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDE	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Dieldrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan II	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDD	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin Aldeído	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDT	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan Sulfato	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin Cetona	µg/kg	< 0,060	< 0,060		< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Toxafeno	µg/kg	< 7,50	< 7,50		< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50
Parâmetros	Unidade	P3-PABR	P3-MIFU	P3-URBR	P3-MAAN	P4-DIRH	P4-MEAM	P4-MIFU	P4-PABR
a-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
b-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
g-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
d-BHC	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Heptacloro	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Aldrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Heptacloro Epóxido	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
a-Clordano	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan I	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
g-Clordano	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDE	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Dieldrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan II	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDD	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin Aldeído	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
DDT	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endosulfan Sulfato	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Endrin Cetona	µg/kg	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060	< 0,060
Toxafeno	µg/kg	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50

## Bifenilas Policloradas (PCB)

Nenhum dos compostos analisados de PCB foi detectado nas amostras em concentração acima do limite de quantificação, como pode ser visto na Tabela 3.4-7.

Tabela 3.4-7. Concentrações de bifenilas policloradas nas amostras de tecido muscular da Campanha de outubro de 2013. Legenda: XIKR – *Xiphopenaeus kroyeri* (Camarão sete-barbas), MEAM - *Menticirrhus americanus* (Betara), PABR - *Paralonchurus brasiliensis* (Maria Luísa), CEPA - *Centropomus parallelus* (Robalo-flecha), URBR - *Urophycis brasiliensis* (Abrótea), MIFU - *Micropogonias furnieri* (Corvina), MAAN – *Macrodon atricauda* e DIRH - *Diapterus rhombeus* (Carapicu).

Parâmetros	Unidade	P1-MEAM	P1-PABR	P1-XIKR		P2-MEAM	P2-PABR	P2-CEPA	P2-XIKR	
2,4,4' Triclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	N.A.		< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',5,5' Tetraclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
2,2',4,5,5' Pentaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
2,3',4,4',5' Pentaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
2,2',4,4',5,5' Hexaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
2,2',3,4,4',5' Hexaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
2,2',3,4,4',5,5' Heptaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
Bifenilas Policloradas Totais (PCB' s)	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600			< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600
Parâmetros	Unidade	P3-PABR	P3-MIFU	P3-URBR	P3-MAAN	P4-DIRH	P4-MEAM	P4-MIFU	P4-PABR	
2,4,4' Triclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',5,5' Tetraclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',4,5,5' Pentaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,3',4,4',5' Pentaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',4,4',5,5' Hexaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',3,4,4',5' Hexaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
2,2',3,4,4',5,5' Heptaclorobifenila	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	
Bifenilas Policloradas Totais (PCB' s)	µg/kg	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	< 0,0600	

## Dioxinas e Furanos

Os PCDDs (policlorados dibenzodioxinas) e PCDFs (policlorados dibenzofuranos), bem como algumas bifenilas policloradas (PCBs), são compostos químicos orgânicos policlorados persistentes no meio ambiente (EPA, 2012). As dioxinas e furanos são uma classe de compostos formados como subprodutos de atividades antrópicas, incluindo incineração de resíduos municipais, refinamento de petróleo, manufatura de produtos químicos, processos de metalurgia, queima de madeira, queima de combustíveis fósseis para geração de energia e transporte e indústria de papel e celulose (Bailey *et al.*, 2002).

Dos 75 diferentes congêneres possíveis de dioxina, apenas sete são considerados tóxicos, sendo que o 2,3,7,8-TCDD considerado a dioxina de maior risco aos organismo e que a toxicidade diminui com o aumento do número de cloro-substituintes nas posições 1, 4, 6 e 9 (Figura 3.4-1). Quanto aos furanos, das 135 possíveis configurações, somente 10 possuem toxicidade semelhante às dioxinas. Para os PCBs, dos 209 congêneres possíveis, 12 possuem equivalência em toxicidade. Em geral, estes compostos possuem baixa solubilidade em água, baixas pressões de vapor, altos coeficientes de partição octanol-água (lipofilicidade) e, por esta razão, bioacumulam em tecidos gordurosos e em matrizes ricas de carbono, como solo e sedimentos (Brasil, 2003).

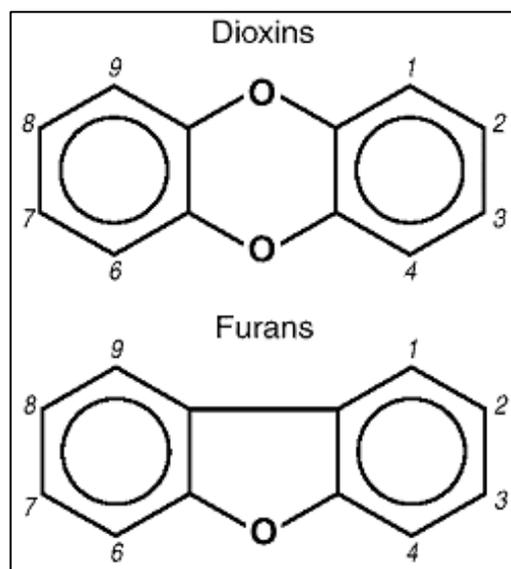


Figura. 3.4-1. Estrutura molecular de dioxinas e furanos, os números indicados nas moléculas representam as posições de ocorrência de átomos de cloro. Adaptado de: CCME (2001).

Sua ação em mamíferos, aves e peixes ocorre através da ligação com receptores Aril Hidrocarbono (*Ah*), causando uma variedade de respostas toxicológicas e biológicas (CCME, 2001), entre elas deformidades sexuais e mudança na proporção de indivíduos adultos. Nos humanos, podem ser responsáveis por efeitos mutagênicos e cancerígenos (EPA, 2000; EPA, 2012) e não-cancerígenos, como diminuição na contagem de espermatozoides,

problemas neurotoxicológicos, imunotoxicológicos e hormonais (WHO, 1998; EPA, 2012).

Como geralmente são encontradas misturas de diferentes congêneres de dioxinas e furanos nos tecidos animais e estes possuem diferentes graus de toxicidade, é comum expressar esses parâmetros em termos de Equivalência Tóxica (TEQ), que é calculado pela multiplicação da concentração do composto em uma amostra pelo seu fator de equivalência tóxica - TEF (Tabela 3.4-8), resultando em um valor de toxicidade equivalente ao composto 2,3,7,8-TCDD. Portanto, é corriqueiro encontrar resultados totais mostrando a somatória de todos os TEQ dos compostos de dioxinas e furanos analisados.

Tabela 3.4-8. Valores de TEF para peixes. Adaptado de CCME (2001).

Structure	TEFs for fish
<b>PCDDs</b>	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PCDD	1
1,2,3,4,7,8-HCDD	0.5
1,2,3,6,7,8-HCDD	0.01
1,2,3,7,8,9-HCDD	0.01
1,2,3,4,6,7,8-HCDD	0.001
OCDD	0.0001
<b>PCDFs</b>	
2,3,7,8-TCDF	0.05
1,2,3,7,8-PCDF	0.05
2,3,4,7,8-PCDF	0.5
1,2,3,4,7,8-HCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HCDF	0.01
OCDF	0.0001

Os valores de i-TEQ de cada congêner e totais calculados para dioxinas, furanos e dioxinas+furanos são apresentados na Tabela 3.4-9. Vale ressaltar que os valores apresentados nas tabelas encontram-se expressos como picograma por grama de peso úmido (pg.g<sup>-1</sup> p.u.).

Em relação à Campanha de outubro de 2013, as dioxinas 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD e OCDD (octa-clorada) foram quantificadas em todas as

amostras analisadas. As dioxinas hexacloradas foram quantificadas em pelo menos uma amostra de cada ponto do monitoramento. As dioxinas TCDD e PeCDD não foram detectadas. Entre os peixes, a espécie que mais acumulou dioxinas foi *Menticirrhus americanus* (Betara) (AR1).

O furano 2,3,7,8-TCDF e o 1,2,3,4,7,8,9-HpCDD foram quantificados em praticamente todas as amostras. Ambos os congêneres possuem valor de TEF relativamente baixo em comparação com o 2,3,7,8-TCDD. Os furanos pentaclorados foram quantificados em somente três amostras (dos pontos AR1, AR2 e AR3) e os furanos hexa-clorados em cinco amostras (dos pontos AR2 e AR3). Ambos possuem valores de TEF um pouco maiores do que os compostos citados acima.

Já o congêneres OCDF foi quantificado em 10 das 15 amostras analisadas, porém as concentrações foram baixas e, além disto, o valor de TEF deste composto é bem baixo.

A dioxina que apresentou os maiores valores de i-TEQ, assim como nas campanhas anteriores, foi a 1,2,3,6,7,8-HxCDD (hexa-clorada) Dada sua alta toxicidade, este composto representou uma grande porcentagem do valor total calculado de i-TEQ.

Tabela 3.4-9. Dioxinas e furanos (i-TEQ pg.g<sup>-1</sup> p.u.) das amostras de tecido muscular dos 4 pontos de coleta da Campanha de outubro de 2013.

Parâmetros	Unidade	P1-PABR	P1-MEAM	P1-XIKR		P2-MEAM	P2-PABR	P2-CEPA	P2-XIKR
<b>Dioxinas</b>									
2,3,7,8 - TCDD	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/g	N.C.	0,0016	N.C.		N.C.	N.C.	0,0013	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/g	N.C.	0,0169	N.C.		0,0091	N.C.	0,0012	0,0020
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/g	N.C.	0,0020	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	0,0004	0,0020	0,0005		0,0011	0,0004	0,0003	0,0013
OCDD	pg/g	0,0000	0,0001	0,0001		0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
<b>Total i-TEQ (dioxinas)</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,0210</b>	<b>0,0006</b>		<b>0,0102</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,0033</b>
<b>Furanos</b>									
2,3,7,8-TCDF	pg/g	0,0015	0,0040	0,0017		0,0011	N.C.	0,0007	0,0028
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/g	0,0032	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	0,0074
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		0,0008	0,0005	N.C.	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,4,7,8,9-HpCDD	pg/g	0,0003	0,0010	N.C.		0,0003	0,0002	N.C.	N.C.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.		N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
OCDF	pg/g	0,0000	N.C.	0,0000		N.C.	0,0000	N.C.	0,0000
<b>Total i-TEQ (furanos)</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0051</b>	<b>0,0050</b>	<b>0,0017</b>		<b>0,0022</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0102</b>
<b>Total Geral TEQ</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0055</b>	<b>0,0260</b>	<b>0,0023</b>		<b>0,0124</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0022</b>	<b>0,0135</b>
Parâmetros	Unidade	P3-URBR	P3-PABR	P3-MIFU	P3-MAAN	P4-DIRH	P4-MEAM	P4-MIFU	P4-PABR
<b>Dioxinas</b>									
2,3,7,8 - TCDD	pg/g	N.C.							
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/g	N.C.							
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/g	N.C.							
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/g	0,0015	N.C.	N.C.	0,0042	0,0012	0,0013	N.C.	0,0004
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/g	0,0007	0,0006	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	0,0005	0,0004	0,0006	0,0012	0,0004	0,0004	0,0000	0,0003
OCDD	pg/g	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total i-TEQ (dioxinas)</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0028</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,0054</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0007</b>
<b>Furanos</b>									
2,3,7,8-TCDF	pg/g	0,0019	0,0015	0,0039	0,0054	0,0020	0,0012	0,0003	0,0012
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/g	N.C.							
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/g	0,0045	N.C.						
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/g	0,0010	0,0013	N.C.	0,0021	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/g	N.C.	0,0010	N.C.	0,0015	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/g	N.C.							
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/g	N.C.							
1,2,3,4,7,8,9-HpCDD	pg/g	0,0003	0,0009	0,0020	0,0007	0,0002	0,0002	0,0000	N.C.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	N.C.	N.C.	N.C.	0,0002	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
OCDF	pg/g	N.C.	0,0000	N.C.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total i-TEQ (furanos)</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0077</b>	<b>0,0047</b>	<b>0,0059</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,0022</b>	<b>0,0014</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0012</b>
<b>Total Geral TEQ</b>	<b>pg/g</b>	<b>0,0106</b>	<b>0,0058</b>	<b>0,0066</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,0038</b>	<b>0,0031</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,0019</b>

Segundo a Organização Mundial de Saúde - WHO (WHO, 1998) o total diário de ingestão humana de 2,3,7,8-TCDD deve ser no máximo de 1 a 4 pg.kg<sup>-1</sup> p.c. (peso corporal) e o limite de consumo diário sem prejuízo à saúde é de no

máximo  $1 \text{ pg.kg}^{-1} \text{ p.c.dia}^{-1}$ . Para uma pessoa com massa corporal de 70 kg, a ingestão não pode ultrapassar de 70 a  $280 \text{ pg.dia}^{-1}$ , para consumo de três vezes por semana; ou de  $70 \text{ pg.dia}^{-1}$ , para consumo diário destes pescados. Já a *Food and Drugs Administration* - FDA (EPA, 1985) propõe um limite onde peixes com concentrações acima de 50 ppt ( $\text{pg g}^{-1}$ ) de TCDD não devem ser consumidos e um limite de 25 ppt onde nenhum efeito sério à saúde deve ser observado (valores de TEL) e, portanto, podem ser consumidos.

De acordo com o observado na Tabela 3.4-9 e considerando um adulto com massa corporal de 70 kg, nenhuma espécie coletada em nenhuma localidade amostrada ultrapassou os valores estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde - WHO e *Food and Drugs Administration* - FDA. Caso seja considerado que estes valores tenham sido estimados para a TCDD, considerada a dioxina mais tóxica, outras dioxinas e furanos (penta, hexa, hepta ou octa- cloradas) poderiam alcançar concentrações iguais ou maiores às indicadas, sem representar maiores prejuízos para os organismos para consumo esporádico, o que também não foi observado nesta campanha (outubro de 2013). De fato, Firestone *et al.* (1985, *apud* USEPA, 2000) consideraram baixas as concentrações menores que  $300 \text{ pg.g}^{-1} \text{ p.u}$  de HpCDD em alimentos diversos.

### 3.5.1. Análise Integrada

Para uma melhor avaliação dos resultados obtidos neste monitoramento, realizou-se uma avaliação integrando os resultados de bioacumulação obtidos durante as campanhas realizadas no ano de 2013: janeiro, março, maio e outubro de 2013.

Considerando essas quatro campanhas, entre os parâmetros analisados nas amostras de tecido de organismos demersais-bentônicos, apenas os metais cobre e zinco, o semimetal arsênio e alguns compostos de dioxinas e furanos foram quantificados (Tabela 3.5.1-1).

Nenhum dos compostos de semivoláteis, bifenilas policloradas e pesticidas organoclorados foram apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do método.

Em relação aos metais analisados, zinco foi quantificado em todas as amostras de todas as campanhas. As maiores concentrações foram observadas nas amostras de tecido de camarão (*Xiphopenaeus kroyeri* – XIKR e *Litopenaeus schmitti* – LISC), de maria-luiza (*Paralonchurus brasiliensis* – PABR) das Campanhas de março e outubro e de betara (*Menticirrhus americanos* – MEAM) da Campanha de outubro. Contudo, todas as concentrações apresentaram valores abaixo do limite de 50 mg/kg. Como já mencionado, é importante ressaltar que a legislação brasileira não possui um valor limite específico para o zinco em organismos aquáticos destinados ao consumo humano e a referência adotada é a presente na categoria “outros elementos” do Decreto 55.871/65.

Como já citado para a Campanha de outubro, as concentrações em todas as campanhas de 2013 mantiveram-se dentro do intervalo de valores obtidos por Kuniyoshi e colaboradores (2008), que encontraram concentrações de zinco entre 0,16 e 33,5 mg/kg para músculos de diversas espécies de peixes marinhos e entre 7 a 50 mg/kg para crustáceos coletados na região de Santos e São Vicente. O zinco é um micronutriente essencial a todos os níveis de organização (Silva, 2005) e sua bioacumulação em animais aquáticos pode variar entre 51 a 1.130 vezes a concentração apresentada na água (Silva, 2003).

Tabela 3.5.1-1. Concentrações (mg/kg) de metais e semimetal arsênio das amostras de tecido muscular das Campanha de janeiro, março, maio e outubro de 2013.

Metais e Arsênio																			
Campanha	Parâmetros	Unidade	Pontos de Coleta																
			AR1-PABR	AR1-MEAM			AR2-PABR	AR2-CYJA			AR3-PABR	AR3-CAMARÃO			AR4-PABR	AR4-MEAM			
jan/13	Arsênio Total	mg/kg	< 1,25	< 1,25			< 1,25	< 1,25			< 1,25	< 1,25			< 1,25	< 1,25			
	Cádmio Total	mg/kg	< 0,833	< 0,833			< 0,833	< 0,833			< 0,833	< 0,833			< 0,833	< 0,833			
	Chumbo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			
	Cobre Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	<b>4,34</b>			< 1,67	< 1,67			
	Cromo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			
	Manganês Total	mg/kg	< 2,50	< 2,50			< 2,50	< 2,50			< 2,50	< 2,50			< 2,50	< 2,50			
	Mercúrio Total	mg/kg	< 0,150	< 0,150			< 0,150	< 0,150			< 0,150	< 0,150			< 0,150	< 0,150			
	Níquel Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67			
	Zinco Total	mg/kg	<b>8,43</b>	<b>5,15</b>			<b>4,54</b>	<b>6,61</b>			<b>8,03</b>	<b>14,5</b>			<b>5,13</b>	<b>5,38</b>			
Campanha	Parâmetros	Unidade	Pontos de Coleta																
			AR1-MIFU	AR1-LABR	AR1-MEAM	AR1-PABR	AR2-PABR	AR2-MIFU	AR2-MEAM	AR2-CEPA	AR3-PABR	AR3-LISC	AR3-MIFU	AR3-SCLU	AR4-MEAM	AR4-PABR	AR4-LABR	AR4-MIFU	
mar/13	Arsênio Total	mg/kg	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	
	Cádmio Total	mg/kg	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	
	Chumbo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	
	Cobre Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
	Cromo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
	Manganês Total	mg/kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
	Mercúrio Total	mg/kg	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150	< 0,150
	Níquel Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
	Zinco Total	mg/kg	<b>9,28</b>	<b>10,4</b>	<b>11,8</b>	<b>32,1</b>	<b>12,4</b>	<b>13,6</b>	<b>8,97</b>	<b>10,1</b>	<b>12,7</b>	<b>15,5</b>	<b>9,45</b>	<b>19</b>	<b>13,3</b>	<b>10,6</b>	<b>9,33</b>	<b>13,6</b>	
Campanha	Parâmetros	Unidade	Pontos de Coleta																
			AR1 - XYKR	AR1 - LISC	AR1-MEAM	AR1-PABR	AR2 - XIKR	AR2-MAAN	AR2-MEAM	AR2-PABR	AR3 - XIKR	AR3-LISC	AR3-LABR	AR3-ARSP	AR4 - XIKR	AR4 - LISC	AR4-LABR	AR4-PABR	
mai/13	Arsênio Total	mg/kg	<b>1,85</b>	<b>1,55</b>	< 1,25	< 1,25	<b>1,52</b>	< 1,25	< 1,25	< 1,25	<b>2,14</b>	<b>1,37</b>	< 1,25	<b>4,58</b>	<b>2,84</b>	<b>1,42</b>	< 1,25	< 1,25	
	Cádmio Total	mg/kg	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	
	Chumbo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	
	Cobre Total	mg/kg	<b>4,88</b>	<b>6,08</b>	< 1,67	< 1,67	<b>4,18</b>	< 1,67	< 1,67	< 1,67	<b>5,35</b>	<b>2,59</b>	< 1,67	< 1,67	<b>7,05</b>	<b>2,98</b>	< 1,67	< 1,67	
	Cromo Total	mg/kg	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 1,67	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	
	Manganês Total	mg/kg	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
	Mercúrio Total	mg/kg	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,050	< 0,100	< 0,050	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,050	< 0,050	< 0,100	< 0,100	< 0,050	< 0,100	
	Níquel Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67
	Zinco Total	mg/kg	<b>22,1</b>	<b>19,7</b>	<b>17,2</b>	<b>7,56</b>	<b>15,2</b>	<b>6,28</b>	<b>12,3</b>	<b>4,66</b>	<b>18,9</b>	<b>13,3</b>	<b>7</b>	<b>11,2</b>	<b>28,8</b>	<b>14,1</b>	<b>6,11</b>	<b>10,4</b>	
Campanha	Parâmetros	Unidade	Pontos de Coleta																
			AR1-MEAM	AR1-PABR			AR2-MEAM	AR2-PABR	AR2-CEPA	AR2-CAMARÃO	AR3-PABR	AR3-MIFU	AR3-URBR	AR3-MAAN	AR4-DIRH	AR4-MEAM	AR4-MIFU	AR4-PABR	
out/13	Arsênio Total	mg/kg	< 1,25	< 1,25			< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	
	Cádmio Total	mg/kg	< 0,833	< 0,833			< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	< 0,833	
	Chumbo Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	
	Cobre Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	
	Cromo Total	mg/kg	< 3,75	< 3,75			< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	< 3,75	
	Manganês Total	mg/kg	< 2,50	< 2,50			< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	
	Mercúrio Total	mg/kg	< 0,100	< 0,100			< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	
	Níquel Total	mg/kg	< 1,67	< 1,67			< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	< 1,67	
	Zinco Total	mg/kg	<b>15,9</b>	<b>6,96</b>			<b>33</b>	<b>5,15</b>	<b>15,2</b>	<b>22,6</b>	<b>25,7</b>	<b>6,55</b>	<b>11,2</b>	<b>16,8</b>	<b>12</b>	<b>12,9</b>	<b>19,1</b>	<b>13,2</b>	
<b>Valor</b>	Acima do valor máximo estabelecido pela legislação																		

Além do zinco, o metal cobre foi quantificado na amostra de camarão do ponto AR3 da Campanha de janeiro e em todas as amostras de camarões de todos os pontos da Campanha de maio. As concentrações variaram entre 2,59 e 7,05 mg/kg, ficando sempre abaixo do limite estabelecido pelo Decreto 55.871/65 (30 mg/kg). Boock e Machado Neto (2000) observaram a bioconcentração de cobre nos alevinos da espécie *Oreochromis* sp. e observaram concentração de LD<sub>50</sub> (dose letal média) de 76,91 mg Cu/L.

O cobre é um elemento traço essencial para os processos enzimáticos de óxido-redução em muitos organismos, porém, em concentrações maiores, torna-se tóxico e carcinogênico para micro-organismos e animais (Bailey *et al.*, 2002). A contaminação aguda por cobre em humanos pode levar a câibras, vômitos, inflamações, doenças da artéria coronária, anemia hemolítica (Richter, 2001). Suas fontes de entrada no ambiente são resíduos de mineração, queima de carvão, inseticida, herbicida e esgotos domésticos.

Já o semimetal arsênio foi quantificado nas amostras de camarões da Campanha de maio, assim como o cobre, e na amostra de bagre amarelo (*Arius spixii* - AR3-ARSP) dessa mesma campanha. As concentrações variaram de 1,37 (P3-LISC) a 4,58 mg/kg (P3-ARSP).

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 42/2013, o limite para arsênio tanto em peixes crus, congelados ou refrigerado quanto em crustáceos é de 1 mg/kg. Desta forma, todas as amostras apresentaram concentrações acima deste limite. Contudo, deve-se considerar que a legislação regula a concentração de arsênio total sem especificar as diferentes formas que este semimetal pode ser encontrado.

Os frutos do mar são os alimentos que apresentam os mais elevados níveis de arsênio (Capitani *et al.*, 2002). Contudo, em crustáceos, moluscos, peixes e algas marinhas, as concentrações de arsênio inorgânico (forma mais tóxica) são baixas, ao contrário dos compostos orgânicos de arsênio, como arsenobetaína, arsenocolina e outros, que possuem baixa toxicidade (Capitani *op. cit.*). Não são conhecidas doenças causadas por exposição ao arsênio orgânico (3000 µg.dia<sup>-1</sup>) através do consumo de frutos do mar (FDA, 2001 *apud* Capitani *op. cit.*).

Como o metal zinco foi o único metal quantificado em todas as campanhas de 2013, avaliou-se sua variação temporal. A Figura 3.5.1-1 apresenta a concentração de zinco média, considerando todos os pontos de coleta, por campanha das amostras de tecido das espécies analisadas agrupadas em famílias, a saber: Scianidae, Penaeidae e Ariidae.

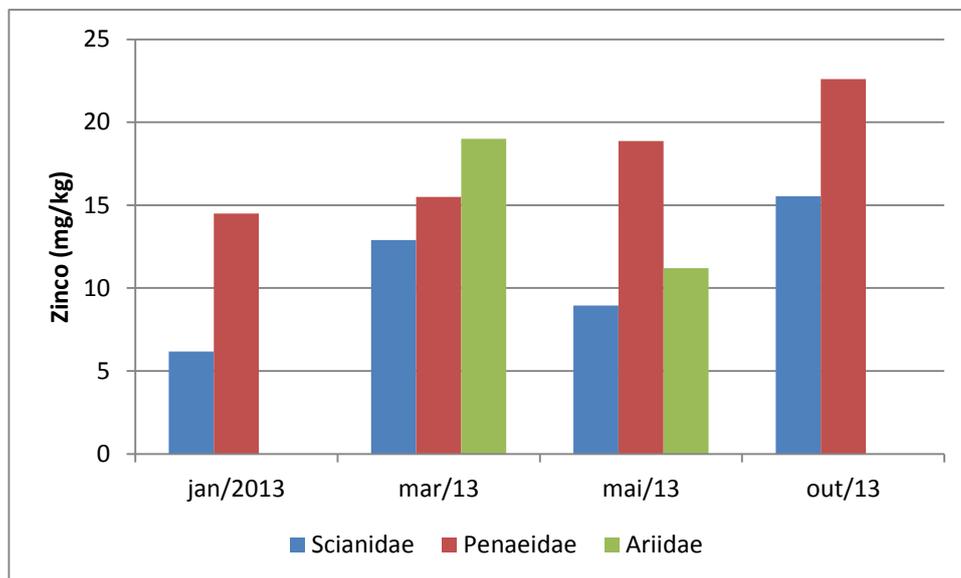


Figura 3.5.1-1. Concentração média do metal zinco (mg/kg) por campanha das amostras de tecido da espécie agrupadas nas famílias Scianidae, Penaeidae e Ariidae.

As amostras das espécies da família Scianidae (que inclui maria-luizas e betaras) e Penaeidae (que inclui espécies de camarões) apresentaram concentrações de zinco médias crescentes ao longo das Campanhas, com a maior concentração observada para a família Penaeidae na Campanha de outubro de 2013. Já espécies da família Ariidae, representada pelos bagres, foram analisadas apenas nas Campanhas março e maio, sendo que na de março esta família apresentou a maior concentração de zinco. No geral, a família Penaeidae apresentou as maiores concentrações deste metal em comparação com as demais famílias nas campanhas de 2013.

Crustáceos decápodes, como camarão, caranguejos, siris e outros, apresentam a capacidade de regular a concentração de zinco em seus tecidos, ou seja, quando ocorre a ingestão de uma alta concentração de zinco, estes

organismos excretam o zinco excedente, de forma a não sofrerem efeitos tóxicos por este metal (Rainbow e White, 1989). Sendo assim, as concentrações encontradas nas amostras de camarões provavelmente não representam uma bioacumulação prejudicial deste metal nesses organismos.

Em relação às dioxinas e aos furanos, a Tabela 3.5.1-2 apresenta a somatória dos valores de i-TEQ ( $\text{pg.g}^{-1}$  p.u.) das dioxinas e dos furanos obtidos nas campanhas realizadas em 2013. O monitoramento de dioxinas e furanos possui uma frequência amostral diferenciada, sendo que quando há quantificação de concentrações de dioxinas e furanos acima do TEL (*threshold effect level*) da *Canadian Sediment Quality Guidelines* nas amostras de tecido, são realizadas mais duas amostragem nos meses subsequentes. Sendo assim, foi realizada em abril de 2013, por solicitação da Codesp, uma campanha para avaliação de dioxinas e furanos, em virtude da quantificação destes parâmetros em concentrações acima do TEL (*threshold effect level*) em amostras de tecido da Campanha de janeiro de 2013 e de que os resultados da campanha de março de 2013 ainda não haviam sido disponibilizados pelo laboratório.

O gerenciamento do risco de intoxicação em humanos por dioxinas e furanos através do consumo de alimentos feita pela EPA (2000) propõe um limite de 1 a 3  $\text{pg i-TEQ kg}^{-1}$  p.c.  $\text{dia}^{-1}$ . O mesmo estudo sugere que a ingestão média de peixes em uma refeição nos EUA é de 227 g para uma pessoa de 70 kg, o que resulta num valor máximo de consumo entre 70 a 210  $\text{pg i-TEQ dia}^{-1}$ .

Foram realizadas simulações de ingestão de dioxinas e furanos através do consumo de 227 g de filés de peixe ou de camarões com os valores de i-TEQ totais encontrados nas campanhas de 2013 e as amostras que excederam o valor máximo de consumo sugerido pela EPA (2000) estão destacadas na Tabela 3.5.1-2. Foram observadas amostras impróprias para consumo nas Campanhas de janeiro, maio e outubro, sendo que em maio e outubro apenas uma amostra de cada apresentou valor maior do que 70  $\text{pg i-TEQ dia}^{-1}$  (EPA, 2000). A espécie que mais foi considerada imprópria para consumo ao longo das campanhas foi a maria-luiza (*Paralichthys brasiliensis*).

Tabela 3.5.1-2. Valores de equivalência tóxica (i-TEQ pg.g<sup>-1</sup> p.u.) da somatória de dioxinas e furanos das amostras de tecido muscular das campanhas de 2013.

Campanha	AR1				AR2			
jan/13	AR1-PABR	AR1-MEAM			AR2-PABR	AR2-CYJA		
	0,4552	0,6049			1,3200	0,3196		
mar/13	AR1-MIFU	AR1-LABR	AR1-MEAM	AR1-PABR	AR2-PABR	AR2-MIFU	AR2-MEAM	AR2-CEPA
	0,0000	0,0106	0,0100	0,0295	0,0355	0,0036	0,0001	0,0089
abr/13	AR1-PABR	AR1-CTGR	AR1-LABR	AR1-MEAM	AR2-LISC	AR2-PABR	AR2-LABR	AR2-STBR
	0,0020	0,0145	0,0251	0,0332	0,0156	0,0078	0,0180	0,0454
mai/13	AR1 - XYKR	AR1 - LISC	AR1-MEAM	AR1-PABR	AR2 - XIKR	AR2-MAAN	AR2-MEAM	AR2-PABR
	0,0234	0,0148	0,0122	0,3568	0,0242	0,0277	0,0320	0,0498
out/13	AR1-MEAM	AR1-PABR	AR1-XIKR		AR2-MEAM	AR2-PABR	AR2-CEPA	AR2-CAMARÃO
	0,0260	0,0055	0,0023		0,0124	5,1500	0,0022	0,0135
Campanha	AR3				AR4			
jan/13	AR3-PABR	AR3-CAMARÃO			AR4-PABR	AR4-MEAM		
	0,7010	0,7686			0,3909	0,2947		
mar/13	AR3-PABR	AR3-LISC	AR3-MIFU	AR3-SCLU	AR4-MEAM	AR4-PABR	AR4-LABR	AR4-MIFU
	0,0306	0,0432	0,0000	0,0769	0,0209	0,0010	0,0490	0,0003
abr/13	AR3-SCLU	AR3-PABR	AR3-XYKR	AR3-MAAN	AR4-PABR	AR4-ORRU	AR4-PRPU	AR4-DIRH
	0,0395	0,0445	0,0200	0,0890	0,0058	0,0465	0,0136	0,0558
mai/13	AR3 - XIKR	AR3-LISC	AR3-LABR	AR3-ARSP	AR4 - XIKR	AR4 - LISC	AR4-LABR	AR4-PABR
	0,0070	0,0268	0,3003	0,1541	0,0124	0,0034	0,1199	0,0458
out/13	AR3-PABR	AR3-MIFU	AR3-URBR	AR3-MAAN	AR4-DIRH	AR4-MEAM	AR4-MIFU	AR4-PABR
	0,0058	0,0066	0,0106	0,0154	0,0038	0,0031	0,0004	0,0019
valor	amostra cuja a simulação de ingestão de 277g do peixe ou camarão analisado excede o valor máximo sugerido por EPA (2000).							

Segundo WHO (1998), a ingestão diária de PCDD e PCDF em países industrializados é da ordem de 50-200 pg i-TEQ pessoa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para um adulto de 60 kg. O nível de exposição de fundo (concentração mínima encontrada no ambiente) de i-TEQ estimado nos Estados Unidos para ingestão de peixes é de 7,8 pg TEQ dia<sup>-1</sup>. Estimativas para a Alemanha variam de 79 a 158 pg TEQ dia<sup>-1</sup> (Fürst et al., 1990 apud EPA, 1994), de 118 a 126 pg TEQ dia<sup>-1</sup> na Holanda (Theelen, 1991 apud EPA, 1994) e de 140 a 290 pg TEQ dia<sup>-1</sup> no Canadá (Gilman et al, 1991 apud EPA, 1994). Nenhuma morte de humanos foi relacionada diretamente à exposição às dioxinas (ATSDR, 1998).

Em estudos sobre efeitos toxicológicos de dioxinas e furanos em peixes (Eisler, 1986), considerando diferentes concentrações de contaminantes e exposição variada, foram identificados problemas como retardamento no crescimento, necrose das nadadeiras, crescimento anormal do fígado, entre outros. Neste estudo não foram observadas deformidades, tanto na parte externa quanto nos órgãos internos, nos organismos coletados em nenhuma das cinco campanhas realizadas.

A Figura 3.5.1-2 apresenta os valores médios de iTEQ de dioxinas+furanos, por campanha, das amostras de tecido das mesmas famílias avaliadas para o metal zinco. Nota-se que os maiores valores de i-TEQ de dioxinas+furanos foram observados nas Campanhas de janeiro e outubro, sendo que a família que apresentou o maior valor foi a Penaeidae, com  $0,7686 \text{ pg i-TEQ.g}^{-1}$ . Este valor é comparável aos encontrados por Bayarri e colaboradores (2001) em análises realizadas em organismos do mar Adriático, onde foram encontrados valores baixos entre  $0,07$  e  $0,25 \text{ pg i-TEQ g}^{-1} \text{ p.u}$  em peixes de níveis inferiores da cadeia trófica e entre  $0,23$  e  $1,07 \text{ pg i-TEQ g}^{-1} \text{ p.u}$  em peixes de níveis superiores da cadeia trófica.

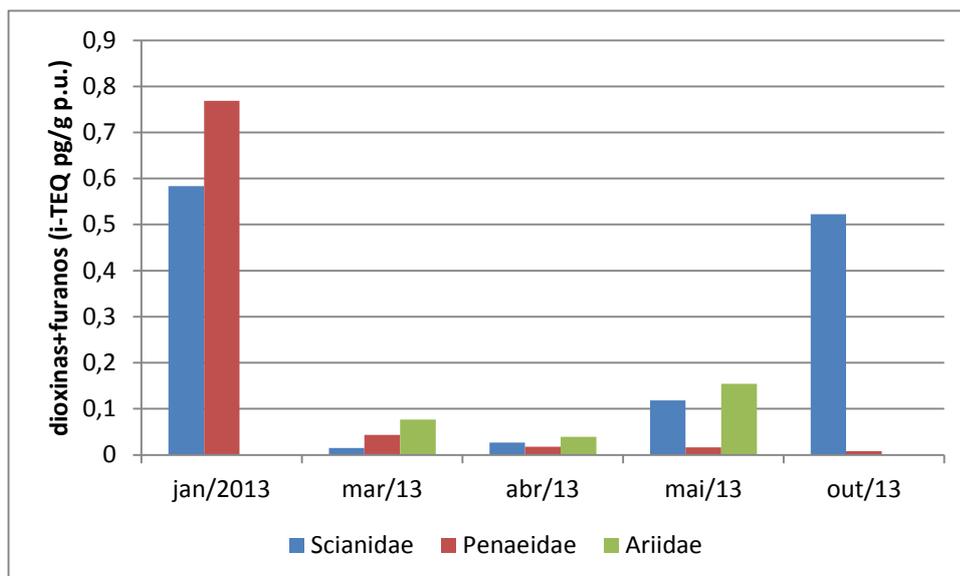


Figura 3.5.1-2. Valores médios ( $\text{pg.g}^{-1} \text{ p.u.}$ ) de i-TEQ totais (dioxinas + furanos) por campanha das amostras de tecido da espécie agrupadas nas famílias Scianidae, Penaeidae e Ariidae.

### **3.6. Monitoramento das Comunidades de Fundo Consolidado (Costão Rochoso)**

A atividade de amostragem deste monitoramento foi realizada, após diversos adiamentos e replanejamento devido ao mau tempo, no dia 29 de novembro de 2013, nos quatro pontos de coleta distribuídos na Ilha da Moela, Ponta do Munduba e Ilha Monte Pascoal, em Bertioga.

A etapa de tratamento das imagens digitais obtidas nessa campanha já foi finalizada. Nesta fase, as imagens brutas são recortadas e ajustadas a um “grid” digital contendo 60 intersecções para conduzir a contagem dos organismos ocorrentes.

Foi registrado um total de 6.960 contatos ao longo de 116 elementos amostrais alocados nos quatro pontos amostrados. No ponto Monte Pascoal foram alocados 37 elementos amostrais. No ponto Moela NW foram alocados 23 elementos amostrais. No ponto Moela SW foram alocados 22 elementos amostrais e por último, no ponto Ponta do Munduba, foram alocados 34 elementos amostrais.

As UTOs que não puderam ser diagnosticadas em níveis taxonômicos específicos até o momento, tanto no campo como na análise das imagens em laboratório, foram classificadas por morfotipos de cor e forma, a saber:

- Esponjas (Porifera) caracterizadas pela cor - colonizações incrustantes de cores variadas, em que não foi possível determinar níveis taxonômicos abaixo do Filo, já que as cores não são os únicos caracteres utilizados na diagnose taxonômica. Foram registrados recobrimentos de esponjas denominados de: Esponja Laranja, Esponja Preta e Esponja Amarela. Pode incluir os gêneros Mycale e Hymeniacion (Família Halichondriidae) e Tedania (Família Tedaniidae), com cores variadas, cuja diagnose taxonômica é obtida através da análise do coanossoma (Erpenbeck e van Soest, 2002).
- Família Halichondriidae - esponjas incrustantes ou maciças, semelhantes e incluindo o gênero Hymeniacion, com cores variadas, cuja

diagnose taxonômica é obtida através da análise do coanossoma (Erpenbeck e van Soest, 2002).

- Hydrozoa 1 - pode incluir duas subclasses com Hydrozoa pinados: Anthoathecata e Leptothecata, de acordo com as chaves de Oliveira e colaboradores (2006), que utilizam nomenclatura mais recente; várias ordens diferentes podem apresentar espécies pinadas.
- Anthozoa 1 - colônia de antozoários pequenos, vermelhos, muitas vezes semienterrados no sedimento.
- Bryozoa 2 - agrupa briozoários muito ramificados, incluindo o gênero *Bugula*, por vezes interspersados com os tubos de anfípodas tubícolas do gênero da espécie *Corophium* sp..
- Didemnidae 2 – ascídias brancas ou acinzentadas, incluindo *Didemnum perlucidum* e *Lissoclonium fragile*. A partir da campanha de Julho de 2010 passou-se a discriminar *Trididemnum orbiculatum* como uma UTO independente. A dificuldade na diagnose específica de ascídias através de imagens digitais já foi reportada em Rodrigues e colaboradores (1998).
- Didemnidae 3 – inclui ascídias vermelhas e laranjas, como *Didemnum rodriguesi* e *D. granulatum*.
- Styelidae colonial – se refere às ascídias coloniais da família, que não puderam ser identificadas no nível de gênero ou espécie, incluindo *Symplegma viride*, entre outras.
- Corallinaceae crostosa – morfotipo formado por algas incrustantes de cor esbranquiçada a rósea, composta principalmente pelo gênero de alga vermelha calcárea do gênero *Neogoniolithon* e *Halicystis*, a partir das referências de Guiry e Guiry (2012) (disponível em <http://www.algaebase.org>).

No momento, o estudo encontra-se em fase de leitura e contagem das densidades populacionais, o que requer o sobreposicionamento de um “grid” digital contendo 60 intersecções. Ao final desta etapa de contagem, o número de

elementos amostrais pode ser reduzido dependendo da dificuldade de identificação e contagem de cada uma das ocorrências sob as intersecções.

### **3.7. Monitoramento das Comunidades Bentônicas de Fundo Inconsolidado**

As amostras de sedimento para análise da comunidade bentônica, coletadas nos dias 8 e 9 de outubro de 2013, foram triadas, fotografadas e os organismos identificados e separados em grandes grupos. O trabalho de identificação a nível específico também foi concluído. A lista de espécies e morfotipos identificados nas amostras da Campanha de outubro e suas densidades médias encontram-se no Anexo 6-9.

Para uma melhor avaliação dos resultados observados na Campanha de outubro de 2013 foi realizada uma comparação com todas as campanhas realizadas no ano de 2013 (janeiro, abril e julho).

Nas quatro campanhas de 2013 (janeiro, abril, julho e outubro) foram registrados ao todo 5.104 organismos. Na última campanha (outubro de 2013) foram registrados 918 indivíduos e 80 espécies. Em janeiro de 2013 ocorreu a menor abundância de todo o monitoramento (Figura 3.6-1). Essa diminuição da fauna não era esperada, já que de modo geral no período de verão ocorre uma maior densidade da macrofauna nessa região da plataforma (Shimabukuro, 2011; Rodrigues e Pires-Vanin, 2012). Nas campanhas seguintes houve uma recuperação da macrofauna, sendo que a maior densidade ocorreu em julho de 2013. Na última amostragem de 2013 (outubro de 2013) houve novamente uma diminuição da densidade (Figura 3.6-1). Em geral, ao longo do monitoramento tem sido observada uma diminuição gradativa da fauna, sendo que apenas no ano de 2012 ocorreu uma recuperação\*.

Este padrão de menor densidade no período de verão com recuperação da fauna ao longo das demais campanhas e nova diminuição no início da primavera já foi observado durante o monitoramento no ano de 2011 (Figura 3.6-1).

---

\* DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375 pp.

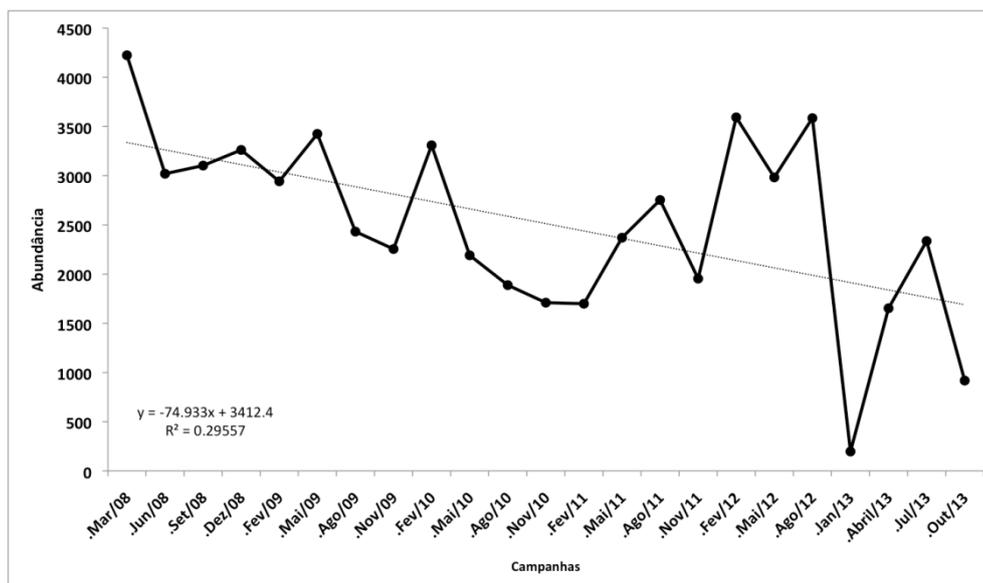


Figura 3.6-1. Número total de indivíduos coletados nos últimos 6 anos de monitoramento. Os dados entre 2008-2012 foram retirados de DTA Engenharia, 2013\*.

Em áreas de disposição de material dragado é esperada uma diminuição da densidade e riqueza da macrofauna bentônica logo após o despejo do sedimento devido ao efeito direto do soterramento da comunidade local (Cruz-Motta e Collins, 2004). Entretanto, a diminuição da densidade na campanha de janeiro de 2013 provavelmente não deve ter ocorrido como consequência das atividades da dragagem, pois foi observada uma diminuição em todos os pontos de coleta (Figura 3.6-2) inclusive no ponto controle (SF-09).

Nos anos anteriores do monitoramento da Antiga Área de Descarte, os pontos de coleta estavam agrupados da seguinte forma: Grupo-1 (pontos SF-01, SF-02, SF-04 e SF-09), Grupo-2 (pontos SF-05, SF-07 e SF-08) e Grupo-3 (pontos SF-03 e SF-06). Esses grupos também se referem à influência do descarte de material dragado. O Grupo-1 reúne pontos considerados mais saudáveis, indicando áreas menos sujeitas ao efeito do descarte; nos Grupos 2 e 3 existe um efeito crônico da atividade de despejo de sedimento, sendo que os

\* DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375 pp.

pontos SF-03 e SF-06 são considerados os mais críticos (DTA Engenharia, 2013\*).

Altas densidades ocorreram principalmente nos pontos do Grupo-2 e Grupo-3 nas Campanhas de abril e julho de 2013 (Figura 3.6-2), com dominância de poliquetas em todos os pontos amostrados (Figura 3.6-3). As altas densidades desses grupos ocorreram principalmente pela presença de algumas espécies de poliqueta como *Mediomastus* sp. (Capitellidae), *Aricidea* (A.) *catherinae* (Paraonidae) e *Ninoe brasiliensis* (Lumbrineridae) (Figura 3.6-4). Algumas espécies da família Capitellidae são frequentemente consideradas como indicadoras de ambiente perturbado devido à dominância em áreas onde o sedimento é organicamente enriquecido (Pearson e Rosenberg, 1978). A família Paraonidae, embora não seja tradicionalmente considerada como indicadora ambiental, pode ocorrer em áreas com grande acúmulo de matéria orgânica (Dauer e Connor, 1980; Pagliosa, 2005). No ponto SF-06 houve alta densidade de *Cossura delta* (Figura 3.6-4). De qualquer modo, aumentos populacionais em áreas de disposição de material dragado estão, em geral, ligados ao aumento na densidade de espécies oportunistas (Harvey *et al.*, 1998; Wilber e Clarke, 1998; Cruz-Motta e Collins, 2004).

Pouca variação da densidade ocorreu entre os pontos amostrais durante a campanha de outubro (Figura 3.6-2). De acordo com informações da Codesp, a Antiga Área de Descarte não foi mais utilizada para disposição de material dragado do canal desde o dia 9 de julho de 2013. Desta forma, é esperado que, ao longo do tempo, o ambiente alcance um equilíbrio. Esta baixa variação da densidade está associada a menores densidades das espécies oportunistas (como as mencionadas no parágrafo acima) nos pontos do Grupo-2 e Grupo-3 (Figura 3.6-4).

---

\* DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375 pp.

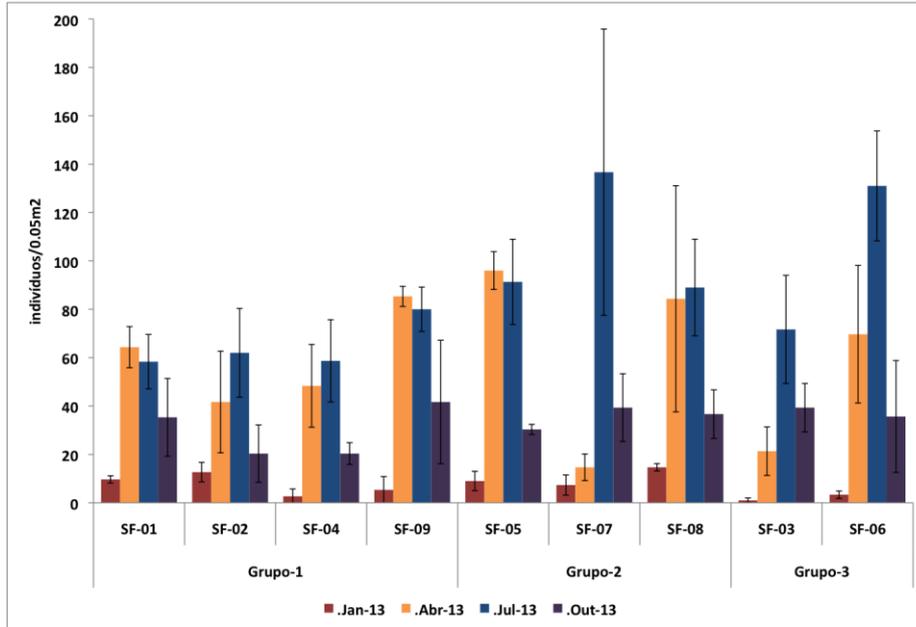


Figura 3.6-2. Densidade média e desvio padrão por ponto de coleta nas campanhas do ano de 2013.

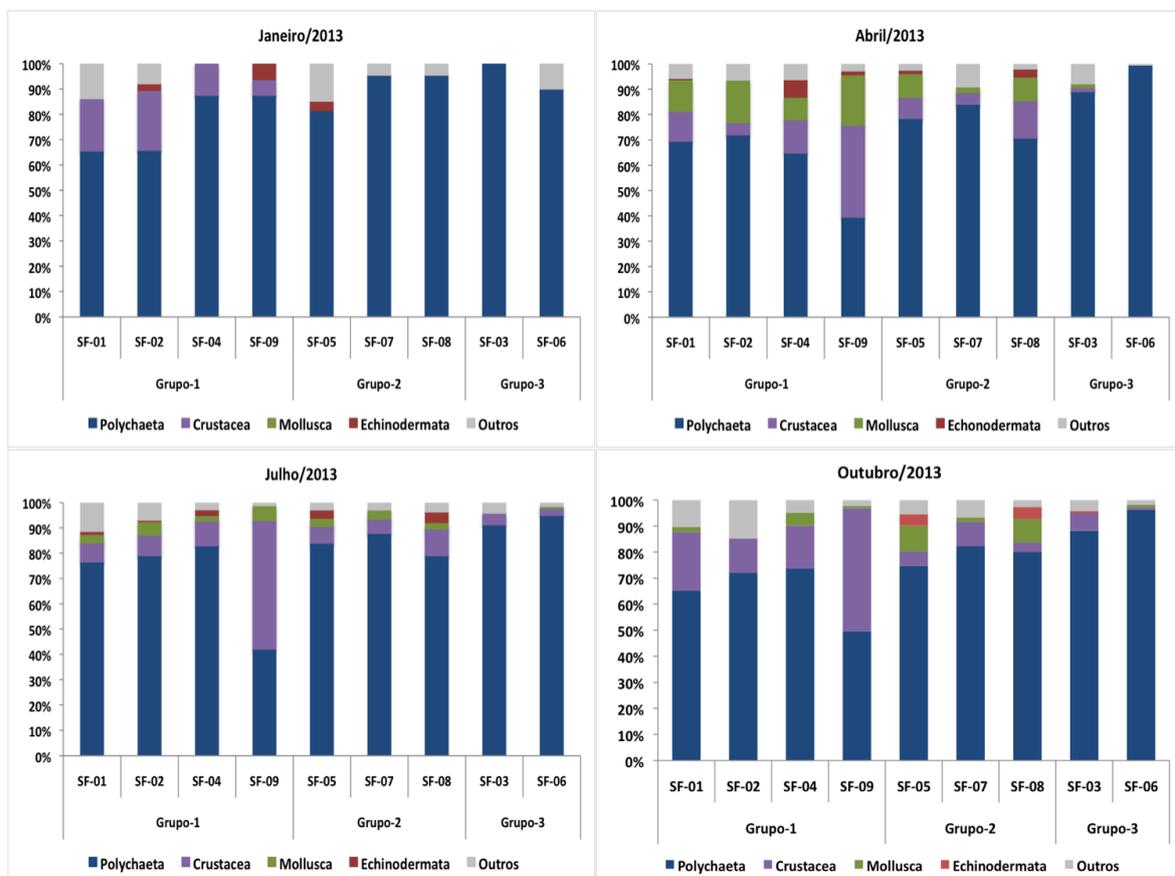


Figura 3.6-3. Abundância relativa dos principais grupos da macrofauna bentônica por ponto de coleta nas campanhas do ano de 2013.

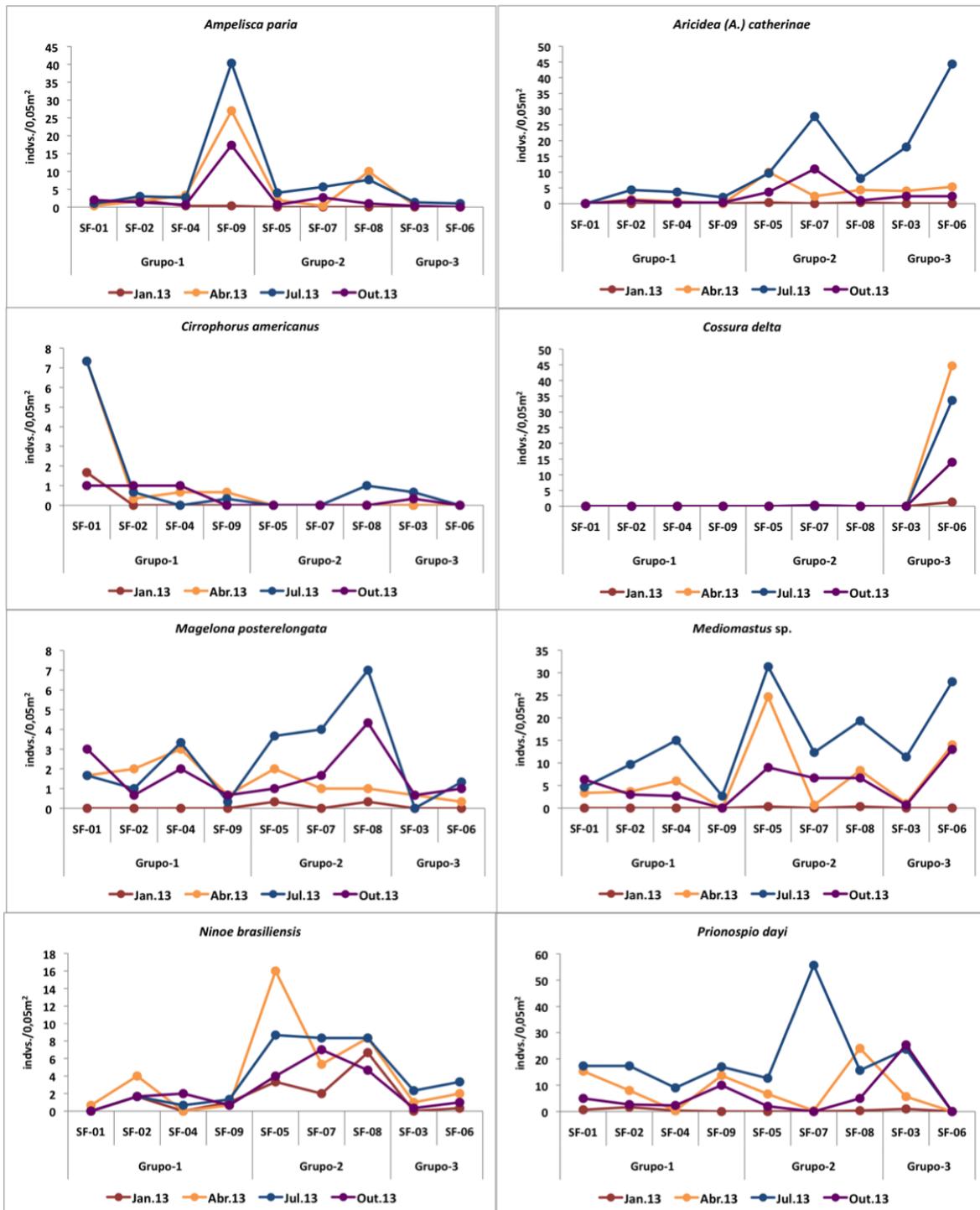


Figura 3.6-4. Densidade média das espécies de maior abundância nas campanhas de janeiro, abril, julho e outubro de 2013. Todas as espécies de maior abundância são do grupo Polychaeta, com exceção de *Ampelisca paria* (Amphipoda).

Apesar da dominância de poliquetas em todas as campanhas de 2013, os pontos amostrais que compõem o Grupo-1 possuem maiores contribuições de crustáceos (Figura 3.6-3), principalmente de anfípodes. No ponto SF-09 houve

grande densidade de *Ampelisca paria* (Figura 3.6-4). Esta espécie de anfípode é abundante na plataforma interna adjacente à Baixada Santista (Rodrigues e Pires-Vanin, 2012).

No total foram registradas 202 espécies da macrofauna bentônica durante o monitoramento de 2013. O grupo mais diverso foi Polychaeta, com 92 espécies, seguido por Mollusca (50 spp), Crustacea (35 spp) e Echinodermata (9 spp). Durante o monitoramento de 2013, houve grande variação da riqueza de espécies. De modo geral, a riqueza foi menor no ponto de descarte (SF-03) e no ponto SF-06, sendo que em janeiro de 2013 apenas *Prionospio dayi* ocorreu em SF-03 (Figura 3.6-5). Um maior número de espécies ocorreu nos pontos do Grupo-1, principalmente, nas campanhas de abril e julho de 2013. Em outubro de 2013, não houve grande variação no número de espécies entre os pontos amostrais.

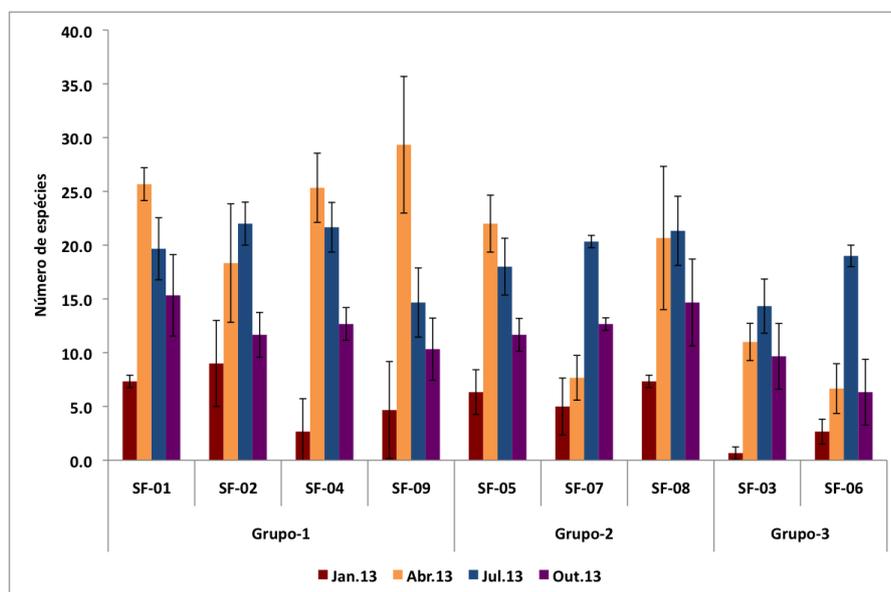


Figura 3.6-5. Riqueza média da macrofauna bentônica por ponto de coleta nas campanhas de 2013.

A diversidade foi maior nos pontos de coleta do Grupo-1 (Figura 3.6-6). Os maiores valores ocorreram nos pontos do setor sul (SF-01 e SF-02) com valores acima de 2,5 bits/ind. De modo geral, a diversidade foi baixa no Grupo-3. Ao comparar as quatro campanhas de 2013, observa-se uma menor diversidade em todos os pontos no mês de janeiro e, em geral, uma diminuição da

diversidade nos pontos do Grupo-3 em outubro de 2013, em comparação com abril e julho de 2013. Como já dito anteriormente, os pontos do Grupo-2 e 3 apresentaram maiores densidades de algumas poucas espécies e isso pode ser visto também pela equitatividade de Pielou, que foi mais baixa nestes pontos (Figura 3.6-7). Os pontos do Grupo-1, em geral, apresentaram alta equitatividade, com exceção do ponto SF-09, onde *Ampelisca paria* foi dominante.

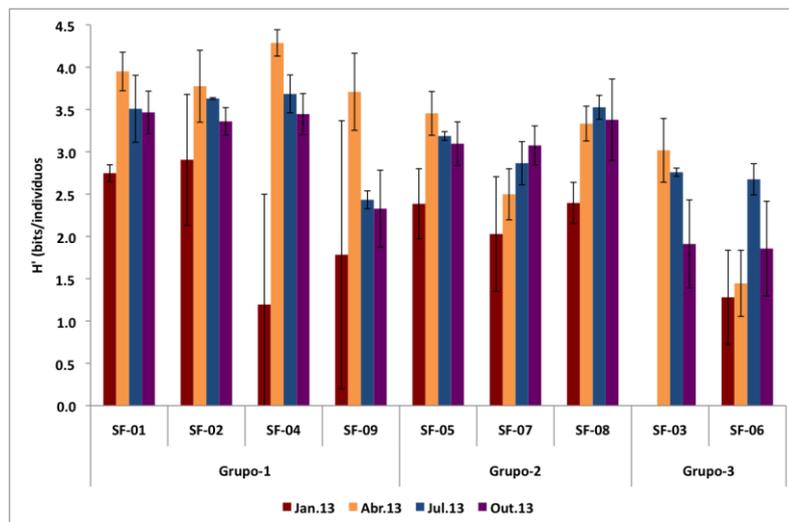


Figura 3.6-6. Diversidade média da macrofauna bentônica por ponto de coleta nas campanhas de 2013.

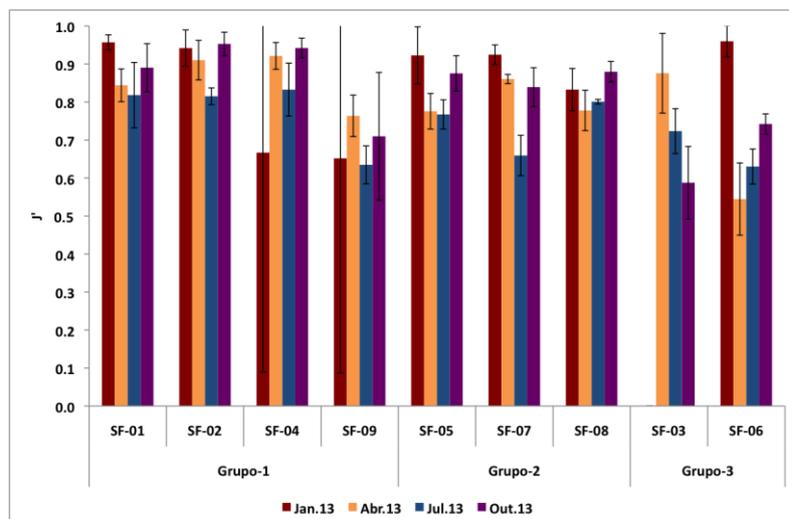


Figura 3.6-7. Equitatividade média (índice de Pielou) por ponto de coleta nas campanhas de 2013.

A razão Amphipoda/Polychaeta foi alta no Grupo-1 em comparação com os demais pontos (Figura 3.6-8). Os pontos do Grupo-3 apresentaram valores muito próximos à zero em todas as campanhas de 2013. Valores baixos desse índice podem indicar um ambiente perturbado, pois é uma razão entre o número total de espécies sensíveis (Amphipoda) e não sensíveis aos impactos antrópicos (Polychaeta). Esse padrão de valores altos nos pontos do Grupo-1 e baixos no Grupo-3 ocorre desde o início do monitoramento. Os maiores valores registrados nos anos anteriores do monitoramento não foram superiores a 0,6 (DTA Engenharia, 2013<sup>\*</sup>). O ponto SF-09, com exceção da campanha de janeiro, apresentou os maiores valores da razão Amphipoda/Polychaeta, sendo superiores a 1 ao longo de todo o monitoramento.

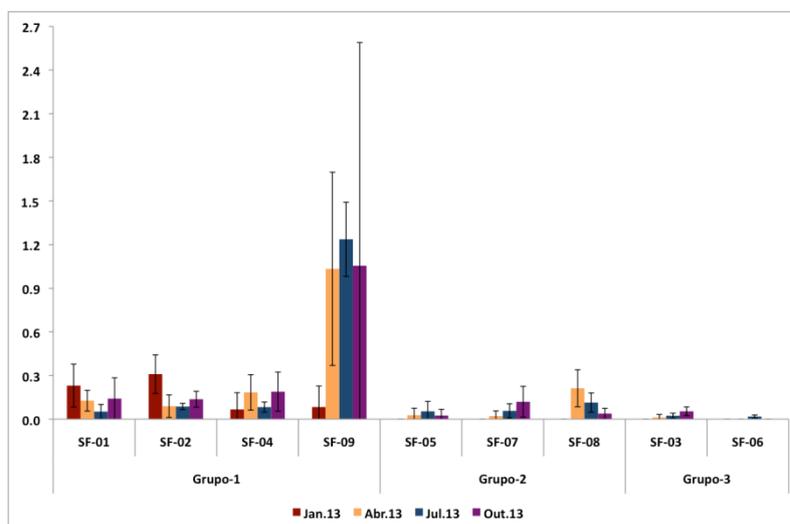


Figura 3.6-8. Média da razão Amphipoda/Polychaeta em cada ponto de coleta nas duas campanhas de 2013.

Como já relatado nos relatórios anteriores a campanha de janeiro de 2013 foi diferente de todas as demais campanhas de 2013 (Tabela 3.6-1). A campanha de outubro também apresentou diferenças em relação a abril e julho de 2013

<sup>\*</sup> DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375pp.

(Tabela 3.6-1). Entre todos os 3 agrupamentos de pontos amostrais, a maior diferença ocorreu entre o Grupo-1 e Grupo-3.

Tabela 3.6-1. Valores de R do teste para diferenças entre os agrupamentos do ANOSIM.

<b><u>Diferenças entre as campanhas</u></b>		
R=0,42; p=0,001		
	<b>R</b>	<b>p</b>
<b>Janeiro – Abril</b>	0,76	0,005
<b>Janeiro – Julho</b>	0,76	0,004
<b>Janeiro – Outubro</b>	0,72	0,005
<b>Abril – Julho</b>	0,16	0,127
<b>Abril – Outubro</b>	0,31	0,025
<b>Julho – Outubro</b>	0,36	0,014
<b><u>Diferenças entre os grupos</u></b>		
R=0,40; p=0,001		
	<b>R</b>	<b>p</b>
<b>Grupo-1 – Grupo-2</b>	0,38	0,001
<b>Grupo-1 – Grupo-3</b>	0,51	0,001
<b>Grupo-2 – Grupo-3</b>	0,33	0,037

A ordenação nMDS realizada com a densidade média de todas as 202 espécies que ocorreram nas campanhas realizadas em 2013 revelou a separação dos pontos de janeiro de 2013 das demais campanhas (Figura 3.6-9), como já observado na ANOSIM. Foi observado anteriormente que a diferença entre a campanha de janeiro de 2013 com as demais campanhas está associada à baixa densidade ou ausência de espécies que são normalmente encontradas na região, como *Mediomastus* sp., *Prionospio dayi*, *Aricidea* (A.) *catherinae* e *Ampelisca paria*, e provavelmente associada a fenômenos naturais.

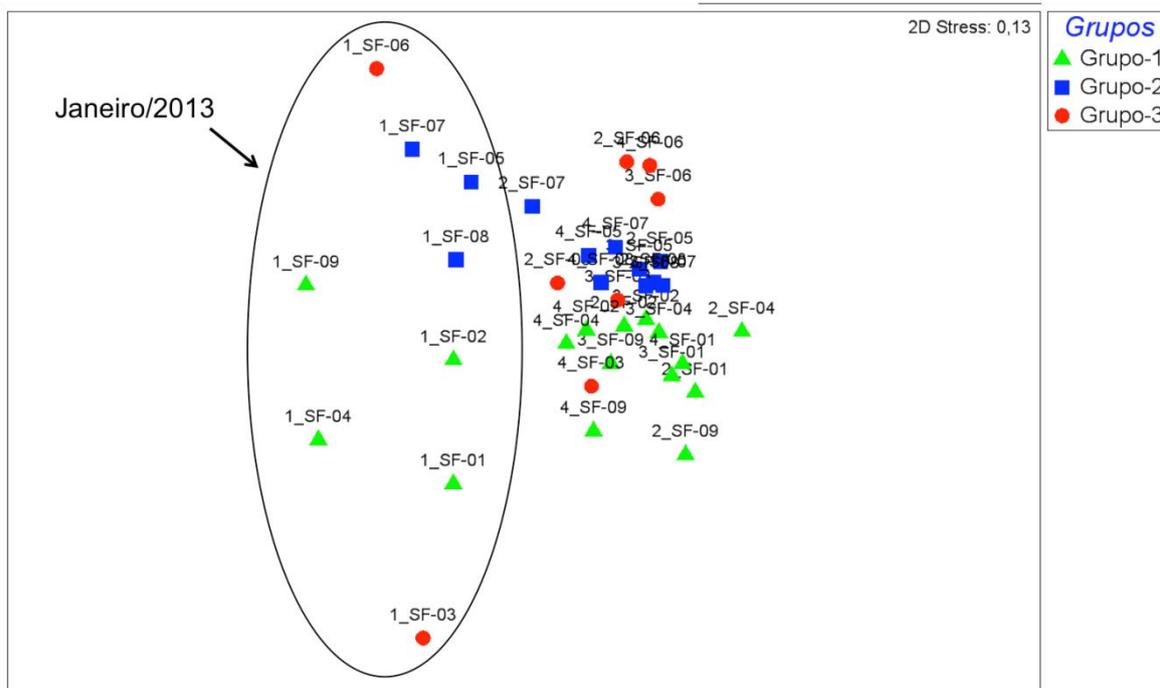


Figura 3.6-9. Diagrama da ordenação nMDS dos pontos de coleta nas campanhas de 2013, baseado na densidade média de cada ponto. Cada ponto amostral está sucedido de um número que significa: 1\_ - campanha de janeiro de 2013; 2\_ - abril de 2013; 3\_ - julho de 2013; e 4\_ - outubro de 2013.

Uma SIMPER foi realizada para os grupos tradicionais utilizados ao longo do monitoramento (Tabela 3.6-2). Esse padrão vem ocorrendo nos últimos anos do monitoramento (DTA Engenharia, 2013<sup>\*</sup>) e foi significativo também em 2013. Entretanto, para essa análise foram excluídos os dados de janeiro de 2013 por apresentarem alta dissimilaridade com as demais campanhas.

<sup>\*</sup> DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375pp.

Tabela 3.6-2. Contribuição das espécies da macrofauna para os três grupos nas campanhas realizadas em 2013, segundo o resultado da análise SIMPER. N: densidade média da espécie no grupo correspondente (indivíduos/0,05m<sup>2</sup>); SIM: Similaridade média; %: porcentagem de contribuição da espécie na similaridade do grupo.

<b>Similaridade no Grupo-1 - 40,3%</b>			
<b>Pontos: SF-01, SF-02, SF-04 e SF-09</b>			
<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>SIM</b>	<b>%</b>
<i>Prionospio dayi</i>	2,1	7,4	18,4
<i>Mediomastus sp.</i>	1,5	4,6	11,3
<i>Ampelisca paria</i>	1,6	4,1	10,1
<i>Magelona posterelongata</i>	0,9	3,0	7,5
<i>Ninoe brasiliensis</i>	0,6	1,7	4,1
<i>Cirrophorus americanus</i>	0,7	1,5	3,7
Nemertea sp. 2	0,5	1,4	3,4
<i>Spiophanes bombyx</i>	0,5	1,3	3,3
Nemertea sp. 4	0,5	1,1	2,8
<i>Aricidea (A.) catherinae</i>	0,6	1,1	2,7
<b>Similaridade no Grupo-2 – 49,6%</b>			
<b>Pontos: SF-05, SF-07 e SF-08</b>			
<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>SIM</b>	<b>%</b>
<i>Ninoe brasiliensis</i>	2,1	8,6	17,3
<i>Mediomastus sp.</i>	2,4	7,9	15,9
<i>Aricidea (A.) catherinae</i>	2,0	6,6	13,3
<i>Prionospio dayi</i>	2,0	4,5	9,1
<i>Magelona posterelongata</i>	1,2	4,1	8,2
<i>Ampelisca paria</i>	1,3	3,5	7,1
<i>Goniada maculata</i>	0,8	2,0	4,1
<b>Similaridade no Grupo-3 – 40,9%</b>			
<b>Pontos SF-03 e SF-06</b>			
<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>SIM</b>	<b>%</b>
<i>Aricidea (A.) catherinae</i>	2,1	9,5	23,2
<i>Mediomastus sp.</i>	2,1	8,7	21,2
<i>Ninoe brasiliensis</i>	0,9	4,1	10,0
<i>Cossura delta</i>	1,7	3,7	9,1
<i>Prionospio dayi</i>	1,4	3,1	7,5
<i>Neanthes bruaca</i>	0,5	2,2	5,4

Durante o monitoramento de 2013, o Grupo-1 (40,3% de similaridade) foi caracterizado por valores altos de riqueza, diversidade e da razão Amphipoda/Polychaeta, com predomínio das espécies *Prionospio dayi*, *Mediomastus sp.*, *Ampelisca paria* e *Magelona posterelongata* (Tabela 3.6-2). O Grupo-2 (49,6% de similaridade) apresentou valores altos de densidade e valores intermediários de riqueza e diversidade e baixa razão Amphipoda/Polychaeta. As

principais espécies que contribuíram na formação deste grupo foram *Ninoe brasiliensis*, *Mediomastus* sp., *Aricidea (A.) catherinae* e *P. dayi*. O Grupo-3 (40,9% de similaridade) apresentou valores baixos de todos os descritores de comunidade e o índice Amphipoda/Polychaeta foi praticamente nulo. As espécies *A. (A.) catherinae*, *Mediomastus* sp., *N. brasiliensis*, *Cossura delta* e *Neanthes bruaca* foram predominantes neste grupo (Tabela 3.6-2).

As espécies de poliquetas predominantes de cada grupo durante o monitoramento de 2013 foram similares às encontradas nos anos anteriores do monitoramento. Os pontos dos Grupos-2 e 3 possuíram dominância de espécies oportunistas de poliquetas, como *A. (A.) catherinae*, *Mediomastus* sp. e *P. dayi*. Algumas espécies de Lumbrineridae são típicas de sedimentos organicamente enriquecidos (Simonini *et al.*, 2005).

#### 4. Considerações finais

##### Monitoramento da Qualidade do Sedimento

Nas amostras de sedimento das Campanhas de julho e outubro de 2013 foram detectados os mesmos metais quantificados no primeiro semestre de 2013: chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco. Todos esses metais apresentaram concentrações abaixo dos valores de Nível 1 da Resolução CONAMA 454/12. Os metais cádmio e mercúrio, o semimetal arsênio e os compostos de PCB e de HPA apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório em todas as amostras coletadas nessas campanhas.

Os nutrientes analisados e o carbono orgânico total apresentaram concentrações inferiores aos valores de alerta estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12 em todas as amostras analisadas das Campanhas de julho e outubro de 2013.

O sedimento das amostras da Campanha de julho de 2013 foi caracterizado pela predominância da fração areia muito fina nos pontos P1 a P4 e da fração silte nos pontos P5 a P9. Na Campanha de outubro de 2013, a distribuição dos teores de areia e lama voltou à condição das campanhas anteriores, com teor arenoso nos pontos P1 a P4, P8 e P9 e uma predominância de lama nos pontos P5 a P7.

Em relação aos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das amostras referentes à Campanha de julho e outubro de 2013, nenhuma apresentou efeito tóxico em comparação com os controles.

Em relação a dioxinas e furanos, na Campanha de outubro de 2013 foram observados valores de i-TEQ total acima do nível inferior (TEL) da *Canadian Sediment Quality Guidelines* nas amostras dos pontos P3 a P9. Diante destes resultados, realizou-se o monitoramento intensificado deste parâmetro nos meses de novembro e dezembro de 2013. Nestas duas campanhas subsequentes observou-se uma diminuição do número de amostras que apresentaram valores

de i-TEQ total maior do que o TEL, podendo indicar um efeito do término das atividades de descarte de material dragado na Antiga Área de Descarte.

### **Monitoramento da Qualidade da Água de Fundo**

As análises de metais e arsênio nas amostras de água de fundo das Campanhas de julho e outubro de 2013 quantificaram apenas os metais ferro e manganês. Contudo, as concentrações foram menores do que o valor máximo para o padrão de qualidade de água salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18.

Tanto os compostos de hidrocarbonetos aromáticos e de bifenilas policloradas não foram quantificados nas amostras de água de fundo dessas campanhas.

O carbono orgânico total foi quantificado em todas as amostras de água de fundo, porém as concentrações, na sua maioria, foram menores do que o valor máximo para o padrão de qualidade de água salinas de classe 1 da Resolução CONAMA 357, artigo 18. As exceções ocorreram nas amostras dos pontos P5 e P8, que apresentaram concentrações ligeiramente acima do valor máximo estabelecido.

Quanto aos sólidos suspenso totais, este parâmetro foi quantificado, em julho de 2013, apenas nas amostras dos pontos P5, P7 e P9, com valores de 0,384, 0,336 e 0,369 mg/L, respectivamente. Na Campanha de outubro de 2013 o referido parâmetro foi quantificado em todas as amostras, com valores entre 8 e 88 mg/L.

O parâmetro NKT, na Campanha de julho de 2013, foi quantificado nas amostras dos pontos P4 a P7, com valores variando de 8,67 mg/L, no ponto P7, a 28 mg/L, nos pontos P5 e P6. Na campanha de outubro de 2013 este parâmetro não foi quantificado em nenhuma das amostras.

Fósforo total apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método nas amostras de todos os pontos, com exceção dos pontos P9 (julho de 2013) e P1 (outubro de 2013). Entretanto, as concentrações foram menores do

que o valor máximo de padrão de qualidade de águas salinas de classe 1 da CONAMA 357, artigo 18, com exceção das amostras dos pontos P6 e P8, que apresentaram concentrações ligeiramente acima deste valor.

### **Monitoramento dos Organismos Demersais-bentônicos**

Os resultados obtidos na Campanha de outubro mostraram, da mesma forma que nas campanhas anteriores, a presença de uma fauna demersal rica, diversificada e com presença de espécies de valor econômico como linguados, robalo, pescadas, corvina e camarões (branco e sete-barbas).

A composição da ictiofauna e carcinofauna observada nesse período é resultado de variações sazonais do ciclo de vida das espécies, as quais são normalmente encontradas nesta região e época do ano e capturadas com redes de arrasto de fundo da frota pesqueira na plataforma rasa (até 50 m) do Estado de São Paulo. Estes resultados estão de acordo com os encontrados em campanhas anteriores na mesma região (Fundespa, 2013).

Os pontos de coleta AR2, situado na área antiga de disposição do material dragado, e AR3, nas imediações sudoeste da Ilha da Moela, apresentaram alta abundância de crustáceos, como em campanhas anteriores. Isto parece ser resultado do efeito atrativo do sedimento dessas localidades, em consequência da maior oferta de alimento proveniente, direta ou indiretamente, do sedimento dragado no canal de Santos.

A redução da diversidade e abundância das espécies de peixe verificada nessa campanha, quando comparada com as anteriores, pode estar relacionada à elevada frequência de frentes frias ocorridas na região nessa época do ano.

A análise dos conteúdos estomacais das principais espécies de peixes capturados continua mostrando atividade alimentar na área antiga de disposição do material dragado e adjacências. O ambiente em questão parece estar sendo utilizado como área de alimentação por diversas espécies da fauna marinha. Espécies detritívoras e comedoras de crustáceos bentônicos apresentam distribuição preferencial próximo à área de descarte, onde esses organismos encontram substrato mais favorável e alimento disponível.

A fauna das áreas adjacentes à antiga área de disposição do material não mostrou nenhum tipo de alteração que pudesse ser diretamente atribuído à disposição do material dragado.

### **Monitoramento da Bioacumulação**

Com base numa análise visual e macroscópica, a fauna capturada não apresentou nenhuma anomalia morfológica nem sinais de doenças tanto na parte externa do corpo como na interna.

As concentrações de zinco observados nesta campanha variaram entre 5,15 e 33,00 mg/kg. Estes valores encontram-se dentro do intervalo obtido por Kuniyoshi e colaboradores (2008), que encontraram concentrações de zinco entre 0,16 e 33,5 mg/kg para músculos de diversas espécies de peixes marinhos e entre 7 a 50 mg/kg para crustáceos coletados na região de Santos e São Vicente.

O zinco, assim como outros metais, é um micronutriente encontrado naturalmente no ambiente, importante para o metabolismo de cerca de 90 enzimas. No entanto, é importante considerar que a legislação brasileira não possui um valor específico para o zinco para os organismos aquáticos destinados ao consumo humano. A referência adotada, de 50 mg/kg, é a mesma considerada pela Cetesb (2001), presente na categoria “outros elementos” do Decreto 55.871/65, o qual enquadra a matriz analisada. Este valor foi utilizado como base de comparação de eventuais efeitos biológicos adversos.

As concentrações de dioxinas e furanos que vinham sendo observados nas campanhas anteriores foram novamente detectadas nos organismos da Campanha de outubro de 2013. Entretanto, nenhuma espécie coletada em nenhuma localidade amostrada ultrapassou os valores estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde - WHO e *Food and Drugs Administration* - FDA.

Em vista da contínua atividade de dragagem existente no estuário de Santos, e cuja disposição de material ocorre na área oceânica, é recomendado o monitoramento destes compostos nos organismos que fazem parte da dieta alimentar da população, principalmente considerando a existência na região de

atividades ligadas à indústria de petróleo e gás, atividades portuárias e deficiência no sistema de saneamento básico.

### **Monitoramento das Comunidades de Fundo Consolidado**

Este monitoramento encontra-se em fase de contagem e o número de elementos amostrais pode ser reduzido dependendo da dificuldade de identificação e contagem de cada uma das ocorrências sob as intersecções.

Em seguida, os dados serão tabulados e sistematizados e as matrizes serão utilizadas nas análises exploratórias de agrupamento. Posteriormente, serão computados os índices de valor ecológico e os descritores de diversidade biológica para, por fim, interpretar os resultados da campanha de novembro de 2013.

### **Monitoramento das Comunidades de Fundo Inconsolidado**

Como já observado em relatório anterior, a campanha de janeiro de 2013 apresentou baixa densidade da macrofauna, inclusive de espécies típicas da região. Esta diminuição está provavelmente ligada a fatores naturais da própria região.

Assim como nos anos anteriores, os pontos SF-03 e SF-06 foram os que apresentaram os menores valores de riqueza, diversidade e da razão Amphipoda/Polychaeta. Isto indica que estes pontos continuam tendo influência dos sedimentos dragados do canal que foram depositados nestes locais. Além disso, ao longo de todo o monitoramento, as espécies *Aricidea (A.) catherinae* e *Mediomastus* sp. foram as mais importantes para a formação dos Grupos 2 e 3, sendo que o Grupo-3 foi considerado o mais crítico. *Ninoe brasiliensis* está provavelmente sendo beneficiada pelo acúmulo de material orgânico nos pontos dos Grupos 2 e 3. Estas espécies podem ser consideradas como oportunistas, indicando um maior grau de perturbação do ambiente nestes pontos.

Os pontos que formam o Grupo-1 (SF-01, SF-02, SF-09 e SF-04) apresentaram, em geral, maiores valores de riqueza, diversidade e razão

Amphipoda/Polychaeta, indicando áreas mais saudáveis ou menos sujeitas ao efeito do descarte de material dragado. Entretanto, em janeiro de 2013, o ponto SF-04 apresentou valores de densidade, riqueza e diversidade comparáveis aos do Grupo-3. Uma grande quantidade de fragmentos vegetais foi observada neste ponto de coleta durante a campanha de janeiro, podendo indicar a influência do material de descarte. Esse fato já vem sendo relatado desde a campanha de agosto de 2011 (DTA Engenharia, 2013\*).

O ponto SF-03 não é mais utilizado para descarte de sedimentos dragados do canal desde o dia 9 de julho de 2013. Na campanha de outubro de 2013, realizada após quase três meses do último descarte, observou-se uma menor densidade de espécies oportunistas. Isso poderia ser um sinal inicial de recuperação do local, entretanto, houve uma diminuição geral da densidade em todos os pontos da campanha de outubro. O aumento da riqueza e diversidade, bem como da razão Amphipoda/Polychaeta, não foi registrado nesta campanha, que também poderiam ser indícios da recuperação do ambiente. Com o fim da utilização dessa área de disposição oceânica, a continuidade do monitoramento da região permitirá a compreensão do efeito do descarte e a possível recuperação da fauna.

---

\* DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Volume 1, 375pp.

## 5. Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas 2008. ABNT/NBR 15638. Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 17 p.
- Arana, L.V. 2004 Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura. Editora da UFSC, Florianópolis, 231p..
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005. Toxicological Profile for Zinc. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, 315p.
- Bailey, R.A., Clark, H.M, Ferris, J.P., Strong, R.L. & Krause, S. 2002. Chemistry of the Environment. Academic Press. San Diego, USA, 835p.
- Brasil 2005. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 053, de 18/03/2005, Seção 1, p. 58-63.
- Brasil 2012. Resolução CONAMA N° 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União nº 216 de 08/11/2012, Seção 1, p. 66.
- CCME, Canadian Concil of Minister of Environment 2001. Canadian Sediment Quality guideline for the protection of aquatic life. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated dibenzo-p-furans (PCDD/Fs).
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo 2001. Sistema Estuarino Santos e São Vicente. Relatório Técnico, Cetesb, São Paulo, 141 p.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E Limited, Plymouth, UK.
- Kietzmann, U.; Priebe, K.; Rakow, D. & Reichstein, K. 1974. *Inspeccion veterinaria de pescados*. Editora ACRIBIA, Zaragoza Spain. 325p.

- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, New York, EUA., 654 p.
- Kubitza, F. 2000. *Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial*. 1ª ed. Jundiaí, F. Kubitza, 285p.
- Kuniyoshi, L.S. 2008. Avaliação da concentração de zinco(Zn), cromo(Cr) e arsênio(As) em tecidos da ictiofauna do sistema estuarino de Santos e São Vicente (São Paulo, Brasil) no período de inverno. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 56 p.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 179 p.
- Martins, F.R. & Santos, F.A.M. 1999. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Holos Environment*, 1(1): 236-267.
- Meyer, V. & Ludorff; W. 1978. *El pescado y los productos de la pesca*. Editora ACRIBIA, 1974, Zaragoza Spain. 341p.
- Silva, E.S. 2003. Zinco. *In: Azevedo, F.A. & Chasin, A.A.M. (Eds). Metais: Gerenciamento da toxicidade*. Editora Atheneu, São Paulo, p. 187-201.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency 1985. *Principles of Risk Assessment, A Nontechnical Review*. EPA 3-85-000. Workshop on Risk Assessment, Easton, MD. March.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency 2000. *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volume 2: Risk Assessment and Fish Consumption Limits*. 3rd ed.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency 2001. *Method for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment associated contaminants with the amphipod *Leptocheirus plumulosus**. EPA-600/R-01/020. Environmental Protection Agency, Cincinnati, U. S., 120 p.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency 2012. *EPA's Reanalysis of Key Issue Related to Dioxin Toxicity and Response to NAS comments. Volume 1: In support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS)*. Washington, DC.

- WHO, World Health Organization 1998. Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). Executive Summary, Geneva, Switzerland.
- Wasserman, J.C. & Wasserman, M.A. 2008. Comportamento de metais em sedimentos. *In*: Neto, J.A.B.; Wallner-Kersanach, M. & Patchineelam, S.M. (Org.), Poluição Marinha. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p. 197-236.
- Azevedo, F.A & Chasin, A.A.M (editors). 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. Ed. Atheneu, São Paulo, 554p.
- Carvalho, M. Estimativa da concentração de clorofila-a através de dados de cor do oceano e caracterização oceanográfica da plataforma continental adjacente à Baixada Santista. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 175p.
- Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B & Madureira, L.S.P. O (org) Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo, EDUSP. 472p.
- Howe, P.D.; Malcolm, H.M.; Dobson, S. 2005. Manganese And Its Compounds: Environmental Aspects. Centre for Ecology & Hidrology, Monks Wood, United Kingdom. 63p.
- Wright, J. & Colling, A. 1995. Open University Course Team. Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour, 2 ed. Pergamon Press, Oxford, 168p.
- Braga, E.S. & Niencheski, L.F.H. 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). *In*: Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. & Marureira, L.S.P. (Eds.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. Edusp, São Paulo, p. 161-218.
- Azevedo, J.S. & Braga, E. S. 2011. Caracterização hidroquímica para qualificação ambiental dos estuários de Santos-São Vicente e Cananéia. *Arq. Ciênc.Mar*, 44(2): 52-61.

- Fernícola, N.A.G.G. & Oliveira, S.S. (Coords) 2002. Poluentes Orgânicos Persistentes: POPs. Série Cadernos de Referência Ambiental, v.13, CRA – Centro de Recursos Ambientais, Salvador. 500 p.
- Cruz-Motta, J.J. & Collins, J. 2004. Impacts of dredged material disposal on a tropical soft-bottom benthic assemblage. *Marine Pollution Bulletin* 48: 270-280.
- Dauer, D.M. & Conner, W.G. 1980. Effects of moderate sewage input on benthic polychaete populations. *Estuarine Marine Science*, 10:335-346.
- DTA Engenharia, 2013. Monitoramento das atividades de dragagem na área de disposição oceânica de material dragado da CODESP e suas regiões adjacentes, município de Santos, SP. Relatório de integração. Período de Julho, Agosto e Setembro de 2012. Volume 1, 375pp.
- Harvey, M., Gauthier, D., Munro, J. 1998. Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse à Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. *Marine Pollution Bulletin* 36(1): 41-55.
- Pagliosa, P.R. 2005. Another diet of worms: the applicability of polychaete feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. *Mar. Ecol.* v.26 p.246-254.
- Pearson, T.H. & Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: Annual Review*, 16:229-331.
- Rodrigues, C.W. & Pires-Vanin, A.M.S. 2012. Spatio-temporal and functional structure of the amphipod communities off Santos, Southwestern Atlantic. *Braz. j. oceanogr.* 60(3): 421-439.
- Shimabukuro, M. 2011. Comunidades de Polychaeta (Annelida) da plataforma continental ao largo de Santos, SP: composição, distribuição e estrutura trófica. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 121pp.

- Simonini, R., Ansaloni, I., Cavallini, F., Graziosi, F., Iotti, M., N'Siala, G.M., Mauri, M., Montanari, G., Preti, M., Prevedelli, D. 2005. Effects of long-term dumping of harbor-dredged material on macrozoobenthos at four disposal sites along the Emilia-Romagna coast (Northern Adriatic Sea, Italy). *Marine Pollution Bulletin* 50: 1595-1605.
- Wilber, D.H. & Clarke, D.G. 1998. Estimating secondary production and benthic consumption in monitoring studies: a case study of the impact of dredged material disposal in Galveston Bay, Texas. *Estuaries*, 21:230-245.
- Erpenbeck, D.; Van Soest, R.W.M. 2002. Family Halichondriidae Gray, 1867. In Hooper, J. N. A. & Van Soest, R. W. M. (ed.) *Systema Porifera. A guide to the classification of sponges. 1*. Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. Pp. 787-816.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2012. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>.
- Lee, S.J.; Kim, J.H.; Chang, Y.S. & Moon, M.H. 2006. Characterization of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in different particles size fractions of marine sediments. *Environmental Pollution*, 144: 554-561.
- Oliveira, O. M. P.; Marques, A. C.; Migotto, A. E. 2006. Chave de identificação dos hidróides (Cnidaria, Hydrozoa) epifíticos do Canal de São Sebastião (SE, Brasil). *Biota Neotropica* 6 (2) (on-line) – <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?identification-key+bn02306022006>.
- Rodrigues, S. A.; Rocha, R. M.; Lotufo, T. M. C. 1998. *Guia ilustrado para identificação de ascídias do Estado de São Paulo*. IBUSP/FAPESP, São Paulo. 190 p.

## 6. Anexos

- Anexo 6-1. Laudos analíticos e ecotoxicológicos referentes à Campanha de julho de 2013 do monitoramento da qualidade de sedimentos;
- Anexo 6-2. Número de viagens realizadas por dragas à Antiga Área de Descarte durante o mês de julho de 2013;
- Anexo 6-3. Laudos analíticos e ecotoxicológicos referentes à Campanha de outubro de 2013 do monitoramento da qualidade de sedimentos;
- Anexo 6-4. Laudos analíticos referentes à Campanha de novembro de 2013 do monitoramento intensificado de dioxinas e furanos no sedimento;
- Anexo 6-5. Laudos analíticos referentes à Campanha de dezembro de 2013 do monitoramento intensificado de dioxinas e furanos no sedimento;
- Anexo 6-6. Laudos analíticos referentes à Campanha de julho de 2013 do monitoramento da qualidade de água de fundo;
- Anexo 6-7. Laudos analíticos referentes à Campanha de outubro de 2013 do monitoramento da qualidade de água de fundo;
- Anexo 6-8. Laudos analíticos referentes à Campanha de outubro de 2013 do monitoramento da bioacumulação no tecido dos organismos demersais-bentônicos;
- Anexo 6-9. Lista de espécies e morfotipos registrados nas amostras da comunidade bentônica de fundo inconsolidado da Campanha de outubro de 2013 e suas densidades médias.

ANEXO 6-1. LAUDOS ANALÍTICOS E ECOTOXICOLÓGICOS REFERENTES À  
CAMPANHA DE JULHO DE 2013 DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE  
SEDIMENTOS

ANEXO 6-2. NÚMERO DE VIAGENS REALIZADAS POR DRAGAS À ANTIGA  
ÁREA DE DESCARTE DURANTE O MÊS DE JULHO DE 2013

ANEXO 6-3. LAUDOS ANALÍTICOS E ECOTOXICOLÓGICOS REFERENTES À  
CAMPANHA DE OUTUBRO DE 2013 DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE  
DE SEDIMENTOS

ANEXO 6-4. LAUDOS ANALÍTICOS REFERENTES À CAMPANHA DE  
NOVEMBRO DE 2013 DO MONITORAMENTO INTENSIFICADO DE DIOXINAS  
E FURANOS NO SEDIMENTO

ANEXO 6-5. LAUDOS ANALÍTICOS REFERENTES À CAMPANHA DE  
DEZEMBRO DE 2013 DO MONITORAMENTO INTENSIFICADO DE DIOXINAS E  
FURANOS NO SEDIMENTO

ANEXO 6-6. LAUDOS ANALÍTICOS REFERENTES À CAMPANHA DE JULHO  
DE 2013 DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE FUNDO

ANEXO 6-7. LAUDOS ANALÍTICOS REFERENTES À CAMPANHA DE  
OUTUBRO DE 2013 DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE  
FUNDO

ANEXO 6-8. LAUDOS ANALÍTICOS REFERENTES À CAMPANHA DE  
OUTUBRO DE 2013 DO MONITORAMENTO DA BIOACUMULAÇÃO NO  
TECIDO DOS ORGANISMOS DEMERSAIS-BENTÔNICOS

ANEXO 6-9. LISTA DE ESPÉCIES E MORFOTIPOS REGISTRADOS NAS AMOSTRAS DA COMUNIDADE BENTÔNICA DE FUNDO INCONSOLIDADO DA CAMPANHA DE OUTUBRO DE 2013 E SUAS DENSIDADES MÉDIAS