

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS NAS ÁREAS
DRAGADAS – SEDIMENTOLOGIA, GEOQUÍMICA E ECOTOXICOLOGIA..... 1**

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
2. METODOLOGIA.....	1
3. RESULTADOS.....	9
4. DISCUSSÃO.....	73
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
6. CRONOGRAMA.....	85
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
8. EQUIPE TÉCNICA.....	88
9. ANEXOS.....	89

Programa de Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos nas Áreas Dragadas – Sedimentologia, Geoquímica e Ecotoxicologia

1. Introdução e Objetivos

O presente relatório consiste no monitoramento físico-químico e potencial ecotoxicológico dos sedimentos na área dragada. O objetivo geral desse programa é avaliar a qualidade dos sedimentos remanescentes após o aprofundamento do canal, bem como as condições para o estabelecimento de novas comunidades bentônicas. Este programa abrange toda a Área Diretamente Afetada (ADA) no estuário, no canal de navegação e na Baía de Santos.

2. Metodologia

2.1. Seleção dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem para o presente monitoramento estão distribuídos desde a entrada do canal do Porto de Santos até a região da Alemoa no estuário, incluindo os quatro trechos a serem dragados. São os mesmos 67 pontos considerados no EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do Canal do Porto de Santos (FRF, 2008), conforme determinado no Termo de Referência. As coordenadas geográficas dos pontos são mostradas na Tabela 2.1-1. A Figura 2.1-1 apresenta o mapa indicando os pontos de amostragem e sua localização por trecho de dragagem.

O número de pontos de amostragem de sedimento por trecho de dragagem é indicado na Tabela 2.1-2.

Tabela 2.1-1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de sedimento listados por trecho de dragagem (Projeção UTM – Datum horizontal SAD-69).

Área	Pontos	Eastings (mE)	Northings (mN)	Área	Pontos	Eastings (mE)	Northings (mN)	
Trecho 1 Barra - Entrepasto de pesca	PSS-01	364.243	7.342.570	Trecho 3 Concais - Armazém 5	PSS-11	366.992	7.352.522	
	PSS-02	364.587	7.343.656		PSS-12	366.399	7.352.544	
	PSS-03	365.514	7.345.615		PSS-13	366.405	7.353.183	
	PSS-04	365.053	7.346.057		PSS-34	366.707	7.351.015	
	PSS-05	368.881	7.346.654		PSS-35	366.601	7.351.729	
	PSS-06	368.576	7.346.812		PSS-36	366.421	7.352.000	
	PSS-16	362.036	7.338.759		PSS-37	366.373	7.352.749	
	PSS-17	362.252	7.339.573		PSS-38	365.657	7.352.941	
	PSS-18	362.439	7.340.273		PSS-64	366.705	7.351.202	
	PSS-19	362.829	7.341.409		PSS-65	366.553	7.352.031	
	PSS-20	363.067	7.342.048		PSS-66	366.035	7.352.840	
	PSS-21	363.282	7.342.662	PSS-14	365.322	7.353.365		
	PSS-22	363.706	7.343.700	PSS-15	363.729	7.353.503		
	PSS-23	363.941	7.344.381	PSS-39	365.295	7.353.122		
	PSS-24	364.333	7.345.036	PSS-40	364.926	7.353.195		
	PSS-25	365.280	7.345.953	PSS-41	364.462	7.353.330		
	PSS-26	365.985	7.346.038	PSS-42	364.121	7.353.505		
	PSS-27	367.973	7.346.087	PSS-43	363.730	7.353.979		
	PSS-51	362.327	7.339.728	PSS-44	363.252	7.354.225		
	PSS-52	362.505	7.340.565	PSS-45	362.305	7.354.291		
	PSS-53	362.941	7.341.364	PSS-46	361.938	7.354.191		
	PSS-54	363.864	7.343.778	PSS-47	361.746	7.354.193		
	PSS-55	363.873	7.344.215	PSS-48	361.419	7.354.241		
	PSS-56	364.319	7.344.896	PSS-49	360.963	7.354.393		
	PSS-57	364.623	7.345.632	PSS-50	360.614	7.354.663		
	PSS-58	365.112	7.345.737	PSS-67	362.731	7.354.233		
	PSS-59	367.682	7.346.057					
	Trecho 2 Entrepasto de pesca - Concais	PSS-07	368.827	7.348.443	Trecho 2 Entrepasto de pesca - Concais (continuação)	PSS-31	367.803	7.349.440
		PSS-08	368.427	7.348.255		PSS-32	367.446	7.349.918
PSS-09		367.688	7.349.946	PSS-33		367.047	7.350.413	
PSS-10		367.306	7.349.713	PSS-60		368.802	7.347.823	
PSS-28		368.726	7.347.150	PSS-61		368.503	7.348.698	
PSS-29		368.750	7.348.430	PSS-62		367.936	7.349.111	
PSS-30		368.267	7.349.031	PSS-63		367.595	7.349.726	

Tabela 2.1-2. Relação do número de pontos de amostragem de sedimento por trecho de dragagem.

Trecho	Pontos de amostragem
01	27
02	14
03	11
04	15

Figura 2.1-1. Localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento para as avaliações ecotoxicológicas

2.2. Procedimentos de Amostragem

As amostras de sedimento superficial são coletadas em tréplica com dragas do tipo *van Veen* de aço inoxidável, podendo contar com o auxílio de mergulhador, caso necessário.

São medidos, em campo, ainda dentro da draga, os parâmetros pH e E_H dos sedimentos amostrados. As medidas físico-químicas *in situ* são realizadas em triplicata, com equipamento devidamente calibrado em laboratório acreditado segundo a norma NBR ISO/IEC 17.025:2005 e verificado com padrões rastreáveis ao sistema internacional (SI) de forma a assegurar a calibração do mesmo, a fim de garantir a precisão e exatidão dos resultados de campo. São feitas verificações intermediárias (mínimo de duas ao dia) e os resultados obtidos são plotados em gráficos de controle.

Após a realização das medições *in situ*, as amostras de sedimento, coletadas em triplicata, são homogeneizadas em bandeja de aço inoxidável e armazenadas em frascos específicos para cada analito, previamente etiquetados conforme orientação do laboratório contratado para a realização das análises. As amostras são mantidas sob refrigeração (entre 2 e 6 °C) desde o momento da coleta até a entrega ao laboratório. O preparo de amostras e as respectivas análises são realizadas dentro do *holding time* específico para cada um dos parâmetros investigados em sedimento. O Anexo 9-1 apresenta o capítulo de Garantia e Controle da Qualidade dos procedimentos amostrais e dos resultados analíticos.

2.3. Parâmetros analisados

Para o monitoramento da qualidade físico-química do sedimento na área dragada os parâmetros analisados são aqueles previstos na Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004). A análise granulométrica segue a Escala de Wentworth (1922), conforme estabelecido na Conama 344/04. E os resultados obtidos são comparados com a Resolução Conama 344/04.

Para o monitoramento da qualidade ecotoxicológica são realizados testes de toxicidade crônica, com a água de interface sedimento-água (ISA), utilizando-se

embriões de ouriço do mar (*Lytechinus variegatus*) e por recomendação da Cetesb, testes de toxicidade aguda, com o sedimento total, utilizando anfípodos escavadores, *Leptocheirus plumulosus*.

A Tabela 2.3-1 apresenta os métodos analíticos e as condições de armazenamento, preservação e prazo de análise para os analitos de interesse.

Tabela 2.3-1. Métodos analíticos para matriz sedimento superficial e as condições de armazenamento, preservação e prazo de análise.

Parâmetros	Método de análise	Prazo para análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra
Orgânicos					
Semivoláteis (incluindo HPAs)	EPA 3550C (preparação) ; EPA - SW 846 - 8270C (análise)	14 dias (extração) e 40 dias (análise)	Vidro	Refrigerar a 4 ± 2° C	200 gramas
PCBs	EPA 3550C (preparação) ; EPA SW 846 - 8270C (análise)	14 dias (extração) e 40 dias (análise)	Vidro	Refrigerar a 4 ± 2° C	200 gramas
Carbono Orgânico Total	Apostila 2ª ed - UFRGS (análise)	28 dias (análise)	Plástico ou Vidro	Refrigerar a 4 ± 2 °C	50 gramas
Pesticidas Organoclorados	EPA 3550 (extração) ; EPA 8081B (análise)	14 dias (análise)	Vidro	Refrigerar a 4 ± 2 °C	100 gramas
Química Clássica:					
Nitrogenio Kjeldahl	SM - 4500.Norg.E	28 dias (análise)	Plástico ou Vidro	Refrigerar a 4 ± 2 °C	20 gramas
Geotecnia					
Granulometria	EMBRAPA - 2ª ed - 1997/ ABNT NBR 7181	Não Determinado	Plástico	Não requerida	200 gramas
Metais e P					
Metais totais (exceto Hg)	EPA3050B(preparação) ; EPA 6010C (análise)	6 meses (análise)	Plástico ou Vidro	Refrigerar a 4 ± 2 °C	30 gramas
P total	EPA3050B(preparação) ; EPA 6010C (análise)	28 dias (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a 4±2° C	10 gramas
Merúrio total	EPA7471B (preparação) ; EPA7471B (análise)	28 dias (análise)	Plástico ou Vidro	Refrigerar a 4 ± 2 °C	30 gramas
Ecotoxicologia					
Toxicidade crônica com ouriço do mar	ABNT NBR 15350	60 dias	saco plástico	Refrigerar entre 4 e 10°C	2 a 3 Kg.
Toxicidade aguda com <i>Leptocheirus plumulosus</i>	ABNT NBR 15638	60 dias	saco plástico	Refrigerar entre 4 e 10°C	2 a 3 Kg.

Para cada conjunto de 50 amostras são analisadas amostras correspondentes a: branco de campo, branco de equipamento, amostra matriz *Spike* e amostra duplicata MS/MSD, a título de controle de qualidade da amostragem e laboratorial. No caso do conjunto de 67 amostras, as amostras de controle de qualidade são realizadas duas vezes.

Ensaio Ecotoxicológico – Interface sedimento-água (ISA)

Os testes de toxicidade crônica são realizados segundo metodologia ABNT 15.350 (2006), com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, coletados por meio de mergulho livre, na Ilha das Palmas na cidade de Santos (São Paulo).

Machos e fêmeas adultos de ouriço do mar (mínimo três de cada sexo), são estimulados para a liberação de gametas por meio de choque elétrico (35v). Os gametas são coletados separadamente e os óvulos, caracterizados pela coloração amarelo alaranjado, são coletados utilizando-se de um becker de 400ml contendo água de diluição marinha. Uma subamostra dos óvulos de cada fêmea é observado ao microscópio, a fim de confirmar seu formato e tamanho os quais devem ser redondos, lisos e de tamanho homogêneo. Após a sedimentação dos óvulos, é descartado o sobrenadante, filtrado através de malha de 350 μm e acrescentada água marinha filtrada, elevando assim, o volume para 600 ml, este processo de lavagem dos óvulos é repetido por três vezes. Os espermatozoides de coloração branca são coletados diretamente dos gonopóros, utilizando uma micropipeta e depois mantidos em um béquer armazenado em um recipiente com gelo até o momento da fertilização. Uma solução de esperma é preparada utilizando 1 a 2 ml de espermatozoide e 25 ml de água de diluição marinha, homogeneizando-se bem para dissolução dos grumos.

Para a fecundação são acrescentados 1 a 2 ml da solução de espermas ao recipiente contendo os óvulos, sempre mantendo uma leve agitação. Após 10 minutos, são tomadas três subamostras de 1 ml para contagem de ovos com o auxílio de câmara de Sedgwick-Rafter. Calculada a media entre as três subamostras, é estimado o volume da solução que contém 300 ovos. Este volume é acrescentado aos recipientes teste utilizando-se uma pipeta automática, não ultrapassando 1% do volume da solução teste.

Os ensaios são conduzidos em tubos de ensaio de 15 ml nos quais, para cada amostra, são montadas 4 réplicas. Para cada réplica são adicionados 2,0 mL do sedimento utilizando uma seringa de 5 mL, em seguida, sobre o sedimento é colocado uma rede de plâncton (45 μm) fixada por um anel plástico (Figura 2.3-1), sendo então adicionados 8,0 mL de água de diluição marinha, utilizando-se de uma pipeta automática conforme descrito em Cesar *et al.*, 2004.

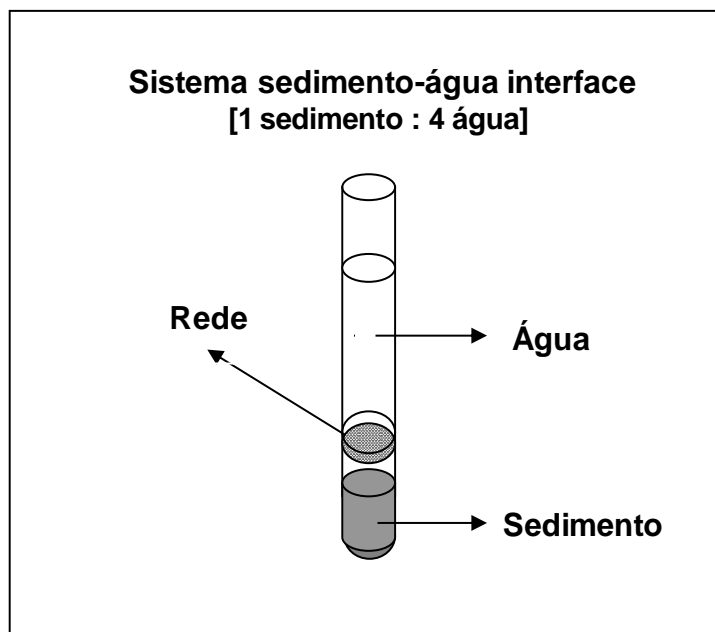


Figura 2.3-1. Sistema para montagem do ISA (Interface Sedimento-Água)

Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12h/12h. Entre o período de 24 a 28 h, as larvas dos controles são analisadas quanto ao desenvolvimento. Os testes são encerrados assim que 80% das larvas atingiram o estágio de *Pluteus*, sendo os embriões fixados pela adição de 0,5 ml de formaldeído tamponado com borax aos frascos teste.

Após a fixação, procede-se a leitura do estágio de desenvolvimento dos 100 primeiros organismos de cada réplica, onde é avaliado o desenvolvimento normal das larvas até o estágio equinopluteus. É anotado o número de larvas normais, bem como o número de larvas mal formadas ou com desenvolvimento anômalo para posterior análise estatística (teste t - Bioequivalência).

Ensaio Ecotoxicológicos – Sedimento Total

A metodologia utilizada para a execução dos testes de toxicidade aguda segue os procedimentos recomendados pela ABNT 15.638 (2008). Os testes de toxicidade aguda, com o anfípoda *Leptocheirus plumulosus*, são realizados utilizando-se três réplicas para cada amostra. São transferidas alíquotas de cerca de 175,0 mL de sedimento em cada frasco-teste e adicionados 725,0 mL de água

de diluição com auxílio de um disco plástico para minimizar a ressuspensão dos sedimentos. Em cada frasco é introduzida aeração suave na superfície da água e o conjunto é mantido sob repouso por 24 horas antes do início do teste.

Animais em boas condições são distribuídos aleatoriamente nos frascos-teste, sendo utilizados vinte animais em cada réplica. Grupos de vinte animais em três réplicas são colocados em um sedimento-controle, o mesmo utilizado na manutenção dos organismos.

Ao final de 10 dias de exposição, o sedimento contido em cada réplica é peneirado, através de uma malha de 0,5 mm, os organismos sobreviventes são contados e os organismos não encontrados são considerados mortos.

Nos dias 0, 7, 9 e 10 são realizadas análises de pH, salinidade e teor de oxigênio dissolvido da água de interface do controle e de cada amostra. As alíquotas de água para estas análises são cuidadosamente coletadas na interface água-sedimento, cerca de 1 cm acima da superfície do sedimento, formando uma amostra composta por alíquotas de cada réplica.

É preparada uma réplica adicional do controle e de cada amostra, sem adição de animais, para realização de análises de pH, salinidade, teor de oxigênio dissolvido da água intersticial do sedimento no início e no final dos testes, além de nitrogênio amoniacal e amônia não ionizada, no início do teste. Estas amostras de água intersticial são obtidas através da centrifugação do sedimento por 30 minutos a 3.500 rpm.

Os valores de amônia não ionizada são obtidos por cálculo a partir dos valores de nitrogênio amoniacal, pH, salinidade e temperatura de cada amostra conforme descrito por Bower & Bidwell (1978).

Após 10 dias de exposição, a mortalidade dos organismos das amostras é comparada com a do controle, utilizando-se as seguintes análises estatísticas:

- Teste de normalidade do Chi-Quadrado (Zar, 1999);
- Teste-F para homogeneidade de variância (Zar, 1999), e

- Teste de hipóteses por bioequivalência (Erickson & McDonald, 1995), com aplicação da constante de proporcionalidade (“r”) de 0,80, calculada para a espécie *Leptocheirus plumulosus* (Prósperi *et al.*, 2008).

2.4. Frequência de amostragem

De acordo com o Plano Básico Ambiental (PBA), as amostragens do sedimento devem ser iniciadas depois de decorridos 30 dias e no máximo até 90 dias da finalização da dragagem em cada trecho (cota -15m), e antes do início de qualquer dragagem de manutenção na área. Estas coletas são realizadas após um período de estabilização das condições físico-químicas do novo substrato exposto. Este período é de no mínimo 30 dias, mas não ultrapassando 90 dias após a finalização das dragagens de aprofundamento em cada trecho.

Por tanto, estão previstas quatro (4) campanhas de amostragem de sedimentos, sendo uma por trecho de dragagem conforme forem sendo atingidas as cotas da dragagem.

3. Resultados

No período de referência deste relatório, foram realizadas três campanhas de monitoramento da qualidade do sedimento, Campanhas I, II e III nos Trechos 02, 03 e 01, respectivamente, respeitando o período de 30 a 90 dias da finalização da dragagem nos trechos.

As amostras de sedimento superficial foram acondicionadas em frascaria apropriada (previamente limpos), conforme o parâmetro a ser analisado nas amostras. Os frascos com as amostras foram armazenados em caixas térmicas com gelo e mantidas sob refrigeração entre 2°C e 6°C, desde o momento da coleta até o seu processamento em laboratório.

O Anexo 9-2 apresenta as cadeias de custódia das amostras coletadas durante as Campanhas I, II e III e enviadas ao laboratório responsável pelas análises.

Este trabalho é realizado de acordo com a Resolução SMA 37/2006 (São Paulo, 2006), que entrou em vigor no dia 31 de agosto de 2009 e dispõe sobre os requisitos dos laudos analíticos submetidos aos órgãos integrantes do Sistema Estadual de Meio Ambiente - Seaqua. Desta forma, o seguinte laboratório foi selecionado para análises químicas do sedimento: *Analytical Technology*.

3.1. Trecho 01 – Campanha III

A campanha de amostragem no Trecho 1 foi realizada nos dias 12, 13 e 14 de abril de 2011, respeitando o período de 30 a 90 dias da finalização da dragagem neste trecho, que ocorreu no dia 21 de fevereiro de 2011. O Anexo 9-3 (coleta) apresenta a localização dos pontos amostrais da Campanha III no Trecho 1 e o Anexo 9-4 apresenta o dossiê fotográfico dos procedimentos de coleta de sedimento.

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas análises físico-químicas, químicas e granulométrica dos sedimentos. O Anexo 9-5 apresenta os laudos físico-químicos e o Anexo 9-6 apresenta os laudos analíticos, referentes a análise das amostras do Trecho 01.

A. Análise físico-química *in situ*

A Tabela 3.1-1 apresenta os resultados das medições físico-químicas realizadas *in situ* nas amostras de sedimento. Os valores de pH variaram entre 6,6 e 7,3, enquanto que os valores de E_H variaram entre -181 e 33 mV, a temperatura média foi de 24,9°C.

Tabela 3.1-1 Resultados das medições de parâmetros físico-químicos *in situ* das amostras de sedimento, coletadas no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetro	PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S	PS-05-S	PS-06-S
Profundidade	16,3	16	19,4	16,9	21	17
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	13/4/2011	14/4/2011	12/4/2011	12/4/2011	12/4/2011	12/4/2011
pH (unidade)	6,9	6,9	6,6	6,7	6,9	7,3
E _H (mV)	-177,0	-176,0	-89,0	-159,0	-88,0	-159,0
Temperatura (°C)	24,6	24,6	25,6	25,5	25,2	26,1
Parâmetro	PS-16-S	PS-17-S	PS-18-S	PS-19-S	PS-20-S	PS-21-S
Profundidade	16,3	17,3	16	16,2	16,5	16,1
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	13/4/2011	13/4/2011	13/4/2011	13/4/2011	13/4/2011	13/4/2011
pH (unidade)	7,0	7,1	6,8	7,0	7,1	6,9
E _H (mV)	-86,0	-153,0	-148,0	33,0	-159,0	-142,0
Temperatura (°C)	24,1	24,5	24,7	24,4	24,4	24,5
Parâmetro	PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S	PS-25-S	PS-26-S	PS-27-S
Profundidade	16,5	16,9	16,3	16,7	17,4	15,3
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	14/4/2011	14/4/2011	14/4/2011	12/4/2011	12/4/2011	12/4/2011
pH (unidade)	7,0	7,0	6,8	6,9	6,8	7,2
E _H (mV)	-143,0	-181,0	-151,0	-162,0	-134,0	-172,0
Temperatura (°C)	24,6	24,7	25,0	25,4	25,5	25,5
Parâmetro	PS-51-S	PS-52-S	PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S
Profundidade	16	16	16	16,6	16,9	15,8
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	13/4/2011	13/4/2011	13/4/2011	14/4/2011	14/4/2011	14/4/2011
pH (unidade)	7,1	7,0	7,3	7,2	7,0	6,6
E _H (mV)	-146,0	-163,0	-20,0	-100,0	-176,0	-94,0
Temperatura (°C)	24,3	24,6	24,4	24,7	24,8	24,8
Parâmetro	PS-57-S	PS-58-S	PS-59-S			
Profundidade	15,9	16,3	13,3			
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas			
Data	12/4/2011	12/4/2011	12/4/2011			
pH (unidade)	7,1	6,9	7,3			
E _H (mV)	-172,0	-151,0	-53,0			
Temperatura (°C)	25,7	25,4	25,2			

B. Análises químicas e granulométrica

Metais e semi-metais

Os resultados analíticos determinados para metais e semi-metais nas amostras de sedimento coletadas no Trecho 1 são apresentados na Tabela 3.1-2

Quanto aos metais e semi-metais, foram quantificados: cromo, chumbo, cobre e zinco em todas as amostras; níquel foi quantificado em 22 das 27

amostras e mercúrio em apenas três (03). Entretanto, todos os parâmetros apresentaram concentrações abaixo dos valores orientadores estabelecidos pela Resolução Conama 344/04.

Tabela 3.1-2 Resultados de metais e semi-metais (mg/Kg) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,952	<0,889	<1,01	<1,24
Cádmio total	1,2	9,6	<0,635	<0,592	<0,674	<0,828
Cromo Total	81	370	18,80	18,40	23,20	27,70
Chumbo total	46,7	218	13,90	10,30	16,40	20,50
Cobre Total	34	270	10,50	10,50	14,40	17,90
Mercúrio Total	0,15	0,71	<0,0761	<0,0711	0,0977	<0,0993
Níquel Total	20,9	51,6	7,41	12,90	9,15	11,20
Zinco Total	150	410	43,9	43,1	56,5	66,3
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-05-S	PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<1,04	<0,621	<0,626	<0,917
Cádmio total	1,2	9,6	<0,696	<0,414	<0,417	<0,611
Cromo Total	81	370	19,60	11,40	12,80	19,00
Chumbo total	46,7	218	14,20	5,45	6,89	12,30
Cobre Total	34	270	9,47	4,48	4,89	9,67
Mercúrio Total	0,15	0,71	0,119	0,0754	<0,0501	<0,0733
Níquel Total	20,9	51,6	11,10	4,55	4,52	7,49
Zinco Total	150	410	44,0	21,8	29,6	46,6
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-18-S	PS-19-S	PS-20-S	PS-21-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<1,03	<0,527	<0,887	<0,775
Cádmio total	1,2	9,6	<0,687	<0,352	<0,591	<0,571
Cromo Total	81	370	19,50	8,61	16,30	13,70
Chumbo total	46,7	218	13,70	3,74	11,30	9,22
Cobre Total	34	270	14,70	4,29	9,11	6,44
Mercúrio Total	0,15	0,71	<0,0824	<0,0422	<0,0709	<0,0620
Níquel Total	20,9	51,6	7,82	2,82	6,28	5,38
Zinco Total	150	410	57,3	25,5	49,2	33,8

Tabela 3.1-2 (Continuação) Resultados de metais e semi-metais (mg/Kg) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S	PS-25-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,776	<0,949	<0,821	<1,30
Cádmio total	1,2	9,6	<0,518	<0,633	<0,547	<0,865
Cromo Total	81	370	15,50	18,40	14,00	24,50
Chumbo total	46,7	218	8,01	10,00	10,00	18,60
Cobre Total	34	270	8,55	10,20	8,78	16,90
Mercurio Total	0,15	0,71	<0,0621	<0,0759	<0,0656	<0,104
Níquel Total	20,9	51,6	2,74	<1,27	<1,09	9,87
Zinco Total	150	410	54,0	36,2	49,9	57,1
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<1,02	<0,623	<0,727	<1,05
Cádmio total	1,2	9,6	<0,683	<0,415	<0,484	<0,698
Cromo Total	81	370	24,40	8,08	14,50	24,90
Chumbo total	46,7	218	17,40	4,74	9,07	15,90
Cobre Total	34	270	13,80	4,50	6,23	11,80
Mercurio Total	0,15	0,71	<0,082	<0,0486	<0,0581	<0,0838
Níquel Total	20,9	51,6	9,99	2,94	5,58	10,40
Zinco Total	150	410	57,8	19,4	34,2	57,7
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,765	<1	<1,27	<0,640
Cádmio total	1,2	9,6	<0,510	<0,667	<0,847	<0,427
Cromo Total	81	370	12,90	19,50	27,20	14,00
Chumbo total	46,7	218	6,39	11,80	17,00	6,80
Cobre Total	34	270	3,95	12,60	16,00	8,56
Mercurio Total	0,15	0,71	<0,0612	<0,0800	<0,102	<0,0512
Níquel Total	20,9	51,6	4,32	<1,33	<1,69	<0,853
Zinco Total	150	410	31,5	109,5	57,2	35,2
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-57-S	PS-58-S	PS-59-S	
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<1,25	<1,03	<0,55	
Cádmio total	1,2	9,6	<0,836	<0,687	<0,367	
Cromo Total	81	370	25,80	20,50	7,28	
Chumbo total	46,7	218	16,90	13,70	9,96	
Cobre Total	34	270	12,50	11,10	12,30	
Mercurio Total	0,15	0,71	<0,1	<0,0824	<0,044	
Níquel Total	20,9	51,6	10,20	8,15	2,61	
Zinco Total	150	410	60,1	47,7	27,8	

Bifenilas Policloradas (PCB)

A Tabela 3.1-3 apresenta os resultados analíticos para PCB totais nas amostras de sedimento coletadas no Trecho 01. Todas as amostras coletadas apresentaram concentrações de PCBs (somatória dos sete congêneres marcadores) inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 3.1-3 Resultados de PCB ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III - Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
PCB Total	22,7	180	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-05-S	PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
PCB Total	22,7	180	<0,167	<0,099	<0,1	<0,147
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-18-S	PS-19-S	PS-20-S	PS-21-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124
PCB Total	22,7	180	<0,165	<0,084	<0,142	<0,124

Tabela 3.1-3 (Continuação). Resultados de PCB ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III - Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S	PS-25-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
PCB Total	22,7	180	<0,124	<0,152	<0,131	<0,208
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
PCB Total	22,7	180	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
PCB Total	22,7	180	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-57-S	PS-58-S	PS-59-S	
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,201	<0,165	<0,088	
PCB Total	22,7	180	<0,201	<0,165	<0,088	

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e Pesticidas organoclorados (POC)

As Tabelas 3.1-4 e 3.1-5 apresentam os resultados analíticos determinados para HPA e POC nas amostras de sedimento do Trecho 01. Todas as amostras apresentaram concentrações dos compostos analisados de HPA e POC abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados.

Tabela 3.1-4. Resultados de HPA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S	PS-05-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Criseno	108	846	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Benzo(a)pireno	88,8	763	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<2,54	<2,37	<2,70	<3,31	<2,79
Naftaleno	160	2100	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Acenaftileno	44	640	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Acenafteno	16	500	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Fluoreno	19	540	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Fenantreno	240	1500	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Antraceno	85,3	1100	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Fluoranteno	600	5100	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Pireno	665	2600	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
2-metilnaftaleno	70	670	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
HPA (somatória)	3000	-	<7,61	<7,11	<8,09	<9,93	<8,36
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S	PS-18-S	PS-19-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Criseno	108	846	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Benzo(a)pireno	88,8	763	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<4,97	<5,01	<2,44	<2,75	<4,22
Naftaleno	160	2100	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Acenaftileno	44	640	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Acenafteno	16	500	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Fluoreno	19	540	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Fenantreno	240	1500	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Antraceno	85,3	1100	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Fluoranteno	600	5100	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Pireno	665	2600	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
2-metilnaftaleno	70	670	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
HPA (somatória)	3000	-	<4,97	<5,01	<7,33	<8,24	<4,22
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-20-S	PS-21-S	PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Criseno	108	846	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Benzo(a)pireno	88,8	763	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<2,36	<6,20	<6,21	<2,53	<2,19
Naftaleno	160	2100	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Acenaftileno	44	640	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Acenafteno	16	500	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Fluoreno	19	540	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Fenantreno	240	1500	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Antraceno	85,3	1100	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Fluoranteno	600	5100	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
Pireno	665	2600	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
2-metilnaftaleno	70	670	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56
HPA (somatória)	3000	-	<7,09	<6,20	<6,21	<7,59	<6,56

Tabela 3.1-4. (Continuação) Resultados de HPA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-25-S	PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Criseno	108	846	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Benzo(a)pireno	88,8	763	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<3,46	<2,73	<4,98	<5,81	<2,79
Naftaleno	160	2100	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Acenaftileno	44	640	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Acenafteno	16	500	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Fluoreno	19	540	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Fenantreno	240	1500	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Antraceno	85,3	1100	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Fluoranteno	600	5100	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Pireno	665	2600	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
2-metilnaftaleno	70	670	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
HPA (somatória)	3000	-	<10,38	<8,20	<4,98	<5,81	<8,38
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S	PS-57-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Criseno	108	846	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Benzo(a)pireno	88,8	763	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<6,12	<2,66	<3,39	<5,12	<3,34
Naftaleno	160	2100	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Acenaftileno	44	640	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Acenafteno	16	500	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Fluoreno	19	540	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Fenantreno	240	1500	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Antraceno	85,3	1100	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Fluoranteno	600	5100	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Pireno	665	2600	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
2-metilnaftaleno	70	670	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
HPA (somatória)	3000	-	<6,12	<8,0	<10,17	<5,12	<10,3
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-58-S	PS-59-S			
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)							
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<8,24	<4,4			
Criseno	108	846	<8,24	<4,4			
Benzo(a)pireno	88,8	763	<8,24	<4,4			
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<2,75	<4,4			
Naftaleno	160	2100	<8,24	<4,4			
Acenaftileno	44	640	<8,24	<4,4			
Acenafteno	16	500	<8,24	<4,4			
Fluoreno	19	540	<8,24	<4,4			
Fenantreno	240	1500	<8,24	<4,4			
Antraceno	85,3	1100	<8,24	<4,4			
Fluoranteno	600	5100	<8,24	<4,4			
Pireno	665	2600	<8,24	<4,4			
2-metilnaftaleno	70	670	<8,24	<4,4			
HPA (somatória)	3000	-	<8,24	<4,4			

Tabela 3.1-5. Resultados de POC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S	PS-05-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
beta-BHC	0,32	0,99	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
delta-BHC	0,32	0,99	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
gama-dordano	2,26	4,79	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
DDD	1,22	7,81	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
DDE	2,07	374	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
DDT	1,19	4,77	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
Dieldrin	0,71	4,3	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
Endrin	2,67	62,4	<0,152	<0,142	<0,162	<0,199	<0,167
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S	PS-18-S	PS-19-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
beta-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
delta-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
gama-dordano	2,26	4,79	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
DDD	1,22	7,81	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
DDE	2,07	374	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
DDT	1,19	4,77	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
Dieldrin	0,71	4,3	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
Endrin	2,67	62,4	<0,099	<0,1	<0,147	<0,165	<0,084
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-20-S	PS-21-S	PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
beta-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
delta-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
gama-dordano	2,26	4,79	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
DDD	1,22	7,81	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
DDE	2,07	374	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
DDT	1,19	4,77	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
Dieldrin	0,71	4,3	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131
Endrin	2,67	62,4	<0,142	<0,124	<0,124	<0,152	<0,131

Tabela 3.1-5.(Continuação) Resultados de POC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-25-S	PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
beta-BHC	0,32	0,99	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
delta-BHC	0,32	0,99	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
gama-dordano	2,26	4,79	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
DDD	1,22	7,81	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
DDE	2,07	374	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
DDT	1,19	4,77	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
Dieldrin	0,71	4,3	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
Endrin	2,67	62,4	<0,208	<0,164	<0,1	<0,116	<0,168
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S	PS-57-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
beta-BHC	0,32	0,99	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
delta-BHC	0,32	0,99	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
gama-dordano	2,26	4,79	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
DDD	1,22	7,81	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
DDE	2,07	374	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
DDT	1,19	4,77	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
Dieldrin	0,71	4,3	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
Endrin	2,67	62,4	<0,122	<0,160	<0,203	<0,102	<0,201
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-58-S	PS-59-S			
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,165	<0,088			
beta-BHC	0,32	0,99	<0,165	<0,088			
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,165	<0,088			
delta-BHC	0,32	0,99	<0,165	<0,088			
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,165	<0,088			
gama-dordano	2,26	4,79	<0,165	<0,088			
DDD	1,22	7,81	<0,165	<0,088			
DDE	2,07	374	<0,165	<0,088			
DDT	1,19	4,77	<0,165	<0,088			
Dieldrin	0,71	4,3	<0,165	<0,088			
Endrin	2,67	62,4	<0,165	<0,088			

Via Clássica

A Tabela 3.1-6 apresenta os resultados analíticos dos parâmetros carbono orgânico total e nutrientes em comparação a Resolução Conama 344/04. Os valores de fósforo total variaram entre 95,3 e 445 mg/Kg; nitrogênio Kjeldahl total foi de 514,1 a 2235,2 mg/Kg e carbono orgânico total entre 0,67 a 4,51%.

Todas as amostras de sedimento coletadas no Trecho 01 apresentaram concentrações de fósforo total, nitrogênio Kjeldahl total (NKT) e carbono orgânico total (COT) inferiores aos valores de alerta estabelecidos na Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Tabela 3.1-6 Resultados de carbono orgânico total (%), NKT (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S	PS-05-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	1,82	1,72	3,37	4,51	2,72
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	1373,2	1371,2	1133,6	2235,2	1100,8
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	335,6	230,1	380,5	445	325,2
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S	PS-18-S	PS-19-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	2,76	2,89	4,47	2,29	1,4
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	665,6	848	1431,9	1544,9	830,1
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	164,7	175,7	309,4	309,3	95,3
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-20-S	PS-21-S	PS-22-S	PS-23-S	PS-24-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	1,51	1,59	1,92	2,4	2,14
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	1425,4	1232,1	1152,4	1440,7	1078
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	287,4	206,3	208,2	246,2	211,3
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-25-S	PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	3,34	3,09	1,12	1,82	2,44
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	1682,5	1019,1	717,6	702,7	1299,4
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	432,2	390,7	152	224,3	389,6
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S	PS-57-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	0,67	2,45	3,36	0,88	3,29
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	562,5	1439,1	1856,9	939,5	2096,8
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	174,9	298,2	477,7	175	429,8
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-58-S	PS-59-S			
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico total (%)	10*	2,71	0,88			
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	1609,9	514,1			
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	300,4	97,5			

Análise granulométrica

As análises para caracterização física dos sedimentos, considerando as amostras de sedimento obtidas no Trecho 01 (Campanha III – Abril/11), indicam que na maioria dos pontos amostrais ocorreu um predomínio de frações mais finas de sedimento (argila, silte e areia muito fina). A fração dominante ao longo dos pontos amostrais correspondeu à fração areia muito fina (Figura 3.1-1).

Os resultados da atual caracterização física do sedimento são similares àqueles observados no EIA/RIMA para o aprofundamento do Canal de navegação do Porto de Santos (FRF, 2008), com predomínio de areia muito fina em profundidades de até 2 metros no Trecho 1, considerando cota batimétrica anterior ao início das atividades de dragagem.

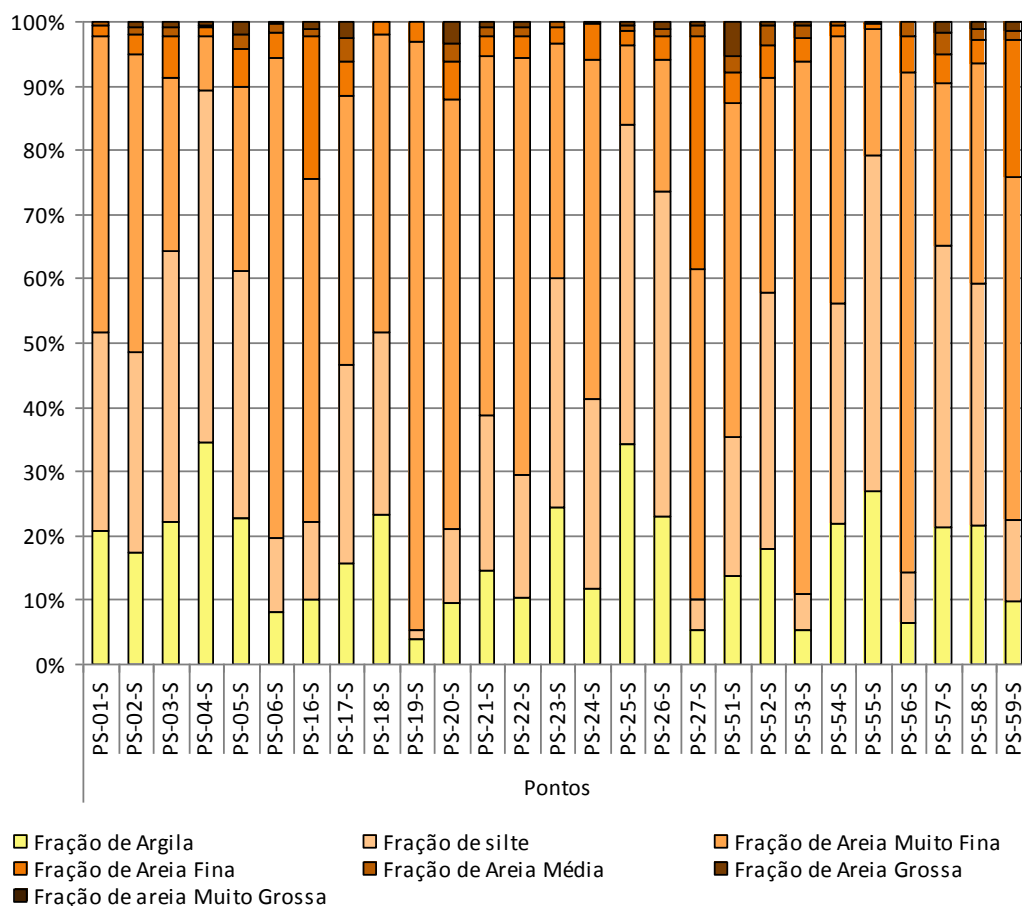


Figura 3.1-1 Resultados da análise granulométrica para o sedimento do Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

C. Ensaio Ecotoxicológicos – ISA (Interface sedimento-água)

Análises ecotoxicológicas, com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, foram realizadas em 27 amostras de sedimento de superfície do Trecho 1 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus* na interface sedimento-água, da campanha III encontram-se no Anexo 9-7.

Foram medidos parâmetros físicos e químicos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade, amônia (NH_4^+ - mg/L) e amônia não ionizada (NH_3 - mg/L). Nas Tabelas 3.1-7 e 3.1-8 são apresentados os parâmetros físicos e químicos e os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, respectivamente, para a Campanha III. Na Figura 3.1-2 são apresentados as porcentagens de larvas normais, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das quatro réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.1-7. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, do sedimento coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
		T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
Controle	Inicial	25	7,3	7,68	33	n.a	n.a
	Final	25	7,1	7,19	33	n.a	n.a
Controle rede	Inicial	25	7,1	7,69	33	n.a	n.a
	Final	25	7,0	7,33	32	n.a	n.a
PSS-01	Inicial	25	7,1	7,47	32	n.d	n.d
	Final	25	6,9	7,90	32	n.a	n.a
PSS-02	Inicial	25	7,4	7,54	30	1,68	0,03
	Final	25	7,0	7,89	32	n.a	n.a
PSS-03	Inicial	25	7,1	7,59	30	1,68	0,03
	Final	25	6,9	7,84	32	n.a	n.a
PSS-04	Inicial	25	7,1	7,62	31	2,59	0,05
	Final	25	6,8	7,76	32	n.a	n.a
PSS-05	Inicial	25	7,1	7,63	32	0,91	0,02
	Final	25	6,8	7,76	31	n.a	n.a
PSS-06	Inicial	25	6,8	7,64	30	0,28	0,006
	Final	25	6,8	7,76	32	n.a	n.a
PSS-16	Inicial	25	7,0	7,63	31	0,63	0,012
	Final	25	6,8	7,74	31	n.a	n.a
PSS-17	Inicial	25	6,9	7,63	30	1,12	0,02
	Final	25	6,8	7,74	31	n.a	n.a
PSS-18	Inicial	25	6,6	7,62	32	1,82	0,04
	Final	25	6,8	7,69	32	n.a	n.a
PSS-19	Inicial	25	7,8	7,74	34	0,42	0,01
	Final	25	6,6	7,39	35	n.a	n.a
PSS-20	Inicial	25	7,3	7,69	30	1,47	0,03
	Final	25	6,1	7,58	34	n.a	n.a
PSS-21	Inicial	25	7,2	7,69	33	2,52	0,06
	Final	25	7,2	7,63	37	n.a	n.a
PSS-22	Inicial	25	7,2	8,04	33	1,26	0,06
	Final	25	7,0	7,64	34	n.a	n.a
PSS-23	Inicial	25	7,2	8,04	33	2,10	0,07
	Final	25	7,0	7,64	34	n.a	n.a
PSS-24	Inicial	25	7,1	7,76	33	3,57	0,095
	Final	25	6,9	7,70	34	n.a	n.a
PSS-25	Inicial	25	7,1	7,70	34	2,87	0,065
	Final	25	6,9	7,74	34	n.a	n.a

Tabela 3.1-7. (Continuação) Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, do sedimento coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
		T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
Controle	Inicial	25	7,3	7,68	33	n.a	n.a
	Final	25	7,1	7,19	33	n.a	n.a
Controle rede	Inicial	25	7,1	7,69	33	n.a	n.a
	Final	25	7,0	7,33	32	n.a	n.a
PSS-26	Inicial	25	7,0	7,56	34	1,12	0,02
	Final	25	6,9	7,76	34	n.a	n.a
PSS-27	Inicial	25	7,0	7,68	34	1,54	0,03
	Final	25	6,8	7,81	34	n.a	n.a
PSS-51	Inicial	25	7,3	7,67	34	0,70	0,01
	Final	25	6,8	7,98	33	n.a	n.a
PSS-52	Inicial	25	7,3	7,69	33	2,10	0,05
	Final	25	6,8	7,79	33	n.a	n.a
PSS-53	Inicial	25	7,3	7,69	34	0,91	0,02
	Final	25	6,8	7,80	34	n.a	n.a
PSS-54	Inicial	25	7,3	7,65	32	1,12	0,02
	Final	25	6,8	7,74	35	n.a	n.a
PSS-55	Inicial	25	7,3	7,65	34	1,82	0,04
	Final	25	6,8	7,72	35	n.a	n.a
PSS-56	Inicial	25	7,2	7,66	34	3,92	0,08
	Final	25	6,8	7,69	35	n.a	n.a
PSS-57	Inicial	25	7,3	7,67	34	3,85	0,082
	Final	25	6,9	7,73	34	n.a	n.a
PSS-58	Inicial	25	6,8	7,61	34	2,73	0,05
	Final	25	6,9	7,74	34	n.a	n.a
PSS-59	Inicial	25	6,9	7,65	34	0,98	0,02
	Final	25	5,8	7,80	34	n.a	n.a

Legenda: Valor Acima do limite (0,05 mg/L) para *Lytechinus variegatus*

n.a: não analisado

n.d: não detectado

Tabela 3.1-8. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as amostras de sedimento, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
	R1	R2	R3	R4				
Controle	89	91	86	89	355/400	88,75	2,06	-
Controle de rede	86	84	87	91	348/400	87,00	2,94	-
PSS-01	7	9	10	5	31/400	7,75	2,22	Tóxico
PSS-02	6	4	5	2	17/400	4,25	1,71	Tóxico
PSS-03	26	38	36	14	114/400	28,50	11,00	Tóxico
PSS-04	2	3	0	1	06/400	1,50	1,29	Tóxico
PSS-05	13	37	12	21	83/400	20,75	11,56	Tóxico
PSS-06	77	58	60	59	254/400	63,50	9,04	Tóxico
PSS-16	10	21	14	15	60/400	15,00	4,55	Tóxico
PSS-17	11	9	8	12	40/400	10,00	1,83	Tóxico
PSS-18	3	4	0	9	16/400	4,00	3,74	Tóxico
PSS-19	21	34	35	16	106/400	26,50	9,47	Tóxico
PSS-20	9	5	5	6	25/400	6,25	1,89	Tóxico
PSS-21	0	4	4	0	8/400	2,00	2,31	Tóxico
PSS-22	5	1	8	0	14/400	3,50	3,70	Tóxico
PSS-23	5	4	4	6	19/400	4,75	0,96	Tóxico
PSS-24	12	1	32	2	47/400	11,75	14,38	Tóxico
PSS-25	30	21	8	15	74/400	18,50	9,33	Tóxico
PSS-26	29	22	14	22	87/400	21,75	6,13	Tóxico
PSS-27	25	30	56	68	179/400	44,75	20,61	Tóxico
PSS-51	10	44	25	16	95/400	23,75	14,84	Tóxico
PSS-52	13	31	2	7	53/400	13,25	12,66	Tóxico
PSS-53	41	74	52	46	213/400	53,25	14,55	Tóxico
PSS-54	6	26	15	6	53/400	13,25	9,50	Tóxico
PSS-55	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
PSS-56	26	53	54	39	172/400	43,00	13,24	Tóxico
PSS-57	1	1	0	0	2/400	0,50	0,58	Tóxico
PSS-58	22	43	20	19	104/400	26,00	11,40	Tóxico
PSS-59	74	69	70	81	294/400	73,50	5,45	Tóxico

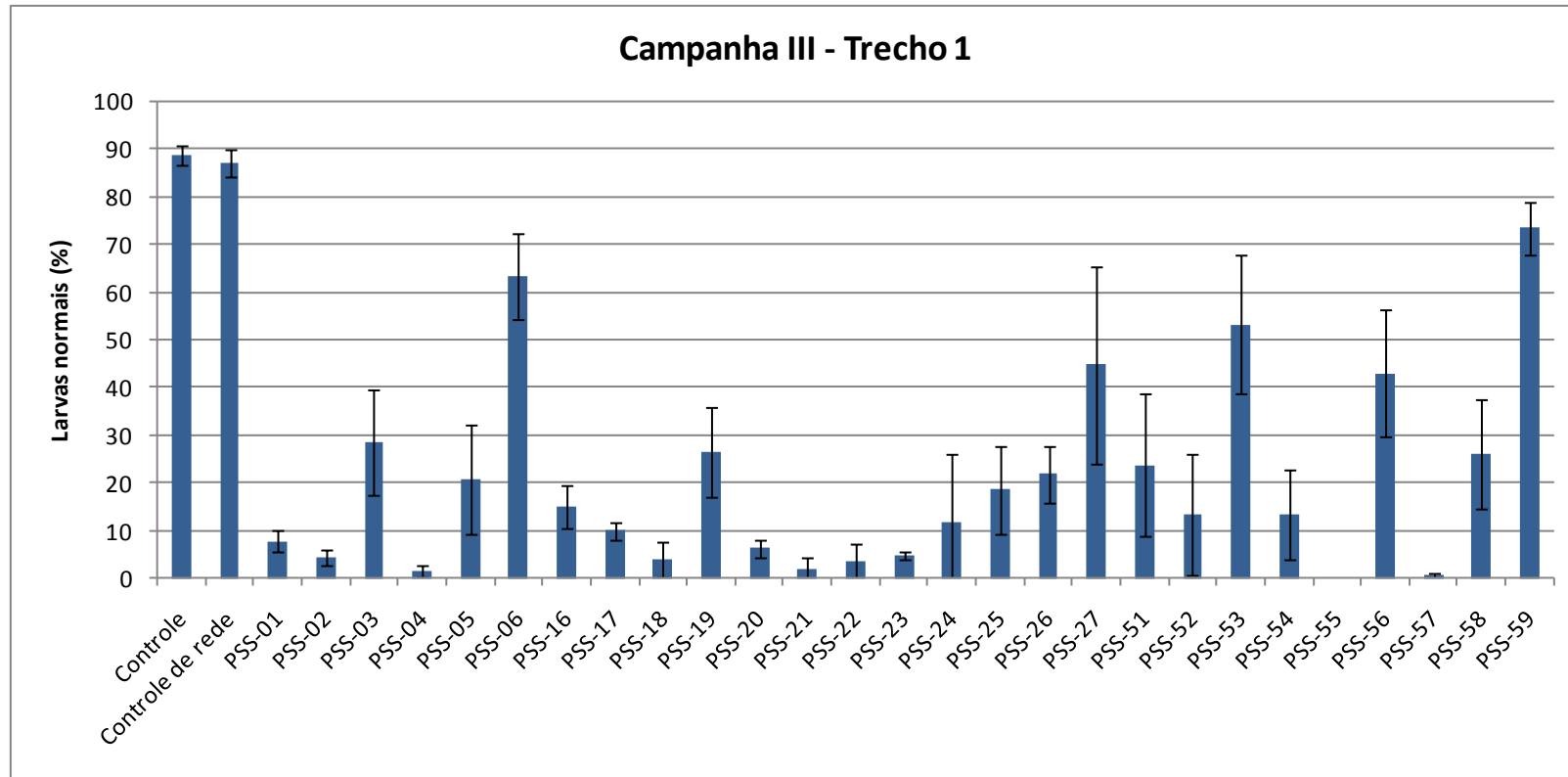


Figura 3.1-2. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para cada amostra, coletada no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que todas as amostras da Campanha III apresentaram toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PSS-04, PSS-21, PSS-22, PSS-23, PSS-24, PSS-25, PSS-52, PSS-56, PSS-57 e PSS-58 apresentaram concentrações acima do limite e o restante das amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ($ZnSO_4$). A concentração letal mediana (CL_{50} ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,06 – 0,22 mg/L $ZnSO_4$) conforme carta controle.

D. Ensaio Ecotoxicológicos - Sedimento Total

Análises ecotoxicológicas, com o anfípoda *Leptocheirus plumulosus*, foram realizadas em 27 amostras de sedimento de superfície do Trecho 1 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus* no sedimento total, da campanha III encontram-se no Anexo 9-8.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e no fim do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 3.1-9. Já as análises de pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura ($^{\circ}C$), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH_3 - mg/L), realizadas na água intersticial do sedimento no início e no fim do teste, estão apresentados na Tabela 3.1-10.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para este controle também se encontram nas tabelas a seguir.

A Tabela 3.1-11 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de superfície da Campanha III. Os valores obtidos estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados

(ABNT, 2008). Na Figura 3.1-3 são apresentados as mortalidades, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das três réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.1-9. Parâmetros físico-químicos medidos na água de interface sedimento-água, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, das amostras de sedimento coletadas no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,75	7,80	20	21	6,10	6,39
PSS-01	8,03	8,27	23	24	5,50	6,31
PSS-02	8,05	8,21	22	24	5,60	6,35
PSS-03	7,90	8,07	21	23	6,14	6,34
PSS-04	8,01	8,22	22	24	4,75	6,24
PSS-05	7,81	8,13	22	23	5,25	6,26
Controle	7,91	7,80	20	21	5,89	6,43
PSS-06	7,84	7,91	22	22	5,11	6,17
PSS-16	7,82	7,96	21	23	5,64	5,65
PSS-17	7,73	8,07	22	23	5,16	5,96
PSS-18	7,86	8,08	22	23	5,71	5,77
PSS-19	7,85	8,03	22	24	5,81	5,70
PSS-20	7,75	8,03	22	24	5,13	6,06
PSS-21	7,75	8,37	22	22	5,25	6,23
PSS-22	7,68	8,26	22	22	4,49	6,18
PSS-23	7,76	8,24	21	24	5,55	6,08
PSS-24	7,70	8,23	21	23	5,08	5,60
PSS-25	7,73	8,21	21	24	4,56	6,05
PSS-26	7,84	8,07	20	24	5,71	6,07
PSS-27	7,91	8,03	20	24	5,96	5,48
PSS-51	7,83	7,97	20	24	5,76	5,87
PSS-52	7,68	8,04	22	23	4,90	5,67
PSS-53	7,79	8,05	21	23	5,41	5,90
PSS-54	7,78	8,16	21	23	5,24	6,25
PSS-55	7,90	8,15	22	24	4,67	5,93
PSS-56	7,87	8,16	21	24	5,98	5,99
PSS-57	7,88	8,21	21	24	4,82	6,01
PSS-58	7,84	8,21	21	24	5,62	6,20
PSS-59	7,93	8,13	21	24	6,16	6,36

Tabela 3.1-10. Parâmetros físico-químicos medidos na água intersticial do sedimento, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

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	7,76	7,90	25	24	5,94	6,64	24,2	25,6	1,50	-	0,038	-
PSS-01	7,36	7,45	36	26	4,41	5,47	24,2	25,6	26,00	-	0,257	-
PSS-02	7,41	7,69	36	26	4,25	5,91	24,2	25,6	24,00	-	0,266	-
PSS-03	7,23	7,72	35	25	4,59	5,86	24,2	25,6	13,00	-	0,095	-
PSS-04	7,41	7,48	35	25	3,51	5,73	24,2	25,6	31,00	-	0,343	-
PSS-05	7,40	7,53	35	25	3,72	5,56	24,2	25,6	14,00	-	0,152	-
Controle	7,91	7,81	25	23	6,44	5,41	25,8	25,6	4,00	-	0,160	-
PSS-06	7,90	7,83	26	22	6,25	5,53	25,8	25,6	8,50	-	0,333	-
PSS-16	7,87	7,86	40	23	5,91	5,33	25,8	25,6	10,00	-	0,351	-
PSS-17	7,46	7,64	38	25	5,63	4,70	25,8	25,6	14,00	-	0,195	-
PSS-18	7,48	7,67	40	25	5,46	4,95	25,8	25,6	20,00	-	0,292	-
PSS-19	7,49	7,88	37	23	6,21	5,64	25,8	25,6	5,50	-	0,082	-
PSS-20	7,70	7,63	40	24	5,38	5,15	25,8	25,6	10,00	-	0,240	-
PSS-21	7,62	7,70	34	25	5,48	4,96	25,8	25,6	25,00	-	0,501	-
PSS-22	7,71	7,83	35	24	5,72	4,95	25,8	25,6	13,50	-	0,332	-

Tabela 3.1-10 (Continuação). Parâmetros físico-químicos medidos na água intersticial do sedimento, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

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	7,91	7,81	25	23	6,44	5,41	25,8	25,6	4,00	-	0,160	-
PSS-23	7,68	7,63	35	25	5,51	5,20	25,8	25,6	16,00	-	0,367	-
PSS-24	7,62	7,82	35	25	5,59	5,28	25,8	25,6	16,00	-	0,321	-
PSS-25	7,59	7,67	36	24	5,59	4,45	25,8	25,6	18,50	-	0,347	-
PSS-26	7,30	7,82	34	25	4,82	4,31	25,8	25,6	7,00	-	0,068	-
PSS-27	7,71	7,67	35	24	5,78	4,40	25,8	25,6	10,50	-	0,258	-
PSS-51	7,53	7,63	35	24	4,92	4,98	25,8	25,6	9,50	-	0,155	-
PSS-52	7,51	7,74	36	25	5,48	4,75	25,8	25,6	15,00	-	0,235	-
PSS-53	7,91	7,84	37	23	5,63	5,66	25,8	25,6	11,50	-	0,441	-
PSS-54	7,68	7,64	35	23	5,03	5,09	25,8	25,6	13,50	-	0,310	-
PSS-55	7,60	7,50	36	24	5,48	4,98	25,8	25,6	24,00	-	0,460	-
PSS-56	7,94	7,66	36	24	5,32	5,11	25,8	25,6	15,00	-	0,615	-
PSS-57	7,58	7,59	35	25	5,36	5,19	25,8	25,6	22,00	-	0,403	-
PSS-58	7,49	7,60	34	25	5,20	4,44	25,8	25,6	9,50	-	0,142	-
PSS-59	8,07	7,78	34	25	5,89	4,76	25,8	25,6	14,00	-	0,763	-

Tabela 3.1-11. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento de superfície, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	Réplica	N° de animais por réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total				
Controle	1	0	20	0	8	7,64	-
	2	2	20	10			
	3	3	20	15			
PSS-01	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-02	1	0	20	0	5	8,66	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	3	20	15			
PSS-03	1	0	20	0	5	5,00	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	1	20	5			
PSS-04	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-05	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	0	20	0			
Controle	1	0	20	0	7	7,64	-
	2	3	20	15			
	3	1	20	5			
PSS-06	1	1	20	5	17	10,41	Não Tóxico
	2	5	20	25			
	3	4	20	20			
PSS-16	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-17	1	1	20	5	18	12,58	Não Tóxico
	2	6	20	30			
	3	4	20	20			
PSS-18	1	10	20	50	32	17,56	Não Tóxico
	2	6	20	30			
	3	3	20	15			
PSS-19	1	1	20	5	12	7,64	Não Tóxico
	2	4	20	20			
	3	2	20	10			
PSS-20	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	2	20	10			
PSS-21	1	0	20	0	13	15,28	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	6	20	30			
PSS-22	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			

Tabela 3.1-11. (Continuação) Efeito tóxico observado no teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento de superfície, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

Amostra	Réplica	N° de animais por réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total				
Controle	1	0	20	0	7	7,64	-
	2	3	20	15			
	3	1	20	5			
PSS-23	1	0	20	0	13	18,93	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	7	20	35			
PSS-24	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-25	1	2	20	10	12	2,89	Não Tóxico
	2	3	20	15			
	3	2	20	10			
PSS-26	1	3	20	15	12	2,89	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	2	20	10			
PSS-27	1	4	20	20	8	10,41	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	0	20	0			
PSS-51	1	0	20	0	5	8,66	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	3	20	15			
PSS-52	1	3	20	15	8	7,64	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	0	20	0			
PSS-53	1	1	20	5	7	7,64	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	3	20	15			
PSS-54	1	5	20	25	23	22,55	Não Tóxico
	2	9	20	45			
	3	0	20	0			
PSS-55	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-56	1	0	20	0	12	10,41	Não Tóxico
	2	4	20	20			
	3	3	20	15			
PSS-57	1	0	20	0	5	8,66	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	3	20	15			
PSS-58	1	2	20	10	12	8,66	Não Tóxico
	2	5	20	25			
	3	2	20	10			
PSS-59	1	2	20	10	8	2,89	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	2	20	10			

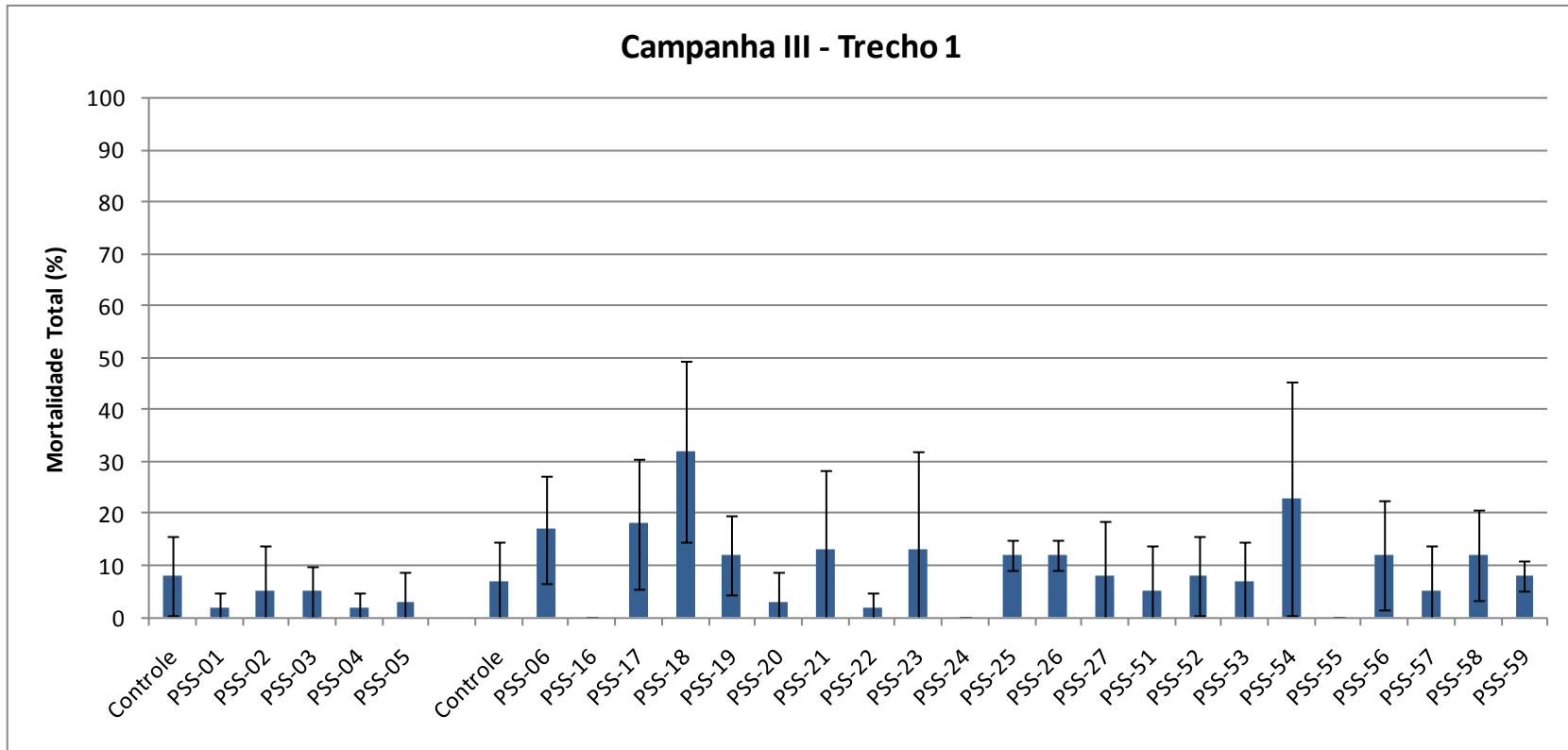


Figura 2.3-3. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para cada amostra de sedimento, coletado no Trecho 01 (Campanha III – Abril/2011).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento de superfície da Campanha III não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para essa espécie (USEPA, 2001).

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO₄). A concentração letal mediana (CL₅₀; 96h) e respectivo intervalo de confiança (I.C.) para as amostras PSS-01, PSS-02, PSS-03, PSS-04 e PSS-05 foram: 1,29 mg Zn/L (I.C.: 1,09 a 1,54 mg Zn/L) e para as demais amostras foram: 0,79 mg Zn/L (I.C.: 0,59 a 1,05 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indica uma CL₅₀; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2.desvio padrão) de 0,06 a 1,38 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

- Considerações sobre a interferência do Ácido Sulfídrico (H₂S) no ensaio ecotoxicológico no elutriato.

Buscando um maior entendimento do motivo pelo qual foi observado efeito tóxico nos ensaios ecotoxicológicos no elutriato, decidiu-se avaliar se o sulfeto, ou mais especificamente, o ácido sulfídrico, estava interferindo nesses ensaios. Essa ação foi tomada, pois os dados não estavam claros, nem mostravam relação direta de causa e efeito com os compostos analisados.

Desta forma, foram realizadas análises dos sulfetos total nas 27 amostras da Campanha III, Trecho 1 do canal do Porto de Santos, (Anexo 9-9) e a partir desse resultado foi calculado o ácido sulfídrico, baseado na equação presente em ASCE, 1989.

Os dados do sulfeto total e do ácido sulfídrico estão apresentados na Tabela 3.1-12. O limite de sulfeto total para ouriço-do-mar é de 0,1 mg/L e o limite para

H₂S é de 0,007 mg/L (Bay *et al.*, 1993; Knezovich *et al.*, 1996; Anderson *et al.*, 1998; Wang & Chapman, 1999). Os resultados mostraram que todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

Tabela 3.1-12. Concentração de sulfetos total e ácido sulfídrico (H₂S) nas 27 amostras da Campanha III – Trecho 1 do canal do Porto de Santos.

Amostra	Sulfetos Total (mg/L)	H ₂ S (mg/L)
PSS-05	0,007	0,001
PSS-06	n.d	n.d
PSS-27	0,019	0,003
PSS-59	n.d	n.d
PSS-26	0,014	0,003
PSS-03	n.d	n.d
PSS-25	0,011	0,002
PSS-04	0,008	0,002
PSS-57	n.d	n.d
PSS-58	n.d	n.d
PSS-24	0,006	0,001
PSS-56	0,008	0,001
PSS-23	0,004	0
PSS-55	0,004	0,001
PSS-54	0,014	0,003
PSS-22	n.d	n.d
PSS-02	0,012	0,003
PSS-01	n.d	n.d
PSS-21	0,006	0,001
PSS-20	0,012	0,002
PSS-19	0,011	0,002
PSS-53	0,006	0,002
PSS-52	n.d	n.d
PSS-18	0,005	0,001
PSS-51	0,011	0,002
PSS-17	0,009	0,002
PSS-16	n.d	n.d

n.d: não detectado

3.2. Trecho 02 – Campanha I

A campanha foi realizada nos dias 18 e 19 de janeiro de 2011, nos limites do Trecho 2 de dragagem. Foram amostrados 14 pontos (mesmos pontos de coleta utilizados no EIA (FRF, 2008) da dragagem de aprofundamento) seguindo as coordenadas apresentadas na Tabela 2.1-1.

No dia 23 de março de 2011, foi realizada coleta em 3 pontos amostrais (PS-08-S, PS-62-S e PS-63-S), para confirmação dos resultados analíticos obtidos para o parâmetro mercúrio total. As amostras foram enviadas para os laboratórios:

- LAQIMAR do Instituto Oceanográfico da USP;
- Bioagri e;
- Analytical Technology.

O Anexo 9-3 apresenta a localização dos pontos amostrais (coleta e recoleta) e o Anexo 9-4 apresenta o dossiê fotográfico (coleta e recoleta).

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas análises físico-químicas, químicas, granulométrica e ecotoxicológica dos sedimentos coletados no Trecho 2.

A. Análise físico-química *in situ*

A Tabela 3.2-1 apresenta os resultados das medições físico-químicas realizadas *in situ* nas amostras de sedimento coletadas no Trecho 02 (dados da coleta e da recoleta realizada neste trecho), além da data, profundidade de coleta e condição ambiental no momento da coleta. Os valores de pH variaram entre 6,5 e 7,2, enquanto que os valores de E_H variaram entre -217 e -63 mV, a temperatura média foi de 25,8°C. O Anexo 9-5 apresenta os laudos físico-químicos referentes a análise das amostras da coleta e recoleta.

Tabela 3.2-1. Resultados das medições de parâmetros físico-químicos *in situ* das amostras de sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Parâmetro	PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S	PS-29-S
Profundidade	13,6	15,2	0,7	15,7	13,8	14,8
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	19/1/2011	19/1/2011	18/1/2011	18/1/2011	19/1/2011	19/1/2011
pH (unidade)	6,8	6,8	7,2	6,8	7,0	6,8
Eh (mV)	-167	-166	-158	-160	-217	-147
Temperatura (°C)	25,1	25,3	26,8	26,6	25,4	25,2
Parâmetro	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S	PS-60-S	PS-61-S
Profundidade	16	15,4	16	15,4	15,6	15,6
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	18/1/2011	18/1/2011	18/1/2011	18/1/2011	19/1/2011	18/1/2010
pH (unidade)	6,8	6,7	6,5	6,7	6,9	7,1
Eh (mV)	-154	-160	-109	-155	-63	-150
Temperatura (°C)	26,7	26,6	26,1	26,0	25,2	26,6
Parâmetro	PS-62-S	PS-63-S	PS-08-S*	PS-62-S*	PS-63-S*	
Profundidade	15,5	15,3	14,8	15,4	15,8	
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	Sem chuvas	
Data	18/1/2011	18/1/2011	23/3/2011	23/3/2011	23/3/2011	
pH (unidade)	6,8	6,9	6,9	7,0	6,9	
Eh (mV)	-108	-169	-183	-200	-209	
Temperatura (°C)	26,9	26,5	25,1	24,9	24,8	

* Dados da recoleta

B. Análises químicas e granulométrica

Metais e semi-metais

Os resultados analíticos determinados para metais e semi-metais nas amostras de sedimento do Trecho 2 são apresentados na Tabela 3.2-2. O Anexo 9-6 apresenta os laudos analíticos, referentes a análise das amostras da coleta e recoleta. Quanto aos metais e semi-metais, foram quantificados chumbo, cromo, cobre, níquel e zinco em todas as amostras, entretanto, em concentrações abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 344/04.

Foi quantificado mercúrio acima de nível 1 da Resolução Conama 344/04 nas amostras coletadas nos pontos PS-08-S, PS-62-S e PS-63-S. Para verificação dos resultados obtidos, foram recoletadas novas amostras nos três pontos acima referidos em 23 de março de 2011. As amostras de cada ponto

amostral foram homogeneizadas, separadas em três alíquotas e encaminhadas aos seguintes laboratórios: *Analytical Technology* (AT), o qual foi responsável pelas análises da coleta realizada em janeiro de 2011, Bioagri e LAQIMAR do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP).

Como pode ser observado na Tabela 3.2-2, após a coleta, mercúrio foi quantificado acima de nível 1 somente na amostra PS-08-S, pelo laboratório Bioagri. Observa-se que houve uma concordância dos resultados do ponto PS-62-S entre as análises realizadas pela AT e pelo IO-USP e do ponto PS-63-S entre as análises da Bioagri e AT, apresentando uma diferença percentual relativa (DPR) inferior a 30%, considerada como aceitável pela USEPA (2001).

De acordo com a USEPA (2001) diferenças entre os resultados de amostras de sedimento são encontradas devido a variações tanto no ambiente amostral (ou seja, mostra a heterogeneidade da qualidade do sedimento em uma área de estudo) como nas análises químicas (diferentes procedimentos e metodologias empregados). Uma vez que as fontes de variabilidade entre resultados de réplicas de sedimentos são inúmeras, DPR de até 50% têm sido aceitas pela USEPA em estudos envolvendo análises de sedimentos.

A quantificação do mercúrio, nas amostras referentes à coleta, foi confirmada por pelo menos um dos laboratórios corroborando os resultados encontrados nas amostras da coleta realizada em janeiro de 2011, sendo estes os resultados considerados por este programa.

Tabela 3.2-2. Resultados de metais e semi-metais (mg/Kg) para o sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em mg/kg							
Arsênio	8,2	70	< 0,830	< 0,959	< 0,580	< 0,775	< 1,33
Cádmio	1,2	9,6	< 0,553	< 0,639	< 0,386	< 0,517	< 0,883
Chumbo	46,7	218	14,4	14,7	6,61	9,26	24,3
Cromo	81	370	22,1	22	9	15,1	38,4
Cobre	34	270	9,23	7,12	4,84	4,34	12
Níquel	20,9	51,6	7,98	7,99	3,3	5,56	14,1
Zinco	150	410	52,7	47,2	28,6	33	82,4
Merúrio	0,15	0,71	< 0,0664	0,248	0,0549	< 0,0620	0,112
Merúrio* (IO-USP)			--	0,104	--	--	--
Merúrio* (Bioagri)			--	0,29	--	--	--
Merúrio* (AT)			--	<0,0754	--	--	--
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em mg/kg							
Arsênio	8,2	70	< 0,767	< 0,791	< 0,679	< 0,619	< 0,817
Cádmio	1,2	9,6	< 0,511	< 0,527	< 0,453	< 0,413	< 0,545
Chumbo	46,7	218	10,3	11,3	6,87	7,1	11,2
Cromo	81	370	18,7	21,3	12,7	30,6	14
Cobre	34	270	3,31	4,58	1,17	2,05	6,18
Níquel	20,9	51,6	6,59	7,65	4,86	10,4	5,42
Zinco	150	410	35,1	42,8	26,1	62,2	36,7
Merúrio	0,15	0,71	< 0,0613	< 0,0633	< 0,0543	< 0,0495	0,105
Merúrio* (IO-USP)			--	--	--	--	--
Merúrio* (Bioagri)			--	--	--	--	--
Merúrio* (AT)			--	--	--	--	--
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em mg/kg							
Arsênio	8,2	70	< 0,609	< 0,667	< 0,666	< 0,810	
Cádmio	1,2	9,6	< 0,406	< 0,445	< 0,444	< 0,540	
Chumbo	46,7	218	4,52	7,34	7,63	10,2	
Cromo	81	370	11	13,3	11,7	13,9	
Cobre	34	270	1,76	2,6	2,79	4,91	
Níquel	20,9	51,6	4,01	4,69	4,11	5,09	
Zinco	150	410	24,3	27,6	25,8	31,8	
Merúrio	0,15	0,71	< 0,0487	< 0,0534	0,162	0,212	
Merúrio* (IO-USP)			--	--	0,123	0,091	
Merúrio* (Bioagri)			--	--	<0,045	<0,049	
Merúrio* (AT)			--	--	0,0926	<0,0664	

Bifenilas Policloradas (PCB)

A Tabela 3.2-3 apresenta os resultados analíticos determinados para os PCB nas amostras coletadas no Trecho 2. Todas as amostras coletadas apresentaram concentrações de PCB (somatória dos sete congêneres) inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 3.2-3. Resultados de PCB ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 02 (Campanha I).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em							
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
2,4,4-tridorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,24,5,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
PCBs total	22,7	180	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em							
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
2,4,4-tridorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,24,5,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
PCBs total	22,7	180	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Metais e semi-metais em							
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
2,4,4-tridorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,24,5,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
PCBs total	22,7	180	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e Pesticidas organoclorados (POC)

As Tabelas 3.2-4 e 3.2-5 apresentam os resultados analíticos determinados para os HPA e POC nas amostras do Trecho 2. Todos os compostos analisados para HPA e POC encontram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 3.2-4. Resultados de HPA para o sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em µg/kg							
Acenaftileno	44	640	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Acenafteno	16	500	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Antraceno	85,3	1100	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Criseno	108	846	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 2,21	< 2,56	< 4,64	< 6,20	< 3,53
Fluoranteno	600	5100	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Fluoreno	19	540	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Naftaleno	160	2100	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Fenantreno	240	1500	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Pireno	665	2600	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
2-metilnaftaleno	70	670	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Somatória de PAH	3000	-	< 6,64	< 7,67	< 4,64	< 6,20	< 10,60
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em µg/kg							
Acenaftileno	44	640	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Acenafteno	16	500	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Antraceno	85,3	1100	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Criseno	108	846	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 6,13	< 2,11	< 5,43	< 4,95	< 2,18
Fluoranteno	600	5100	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Fluoreno	19	540	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Naftaleno	160	2100	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Fenantreno	240	1500	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Pireno	665	2600	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
2-metilnaftaleno	70	670	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Somatória de PAH	3000	-	< 6,13	< 6,33	< 5,43	< 4,95	< 6,54
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
	Nível 1	Nível 2					
	Água Salina e Salobra						
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em µg/kg							
Acenaftileno	44	640	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Acenafteno	16	500	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Antraceno	85,3	1100	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Criseno	108	846	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 2,16	
Fluoranteno	600	5100	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Fluoreno	19	540	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Naftaleno	160	2100	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Fenantreno	240	1500	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Pireno	665	2600	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
2-metilnaftaleno	70	670	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	
Somatória de PAH	3000	-	< 4,87	< 5,34	< 5,33	< 6,48	

Tabela 3.2-5. Resultados de POC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
alfa-dordano	2,26	4,79	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
gama-dordano	2,26	4,79	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
DDD	1,22	7,81	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
DDE	2,07	374	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
DDT	1,19	4,77	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
Endrin	2,67	62,4	< 0,133	< 0,153	< 0,093	< 0,124	< 0,212
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
alfa-dordano	2,26	4,79	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
gama-dordano	2,26	4,79	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
DDD	1,22	7,81	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
DDE	2,07	374	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
DDT	1,19	4,77	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
Endrin	2,67	62,4	< 0,123	< 0,127	< 0,109	< 0,099	< 0,131
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
	Nível 1	Nível 2					
Água Salina e Salobra							
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$							
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
alfa-dordano	2,26	4,79	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
gama-dordano	2,26	4,79	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
DDD	1,22	7,81	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
DDE	2,07	374	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
DDT	1,19	4,77	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	
Endrin	2,67	62,4	< 0,097	< 0,107	< 0,107	< 0,130	

Via Clássica

A Tabela 3.2-6 apresenta os resultados analíticos dos parâmetros carbono orgânico total e nutrientes em comparação com a Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Todas as amostras de sedimentos coletadas no Trecho 02 apresentaram concentrações de carbono orgânico total (COT), fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total (NKT) inferiores aos valores de alerta estabelecidos na Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Tabela 3.2-6. Resultados de carbono orgânico total (%), NKT (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) para o sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico Total (%)	10*	2,14	3,21	1,22	1,93	4,56
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*	< 66,4	< 76,7	< 46,4	< 62,0	< 106,0
Fósforo Total	2000*	378,8	367,3	143,8	214,1	649,0
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico Total (%)	10*	2,05	2,64	1,84	2,17	1,88
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*	< 61,3	< 63,3	< 54,3	< 49,5	< 65,4
Fósforo Total	2000*	259,9	288,3	182,1	187,4	225,9
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
Via Clássica (VC)						
Carbono Orgânico Total (%)	10*	1,92	1,14	1,74	2,02	
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*	< 48,7	< 53,4	< 53,3	< 64,8	
Fósforo Total	2000*	138,3	182,6	166,5	247,7	

Análise granulométrica

As análises para caracterização física dos sedimentos, considerando as amostras obtidas, indicam que na maioria dos pontos amostrais ocorreu um predomínio de frações mais finas de sedimento, sendo areia muito fina dominante ao longo dos pontos amostrais, seguida de areia fina e silte (Figura 3.2-1).

Os resultados da atual caracterização física do sedimento são similares àqueles observados durante as amostragens realizadas em 2006 para a elaboração do EIA/RIMA para o aprofundamento do Canal de navegação do Porto de Santos (FRF, 2008), antes do início das atividades de dragagem de aprofundamento.

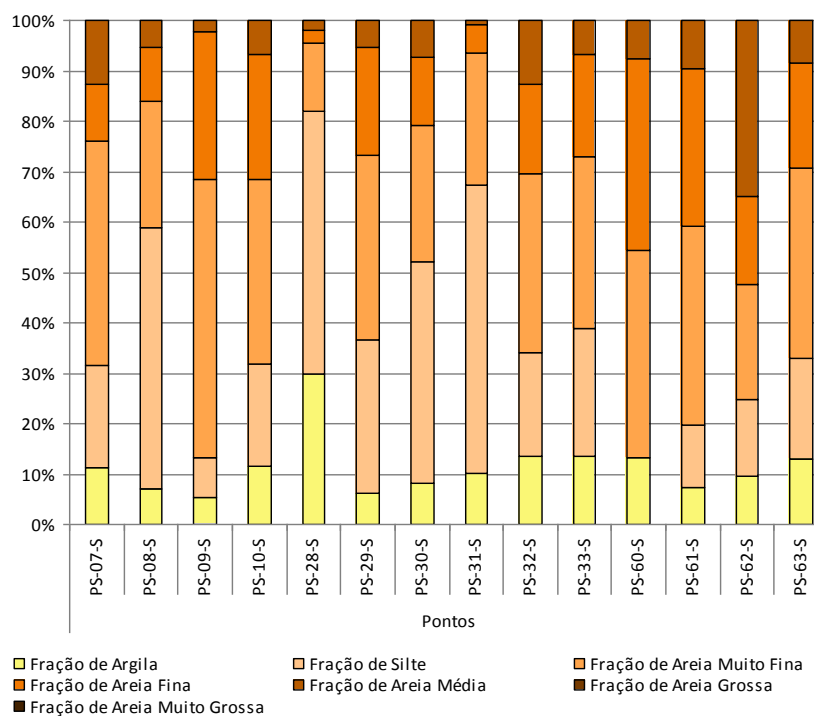


Figura 3.2-1. Resultados da análise granulométrica para o sedimento do Trecho 2 (Campanha I – Janeiro/11).

C. Ensaio Ecotoxicológicos – ISA (Interface sedimento-água)

Análises ecotoxicológicas, com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, foram realizadas em 14 amostras de sedimento de superfície do Trecho 2 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus* na interface sedimento-água, da Campanha I encontram-se no Anexo 9-7.

Foram medidos parâmetros físicos e químicos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade, amônia (NH₄⁺ - mg/L) e amônia não ionizada (NH₃ - mg/L). Nas Tabelas 3.2-7 e 3.2-8 são apresentados os parâmetros físicos e químicos e

os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, respectivamente, para a Campanha I. Na Figura 3.2-2 são apresentadas as porcentagens de larvas normais, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das quatro réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.2-7. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, das amostras de sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
		T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
Controle	Inicial	25	5,4	7,78	35	n.a	n.a
	Final	25	5,0	7,83	36	n.a	n.a
Controle rede	Inicial	25	4,6	7,64	34	n.a	n.a
	Final	25	3,2	7,31	32	n.a	n.a
PSS-07	Inicial	25	3,8	7,51	35	0,42	0,01
	Final	25	3,8	7,43	34	n.a	n.a
PSS-08	Inicial	25	4,9	7,41	35	2,45	0,029
	Final	25	4,3	7,56	34	n.a	n.a
PSS-09	Inicial	25	4,7	7,48	36	0,98	0,01
	Final	25	4,2	7,52	36	n.a	n.a
PSS-10	Inicial	25	5,0	7,50	35	0,56	0,01
	Final	25	3,8	7,53	34	n.a	n.a
PSS-28	Inicial	25	4,5	7,64	34	5,18	0,102
	Final	25	4,7	7,88	35	n.a	n.a
PSS-29	Inicial	25	4,5	7,60	34	1,82	0,03
	Final	25	4,6	7,88	35	n.a	n.a
PSS-30	Inicial	25	4,1	7,62	34	1,33	0,03
	Final	25	4,7	7,52	33	n.a	n.a
PSS-31	Inicial	25	4,7	7,55	32	4,97	0,08
	Final	25	4,6	7,82	34	n.a	n.a
PSS-32	Inicial	25	4,6	7,80	35	4,34	0,12
	Final	25	4,0	7,73	33	n.a	n.a
PSS-33	Inicial	25	4,3	7,43	34	1,68	0,02
	Final	25	4,6	7,75	35	n.a	n.a
PSS-60	Inicial	25	4,5	7,60	35	0,07	n.d
	Final	25	4,2	7,52	34	n.a	n.a
PSS-61	Inicial	25	4,1	7,88	35	0,28	0,01
	Final	25	3,5	7,61	35	n.a	n.a
PSS-62	Inicial	25	4,4	7,58	35	1,82	0,03
	Final	25	4,6	7,54	33	n.a	n.a
PSS-63	Inicial	25	4,6	7,6	34	2,45	0,04
	Final	25	4	7,6	33	n.a	n.a

Legenda: Valor Acima do limite (0,05 mg/L) para *Lytechinus variegatus*

n.a: não analisado

n.d: não detectado

Tabela 3.2-8. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as amostras de sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
	R1	R2	R3	R4				
Controle	91	87	89	92	359/400	89,75	2,22	-
Controle de rede	84	88	77	81	330/400	82,50	4,65	-
PSS-07	55	46	65	48	214/400	53,50	8,58	Tóxico
PSS-08	64	64	77	68	273/400	68,25	6,13	Tóxico
PSS-09	70	88	70	76	304/400	76,00	8,49	Não Tóxico
PSS-10	33	22	30	35	120/400	30,00	5,72	Tóxico
PSS-28	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
PSS-29	73	70	80	70	293/400	73,25	4,72	Tóxico
PSS-30	92	85	87	93	357/400	89,25	3,86	Não Tóxico
PSS-31	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
PSS-32	3	8	0	0	11/400	2,75	3,77	Tóxico
PSS-33	54	55	69	51	229/400	57,25	8,02	Tóxico
PSS-60	10	9	14	12	45/400	11,25	2,22	Tóxico
PSS-61	91	85	89	87	352/400	88,00	2,58	Não Tóxico
PSS-62	76	78	72	83	309/400	77,25	4,57	Não Tóxico
PSS-63	85	74	72	78	309/400	77,25	5,74	Não Tóxico

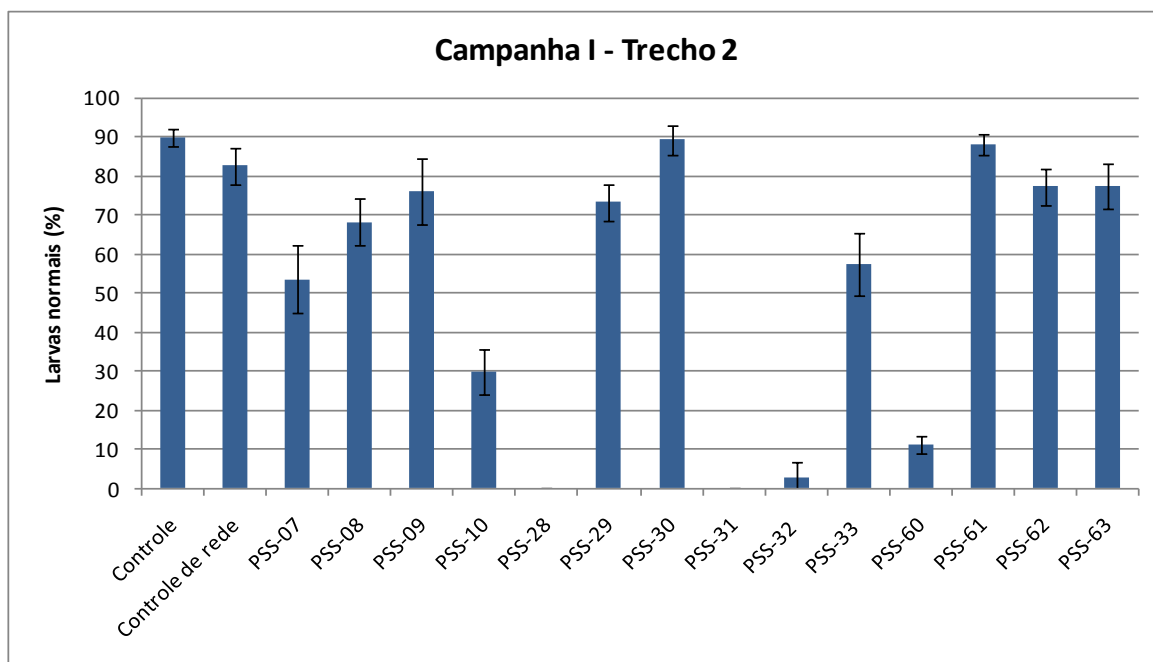


Figura 3.2-2. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para cada amostra de sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que 9 amostras (PSS-33, PSS-32, PSS-10, PSS-31, PSS-07, PSS-29, PSS-08, PSS-60 e PSS-28) apresentaram toxicidade e 5 amostras (PSS-09, PSS-63, PSS-62, PSS-30 E PSS-61) não apresentaram toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PSS-31, PSS-32 e PSS-28 apresentaram concentrações acima do limite e o restante das amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ($ZnSO_4$). A concentração letal mediana (CL_{50} ; 24h) obtido foi: 0,19 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,06 – 0,22 mg/L $ZnSO_4$) conforme carta controle.

D. Ensaio Ecotoxicológicos - Sedimento Total

Análises ecotoxicológicas, com o anfípoda *Leptocheirus plumulosus*, foram realizadas em 14 amostras de sedimento de superfície do Trecho 2 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus* no sedimento total, da campanha I encontram-se no Anexo 9-8.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e no fim do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 3.2-9. Já as análises de pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura ($^{\circ}C$), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH_3 - mg/L), realizadas na água intersticial do sedimento no início e no fim do teste, estão apresentados na Tabela 3.2-10.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para este controle também se encontram nas tabelas a seguir.

A Tabela 3.2-11 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de superfície da Campanha I, coletadas no Trecho 2. Os valores obtidos estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados (ABNT, 2008). Na Figura 3.2-3 são apresentados as mortalidades, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das três réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.2-9. Parâmetros físico-químicos medidos na água de interface sedimento-água, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, das amostras do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,92	7,98	21	21	6,28	6,10
PSS-09	7,88	8,35	20	21	6,33	5,95
PSS-10	7,85	8,10	20	22	6,37	5,87
PSS-31	7,82	7,96	21	22	6,22	5,46
PSS-32	7,87	7,95	20	21	6,37	5,67
PSS-33	7,85	8,08	20	21	6,33	5,79
PSS-63	7,83	8,09	20	21	6,34	5,72
Controle	8,01	8,02	20	22	6,04	5,85
PSS-07	8,01	8,25	21	22	5,72	5,80
PSS-08	8,67	8,03	20	23	5,69	5,66
PSS-28	8,56	8,2	21	23	5,38	5,48
PSS-29	7,98	8,03	22	23	5,76	5,68
PSS-30	8,04	8,12	22	24	5,75	5,72
PSS-60	8,67	8,06	21	22	5,82	5,77
PSS-61	7,97	8,03	21	22	5,83	5,78
PSS-62	8,04	8,01	21	23	5,92	5,54

Tabela 3.2-10. Parâmetros físico-químicos medidos na água intersticial do sedimento, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, coletado no Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

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	7,88	7,92	23	22	5,54	5,52	26,4	25,0	4,00	-	0,164	-
PSS-33	7,74	7,89	33	22	5,15	4,88	26,4	25,0	15,00	-	0,421	-
PSS-09	7,99	7,94	25	23	5,05	5,14	26,4	25,0	12,50	-	0,624	-
PSS-10	7,69	7,92	32	23	4,92	5,23	26,4	25,0	24,00	-	0,602	-
PSS-31	7,76	7,87	32	22	5,15	5,12	26,4	25,0	25,00	-	0,734	-
PSS-32	7,78	7,92	33	22	5,25	5,30	26,4	25,0	30,00	-	0,920	-
PSS-63	7,53	7,91	31	24	4,47	5,12	26,4	25,0	21,50	-	0,376	-
Controle	8,45	7,87	25	23	5,40	5,55	24,6	24,2	2,50	-	0,292	-
PSS-07	7,95	7,84	35	25	5,06	4,67	24,6	24,2	16,50	-	0,635	-
PSS-08	7,94	7,82	35	25	5,19	5,21	24,6	24,2	32,50	-	1,223	-
PSS-28	7,94	7,78	36	26	4,96	4,42	24,6	24,2	45,00	-	1,693	-
PSS-29	7,93	7,89	35	25	5,29	4,72	24,6	24,2	9,00	-	0,331	-
PSS-30	7,82	7,80	34	25	5,23	5,07	24,6	24,2	17,50	-	0,504	-
PSS-60	7,99	7,98	38	25	5,17	5,06	24,6	24,2	12,50	-	0,525	-
PSS-61	7,94	7,87	35	25	5,32	5,36	24,6	24,2	10,00	-	0,376	-
PSS-62	7,87	7,85	34	25	5,25	4,87	24,6	24,2	17,50	-	0,564	-

Legenda: **Valor** Acima do limite (0,8 mg/L) para *Leptocheirus plumulosus*

Tabela 3.2-11. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento de superfície do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Amostra	Réplica	N° de animais por réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total				
Controle	1	0	20	0	2	2,89	-
	2	0	20	0			
	3	1	20	5			
PSS-09	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-10	1	2	20	10	7	5,77	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	0	20	0			
PSS-31	1	3	20	15	15	10,00	Não Tóxico
	2	5	20	25			
	3	1	20	5			
PSS-32	1	0	20	0	5	5,00	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	2	20	10			
PSS-33	1	0	20	0	7	5,77	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	2	20	10			
PSS-63	1	1	20	5	7	2,89	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	2	20	10			

Tabela 3.2-11. (Continuação) Efeito tóxico observado no teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento de superfície do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

Amostra	Réplica	N° de animais por réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total				
Controle	1	2	20	10	10	10,00	-
	2	0	20	0			
	3	4	20	20			
PSS-07	1	0	20	0	7	7,64	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	3	20	15			
PSS-08	1	0	20	0	20	26,46	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	10	20	50			
PSS-28	1	2	20	10	10	0,00	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	2	20	10			
PSS-29	1	1	20	5	8	5,77	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	3	20	15			
PSS-30	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	0	20	0			
PSS-60	1	0	20	0	5	5,00	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	1	20	5			
PSS-61	1	1	20	5	8	10,41	Não Tóxico
	2	4	20	20			
	3	0	20	0			
PSS-62	1	10	20	50	37	12,58	Não Tóxico
	2	7	20	35			
	3	5	20	25			

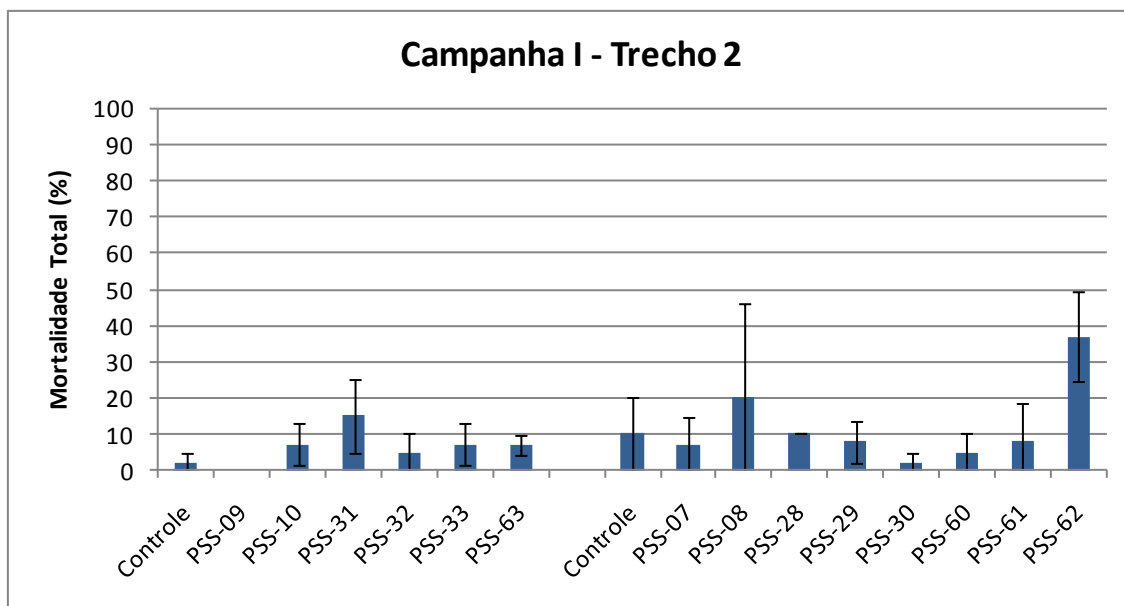


Figura 3.2-3. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para cada amostra de sedimento do Trecho 02 (Campanha I – Janeiro/11).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento de superfície da Campanha I não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores das amostras PSS-08, PSS-28 e PSS-32 estiveram acima do limite de 0,8 mg/L que, isoladamente, pode causar efeito tóxico para *Leptocheirus plumulosus* (USEPA, 2001), entretanto, tal efeito não foi observado.

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO₄). A concentração letal mediana (CL₅₀; 96h) e respectivo intervalo de confiança (I.C.) para as amostras PSS-33, PSS-32, PSS-09, PSS-63, PSS-10 e PSS-31 foram: 0,47 mg Zn/L e I.C.: 0,39 a 0,57 mg Zn/L, enquanto para as amostras PSS-62, PSS-30, PSS-61, PSS-07, PSS-29, PSS-08, PSS-60 e PSS-28 foram: 0,75 mg Zn/L e I.C.: 0,56 a 1,01 mg Zn/L. A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indica uma CL₅₀; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle

(média \pm 2 desvio padrão) de 0,06 a 1,38 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

3.3. Trecho 03 – Campanhas II

A campanha foi realizada no dia 10 de março de 2011, totalizando 11 pontos de amostragem e respeitando o período de 30 a 90 dias da finalização da dragagem neste trecho, que ocorreu no dia 29 de dezembro de 2010.

Também foi realizada coleta em 4 pontos amostrais para verificação dos resultados obtidos para o parâmetro mercúrio total. A coleta ocorreu no dia 27 de abril de 2011, nos pontos PS-13-S, PS-37-S, PS-38-S e PS-66-S. O Anexo 9-3 (coleta e recoleta) apresenta a localização dos pontos amostrais da coleta feita no Trecho 3 e Anexo 9-4 apresenta o dossiê fotográfico dos procedimentos de coleta de sedimento.

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas análises físico-químicas, químicas e granulométrica dos sedimentos. O Anexo 9-5 apresenta os laudos físico-químicos e o Anexo 9-6 os laudos analíticos, referentes a análise das amostras do Trecho 03.

A. Análise físico-química *in situ*

A Tabela 3.3-1 apresenta os resultados das medições físico-químicas realizadas *in situ* nas amostras de sedimento, referente a coleta e recoleta. Os valores de pH variaram entre 7,0 e 7,5, enquanto que os valores de E_H variaram entre -189 e -58 mV, a temperatura média foi de 25,2°C. As amostras referente a recoleta apresentaram pH igual 7, E_H entre -209 e -185 mV e temperatura média de 25°C.

Tabela 3.3-1. Resultados das medições de parâmetros físico-químicos *in situ* do sedimento do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

Parâmetro	PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S	PS-35-S	PS-36-S
Profundidade	15,7	16,4	15,9	15,2	15,5	14
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011
pH (unidade)	7,3	7,5	7,2	7,1	7,1	7,3
Eh (mV)	-162	-96	-185	-58	-181	-172
Temperatura (°C)	24,9	25,4	25,0	25,3	25,1	25,8
Parâmetro	PS-37-S	PS-38-S	PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	PS-13-S*
Profundidade	15,3	15	15,1	17,5	15,3	17,3
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas
Data	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	10/3/2011	27/4/2011
pH (unidade)	7,1	7,2	7,2	7,1	7,0	7,0
Eh (mV)	-189	-165	-162	-169	-166	-209
Temperatura (°C)	25,1	25,3	25,0	25,2	25,2	25,3
Parâmetro	PS-37-S*	PS-38-S*	PS-66-S*			
Profundidade	16,6	16,3	16,7			
Condições ambientais	Com chuvas	Com chuvas	Com chuvas			
Data	27/4/2011	27/4/2011	27/4/2011			
pH (unidade)	7	7	7			
Eh (mV)	-205	-189	-185			
Temperatura (°C)	25	25	25			

*Dados da coleta

B. Análises químicas e granulométrica

Metais e semi-metais

Os resultados analíticos determinados para metais e semi-metais nas amostras de sedimento coletadas no Trecho 03 são apresentados na Tabela 3.3-2.

Quanto aos metais e semi-metais, foram quantificados: cromo, chumbo, cobre, níquel e zinco em todas as amostras, entretanto, todas apresentaram concentrações abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 344/04.

Foi quantificado mercúrio acima de nível 1 da Resolução Conama 344/04 nos pontos PS-13-S, PS-37-S, PS-38-S e PS-66-S. Para verificação dos resultados obtidos, foram realizadas coletas nestes pontos amostrais em 27 de abril de 2011 e encaminhadas para análise no laboratório *Analytical Technology*

(AT), responsável pelas análises químicas de todas as amostras já realizadas neste programa de monitoramento.

Como pode ser observado na Tabela 3.3-2, os resultados de mercúrio obtidos nas amostras recoletadas foram similares aos reportados previamente para os pontos PS-37-S e PS-66-S. Por outro lado, os resultados das amostras recoletadas nos pontos PS-13-S e PS-38-S estiveram abaixo dos valores orientadores de nível 1 da Resolução Conama 344/04.

As diferenças observadas entre os resultados de mercúrio destes dois pontos é esperada, devido ao alto grau de heterogeneidade da matriz sedimento. Alguns estudos realizados pela USEPA (2001) apresentaram uma diferença percentual relativa entre duplicatas de até 50%, as quais foram justificadas pelas variações no ambiente amostral (heterogeneidade da qualidade do sedimento na área de estudo).

Tabela 3.3-2 Resultados de metais e semi-metais (mg/Kg) para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,616	<0,872	<1,39	<0,501
Cádmio total	1,2	9,6	<0,411	<0,581	<0,929	<0,334
Cromo Total	81	370	4,26	15,80	30,80	5,56
Chumbo total	46,7	218	2,97	10,30	20,70	3,84
Cobre Total	34	270	1,3	4,25	9,61	2,1
Níquel Total	20,9	51,6	1,58	6,72	13,10	2,08
Zinco Total	150	410	11,2	34,0	85,3	13,4
Mercúrio Total	0,15	0,71	0,0568	0,101	0,206	<0,0401
Mercúrio Total*	0,15	0,71	--	--	0,137	--
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,887	<0,775	<1,39	<0,912
Cádmio total	1,2	9,6	<0,591	<0,517	<0,929	<0,608
Cromo Total	81	370	9,06	23,30	33,70	25,80
Chumbo total	46,7	218	15,50	12,10	29,60	15,20
Cobre Total	34	270	9,1	4,4	19,3	7,9
Níquel Total	20,9	51,6	9,91	9,66	13,90	11,40
Zinco Total	150	410	64,7	37,6	94,1	70,0
Mercúrio Total	0,15	0,71	0,12	0,0815	0,258	0,213
Mercúrio Total*	0,15	0,71	--	--	0,176	<0,0785
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Metais e semi metais, em mg/Kg						
Arsênio Total	8,2	70	<0,632	<0,780	<1,01	
Cádmio total	1,2	9,6	<0,422	<0,520	<0,674	
Cromo Total	81	370	17,50	24,60	27,50	
Chumbo total	46,7	218	10,30	11,90	12,90	
Cobre Total	34	270	5,2	7,6	4,5	
Níquel Total	20,9	51,6	6,94	9,26	11,10	
Zinco Total	150	410	38,5	43,5	57,0	
Mercúrio Total	0,15	0,71	0,06	0,0952	0,187	
Mercúrio Total*	0,15	0,71	--	--	0,203	

*Recoleta 27/04/2011

Bifenilas Policloradas (PCB)

A Tabela 3.3-3 apresenta os resultados alcançados de PCB totais nas amostras coletadas no Trecho 03. Todas as amostras coletadas apresentaram concentrações de PCB (somatória dos sete congêneres marcadores) inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado (segundo método de análise dos resultados USEPA 8082).

Tabela 3.3-3. Resultados de PCB ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Bifenilas Policloradas (PCBs)						
2,4,4-tridrobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
PCB Total	22,7	180	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridrobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
PCB Total	22,7	180	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Bifenilas Policloradas (PCBs) em $\mu\text{g}/\text{Kg}$						
2,4,4-tridrobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,2,5,5-tetradorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,2,4,5,5-pentadorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,3,4,4,5-pentadorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil	-	-	<0,101	<0,125	<0,162	
PCB Total	22,7	180	<0,101	<0,125	<0,162	

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e Pesticidas organoclorados (POC)

As Tabelas 3.3-4 e 3.3-5 apresentam os resultados analíticos obtidos para compostos HPA e POC. Todas as amostras analisadas para os compostos HPA e POC apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados.

Tabela 3.3-4. Resultados de HPA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
Benzo(a)pireno	88,8	763	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<4,93	<2,33	<3,72	<4,01
Naftaleno	160	2100	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Acenaftileno	44	640	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Acenafteno	16	500	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Fluoreno	19	540	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Fenantreno	240	1500	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Antraceno	85,3	1100	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Fluoranteno	600	5100	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Pireno	665	2600	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
2-metilnaftaleno	70	670	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
HPA (somatória)	3000	-	<4,93	<6,98	<11,15	<4,01
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
Criseno	108	846	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Benzo(a)pireno	88,8	763	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<2,36	<6,20	<3,72	<2,43
Naftaleno	160	2100	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Acenaftileno	44	640	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Acenafteno	16	500	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Fluoreno	19	540	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Fenantreno	240	1500	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Antraceno	85,3	1100	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Fluoranteno	600	5100	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Pireno	665	2600	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
2-metilnaftaleno	70	670	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
HPA (somatória)	3000	-	<7,09	<6,20	<11,15	<7,30
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
	Nível 1	Nível 2				
	Água Salina e Salobra					
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
Criseno	108	846	<5,06	<6,24	<8,09	
Benzo(a)pireno	88,8	763	<5,06	<6,24	<8,09	
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<5,06	<2,08	<2,70	
Naftaleno	160	2100	<5,06	<6,24	<8,09	
Acenaftileno	44	640	<5,06	<6,24	<8,09	
Acenafteno	16	500	<5,06	<6,24	<8,09	
Fluoreno	19	540	<5,06	<6,24	<8,09	
Fenantreno	240	1500	<5,06	<6,24	<8,09	
Antraceno	85,3	1100	<5,06	<6,24	<8,09	
Fluoranteno	600	5100	<5,06	<6,24	<8,09	
Pireno	665	2600	<5,06	<6,24	<8,09	
2-metilnaftaleno	70	670	<5,06	<6,24	<8,09	
HPA (somatória)	3000	-	<5,06	<6,24	<8,09	

Tabela 3.3-5. Resultados de POC ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
beta-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
delta-BHC	0,32	0,99	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
gama-dordano	2,26	4,79	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
DDD	1,22	7,81	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
DDE	2,07	374	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
DDT	1,19	4,77	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
Dieldrin	0,71	4,3	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
Endrin	2,67	62,4	<0,099	<0,140	<0,223	<0,08
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
beta-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
delta-BHC	0,32	0,99	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
gama-dordano	2,26	4,79	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
DDD	1,22	7,81	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
DDE	2,07	374	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
DDT	1,19	4,77	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
Dieldrin	0,71	4,3	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
Endrin	2,67	62,4	<0,142	<0,124	<0,223	<0,146
Parâmetros	CONAMA 344/04		PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
	Nível 1	Nível 2				
Água Salina e Salobra						
Pesticidas Organoclorados (POC) em $\mu\text{g}/\text{kg}$						
alfa-BHC	0,32	0,99	<0,101	<0,125	<0,162	
beta-BHC	0,32	0,99	<0,101	<0,125	<0,162	
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	<0,101	<0,125	<0,162	
delta-BHC	0,32	0,99	<0,101	<0,125	<0,162	
alfa-dordano	2,26	4,79	<0,101	<0,125	<0,162	
gama-dordano	2,26	4,79	<0,101	<0,125	<0,162	
DDD	1,22	7,81	<0,101	<0,125	<0,162	
DDE	2,07	374	<0,101	<0,125	<0,162	
DDT	1,19	4,77	<0,101	<0,125	<0,162	
Dieldrin	0,71	4,3	<0,101	<0,125	<0,162	
Endrin	2,67	62,4	<0,101	<0,125	<0,162	

Via Clássica

A Tabela 3.3-6 apresenta os resultados analíticos dos parâmetros carbono orgânico total e nutrientes em comparação com a Resolução Conama 344/04.

Todas as amostras de sedimento coletadas apresentaram concentrações de fósforo total, nitrogênio Kjeldahl total (NKT) e carbono orgânico total (COT) inferiores aos valores de alerta estabelecidos na Resolução Conama 344/04.

Tabela 3.3-6. Resultados de carbono orgânico total (%), NKT (mg/kg) e fósforo total (mg/kg) para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S
Via Clássica (VC)					
Carbono Orgânico total (%)	10*	1,47	2,68	4,14	0,46
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	328,4	488,3	724,6	272,9
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	68,6	373,6	718	111,7
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S
Via Clássica (VC)					
Carbono Orgânico total (%)	10*	2,25	2,21	5,19	2,24
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	650,1	606,4	711,3	732,6
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	498,9	507,2	928,3	393,9
Parâmetros	CONAMA 344/04	PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
Via Clássica (VC)					
Carbono Orgânico total (%)	10*	1,45	1,88	3,13	
Nitrogênio Kjeldahl Total(mg/kg)	4800*	406,8	543,3	703,3	
Fósforo Total (mg/Kg)	2000*	375,2	656,4	466,8	

Análise granulométrica

As análises para caracterização física dos sedimentos, considerando as amostras obtidas no Trecho 03 (Campanha II – Março/11), indicam que na maioria dos pontos amostrais ocorreu um predomínio de frações mais finas de sedimento (argila, silte, areia muito fina e areia fina). A fração dominante ao longo dos pontos amostrais correspondeu à fração silte (Figura 3.3-1).

Os resultados da atual caracterização física do sedimento são similares àqueles observados durante as amostragens realizadas em 2006 para a elaboração do EIA/RIMA para o aprofundamento do Canal de navegação do Porto de Santos (FRF, 2008) para profundidades de até 2 metros no Trecho 3, considerando cota batimétrica anterior ao início das atividades de dragagem.

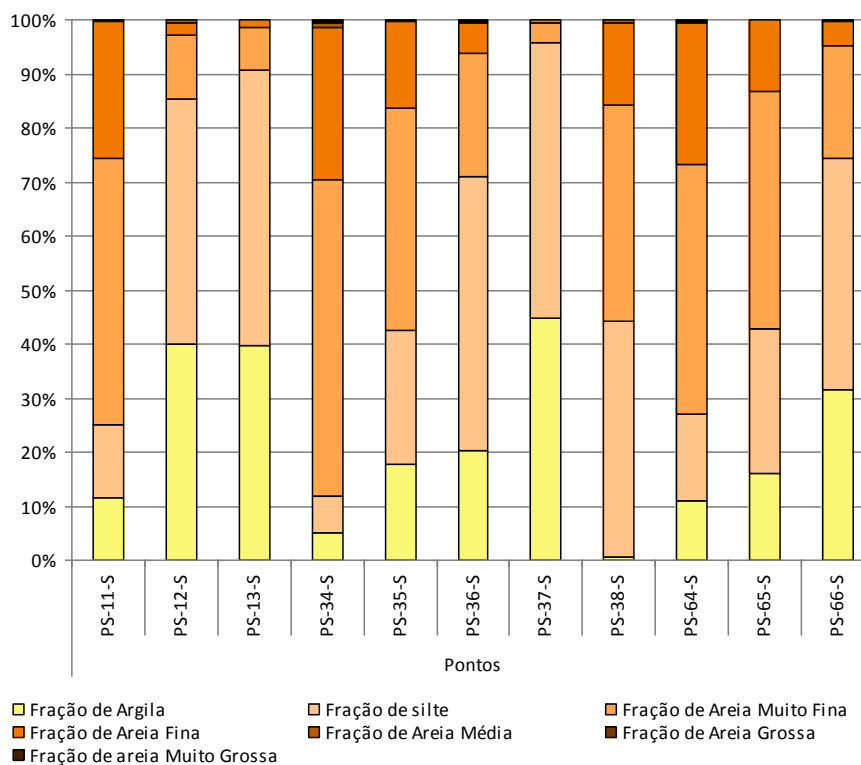


Figura 3.3-1. Resultados da análise granulométrica para o sedimento do Trecho 03 (Campanha II – Março/2011).

C. Ensaios Ecotoxicológicos – ISA (Interface sedimento-água)

Análises ecotoxicológicas, com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, foram realizadas em 11 amostras de sedimento de superfície do Trecho 3 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus* na interface sedimento-água, da campanha II encontram-se no Anexo 9-7.

Foram medidos parâmetros físicos e químicos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade, amônia (NH₄⁺ - mg/L) e amônia não ionizada (NH₃ - mg/L).

Nas Tabelas 3.3-7 e 3.3-8 são apresentados os parâmetros físicos e químicos e os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, respectivamente, para a Campanha II. Na Figura 3.3-2 são apresentadas as porcentagens de larvas normais, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das quatro réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.3-7. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, nas amostras do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
		T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
Controle	Inicial	25	4,3	7,41	33	n.d	n.d
	Final	25	4,2	7,76	33	n.a	n.a
Controle rede	Inicial	25	4,0	7,87	31	n.a	n.a
	Final	25	4,0	7,80	33	n.a	n.a
PSS-11	Inicial	25	4,2	7,58	32	2,10	0,04
	Final	25	4,1	7,71	33	n.a	n.a
PSS-12	Inicial	25	4,1	7,46	30	2,10	0,04
	Final	25	4,0	7,74	32	n.a	n.a
PSS-13	Inicial	25	4,3	7,36	30	6,51	0,07
	Final	25	4,1	7,76	31	n.a	n.a
PSS-34	Inicial	25	4,2	7,56	31	0,07	0,00
	Final	25	4,1	7,74	32	n.a	n.a
PSS-35	Inicial	25	4,3	7,57	31	0,84	0,01
	Final	25	4,1	7,66	33	n.a	n.a
PSS-36	Inicial	25	4,1	7,39	33	1,40	0,02
	Final	25	4,0	7,71	33	n.a	n.a
PSS-37	Inicial	25	4,2	7,44	33	3,64	0,05
	Final	25	4,0	7,75	35	n.a	n.a
PSS-38	Inicial	25	4,1	7,49	32	0,28	0,00
	Final	25	4,1	7,73	32	n.a	n.a
PSS-64	Inicial	25	4,3	7,56	32	1,33	0,02
	Final	25	4,3	7,75	34	n.a	n.a
PSS-65	Inicial	25	4,1	7,48	32	1,33	0,019
	Final	25	4,1	7,68	32	n.a	n.a
PSS-66	Inicial	25	4,2	7,47	33	4,90	0,07
	Final	25	4,0	7,76	35	n.a	n.a

Legenda: Valor Acima do limite (0,05 mg/L) para *Lytechinus variegatus*

n.a: não analisado

n.d: não detectado

Tabela 3.3-8. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as amostras de sedimento do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
	R1	R2	R3	R4				
Controle	78	80	79	83	320/400	80,00	2,16	-
Controle de rede	81	79	83	80	323/400	80,75	1,71	-
PSS-11	9	23	18	29	79/400	19,75	8,46	Tóxico
PSS-12	0	0	2	3	5/400	1,25	1,50	Tóxico
PSS-13	19	5	2	9	35/400	8,75	7,41	Tóxico
PSS-34	34	34	31	39	138/400	34,50	3,32	Tóxico
PSS-35	9	9	9	19	46/400	11,50	5,00	Tóxico
PSS-36	4	12	20	3	39/400	9,75	7,93	Tóxico
PSS-37	3	10	15	4	32/400	8,00	5,60	Tóxico
PSS-38	10	10	8	4	32/400	8,00	2,83	Tóxico
PSS-64	9	25	14	18	66/400	16,50	6,76	Tóxico
PSS-65	26	29	36	17	108/400	27,00	7,87	Tóxico
PSS-66	11	4	8	13	36/400	9,00	3,92	Tóxico

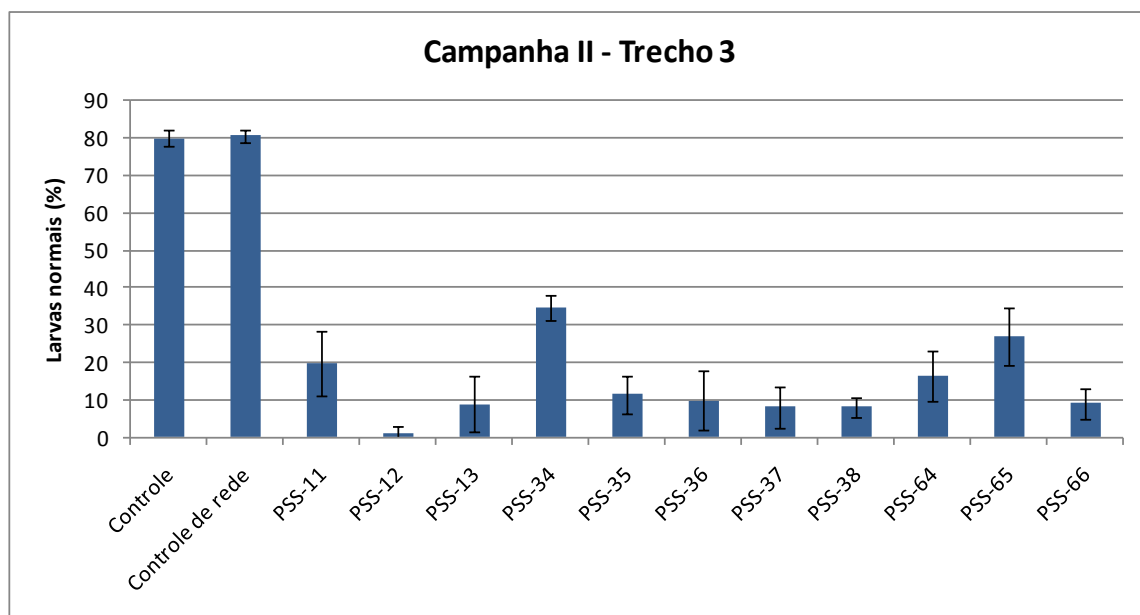


Figura 3.3-2. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para cada amostra de sedimento do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que todas as amostras da Campanha II apresentaram toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PSS-13, PSS-37 e PSS-66 apresentaram concentrações acima do limite e o restante das amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ($ZnSO_4$). A concentração letal mediana (CL_{50} ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L $ZnSO_4$) conforme carta controle.

D. Ensaio Ecotoxicológicos - Sedimento Total

Análises ecotoxicológicas, com o anfípoda *Leptocheirus plumulosus*, foram realizadas em 11 amostras de sedimento de superfície do Trecho 3 do canal do Porto de Santos. Os laudos dos testes de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus* no sedimento total, da campanha II encontram-se no Anexo 9-8.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e no fim do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 11.4.2-4. Já as análises de pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura ($^{\circ}C$), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH_3 - mg/L), realizadas na água intersticial do sedimento no início e no fim do teste, estão apresentados na Tabela 3.3-9.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para este controle também se encontram nas tabelas a seguir.

A Tabela 3.3-10 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de superfície da Campanha II. Os valores obtidos estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados

(ABNT, 2008). Na Figura 3.3-3 são apresentados as mortalidades, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados das três réplicas, para cada amostra.

Tabela 3.3-9. Parâmetros físico-químicos medidos na água de interface sedimento-água, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, coletado no Trecho 03 (Campanha II – março/11).

Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Controle	7,79	7,97	20	22	6,47	6,67
PSS-11	7,87	8,20	21	24	5,81	6,36
PSS-12	7,52	7,94	21	25	5,72	6,25
PSS-13	7,68	8,45	21	25	5,71	6,38
PSS-34	5,39	8,01	20	23	6,74	6,61
PSS-35	7,73	8,07	20	23	6,00	6,59
PSS-36	7,19	8,06	20	24	6,04	6,46
PSS-37	7,67	8,32	21	25	5,00	6,21
PSS-38	7,31	8,05	21	25	5,95	6,46
PSS-64	5,96	8,27	20	23	6,52	6,59
PSS-65	6,99	8,19	20	23	6,08	6,50
PSS-66	7,26	8,04	21	25	5,01	6,31

Tabela 3.3-10. Parâmetros físico-químicos medidos na água intersticial do sedimento, no início e no fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*, coletado no Trecho 03 (Campanha II – março/11).

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	7,88	7,90	25	22	6,22	5,81	24,2	24,8	3,00	-	0,100	-
PSS-11	7,65	7,73	34	22	5,30	5,35	24,2	24,8	11,75	-	0,224	-
PSS-12	7,70	7,70	35	24	5,47	4,82	24,2	24,8	5,50	-	0,118	-
PSS-13	7,63	7,69	32	24	4,82	4,98	24,2	24,8	27,50	-	0,513	-
PSS-34	7,97	7,80	40	24	5,85	5,22	24,2	24,8	4,50	-	0,176	-
PSS-35	7,62	7,66	35	25	5,28	5,03	24,2	24,8	12,50	-	0,223	-
PSS-36	7,67	7,70	36	25	5,22	4,86	24,2	24,8	15,00	-	0,300	-
PSS-37	7,68	7,84	32	25	4,69	4,96	24,2	24,8	27,50	-	0,574	-
PSS-38	7,63	7,65	35	25	5,19	4,98	24,2	24,8	4,25	-	0,078	-
PSS-64	7,63	7,74	35	25	5,39	5,23	24,2	24,8	10,25	-	0,187	-
PSS-65	7,72	7,74	33	24	5,30	5,07	24,2	24,8	14,00	-	0,320	-
PSS-66	7,51	7,61	35	25	4,75	4,82	24,2	24,8	27,50	-	0,382	-

Tabela 3.3-11. Efeito tóxico observado no teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento de superfície do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

Amostra	Réplica	N° de animais por réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		Mortos	Total				
Controle	1	2	20	10	5	5,00	-
	2	0	20	0			
	3	1	20	5			
PSS-11	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	0	20	0			
PSS-12	1	0	20	0	8	14,43	Não Tóxico
	2	5	20	25			
	3	0	20	0			
PSS-13	1	3	20	15	7	7,64	Não Tóxico
	2	1	20	5			
	3	0	20	0			
PSS-34	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-35	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-36	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	1	20	5			
PSS-37	1	1	20	5	15	10,00	Não Tóxico
	2	3	20	15			
	3	5	20	25			
PSS-38	1	0	20	0	10	10,00	Não Tóxico
	2	2	20	10			
	3	4	20	20			
PSS-64	1	6	20	30	10	17,32	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-65	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
	2	0	20	0			
	3	0	20	0			
PSS-66	1	0	20	0	8	10,41	Não Tóxico
	2	4	20	20			
	3	1	20	5			

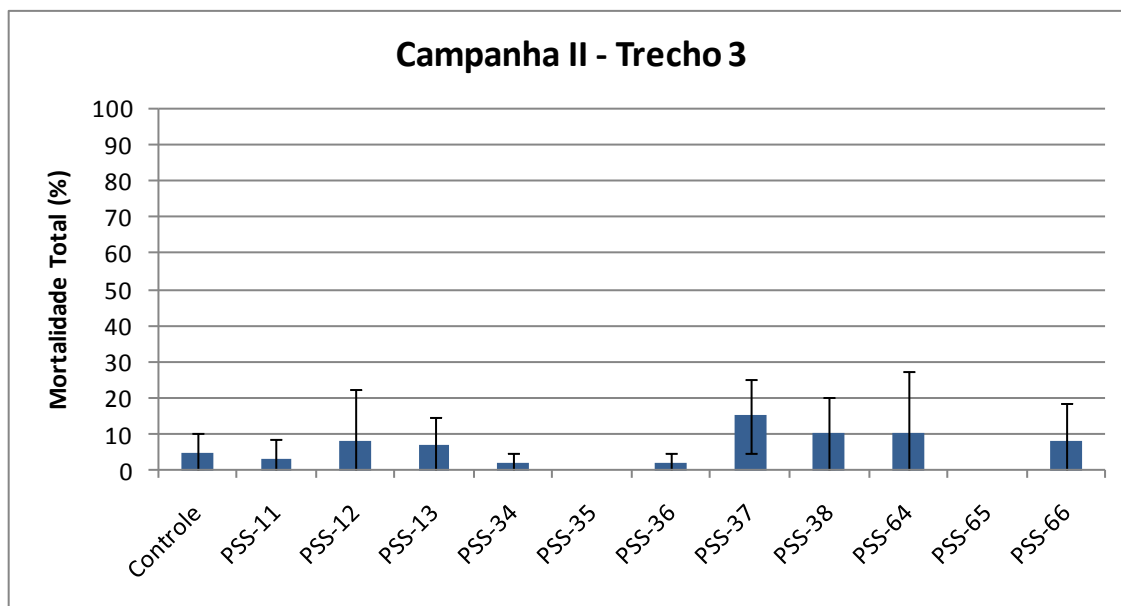


Figura 3.3-3. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para cada amostra de sedimento do Trecho 03 (Campanha II – março/11).

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento de superfície da Campanha II não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para essa espécie (USEPA, 2001).

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO₄). A concentração letal mediana (CL₅₀; 96h) e respectivo intervalo de confiança (I.C.) foram: 0,68 mg Zn/L e I.C.: 0,62 a 0,75 mg Zn/L. A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indica uma CL₅₀; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2.desvio padrão) de 0,06 a 1,38 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

4. Discussão

No EIA foram realizadas análises químicas no sedimento de superfície (PSS: sedimento de superfície) e subsuperfície (PSST: sedimento de subsuperfície, onde PSST-1 sedimento até 1 metro e PSST-2 entre 1 e 2 metros). Além disso, foram realizados testes de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* e toxicidade aguda com *Tiburonella viscana* apenas no sedimento de superfície (FRF, 2008).

No sedimento dos Trechos 1, 2 e 3 (Campanhas III, I e II) foram realizadas análises químicas e testes de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus*, e toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus*, apenas no sedimento de superfície. O teste de toxicidade aguda foi realizado com o anfípoda escavador *Leptocheirus plumulosus*, por recomendação da Cetesb. No parecer Técnico da CETESB Nº 002/09/THL/TQA foi apresentada a seguinte consideração: “Entende-se ser o *L. plumulosus* o organismo escolhido, apropriadamente, para atender a LP 290/2008 em substituição àqueles apontados (*Tiburonella viscana* e *Lytechinus variegatus*) no EIA/RIMA”.

Vale ressaltar que nas três campanhas (Trechos 1, 2 e 3) foram realizadas análises químicas e ecotoxicológicas apenas no sedimento de superfície do canal do Porto de Santos após a dragagem de aprofundamento (cota de -15 metros), e no EIA (FRF, 2008) foram realizadas análises químicas no sedimento de superfície e subsuperfície do canal do Porto de Santos antes da dragagem de aprofundamento. Dessa forma, o sedimento de superfície antes e após a dragagem não é o mesmo e, portanto, os resultados das análises não podem ser diretamente correlacionados.

Na Tabela 4-1 é apresentado um comparativo de todos os resultados das análises químicas, dos compostos que foram quantificados, e dos ensaios ecotoxicológicos das amostras do Trecho 1 (Campanha III) do canal do Porto de Santos.

Todos os compostos químicos analisados, no sedimento de superfície do Trecho 1, apresentaram valores abaixo do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04.

Os resultados das análises químicas, realizadas no EIA (FRF, 2008), mostraram que nenhuma amostra de superfície do Trecho 1 apresentou compostos acima do nível 1. Entretanto, 5 amostras de sedimento de subsuperfície apresentaram, pelo menos um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) acima no nível 1. Os HPAs encontrados foram: benzo(a) antraceno (PSST-59-1), benzo(a) pireno (PSST-59-1), criseno (PSST-59-1), dibenzo(a,h) antraceno (PSST-25-2, PSST-26-2, PSST-27-1, PSST-27-2 e PSST-59-1), antraceno (PSST-59-1), fluoranteno (PSST-59-1), fluoreno (PSST-59-1) e pireno (PSST-59-1). Além disso, 1 amostra (PSST-59-1) apresentou concentração do pesticida organoclorado Dieldrin acima do nível 1 e 1 amostra (PSST-26-2) apresentou concentração de nitrogênio kjeldhal total acima do valor alerta (4.800 mg/kg) estabelecido pela Resolução Conama 344/04.

Os resultados do teste de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus*, das amostras do Trecho 1, indicaram que todas as 27 amostras apresentaram toxicidade crônica para o referido organismo. Das 27 amostras, 10 (PSS-04, PSS-21, PSS-22, PSS-23, PSS-24, PSS-25, PSS-52, PSS-56, PSS-57 e PSS-58) apresentaram concentração de amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico, e em 17 amostras (PSS-01, PSS-02, PSS-03, PSS-05, PSS-06, PSS-16, PSS-17, PSS-18, PSS-19, PSS-20, PSS-26, PSS-27, PSS-51, PSS-53, PSS-54, PSS-55 e PSS-59) nenhum outro composto apresentou concentração acima dos limites estabelecidos.

Os resultados do teste de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus*, das amostras do Trecho 1, indicaram que nenhuma amostra apresentou toxicidade aguda, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição. Além disso, nenhuma amostra apresentou amônia não ionizada acima do limite (0,8 mg/L) para a espécie.

No EIA (FRF, 2008) todas as 27 amostras de sedimento de superfície do Trecho 1 não apresentaram toxicidade crônica, para o ensaio empregado com *Lytechinus variegatus*, nem aguda, para o ensaio empregado com *Tiburonella viscana*.

Na Tabela 4-2 é apresentado um comparativo de todos os resultados das análises químicas, dos compostos que foram quantificados, e dos ensaios ecotoxicológicos das amostras do Trecho 2 (Campanha I) do canal do Porto de Santos.

Dentre os compostos químicos analisados no sedimento de superfície, do Trecho 2 (Campanha I), apenas o mercúrio total apresentou valores acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04, em 3 amostras (PSS-08, PSS-62 e PSS-63).

Os resultados das análises químicas, realizadas no EIA (FRF, 2008), mostraram que nenhuma amostra de superfície do Trecho 2 apresentou compostos acima do nível 1. Entretanto, 18 amostras de sedimento de subsuperfície apresentaram, pelo menos um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) acima no nível 1. Os HPAs encontrados foram: benzo(a) antraceno (PSST-62-1), benzo(a)pireno (PSST-60-2, PSST-61-1 e PSST-62-1), dibenzo(a,h) antraceno (PSST-28-1, PSST-28-2, PSST-29-1, PSST-29-2, PSST-30-1, PSST-30-2, PSST-31-1, PSST-31-2, PSST-33-1, PSST-33-2, PSST-60-1, PSST-60-2, PSST-61-1, PSST-61-2, PSST-62-1, PSST-62-2, PSST-63-1 e PSST-63-2), acenafteno (PSST-33-1 e PSST-33-2) e antraceno (PSST-62-1).

Os resultados do teste de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus*, das amostras do Trecho 2, indicaram que 9 amostras apresentaram toxicidade e 5 não apresentaram toxicidade crônica para o referido organismo. Das 9 amostras que apresentaram toxicidade crônica, 3 (PSS-28, PSS-31 e PSS-32) apresentaram concentração de amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico, 1 (PSS-08) apresentou concentração de mercúrio acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 e 5 (PSS-07, PSS-10, PSS-29, PSS-33 e PSS-60) não apresentaram outros compostos acima dos limites estabelecidos.

Além disso, em 2 amostras (PSS-62 e PSS-63) o mercúrio apresentou valores acima do nível 1, entretanto não foi observado toxicidade crônica. Assim, os resultados acima corroboram o que vários autores tem reportado em trabalhos científicos, onde mostram baixa correlação entre concentração de mercúrio e

resultados de ensaios ecotoxicológicos em amostra de sedimentos estuarinos e marinhos, principalmente na faixa de concentração dos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA 344/04. MacDonald *et al* (1996) já citava a baixa confiabilidade dos índices TEL - “Threshold Effect Concentration” (nível limiar de efeitos) e PEL - “Probable Effect Level” (nível provável de efeitos) para alguns metais, incluindo o mercúrio, no que se refere a previsão de efeitos ecotoxicológicos.

Em uma avaliação ecotoxicológica com sedimentos contaminados com mercúrio em região estuarina da Louisiana, Sferra *et al* (1999) sugere que quando observado efeito ecotoxicológico, esse não foi atribuído ao mercúrio. O trabalho avaliou diluições seriadas do sedimento, não indicando efeitos ecotoxicológicos em amostras com até 2,8 mg/Kg de mercúrio. Mesmo acima deste valor, o efeito foi mínimo, com sobrevivências entre 70% a 80% em relação ao controle. O trabalho cita que o limiar de efeito para anfípodes (*Leptocheirus plumulosus*) está acima de 4,1 mg/Kg de mercúrio pelas amostras avaliadas. O mesmo autor informa que as diretrizes de qualidade de sedimentos indicam uma faixa que varia, para mercúrio, de 0,13 mg/kg (MacDonald, 1994) a 2 mg/kg (Jaagumagi 1993). Estas referências são baseadas em compilações de dados associando concentrações de mercúrio com medidas de toxicidade e que seu sucesso em prever toxicidade de sedimentos não é elevado.

Os dados utilizados por MacDonald (1994) para gerar as referências de concentração e efeitos ecotoxicológicos em sedimentos, inclui estudos em que as concentrações de mercúrio foi da ordem de 254 mg/kg em sedimento sem gerar efeitos (Salazar *et al.* 1980), podendo indicar assim, pequena capacidade de previsão de efeitos com base em concentrações médias do mercúrio. Tal fato pode se dar pelas características específicas do sedimento, do mercúrio ou até mesmo da sinergia entre compostos, podendo refletir a baixa fração biodisponível do mercúrio total analisado (Sferra *et al.* 1999).

Wolfe *et al.* (1996) também avaliaram os efeitos ecotoxicológicos em função dos valores de referência para a concentração de alguns metais. Para chumbo e zinco as amostras apresentaram efeitos ecotoxicológicos em valores próximos dos valores de ERM – “Effect Range-Median” (intervalo de efeito-médio). Entretanto, os efeitos ecotoxicológicos foram observados, em média, para valores

de mercúrio cerca de 3 a 4,5 acima do valor ERM, apesar de ter sido encontrado correlação entre toxicidade e concentração de mercúrio para os valores obtidos.

Em um trabalho de Horne *et al.* (1999), foram conduzidos ensaios com sedimentos com concentração de mercúrio variando de 15 a 170 mg/Kg, não tendo sido encontrado efeitos ecotoxicológicos para *Leptocheirus plumulosus*.

Um estudo com diluição de sedimentos não mostrou efeitos observados de toxicidade mesmo em concentrações de 390 mg/kg (PTI, 1998; apud Sferra, *et al.* 1999). Estudos realizados com sedimentos de uma baía do Texas, não mostraram evidência de efeitos sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao mercúrio e ausência de toxicidade para *Leptocheirus sp.* em concentrações que variam de 0,3 a 4,6 mg/kg (Sferra *et al.* 1999).

Os resultados do teste de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus*, das amostras do Trecho 2, indicaram que nenhuma amostra apresentou toxicidade aguda, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição. Além disso, 3 amostras apresentaram valores de amônia não ionizada acima do limite de 0,8 mg/L para a espécie *Leptocheirus plumulosus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico, entretanto tal efeito não foi observado.

No EIA (FRF, 2008) todas as 14 amostras de sedimento de superfície do Trecho 2 não apresentaram toxicidade crônica, para o ensaio empregado com *Lytechinus variegatus*, nem aguda, para o ensaio empregado com *Tiburonella viscana*.

Na Tabela 4-3 é apresentado um comparativo de todos os resultados das análises químicas, dos compostos que foram quantificados, e dos ensaios ecotoxicológicos das amostras do Trecho 3 (Campanha II) do canal do Porto de Santos.

Dentre os compostos químicos analisados no sedimento de superfície, do Trecho 3, apenas o mercúrio total apresentou valores acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04, em 4 amostras (PSS-13, PSS-37, PSS-38 e PSS-66).

Os resultados das análises químicas, realizadas no EIA (FRF, 2008), mostraram que nas amostras de sedimento de superfície do Trecho 3 o arsênio foi encontrado acima do nível 1 em 3 amostras (PSS-11, PSS-12 e PSS-13) e o mercúrio em 2 amostras (PSS-11 e PSS-12). Em relação aos HPAs, 7 amostras de superfície apresentaram, pelo menos um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) acima no nível 1. Os HPAs encontrados foram: dibenzo(a,h)antraceno (PSS-13, PSS-34, PSS-38, PSS-64 e PSS-65), acenafteno (PSS-12) e fluoreno (PSS-36 e PSS-38). Já para as amostras de sedimento de subsuperfície 5 amostras apresentaram, pelo menos um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) acima no nível 1, os HPAs encontrados foram: dibenzo(a,h)antraceno (PSST-38-1, PSST-38-2, PSST-65-1 e PSST-65-2) e fluoreno (PSST-36-2). E 1 amostra (PSST-65-1) apresentou o pesticida organoclorado Dieldrin também acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04.

Os resultados do teste de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus*, nas amostras do Trecho 3, indicaram que todas as 11 amostras apresentaram toxicidade crônica para o referido organismo. Das 11 amostras, 4 (PSS-13, PSS-37, PSS-38 e PSS-66) apresentaram concentração de mercúrio acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04, entretanto, 3 dessas amostras (PSS-13, PSS-37 e PSS-66) apresentaram também amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico. E em 7 amostras (PSS-11, PSS-12, PSS-34, PSS-35, PSS-36, PSS-64 e PSS-65) foi observado efeito tóxico, porém nenhum outro composto apresentou concentração acima dos limites estabelecidos.

Os resultados do teste de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus*, nas amostras do Trecho 3, indicaram que nenhuma amostra apresentou toxicidade aguda, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição. Além disso, nenhuma amostra apresentou amônia não ionizada acima do limite (0,8 mg/L) para a espécie.

No EIA (FRF, 2008) do total de 11 amostras de sedimento de superfície do Trecho 3, 8 amostras (PSS-12, PSS-13, PSS-34, PSS-35, PSS-36, PSS-37, PSS-38 e PSS-64) apresentaram toxicidade crônica, para o ensaio empregado

com *Lytechinus variegatus* e 7 amostras (PSS-13, PSS-35, PSS-37, PSS-38, PSS-64, PSS-65 e PSS-66) apresentaram toxicidade aguda, para o ensaio empregado com *Tiburonella viscana*.

Uma das características de ambientes com sedimentos redutores, como é o caso do canal do Porto de Santos (E_H entre 33 e -217 mV) é a possibilidade de liberação de alguns tipos de contaminantes que podem causar impacto na coluna d'água, como é o caso da amônia, no entanto, esta remobilização só acontece quando vários fatores atuam de uma maneira conjunta. Um desses fatores é o pH, pois em concentração superior a 8 pode haver a ocorrência e, conseqüentemente, a liberação de amônia para a coluna d'água.

Um possível interferente que poderia causar o efeito ecotoxicológico observado em alguns ensaios, das três campanhas realizadas após a dragagem de aprofundamento, principalmente nos ensaios com interface sedimento-água (ISA) é a amônia não ionizada, entretanto tal correlação não foi observada em todas as amostras que apresentaram efeito tóxico. Do total de 47 amostras, que apresentaram toxicidade crônica, 16 (ou 34,04%) apresentaram também amônia não ionizada acima do limite para *Lytechinus variegatus*.

Tabela 4-1. Resultados das análises químicas e ecotoxicológicas das amostras do Trecho 1 (Campanha III) do canal do Porto de Santos.

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-01-S	PS-02-S	PS-03-S	PS-04-S	PS-05-S	PS-06-S	PS-16-S	PS-17-S	PS-18-S	PS-19-S	PS-20-S	PS-21-S	PS-22-S	PS-23-S	
	Nível 1	Nível 2															
Chumbo (mg/kg)	46,7	218	13,90	10,30	16,40	20,50	14,20	5,45	6,89	12,30	13,70	3,74	11,30	9,22	8,01	10,00	
Cobre (mg/kg)	34	270	10,50	10,50	14,40	17,90	9,47	4,48	4,89	9,67	14,70	4,29	9,11	6,44	8,55	10,20	
Cromo (mg/kg)	81	370	18,80	18,40	23,20	27,70	19,60	11,40	12,80	19,00	19,50	8,61	16,30	13,70	15,50	18,40	
Mercúrio (mg/kg)	0,15	0,71	<0,0761	<0,0711	0,0977	<0,0993	0,119	0,0754	<0,0501	<0,0733	<0,0824	<0,0422	<0,0709	<0,0620	<0,0621	<0,0759	
Níquel (mg/kg)	20,9	51,6	7,41	12,90	9,15	11,20	11,10	4,55	4,52	7,49	7,82	2,82	6,28	5,38	2,74	<1,27	
Zinco (mg/kg)	150	410	43,9	43,1	56,5	66,3	44,0	21,8	29,6	46,6	57,3	25,5	49,2	33,8	54,0	36,2	
Carbono Orgânico Total (%)	10*		1,82	1,72	3,37	4,51	2,72	2,76	2,89	4,47	2,29	1,4	1,51	1,59	1,92	2,4	
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*		1373,2	1371,2	1133,6	2235,2	1100,8	665,6	848	1431,9	1544,9	830,1	1425,4	1232,1	1152,4	1440,7	
Fósforo Total (mg/kg)	2000*		335,6	230,1	380,5	445	325,2	164,7	175,7	309,4	309,3	95,3	287,4	206,3	208,2	246,2	
pH (unidade)	-		6,9	6,9	6,6	6,7	6,9	7,3	7,0	7,1	6,8	7,0	7,1	6,9	7,0	7,0	
Eh (mV)	-		-177	-176	-89	-159	-88	-159	-86	-153	-148	33	-159	-142	-143	-181	
Temperatura (°C)	-		24,6	24,6	25,6	25,5	25,2	26,1	24,1	24,5	24,7	24,4	24,4	24,5	24,6	24,7	
Ensaio Ecotoxicológico (ISA)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	
	Larvas Normais (%)	-		7,75	4,25	28,50	1,50	20,75	63,50	15,00	10,00	4,00	26,50	6,25	2,00	3,50	4,75
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,05		0,00	0,03	0,03	0,05	0,02	0,006	0,012	0,02	0,04	0,01	0,03	0,06	0,06	0,07
Ensaio Ecotoxicológico (Sedimento Total)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	
	Mortalidade (%)	-		2,00	5,00	5,00	2,00	3,00	17,00	0,00	18,00	32,00	12,00	3,00	13,00	2,00	13,00
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,8		0,257	0,266	0,095	0,343	0,152	0,333	0,351	0,195	0,292	0,082	0,24	0,501	0,332	0,367

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-24-S	PS-25-S	PS-26-S	PS-27-S	PS-51-S	PS-52-S	PS-53-S	PS-54-S	PS-55-S	PS-56-S	PS-57-S	PS-58-S	PS-59-S	
	Nível 1	Nível 2														
Chumbo (mg/kg)	46,7	218	10,00	18,60	17,40	4,74	9,07	15,90	6,39	11,80	17,00	6,80	16,90	13,70	9,96	
Cobre (mg/kg)	34	270	8,78	16,90	13,80	4,50	6,23	11,80	3,95	12,60	16,00	8,56	12,50	11,10	12,30	
Cromo (mg/kg)	81	370	14,00	24,50	24,40	8,08	14,50	24,90	12,90	19,50	27,20	14,00	25,80	20,50	7,28	
Mercúrio (mg/kg)	0,15	0,71	<0,0656	<0,104	<0,082	<0,0486	<0,0581	<0,0838	<0,0612	<0,0800	<0,102	<0,0512	<0,1	<0,0824	<0,044	
Níquel (mg/kg)	20,9	51,6	<1,09	9,87	9,99	2,94	5,58	10,40	4,32	<1,33	<1,69	<0,853	10,20	8,15	2,61	
Zinco (mg/kg)	150	410	49,9	57,1	57,8	19,4	34,2	57,7	31,5	109,5	57,2	35,2	60,1	47,7	27,8	
Carbono Orgânico Total (%)	10*		2,14	3,34	3,09	1,12	1,82	2,44	0,67	2,45	3,36	0,88	3,29	2,71	0,88	
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*		1078	1682,5	1019,1	717,6	702,7	1299,4	562,5	1439,1	1856,9	939,5	2096,8	1609,9	514,1	
Fósforo Total (mg/kg)	2000*		211,3	432,2	390,7	152	224,3	389,6	174,9	298,2	477,7	175	429,8	300,4	97,5	
pH (unidade)	-		6,8	6,9	6,8	7,2	7,1	7,0	7,3	7,2	7,0	6,6	7,1	6,9	7,3	
Eh (mV)	-		-151	-162	-134	-172	-146	-163	-20	-100	-176	-94	-172	-151	-53	
Temperatura (°C)	-		25,0	25,4	25,5	25,5	24,3	24,6	24,4	24,7	24,8	24,8	25,7	25,4	25,2	
Ensaio Ecotoxicológico (ISA)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	
	Larvas Normais (%)	-		11,75	18,50	21,75	44,75	23,75	13,25	53,25	13,25	0,00	43,00	0,50	26,00	73,50
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,05		0,095	0,065	0,02	0,03	0,01	0,05	0,02	0,02	0,04	0,08	0,082	0,05	0,02
Ensaio Ecotoxicológico (Sedimento Total)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	
	Mortalidade (%)	-		0,00	12,00	12,00	8,00	5,00	8,00	7,00	23,00	0,00	12,00	5,00	12,00	8,00
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,8		0,321	0,347	0,068	0,258	0,155	0,235	0,441	0,31	0,46	0,615	0,403	0,142	0,763

Tabela 4-2. Resultados das análises químicas e ecotoxicológicas das amostras do Trecho 2 (Campanha I) do canal do Porto de Santos.

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-07-S	PS-08-S	PS-09-S	PS-10-S	PS-28-S	PS-29-S	PS-30-S	PS-31-S	PS-32-S	PS-33-S	PS-60-S	PS-61-S	PS-62-S	PS-63-S	
	Nível 1	Nível 2															
Chumbo (mg/kg)	46,7	218	14,4	14,7	6,61	9,26	24,3	10,3	11,3	6,87	7,1	11,2	4,52	7,34	7,63	10,2	
Cobre (mg/kg)	34	270	9,23	7,12	4,84	4,34	12	3,31	4,58	1,17	2,05	6,18	1,76	2,6	2,79	4,91	
Cromo (mg/kg)	81	370	22,1	22	9	15,1	38,4	18,7	21,3	12,7	30,6	14	11	13,3	11,7	13,9	
Mercúrio (mg/kg)	0,15	0,71	<0,0664	0,248	0,0549	<0,0620	0,112	<0,0613	<0,0633	<0,0543	<0,0495	0,105	<0,0487	<0,0534	0,162	0,212	
Níquel (mg/kg)	20,9	51,6	7,98	7,99	3,3	5,56	14,1	6,59	7,65	4,86	10,4	5,42	4,01	4,69	4,11	5,09	
Zinco (mg/kg)	150	410	52,7	47,2	28,6	33	82,4	35,1	42,8	26,1	62,2	36,7	24,3	27,6	25,8	31,8	
Carbono Orgânico Total (%)	10*		2,14	3,21	1,22	1,93	4,56	2,05	2,64	1,84	2,17	1,88	1,92	1,14	1,74	2,02	
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*		<66,4	<76,7	<46,4	<62,0	<106,0	<61,3	<63,3	<54,3	<49,5	<65,4	<48,7	<53,4	<53,3	<64,8	
Fósforo Total (mg/kg)	2000*		378,8	367,3	143,8	214,1	649	259,9	288,3	182,1	187,4	225,9	138,3	182,6	166,5	247,7	
pH (unidade)	-		6,8	6,8	7,2	6,8	7,0	6,8	6,8	6,7	6,5	6,7	6,9	7,1	6,8	6,9	
Eh (mV)	-		-167	-166	-158	-160	-217	-147	-154	-160	-109	-155	-63	-150	-108	-169	
Temperatura (°C)	-		25,1	25,3	26,8	26,6	25,4	25,2	26,7	26,6	26,1	26,0	25,2	26,6	26,9	26,5	
Ensaio Ecotoxicológico (ISA)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico
	Larvas Normais (%)	-		53,50	68,25	76,00	30,00	0,00	73,25	89,25	0,00	2,75	57,25	11,25	88,00	77,25	77,25
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,05		0,01	0,029	0,01	0,01	0,102	0,03	0,03	0,08	0,12	0,02	0	0,01	0,03	0,04
Ensaio Ecotoxicológico (Sedimento Total)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico
	Mortalidade (%)	-		7,00	20,00	0,00	7,00	10,00	8,00	2,00	15,00	5,00	7,00	5,00	8,00	37,00	7,00
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,8		0,635	1,223	0,624	0,602	1,693	0,331	0,504	0,734	0,92	0,421	0,525	0,376	0,564	0,376

Tabela 4-3. Resultados das análises químicas e ecotoxicológicas das amostras do Trecho 3 (Campanha II) do canal do Porto de Santos.

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-11-S	PS-12-S	PS-13-S	PS-34-S	PS-35-S	PS-36-S	PS-37-S	PS-38-S	PS-64-S	PS-65-S	PS-66-S	
	Nível 1	Nível 2												
Chumbo (mg/kg)	46,7	218	2,97	10,30	20,70	3,84	15,50	12,10	29,60	15,20	10,30	11,90	12,90	
Cobre (mg/kg)	34	270	1,3	4,25	9,61	2,1	9,1	4,4	19,3	7,9	5,2	7,6	4,5	
Cromo (mg/kg)	81	370	4,26	15,80	30,80	5,56	9,06	23,30	33,70	25,80	17,50	24,60	27,50	
Mercúrio (mg/kg)	0,15	0,71	0,0568	0,101	0,206	<0,0401	0,12	0,0815	0,258	0,213	0,06	0,0952	0,187	
Níquel (mg/kg)	20,9	51,6	1,58	6,72	13,10	2,08	9,91	9,66	13,90	11,40	6,94	9,26	11,10	
Zinco (mg/kg)	150	410	11,2	34,0	85,3	13,4	64,7	37,6	94,1	70,0	38,5	43,5	57,0	
Carbono Orgânico Total (%)	10*		1,47	2,68	4,14	0,46	2,25	2,21	5,19	2,24	1,45	1,88	3,13	
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800*		328,4	488,3	724,6	272,9	650,1	606,4	711,3	732,6	406,8	543,3	703,3	
Fósforo Total (mg/kg)	2000*		68,6	373,6	718	111,7	498,9	507,2	928,3	393,9	375,2	656,4	466,8	
pH (unidade)	-		7,3	7,5	7,2	7,1	7,1	7,3	7,1	7,2	7,2	7,1	7,0	
Eh (mV)	-		-162	-96	-185	-58	-181	-172	-189	-165	-162	-169	-166	
Temperatura (°C)	-		24,9	25,4	25,0	25,3	25,1	25,8	25,1	25,3	25,0	25,2	25,2	
Ensaio Ecotoxicológico (ISA)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	
	Larvas Normais (%)	-		19,75	1,25	8,75	34,50	11,50	9,75	8,00	8,00	16,50	27,00	9,00
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,05		0,04	0,04	0,07	0,00	0,01	0,02	0,05	0,00	0,02	0,02	0,07
Ensaio Ecotoxicológico (Sedimento Total)	Resultado	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	Não Tóxico	
	Mortalidade (%)	-		3	8	7	2	0	2	15	10	10	0	8
	Amônia não ionizada (mg/L)	0,8		0,224	0,118	0,513	0,176	0,223	0,300	0,574	0,078	0,187	0,320	0,382

5. Considerações Finais

Os metais e semi-metais quantificados nas amostras de sedimento coletadas nos Trechos 1, 2 e 3, já haviam sido quantificados no EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do Canal do Porto de Santos (FRF, 2008) em amostras de superfície e até um metro de profundidade no Trecho 2 e em amostras de superfície e até a profundidade de 2 metros no Trecho 3. Algumas destas amostras foram quantificadas com concentrações acima do Nível 1 estabelecidos pela Resolução Conama 344/04, considerando a cota batimétrica anterior às atividade de dragagem.

As diferenças nos resultados da análise de mercúrio observadas em algumas amostras dos Trechos 2 e 3 (coletas confirmatórias) podem ser explicadas com base em alguns estudos realizados pela USEPA (2001), o qual justifica tais ocorrências tanto pelas variações no ambiente amostral (heterogeneidade da qualidade do sedimento em uma área de estudo) como nas análises químicas (diferentes procedimentos e metodologias empregados), uma vez que as fontes de variabilidade entre resultados de réplicas de sedimentos são inúmeras. Diferenças percentuais relativas (DPR) de até 50% têm sido aceitas pela USEPA em estudos envolvendo análises de sedimentos.

Os compostos orgânicos analisados (HPA, PCB e POC) apresentaram para todas as amostras concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados. Carbono orgânico total, fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total apresentaram concentrações abaixo dos valores de alerta da Resolução Conama 344/04 em todas as amostras.

A partir dos resultados obtidos até o momento, para os Trechos 1, 2 e 3, observa-se que os sedimentos atualmente expostos apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação dos métodos analíticos para todos os compostos orgânicos analisados. Apenas para metais e semi-metais foram quantificadas concentrações acima do limite de quantificação (LQ); no entanto, com exceção do mercúrio, todos os elementos quantificados apresentaram concentrações abaixo do nível 1 da Resolução Comana 344/2004.

Em relação aos ensaios ecotoxicológicos, do total de 52 amostras analisadas nos Trechos 1, 2 e 3, 47 (ou 90,38 % do total de amostras) apresentaram toxicidade crônica para o ensaio empregado com *Lytechinus variegatus* e nenhuma amostra (ou 0% do total de amostras) apresentaram toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus*.

Com relação aos ensaios ecotoxicológicos na interface sedimento-água (*Lytechinus variegatus*):

- Trecho 1 (Campanha III): Todas as 27 amostras apresentaram toxicidade crônica, sendo que, 10 (PSS-04, PSS-21, PSS-22, PSS-23, PSS-24, PSS-25, PSS-52, PSS-56, PSS-57 e PSS-58) apresentaram concentração de amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico, e em 17 amostras (PSS-01, PSS-02, PSS-03, PSS-05, PSS-06, PSS-16, PSS-17, PSS-18, PSS-19, PSS-20, PSS-26, PSS-27, PSS-51, PSS-53, PSS-54, PSS-55 e PSS-59) nenhum outro composto apresentou concentração acima dos limites estabelecidos.
- Trecho 2 (Campanha I): Das 9 amostras que apresentaram toxicidade crônica, 3 (PSS-28, PSS-31 e PSS-32) apresentaram concentração de amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico, 1 (PSS-08) apresentou concentração de mercúrio acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 e 5 (PSS-07, PSS-10, PSS-29, PSS-33 e PSS-60) não apresentaram outros compostos acima dos limites estabelecidos.
- Trecho 3 (Campanha II): Todas as 11 amostras apresentaram toxicidade crônica, sendo que, 4 (PSS-13, PSS-37, PSS-38 e PSS-66) apresentaram concentração de mercúrio acima do nível 1, entretanto, 3 dessas amostras (PSS-13, PSS-37 e PSS-66) apresentaram também amônia não ionizada acima do limite de 0,05 mg/L para a espécie *Lytechinus variegatus*, que isoladamente pode causar efeito tóxico. E em 7 amostras (PSS-11, PSS-12, PSS-34, PSS-35, PSS-36, PSS-64 e PSS-65) foi observado efeito tóxico, porém nenhum outro composto apresentou concentração acima dos limites estabelecidos.

A partir dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos, das amostras dos Trechos 1, 2 e 3 do canal do Porto de Santos, nota-se que os testes realizados na fase líquida, via interface sedimento água, apresentaram maior sensibilidade do que na fase sólida com sedimento total, ou seja, a maioria das amostras, no ensaio com interface sedimento-água, foi considerada tóxica. Em outros trabalhos (César *et al.*, 2004; Oliveira, 2009), sobre toxicidade em sedimento marinho, nos quais foram realizados os mesmos ensaios ecotoxicológicos (interface sedimento-água com embriões de ouriço-do-mar e sedimento total com anfípodos adultos) foram observados efeitos similares.

No ensaio ecotoxicológico, via interface sedimento-água, é analisada a possível transferência de contaminantes dos sedimentos para a coluna d'água e, por isso, as características físico-químicas da amostra interferem nos resultados. Parâmetros, tais como, pH, salinidade e oxigênio podem ter uma responsabilidade maior no efeito, que os compostos que migram do sedimento para a água. Vale considerar também que esse teste considera uma passagem aguda e significativa de compostos para a amostra que os embriões ficarão expostos, cuja concentração em amostra teste nunca será mantida no ambiente, visto a natural dispersão e redução de concentração motivada pela hidrodinâmica local, fato que não ocorre nas condições do experimento.

Os resultados encontrados para os ensaios com o organismo *Lytechinus variegatus* a principio não estariam relacionados com os resultados das análises químicas, uma vez que as concentrações dos parâmetros químicos quantificados nos sedimentos foram muito baixas. A maioria dos testes de toxicidade não é sensível a níveis baixos de contaminação (Environment Canada, 2007).

Adicionalmente, além dos níveis de contaminação quantificados nos sedimentos dos Trechos 1, 2 e 3 serem baixos, a fração de carbono orgânico e de sulfetos, presentes nestes sedimentos acabam controlando a disponibilidade destes contaminantes para a coluna d'água.

Já no ensaio ecotoxicológico com sedimento total os organismos são expostos diretamente ao sedimento e, portanto esta metodologia é considerada mais recomendada para avaliação ecotoxicológica no sedimento. Nesse tipo de ensaio são utilizados anfípodos escavadores devido: sensibilidade a vários

poluentes associados aos sedimentos, ciclo de vida curto, facilidade de cultivo em laboratório, tolerância a uma ampla gama de características físico-químicas dos sedimentos, e porque vivem em contato direto com o sedimento (César *et al.*, 2004).

Assim, com base nos dados observados a dragagem nos trechos em pauta não se aparenta crítica, principalmente no trecho 1, onde todos os resultados da caracterização química foram inferiores ao Nível 1 da Resolução Conama 344/04.

6. Cronograma

A próxima etapa compreende a amostragem do Trecho 4. A previsão de término da dragagem deste trecho é setembro de 2011 e a amostragem deverá ocorrer entre 30 e 90 dias após a conclusão.

7. Referências Bibliográficas

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 15350 – Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio do ouriço-do-mar (Echinodermata:Echinoidea). Rio de Janeiro, 2006.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 15638 – Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008. Bower, C.E.; Bidwell, J.P. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH and salinity. J. Fish. Res. Board. Can., n. 35, p. 1012-1016, 1978.

Anderson, B. S., Hunt, B. M., Phillips, S., Newman, J., Tjeerdema, R. S., Fairey, R., Oakden, J., Wilson, C. J., Kapahi, G., Stephenson, M. D., Puckett, Lyons, M. and Birosik, S.: 1998, 'Chemistry, Toxicity and Benthic Community Conditions in Selected Sediments of the Los Angeles Region', *Final Report*, State Water Resources Control Board, Sacramento California. pp 232.

ASCE (American Society of Civil Engineers). 1989. Sulfide in wastewater collection and treatment systems. Manuals and reports on engineering practice No. 69, New York.

Bay, S.; Burgess, R.; Nacci, D. 1993. Status and applications of echinoid (Phylum Echinodermata) toxicity test methods. In: Landis W, Hughes JS, Lewis MA (eds) Environmental toxicity and risk assessment, ASTM STP 1179. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 281-321.

Brasil, 2004. Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.

Cesar, A; Marin, A; Marin-Guirao, L; Vita, R. 2004. Amphipod and sea urchin tests to assess the toxicity of Mediterranean sediments: the case of Portmán Bay. In: Biological Oceanography at the turn of the millenium. J.D. Ros, T.T. Packard, J.M. Gili, J.L. Pretus & D. Blasco (eds.) Scientia Marina 68 (Suppl. 1) 205-213.

Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 2007. Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation. 39 pages.

Erickson, W.P.; McDonald, L.L. Tests for bioequivalence of control media and test media in studies of toxicity. Environ. Toxicol. Chem., v. 14, p. 1274-1256, 1995.

FRF, 2008. Fundação Ricardo Franco. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo, 2008.

Horne, M. T., Finley, N. J., and Sprenger, M. D. (1999) Polychlorinated Biphenyl- and Mercury-Associated Alterations on Benthic Invertebrate Community Structure in a Contaminated Salt Marsh in Southeast Georgia. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37, 317-325.

Jaagumagi, R., 1993, Development of the Ontario provincial sediment quality guidelines for arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, manganese,

mercury, nickel, and zinc: Ontario Ministry of Environment and Energy, Water Resources Branch, 10 p., plus appendices.

Knezovich, J. P.; Steichen, D. J.; Jelinski, J. A.; Anderson, S. L. 1996. Sulfide tolerance of four marine species used to evaluate sediment and porewater toxicity. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 57:450–457.

Licença Prévia Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.

MacDonald DD (1994) Approach to the assessment of sediment quality in Florida coastal waters, volume 1—Development and evaluation of sediment quality guidelines. Prepared for Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL. MacDonald Environmental Sciences Ltd, Ladysmith, BC

MacDonald, D. D., Carr, R. S., Calder, F. D., Long, E. R., and Ingersoll, C. G. (1996) DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SEDIMENT QUALITY GUIDELINES FOR FLORIDA COASTAL WATERS. *Ecotoxicology* 5, 253-278.

Oliveira, L. F. J. 2009. Estudo da qualidade do sedimento através de teste de toxicidade e marcadores de esgoto na Enseada de Ubatuba – SP, Brasil, influência do aumento da população de veraneio. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 87p.

Prósperi, V. A. 2002. Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.

Prósperi, V. A.; Romanelli, M. F.; Buratini, S. V.; Cachattori, D. ; Sáfadi, R. S. ; Tiritan, A.R. Determinação da constante de proporcionalidade utilizada no Teste t por bioequivalência para o ensaio com o anfípoda estuarino *Leptocheirus plumulosus*. In: X Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. Livro de Resumos, 2008. Bento Gonçalves, RS. p. 158.

Salazar M, U'ren S, Steinert S (1980) Sediment bioassays for NAVSTA San Diego dredging project. Technical Report 570, Naval Ocean Systems Center, San Diego, CA

Sferra JC, Fuchsman PC, Wenning RJ, Barber TR (1999) A Site-Specific Evaluation of Mercury Toxicity in Sediment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37:488-495

São Paulo, 2006. Resolução SMA N.º 37. Secretaria do Meio Ambiente, de 30 de agosto de 2006. Dispõe sobre os requisitos dos laudos analíticos submetidos aos órgãos integrantes do Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais – Seaqua.

USEPA (United States Environmental Protection Agency) Method for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment associated contaminants with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*. EPA-600/R-01/020. Cincinnati, U. S. Environmental Protection Agency, 120 p., 2001.

Wang, F.; Chapman, P. M. Biological implications of sulfide in sediment – a review focusing on sediment toxicity. Environmental Toxicology and Chemistry. 1999. V.18, n. 11, p.2526-2532.

Wolfe, D.A., Long, E.R. and Thursby, G.B. (1996) Sediment toxicity in the Hudson–Raritan estuary distribution and correlations with chemical contamination, Estuaries 19 (4) 901–912.

Zar, J.H. Biostatistical Analysis. 4.ed. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, Inc. 1999.

8. Equipe Técnica

Dr. Augusto César - Biólogo ecotoxicologista

Dr. Bauer R. de F. Rachid, Oceanógrafo

Dr. Camilo Seabra – Biólogo ecotoxicologista

MSc Cristina Gonçalves - Química

Dra. Daniela Cambeses Pareschi – Bióloga

Carlos Eduardo Neves Consulim - Oceanógrafo

Clarice Yumi Hiramatsu - Química

Cristal Coelho Gomes – Bióloga

Gimel Roberto Zanin – Oceanógrafo

Luis Augusto Maia Marques – Biólogo

Dra. Mariana Beraldo Masutti – Química

Paula Duran Nagata Perugino - Oceanógrafa

Priscilla Bosa – Oceanógrafa

Rafael Rugna Ciglione – Oceanógrafo

Tábata Sarti Prado - Oceanógrafa

Vanessa Ferreira Rocha - Técnica em Saneamento

9. Anexos

- Anexo 9-1. Capítulo da Garantia e Controle da Qualidade;
- Anexo 9-2. Cadeias de Custódia – Campanhas I – Trecho 02, Campanha II – Trecho 03 e Campanha III - Trecho 01;
- Anexo 9-3. Pontos Amostrais – Campanhas I, II e III;
- Anexo 9-4. Dossiê fotográfico procedimentos de amostragem de sedimento;
- Anexo 9-5. Laudos físico-químicos – Campanhas I, II e III;
- Anexo 9-6. Laudos Analíticos – Campanhas I, II e III.
- Anexo 9-7. Laudos dos testes de toxicidade crônica, com *Lytechinus variegatus* na interface sedimento-água, das Campanhas I, II e III (Trecho 2, Trecho 3 e Trecho 1 do canal do Porto de Santos).
- Anexo 9-8. Laudos dos testes de toxicidade aguda, com *Leptocheirus plumulosus* no sedimento total, da Campanha I, II e III (Trecho 2, Trecho 3 e Trecho 1 do canal do Porto de Santos).
- Anexo 9-9. Laudos das análises de sulfetos total das amostras da Campanha III (Trecho 1 do canal do Porto de Santos).

ANEXO 9-1. CAPÍTULO DA GARANTIA E CONTROLE DA QUALIDADE

ANEXO 9-2. CADEIAS DE CUSTÓDIA – CAMPANHAS I – TRECHO 02,
CAMPANHA II – TRECHO 03 E CAMPANHA III - TRECHO 01;

ANEXO 9-3. PONTOS AMOSTRAIS – CAMPANHAS I, II E III;

ANEXO 9-4. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO;

ANEXO 9-5. LAUDOS FÍSICO-QUÍMICOS – CAMPANHAS I, II E III;

ANEXO 9-6. LAUDOS ANALÍTICOS – CAMPANHAS I, II E III.

ANEXO 9-7. LAUDOS DOS TESTES DE TOXICIDADE CRÔNICA, COM *LYTECHINUS VARIEGATUS* NA INTERFACE SEDIMENTO-ÁGUA, DAS CAMPANHAS I, II E III (TRECHO 2, TRECHO 3 E TRECHO 1 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS).

ANEXO 9-8. LAUDOS DOS TESTES DE TOXICIDADE AGUDA, COM *LEPTOCHEIRUS PLUMULOSUS* NO SEDIMENTO TOTAL, DA CAMPANHA I, II E III (TRECHO 2, TRECHO 3 ETRECHO 1 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS).

ANEXO 9-9. LAUDOS DAS ANÁLISES DE SULFETOS TOTAL DAS AMOSTRAS
DA CAMPANHA III (TRECHO 1 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS).