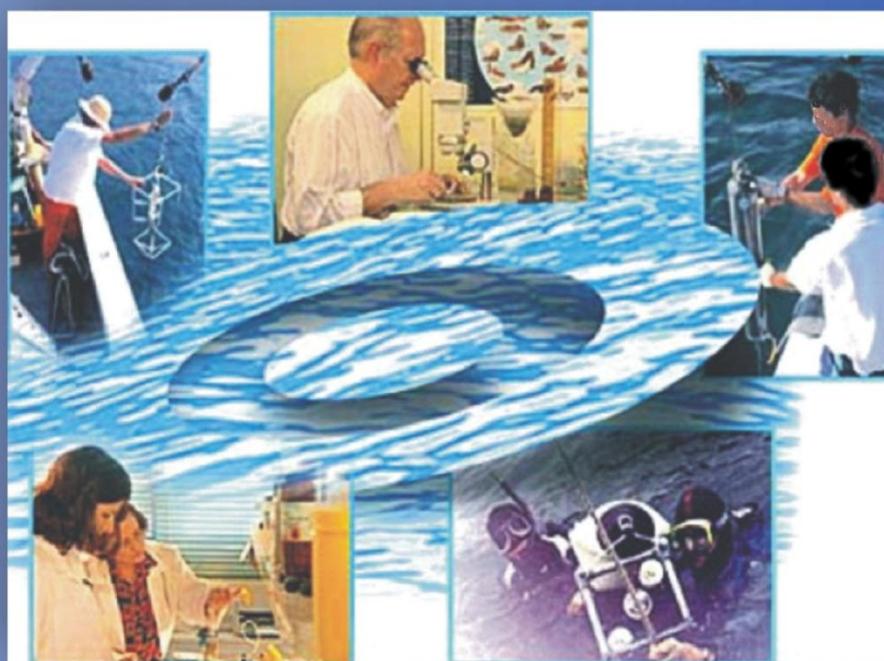


*GERENCIAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO  
PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA  
DRAGAGEM DO CANAL DE NAVEGAÇÃO  
DO PORTO DE SANTOS - FINALIZAÇÃO DO  
APROFUNDAMENTO DO TRECHO 4 e  
MANUTENÇÃO DOS TRECHOS 2 e 3*



 **FUNDESPA**  
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

**10º Relatório do Monitoramento Ambiental  
Intensificado para a Dragagem do Trecho 4  
do Canal do Porto de Santos**

**RMI - 180612**

## **IDENTIFICAÇÃO**

---

**PRODUTO:** RMI-180612 – 10º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos

**DATA:** 18 de junho de 2012.

## **APRESENTAÇÃO**

Contratada pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP para coordenar e administrar os trabalhos de “**GERENCIAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA DRAGAGEM DO CANAL DE NAVEGAÇÃO DO PORTO DE SANTOS - FINALIZAÇÃO DO APROFUNDAMENTO DO TRECHO 4 e MANUTENÇÃO DOS TRECHOS 2 e 3**”, a FUNDESPA encaminha o 10º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos, consolidando os resultados obtidos nas campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, referentes ao período de 13 de março a 11 de junho de 2012, da segunda etapa do Monitoramento Intensivo.

## SUMÁRIO

<b>MONITORAMENTO AMBIENTAL INTENSIFICADO PARA A DRAGAGEM DO TRECHO 4 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS.....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO MONITORAMENTO INTENSIVO DO PDO .....	4
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	12
4. RESULTADOS .....	14
5. CONSIDERAÇÕES.....	64
6. CRONOGRAMA .....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
8. ANEXOS .....	67

## **Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos**

### **1. Introdução e Objetivos**

O monitoramento ambiental intensificado para a dragagem de aprofundamento do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos é um subprograma complementar, que visa à intensificação do Monitoramento na Área de Disposição Oceânica para que se possa, de forma rápida e objetiva, dar subsídios para a tomada de decisão quanto à gestão da disposição dos sedimentos dragados da área em questão. Este relatório faz parte do Programa Monitoramento Ambiental da Área de Disposição Oceânica de Materiais Dragados na Região do Porto de Santos implantado para a dragagem de aprofundamento do trecho 4 e dragagem de manutenção dos trechos 2 e 3 do canal de navegação.

Em 4 de outubro de 2010 foi retificada a Licença de Instalação nº 666/2009 autorizando a dragagem de aprofundamento do Trecho 4. Tendo em vista a presença de material de qualidade inferior na região da Alemoa, em particular das áreas identificadas como AL 01 (porção oeste) e AL 02 (porção leste) deste Trecho, o IBAMA, por meio da Nota Técnica nº 117/2010COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA, solicitou a realização de monitoramentos adicionais durante a dragagem destas áreas, com coletas semanais de amostras para realização de ensaios ecotoxicológicos com as fases sólidas e líquidas do sedimento da área de disposição e análises químicas de mercúrio. Além destas análises semanais, foi solicitada a intensificação da avaliação de bioacumulação em tecidos de organismos demersais para periodicidade trimestral. Estes resultados serão apresentados juntamente com os demais resultados do Monitoramento da Área de Descarte em relatórios semestrais encaminhados ao IBAMA.

O Trecho 4 foi subdividido em quatro subtrechos (A, B, C e D) (Figura 1-1), sendo que os subtrechos 4B e 4D apresentam porções de sedimento de qualidade inferior, ou seja, sedimentos com concentrações de alguns elementos acima do Nível 1 ou 2 da Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Após a comprovação da viabilidade da dragagem de aprofundamento e posterior descarte oceânico dos sedimentos de qualidade inferior identificados no Trecho 4, a Retificação da Licença de Instalação (LI) nº 666/2009 condicionou a dragagem de aprofundamento do Trecho 4, nas áreas denominadas AL 01 (subtrecho 4D) e AL 02 (subtrecho 4B) (Figura 1-1), à não execução de *overflow* e determinou que a disposição de tais sedimentos na área de descarte marinho fosse condicionada à realização de monitoramento intensificado.

O Plano de Disposição Oceânica (aprovado pelo IBAMA e condicionante da LI) estabelece que o material dragado, proveniente das duas áreas (AL 01 e AL 02) na região da Alemoa, será destinado ao setor de uso restrito (SUR), correspondendo às quadrículas Q9 e Q10.

A segurança do processo de dragagem, das áreas AL 01 e AL 02, pode ser alcançada através deste plano de monitoramento intensificado com respostas rápidas o suficiente, de modo a permitir eventuais interrupções no processo. Desde que detectados rapidamente, os impactos na área de disposição poderão apresentar certo grau de controle através do recobrimento dos sedimentos lançados com sedimentos de melhor qualidade.

Inicialmente, a dragagem no Trecho 4 iniciou em 28 de janeiro de 2011 e a dragagem nos subtrechos com sedimento de qualidade inferior iniciou-se em 16 de março de 2011, no subtrecho 4B. Anteriormente à dragagem do subtrecho 4B foi realizada a campanha prévia no dia 03 de fevereiro de 2011. A data de início de dragagem no subtrecho 4B marcou o início da contagem para o monitoramento intensificado, sendo a Campanha I realizada em 24 de março, e as demais campanhas realizadas semanalmente após esta data até a Campanha XXXIV, realizada no dia 09 de setembro. A partir da Campanha XXXV as coletas passaram a ser realizadas quinzenalmente.

No dia 26 de abril de 2011 foi iniciada a dragagem no subtrecho 4D (na área de sedimento de melhor qualidade), sendo que em AL 01 (porção oeste) a dragagem do sedimento de qualidade inferior iniciou no dia 28 de abril de 2011. No dia 21 de junho de 2011, ocorreu o primeiro registro de concentração de mercúrio acima do Nível 1 (0,15 mg/kg) da Resolução CONAMA 344/04 no PDO, na quadrícula Q9 (0,367mg/kg), referente a coleta de sedimentos realizada no dia

17 de junho de 2011. Nesse mesmo dia, a SEP/CODESP paralisou a dragagem de sedimentos na área AL 01. Em 23 de dezembro de 2011, no Parecer Técnico Nº 71/2011–COPAH/CGTMO/DILIC/IBAMA, foi concedida à continuidade da dragagem no trecho 4D, ressaltando que as condicionantes dispostas na Licença de Instalação Nº 666/2009, devem ser cumpridas.

No dia 8 de março de 2012 a dragagem de manutenção do Trecho 2 foi iniciada. No dia 13 de março de 2012 foi reiniciada a dragagem no Trecho 4D, conforme Plano de Disposição apresentado pela Secretaria de Portos, no dia 12 de março de 2012 (Anexo 8-1) e no dia 19 de março foi realizada a Campanha 1 do Monitoramento Intensivo para esta nova etapa do trabalho.



Figura 1-1. Localização do Trecho 4 e seus subtrechos (4A, 4B, 4C e 4D), em destaque as manchas de material de sedimento com qualidade inferior (AL 01 e AL 02).

## **2. Atividades desenvolvidas no Monitoramento Intensivo do PDO**

Serão realizados monitoramentos com respostas rápidas quanto à qualidade química e ecotoxicológica dos sedimentos da área de descarte para gerenciar a área de disposição oceânica atual, visando à mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, resultantes de efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos oriundos das áreas AL 01 e AL 02.

O presente monitoramento intensificado prevê a entrega semanal de laudos de análise química para mercúrio ao IBAMA. Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com elutriato são entregues em cerca de 10 dias, dado o prazo de exposição e processamento das análises, enquanto que os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com sedimento total são concluídos em 45 dias.

Iniciado o monitoramento intensificado, após 15 dias, é emitido relatório contendo os laudos bem como breves considerações acerca dos resultados encontrados.

## 2.1. Metodologia

As amostras de sedimento são coletadas com amostrador de fundo do tipo *Van Veen* nos seguintes locais, conforme Figura 2.1-1:

- 1) Quadrícula Q-9 (PS-Q9)
- 2) Quadrícula Q-10 (PS-Q10)
- 3) Ponto a Nordeste do Polígono de Disposição Oceânica (PS-N1)
- 4) Ponto a ser controlado, próximo à Laje de Santos (PS-C1)

Estes locais, constituídos por uma área de 1 milha quadrada, foram subdivididos em 4 subáreas de onde são obtidas subamostras. Estas subamostras são homogeneizadas para assim, formar uma amostra composta representativa daquela área.

Após coletadas, as amostras são acondicionadas e encaminhadas para análises conforme normas técnicas internacionalmente reconhecidas e padronizadas. Cadeias de custódia acompanham os processos de coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório contratado.

O sedimento das áreas AL 01 e AL 02 é descartado no Setor de Uso Restrito (quadrículas Q-9 e Q-10), reservado para a disposição controlada dos sedimentos de qualidade inferior. O ponto de coleta localizado próximo ao Parque Estadual Marinho da Laje de Santos (PS-C1), (entre a Laje e o local de disposição), no limite da zona de amortecimento do parque (Figura 2.1-1), é monitorado visando verificar eventual dispersão de sedimento dragado nesta direção.

O ponto a nordeste do PDO (PS-N1) está posicionado fora da área de disposição e tem por finalidade identificar eventual contaminação da região, visto que o mesmo se encontra na direção principal do transporte e dispersão dos sedimentos, conforme mostrado por modelagem numérica apresentada no EIA/RIMA (FRF, 2008).

A Figura 2.1-2 apresenta esquema da malha amostral e as coordenadas geográficas dos pontos amostrais estão listadas na Tabela 2.1-1.

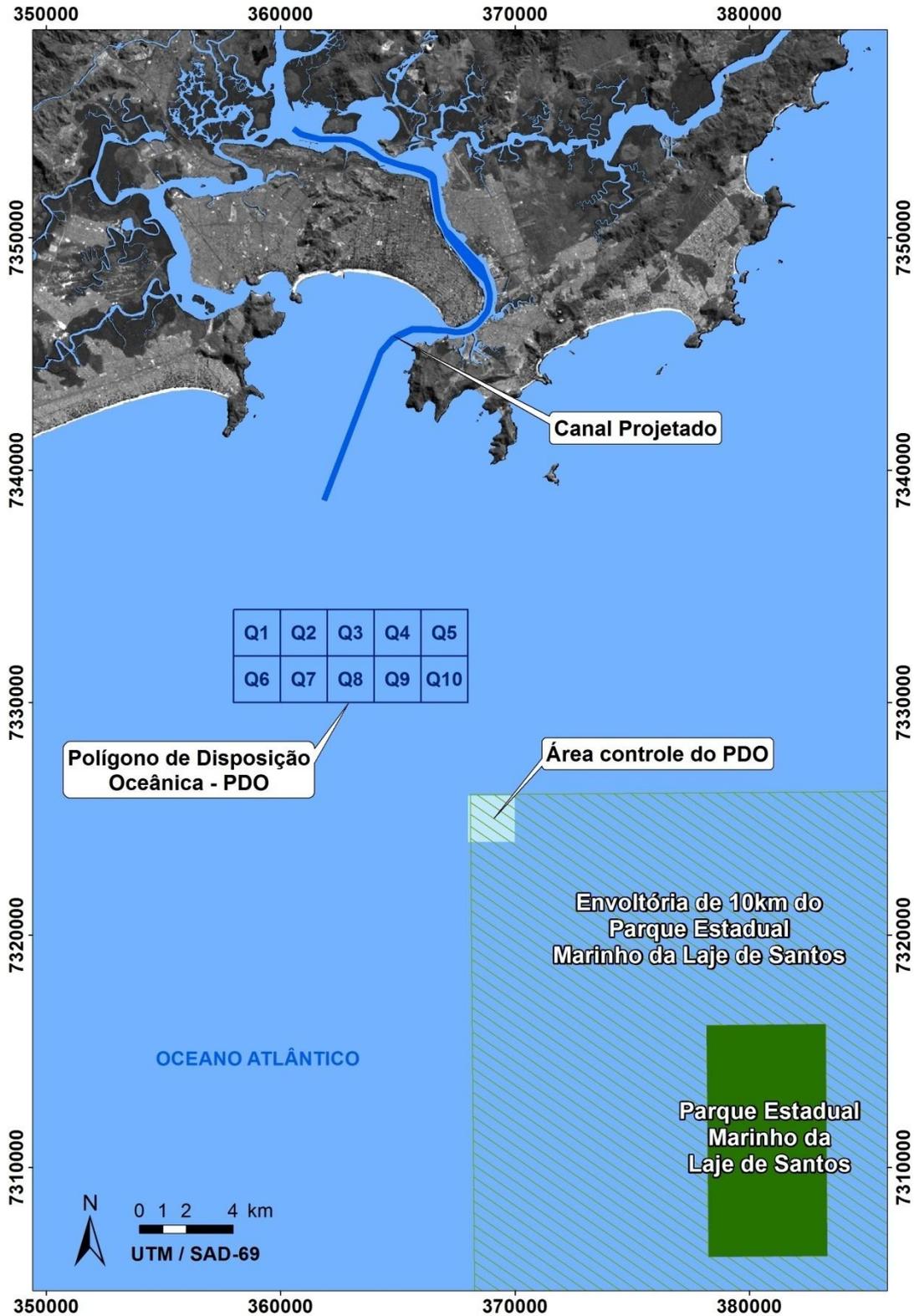


Figura 2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

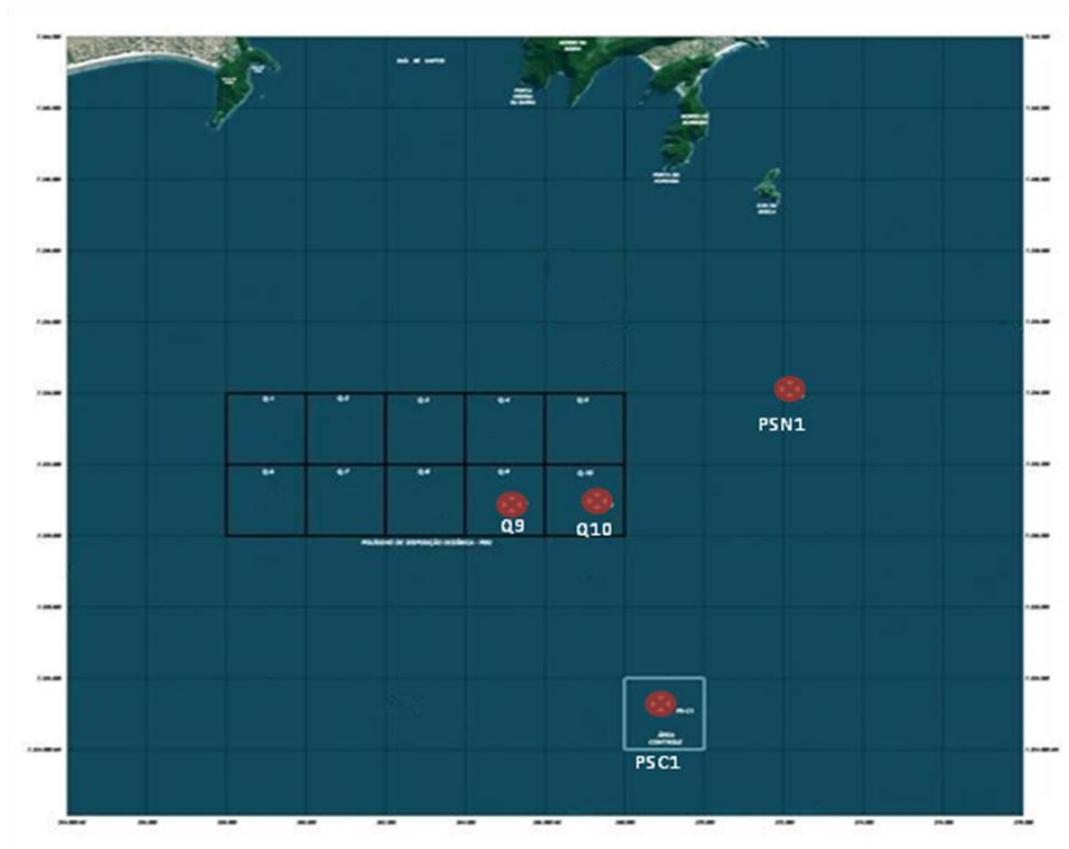


Figura 2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados, com indicação das áreas monitoradas.

Tabela 2.1-1. Posição geográfica dos pontos de coleta. Projeção UTM. Datum horizontal: SAD 69.

PS-Q9	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-Q10	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	364.552	7.331.369	23J	A	366.573	7.331.331	23J
B	364.645	7.330.469	23J	B	366.744	7.330.452	23J
C	365.564	7.330.578	23J	C	367.614	7.330.603	23J
D	365.426	7.331.517	23J	D	367.451	7.331.498	23J
PS-N1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-C1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	371.522	7.334.381	23J	A	368.674	7.325.527	23J
B	371.656	7.333.593	23J	B	368.802	7.324.695	23J
C	372.589	7.333.698	23J	C	369.709	7.324.833	23J
D	372.455	7.334.559	23J	D	369.633	7.325.650	23J

As coletas para análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos são realizadas semanalmente, sendo iniciadas cerca de 7 dias após início da dragagem no Trecho 4.

## 2.2. Análises

### Mercúrio

A concentração de mercúrio total é analisada em laboratório acreditado na norma NBR ISO/IEC 17025:2005, seguindo o método SW 846 USEPA-7471B (preparação e análise), conforme vem sendo conduzido no monitoramento implantado.

A técnica analítica empregada para análise de mercúrio nos sedimentos apresenta excelente defectibilidade, sendo possível a quantificação deste elemento em nível de  $\mu\text{g/Kg}$  (ppb – parte por bilhão). Os resultados obtidos são, portanto, expressos nesta unidade, estando a incerteza de medição associada ao terceiro algarismo significativo. No entanto, para facilitar ao usuário a comparação do resultado obtido com a Resolução CONAMA 344/04, que está expresso em  $\text{mg/kg}$  (ppm – parte por milhão), o laboratório converte o resultado obtido para esta unidade, gerando um resultado com quatro casas decimais.

### Ensaio Ecotoxicológicos

- **Sedimento Total**

Os ensaios ecotoxicológicos são realizados conforme metodologia padronizada na norma ABNT/NBR-15638, utilizando anfípodos da espécie *Leptocheirus plumulosos*.

O ensaio com *L. plumulosos* é um método internacionalmente aplicado na avaliação ecotoxicológica de sedimentos marinhos, e vem sendo utilizado no monitoramento mensal da área de disposição.

Os testes de toxicidade aguda, com o anfípoda *L. 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 essas 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 *L. plumulosus* (Prósperi *et al.*, 2008).

- **Elutriato**

Os testes de toxicidade crônica são realizados segundo metodologia ABNT 15350 (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 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  $\mu$ m 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 espermatozóide 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 esperma 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 média 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.

Elutriado é definido como um processo de homogeneização entre um certo volume de sedimento e um volume de diluente por um determinado período de tempo. Após esta homogeneização, a solução sedimento + água decanta e posteriormente é separado o sobrenadante para realização dos testes de toxicidade.

Os ensaios são conduzidos em tubos de ensaio de 15 ml nos quais, para cada amostra, são montadas 4 réplicas. Uma alíquota de 150 g de sedimento de cada amostra é homogeneizada por 30 minutos com 600 ml de água de diluição marinha filtrada, utilizando agitador Turbo-Floc/2c de marca Policontrol com velocidade constante de 105 rpm. Após agitação, as amostras permaneceram em repouso por 24h e posteriormente, são sifonados 10 ml do sobrenadante, e adicionados a cada réplica do teste, conforme (ABNT NBR 15350, 2006; USEPA, 2001).

Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de  $25 \pm 2$  °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).

Durante os testes de toxicidade com *L. variegatus*, são realizadas as seguintes análises físico-químicas iniciais na fração aquosa:

- Temperatura (termômetro de vidro INCOTERM);
- Salinidade (refratômetro Shibuya 145);
- pH (peagâmetro *Laborgraf* – B474);
- Oxigênio dissolvido (método do eletrodo de membrana - Oxímetro Oxi WTW 3151);
- Amônia total (Método de destilação e titulação - 4500-C – APHA, 1998) e amônia não ionizada, estimada a partir dos valores de amônia total, de acordo com procedimento proposto por Whitfield, 1974.

### 3. Atividades desenvolvidas

Neste relatório são apresentadas as atividades referentes ao **Programa de Monitoramento Ambiental Intensificado para Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos**, desenvolvidas no período de 13 de março a 11 de junho de 2012.

Até o presente momento foram realizadas 11 campanhas, sendo realizadas nas seguintes datas:

- **Campanha 1:** 19 de março de 2012;
- **Campanha 2:** 27 de março de 2012;
- **Campanha 3:** 09 de abril de 2012;
- **Campanha 4:** 13 de abril de 2012;
- **Campanha 5:** 18 de abril de 2012;
- **Campanha 6:** 23 de abril de 2012;
- **Campanha 7:** 08 de maio de 2012;
- **Campanha 8:** 17 de maio de 2012;
- **Campanha 9:** 24 de maio de 2012;
- **Campanha 10:** 30 de maio de 2012;
- **Campanha 11:** 11 de junho de 2012.

O presente relatório consolida os resultados das análises de mercúrio das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 e os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, referente à segunda etapa do Monitoramento Intensivo. Os demais resultados ainda não foram liberados pelos laboratórios, estando dentro do período regular de análise.

A Tabela 3-1 identifica a situação de entrega dos resultados das análises, assim como em que relatório de acompanhamento dos períodos de referência os mesmos podem ser encontrados.

Tabela 3-1. Quadro de situação de entrega dos resultados das análises e relatórios de acompanhamento.

Campanha	Período de Dragagem	Data da Coleta	Laudos	Situação dos laudos	Relatório
1	13 a 19/03/2012	19/03/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>1º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>3º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
2	20 a 27/03/2012	27/03/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>2º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
3	28/03/12 a 09/04/12	09/04/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>3º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>7º</b>
4	10 a 13/04/12	13/04/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>3º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>7º</b>
5	14 a 18/04/12	18/04/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>4º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>10º</b>
6	19 a 23/04/12	23/04/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>entregue</b>	<b>10º</b>
7	24/04/12 a 08/05/12	08/05/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>8º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>em análise</b>	-
8	09 a 17/05/12	17/05/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>7º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>8º</b>
			Ecotox. Sedimento	<b>em análise</b>	-
9	18 a 24/05/12	24/05/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>8º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>em análise</b>	-
			Ecotox. Sedimento	<b>em análise</b>	-
10	25 a 30/05/12	30/05/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>9º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>em análise</b>	-
			Ecotox. Sedimento	<b>em análise</b>	-
11	31/05/12 a 11/06/12	11/06/12	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>10º</b>
			Ecotox. Elutriato	<b>em análise</b>	-
			Ecotox. Sedimento	<b>em análise</b>	-

#### 4. Resultados

A seguir são apresentados os resultados analíticos das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as campanhas realizadas até o momento. Todos os demais laudos ainda não foram liberados pelos laboratórios.

No **1º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foi apresentado o laudo da análise de mercúrio da Campanha 1. No **2º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foi apresentado o laudo da análise de mercúrio da Campanha 2. No **3º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio das Campanhas 3 e 4 e o laudo dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato da Campanha 1. No **4º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha 5. No **5º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos de mercúrio da Campanha 6, os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas 2 e 3 e o laudo do ensaio ecotoxicológico no sedimento total da Campanha 1. No **6º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos de mercúrio da Campanha 7, os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas 4, 5 e 6 e o laudo do ensaio ecotoxicológico no sedimento total da Campanha 2. No **7º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos de mercúrio da Campanha 8, os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas 3 e 4. No **8º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos de mercúrio da Campanha 9, os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas 7 e 8. No **9º Relatório** do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram

apresentados os laudos de mercúrio da Campanha 10.

A seguir são apresentados os resultados analíticos das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da **Campanha 11**. O laudo da análise de mercúrio da Campanha 11, emitido pelo laboratório Analytical Technology, encontra-se no Anexo 8-2. Os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas 5 e 6, encontram-se nos Anexos 8-3 e 8-4, respectivamente.

Para discussão dos resultados obtidos na análise de mercúrio foram utilizados os valores estabelecidos pela Resolução Conama nº 344 (Brasil, 2004), a qual estabelece níveis de classificação do material a ser dragado em águas salinas/salobras e valores orientadores para alguns compostos presentes no sedimento. Esta legislação apresenta duas concentrações-limite, sendo a primeira o limiar abaixo do qual existe baixa probabilidade de ocorrer efeitos adversos à biota (Nível 1) e a segunda, cujo limiar acima é provável que ocorram efeitos negativos à biota (Nível 2). A classificação dos sedimentos na faixa entre estes dois níveis é indicativo de que já existe a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos sobre os organismos.

Assim, adicionalmente aos resultados apresentados, foram detalhados os Níveis 1 e 2 de classificação daquela Resolução. Analisando os laudos referentes às análises químicas de mercúrio constatou-se que todos os limites de quantificação do método foram inferiores aos padrões de classificação da Resolução Conama nº 344/04 (Brasil, 2004).

#### **4.1 Análise Química – Mercúrio Total**

Os resultados das análises de mercúrio total nas amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, estão apresentados na Tabela 4.1-1 e nas Figuras 4.1-1, 4.1-2, 4.1-3 e 4.1-4.

Na Campanha 11, quantificou-se mercúrio, nas quadrículas PS-Q9 (0,0671 mg/kg) e PS-Q10 (0,0841 mg/kg), em concentração abaixo do Nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004). Nas outras amostras

(PS-N1 e PS-C1) as concentrações de mercúrio analisadas no sedimento registraram concentrações abaixo do limite de quantificação (<LQ)

A validação das medidas de mercúrio foi feita através da análise de sedimento de referência, cujos resultados indicaram que a porcentagem de recuperação atende ao critério de aceitação do método analítico para a Campanha 11.

Tabela 4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadrículas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1).

Mercúrio Total								
Campanha	Data da Coleta	Resolução CONAMA 344/04		Unidade	PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
		Nível 1	Nível 2					
1	19/03/12	0,15	0,71	mg/Kg	< 0,0598	< 0,0570	< 0,0406	< 0,0392
2	27/03/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,0701	< 0,0634	< 0,0426	< 0,0392
3	09/04/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,201	0,0814	< 0,0441	< 0,0392
4	13/04/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,0714	0,0747	< 0,0444	< 0,0398
5	18/04/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,0542	0,214	< 0,0446	< 0,0378
6	23/04/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,084	0,0892	< 0,0499	< 0,0385
7	08/05/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,116	0,110	< 0,0369	< 0,0404
8	17/05/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,086	0,172	< 0,0429	< 0,0387
9	24/05/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,0495	0,106	< 0,0470	< 0,0400
10	30/05/12	0,15	0,71	mg/Kg	< 0,0545	0,092	< 0,0396	< 0,0390
11	11/06/12	0,15	0,71	mg/Kg	0,0671	0,0841	< 0,0452	< 0,0391

**Legenda:** Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

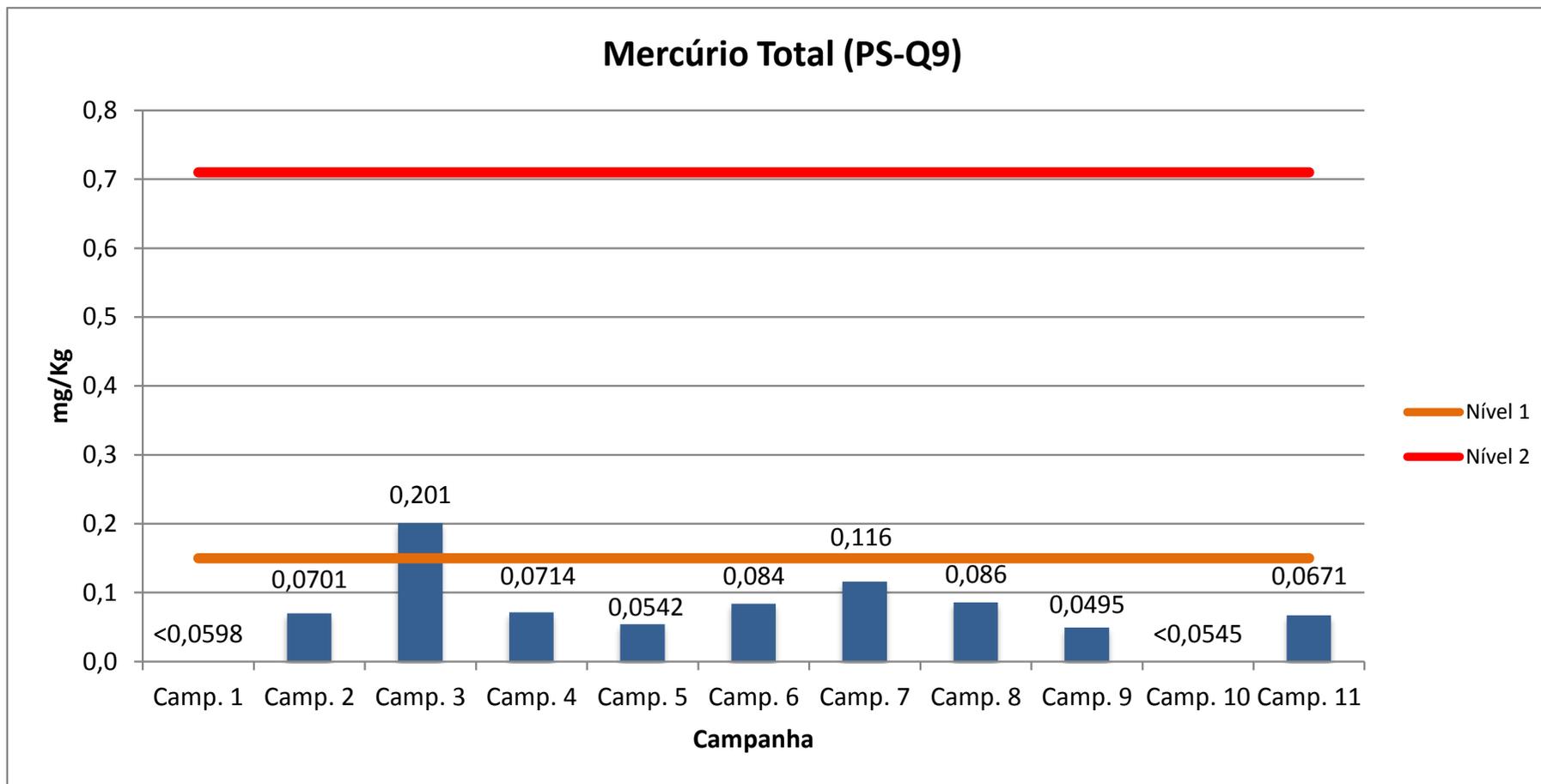


Figura 4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas na quadrícula Q-9 (PS-Q9), referentes às Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

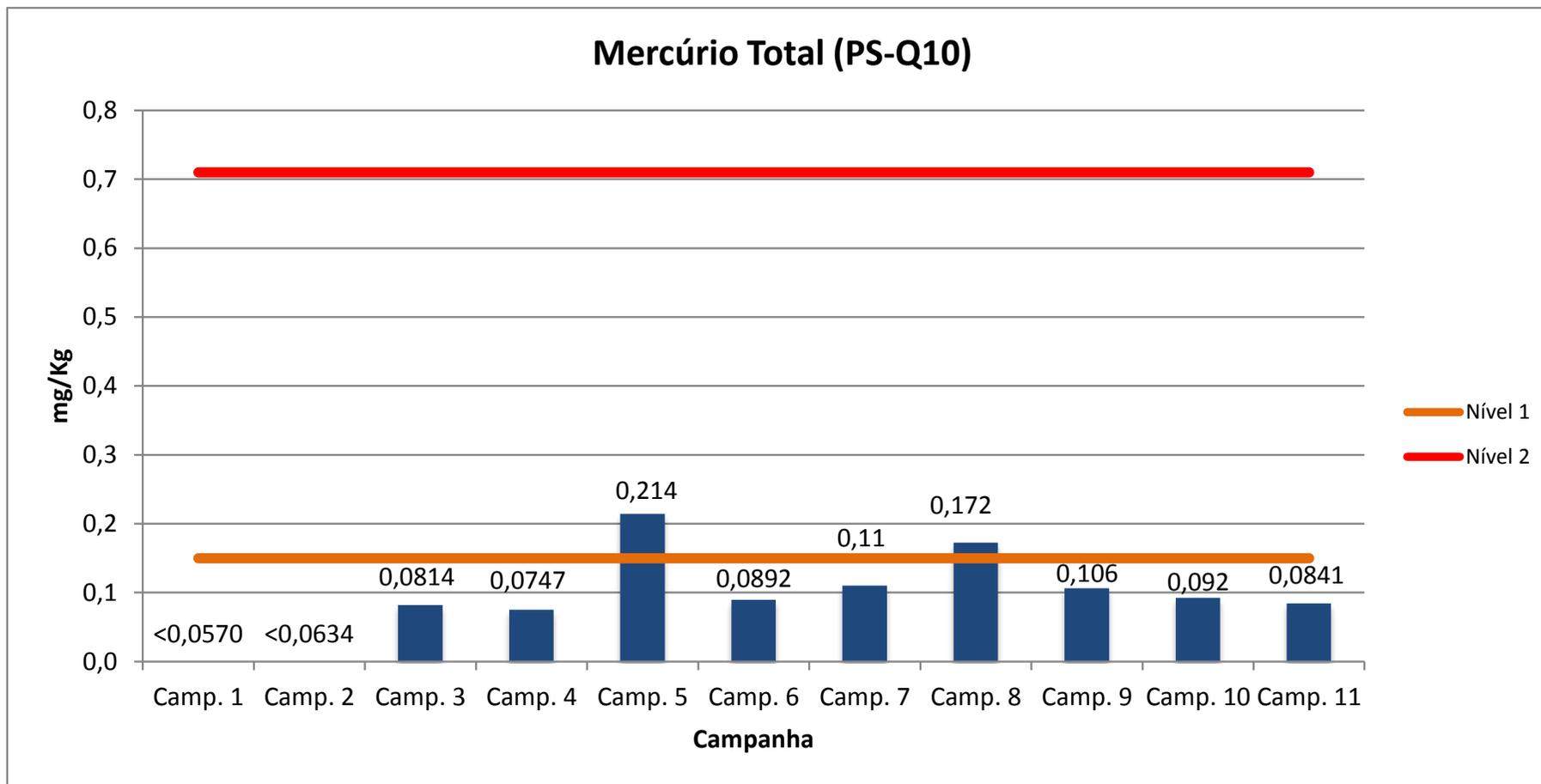


Figura 4.1-2. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas na quadrícula Q-10 (PS-Q10), referentes às Campanhas 1, 2 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

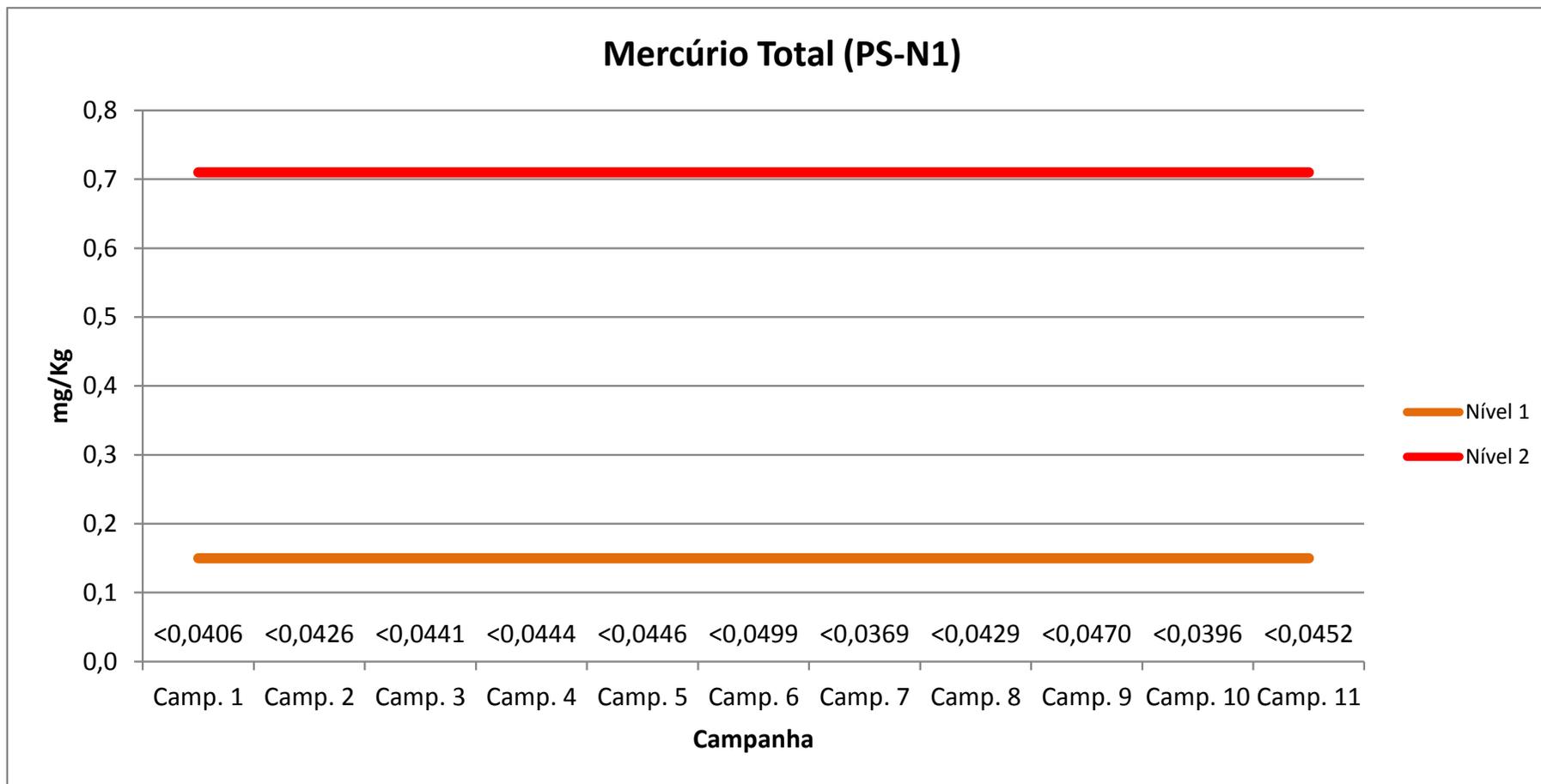


Figura 4.1-3. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas no ponto a nordeste do PDO (PS-N1), referentes às Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

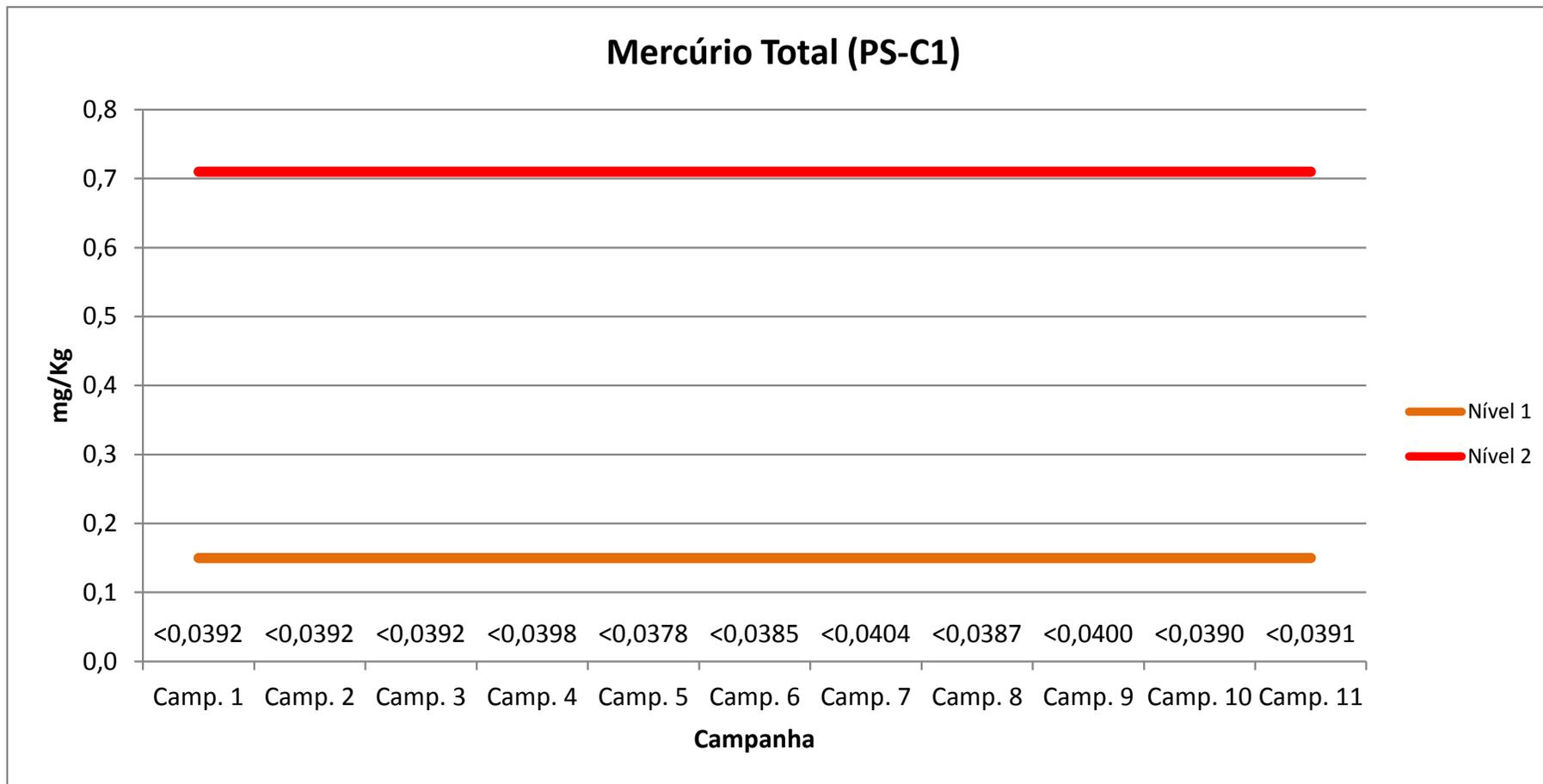


Figura 4.1-4. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas na área a ser controlada (PS-C1), referentes às Campanhas 1, 2 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

## 4.2 Granulometria

Em reunião entre CODESP, SEP e IBAMA foi determinado que em todas as campanhas deveria ser realizada a análise granulométrica das amostras dos pontos (PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 E PS-C1), a seguir são apresentados os resultados desta análise, para as campanhas realizadas até o momento.

- **Campanha 1**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-1 e Figura 4.2-1. Nas amostras coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (64,2 e 74,1%) e silte (18,8 e 11,6%), e em menores porcentagens foram encontradas areia fina (5,4 e 7,73%) e argila (11,1 e 6,1%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (43 e 71,5%) e areia muito fina (41,4 e 22,5%). A fração silte contribuiu, respectivamente, com 6,88 e 2,92%, a fração argila com 7,45 e 1,13%, enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%, em ambas as amostras.

Tabela 4.2-1. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 1.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 1			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	11,1	6,1	7,45	1,13
Silte	%	18,8	11,6	6,88	2,92
Areia muito fina	%	64,2	74,1	41,4	22,5
Areia fina	%	5,4	7,73	43	71,5
Areia média	%	0,471	0,398	1,1	1,79
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	70,1	82,3	85,4	95,8

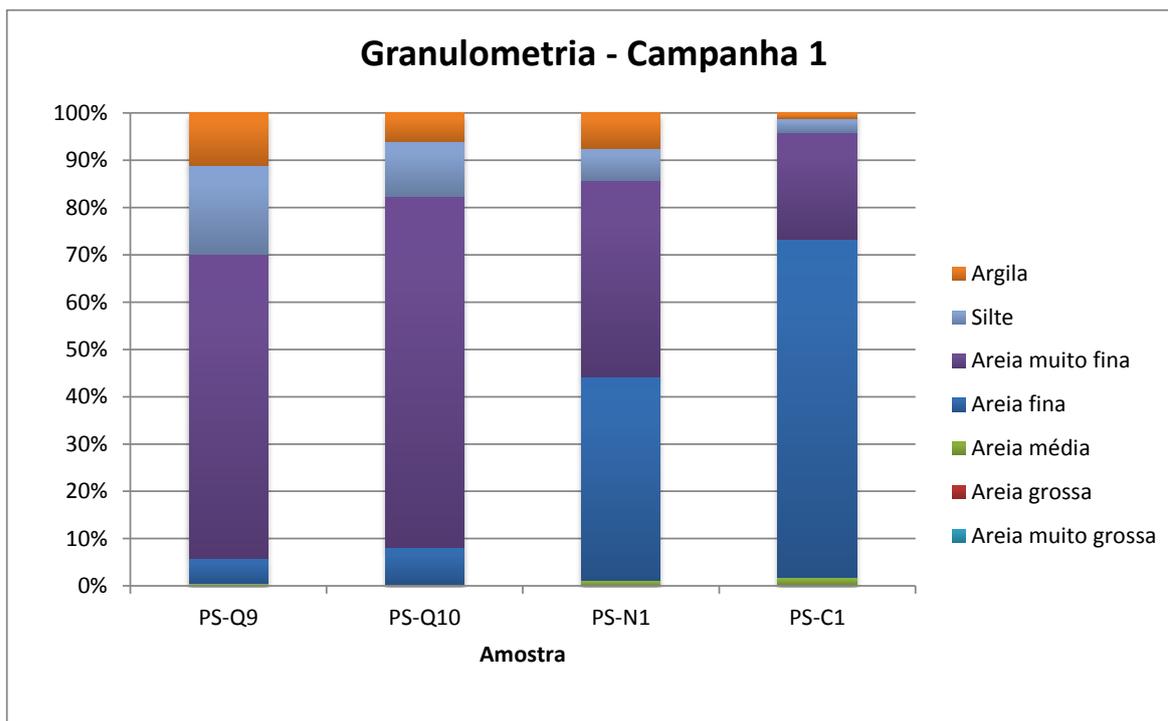


Figura 4.2-1. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 1.

- **Campanha 2**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-2 e Figura 4.2-2. Nas amostras coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (55,4 e 60,5%) e silte (20,4 e 19,7%), e em menores porcentagens foram encontradas areia fina (11,9 e 7,55%) e argila (9,99 e 10,4%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 3%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (45 e 70,7%) e areia muito fina (40,9 e 24,3%). A fração argila contribuiu, respectivamente, com 5,58 e 2,75%, a fração silte com 7,31% em PS-N1 e menor que 0,1% em PS-C1, enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%, em ambas as amostras.

Tabela 4.2-2. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 2.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 2			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	9,99	10,4	5,58	2,75
Silte	%	20,4	19,7	7,31	< 0,100
Areia muito fina	%	55,4	60,5	40,9	24,3
Areia fina	%	11,9	7,55	45	70,7
Areia média	%	2,16	1,66	1,01	2,17
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	69,4	69,7	86,9	97,1

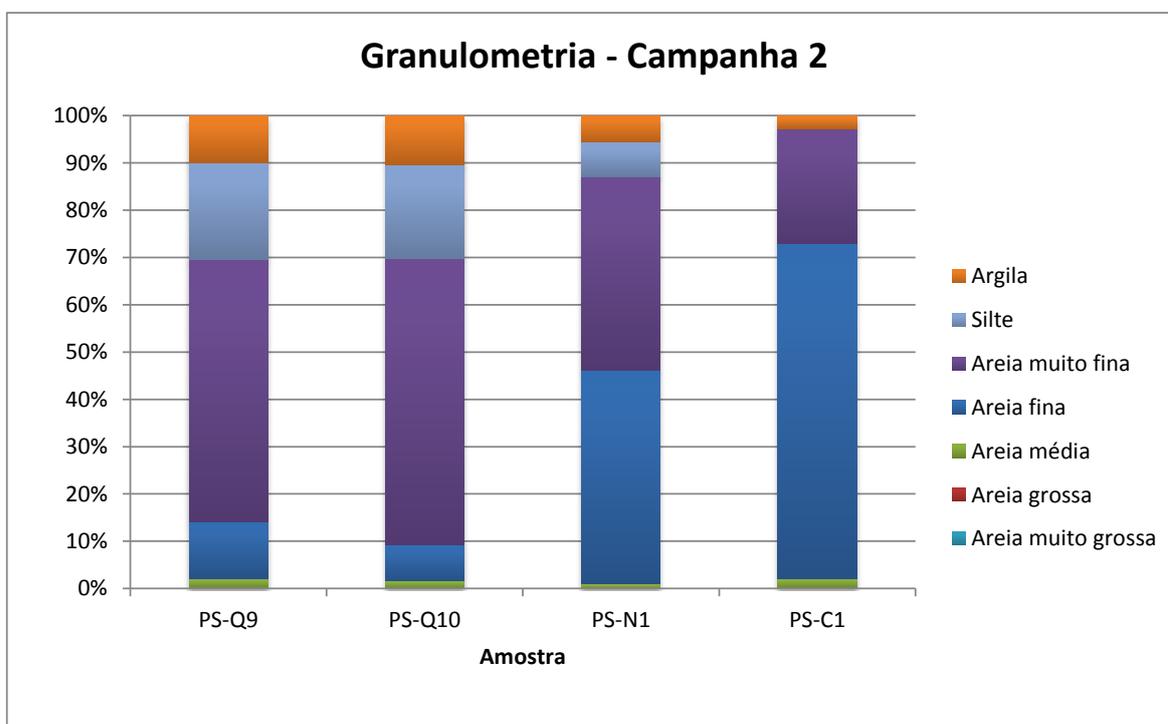


Figura 4.2-2. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 2.

- **Campanha 3**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-3 e Figura 4.2-3. Na amostra coletada em PS-Q9 houve predominância das frações areia muito fina (68,5%) e argila (17,5%), e em

menores porcentagens foram encontradas areia fina (8,44%) e silte (4,64%). Em PS-Q10 ocorreu predominância das frações areia muito fina (78,8%) e silte (9,09%), e em menores porcentagens foram encontradas argila (6,09%) e areia fina (5,43%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (47,7 e 70,6%) e areia muito fina (34,7 e 24,3%). A fração argila contribuiu, respectivamente, com 7,93 e 3,42%, a fração silte com 8,4% em PS-N1 e menor que 1% em PS-C1, enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%, em ambas as amostras.

Tabela 4.2-3. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 3.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 3			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	17,5	6,09	7,93	3,42
Silte	%	4,64	9,09	8,4	0,342
Areia muito fina	%	68,5	78,8	34,7	24,3
Areia fina	%	8,44	5,43	47,7	70,6
Areia média	%	0,666	0,446	1,09	1,22
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	77,6	84,7	83,5	96,1

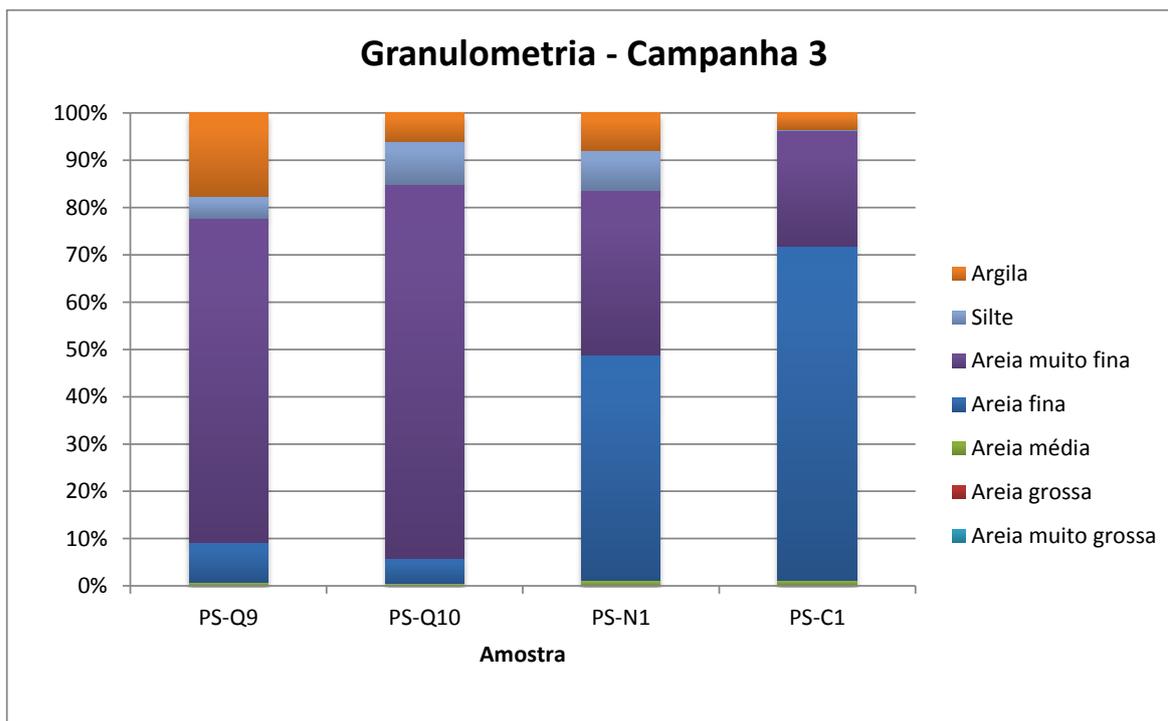


Figura 4.2-3. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 3.

- **Campanha 4**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-4 e Figura 4.2-4. Nas amostras coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (41,1 e 68,5%) e silte (24,1 e 12,5%), e em menores porcentagens foram encontradas argila (18,1 e 8,09%) e areia fina (14,6 e 10,7%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (46,7 e 75,7%) e areia muito fina (34,8 e 19,2%). A fração argila contribuiu, respectivamente, com 8,51 e 1,91%, a fração silte com 8,79% em PS-N1 menor que 1% em PS-C1, enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 3%, em ambas as amostras.

Tabela 4.2-4. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 4.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 4			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	18,1	8,09	8,51	1,91
Silte	%	24,1	12,5	8,79	0,514
Areia muito fina	%	41,1	68,5	34,8	19,2
Areia fina	%	14,6	10,7	46,7	75,7
Areia média	%	1,98	0,219	0,917	2,49
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	57,6	79,4	82,4	97,4

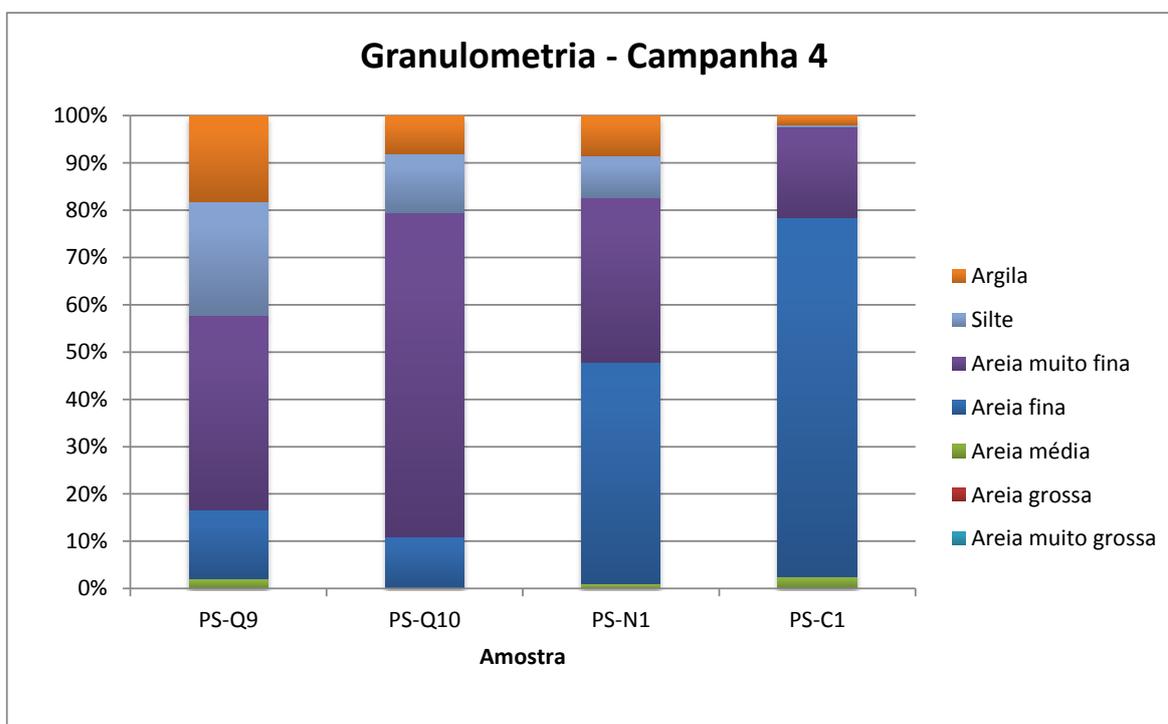


Figura 4.2-4. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 4.

- **Campanha 5**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-5 e Figura 4.2-5. Nas amostras coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (52,4 e 53,6%) e silte (19,7 e 22,8%),

e em menores porcentagens foram encontradas argila (14 e 11,8%) e areia fina (12,9 e 11,1%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (41,5 e 74,5%) e areia muito fina (36,5 e 19,8%). A fração argila contribuiu, respectivamente, com 8,46 e 1,75%, a fração silte com 12,1% em PS-N1 e 2,08% em PS-C1, enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%, em ambas as amostras.

Tabela 4.2-5. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 5.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 5			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	14	11,8	8,46	1,75
Silte	%	19,7	22,8	12,1	2,08
Areia muito fina	%	52,4	53,6	36,5	19,8
Areia fina	%	12,9	11,1	41,5	74,5
Areia média	%	0,689	0,504	1,21	1,94
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	66	65,2	79,3	96,2

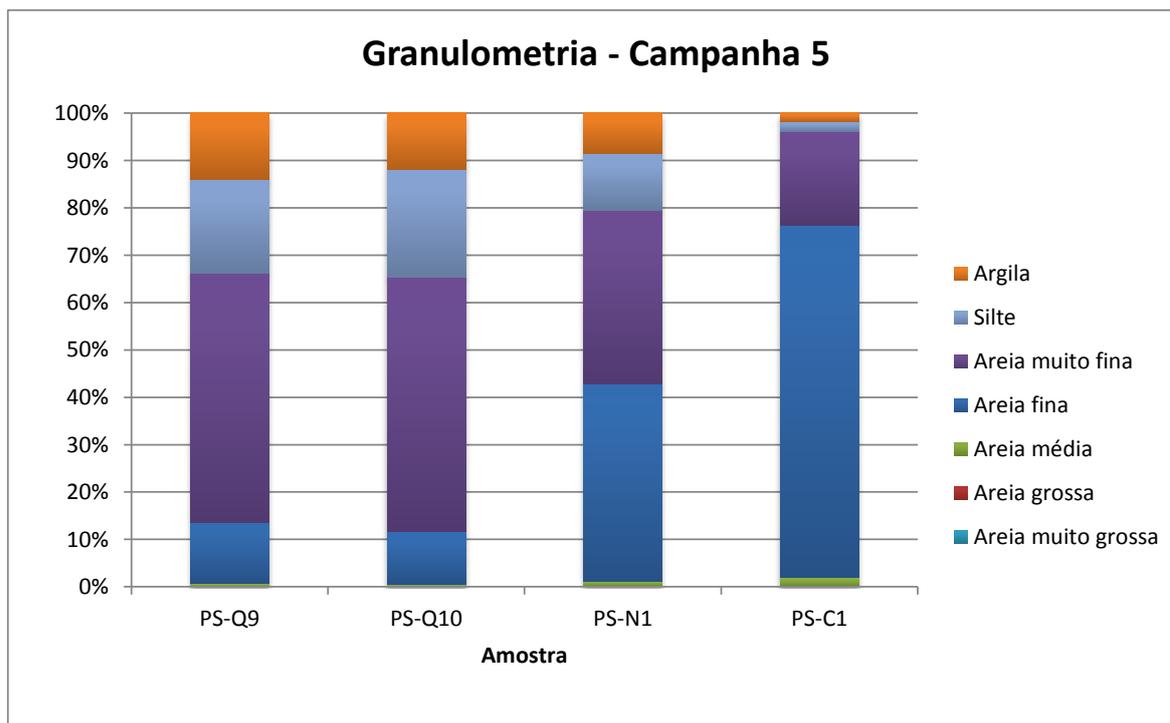


Figura 4.2-5. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 5.

- **Campanha 6**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-6 e Figura 4.2-6. Nas amostras coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (41,6 e 65,3%) e silte (27,2 e 15,7%), e em menores porcentagens foram encontradas argila (21,7 e 10,1%) e areia fina (8,92 e 8,34%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (42,7 e 77,9%) e areia muito fina (34,35 e 16,6%). Em PS-N1 as frações silte e argila contribuíram, respectivamente, com 13,4 e 8,71% enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%. Em PS-C1 as frações areia média e silte contribuíram com 2,78 e 2,14%, respectivamente, enquanto as frações argila, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%.

Tabela 4.2-6. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 6.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 6			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	21,7	10,1	8,71	0,532
Silte	%	27,2	15,7	13,4	2,14
Areia muito fina	%	41,6	65,3	34,3	16,6
Areia fina	%	8,92	8,34	42,7	77,9
Areia média	%	0,428	0,448	0,678	2,78
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	50,9	74,1	77,7	97,2

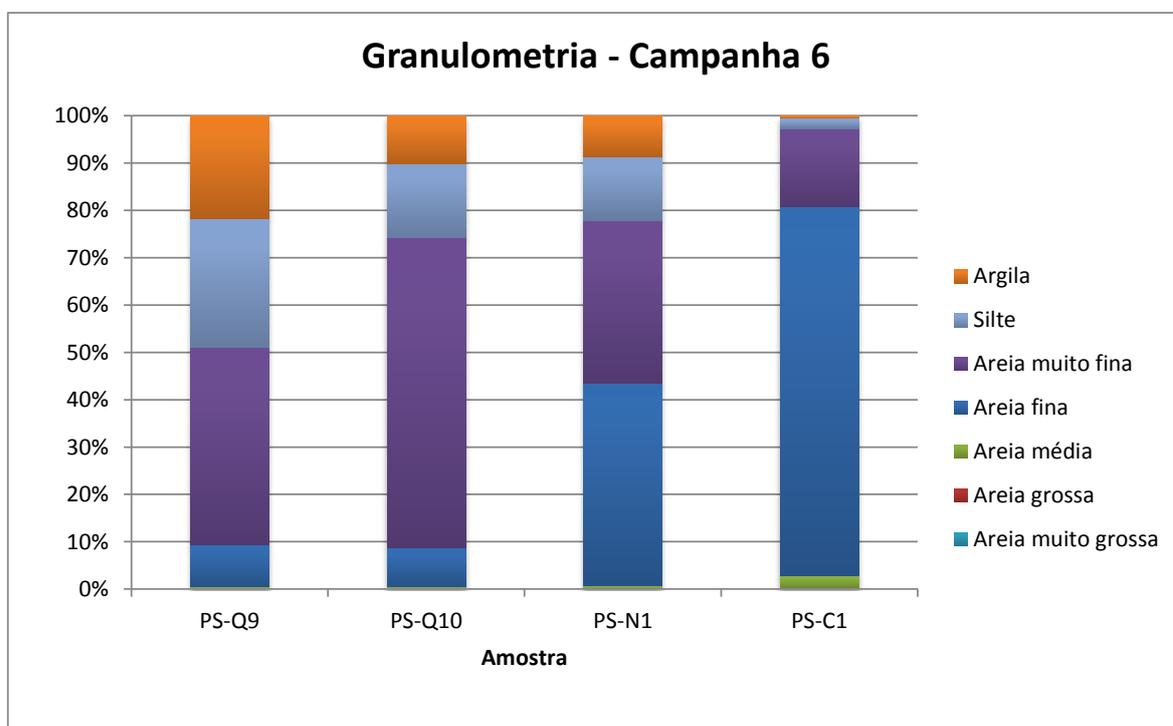


Figura 4.2-6. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 6.

- **Campanha 7**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-7 e Figura 4.2-7. Nas amostras coletadas em PS-Q9 houve predominância das frações areia muito fina (46,2%) e silte (27,5%), e em menores

porcentagens foram encontradas argila (17,1%) e areia fina (8,79%). Em PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (59,7%) e argila (33,2%), as frações as frações areia fina e silte contribuíram com, 6,14% e 0,416%, respectivamente. As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (52,3 e 70,5%) e areia muito fina (38,8 e 23,4%). Em menores porcentagens foram encontradas silte (4,79 e 1,93%) e argila (3,19 e 1,7%) enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 3%. No Anexo 8-4 é apresentado o laudo da análise granulométrica da Campanha 7.

Tabela 4.2-7. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 7			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	17,1	33,2	3,19	1,7
Silte	%	27,5	0,416	4,79	1,93
Areia muito fina	%	46,2	59,7	38,8	23,4
Areia fina	%	8,79	6,14	52,3	70,5
Areia média	%	0,387	0,609	0,977	2,23
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	55,4	66,4	92	96,2

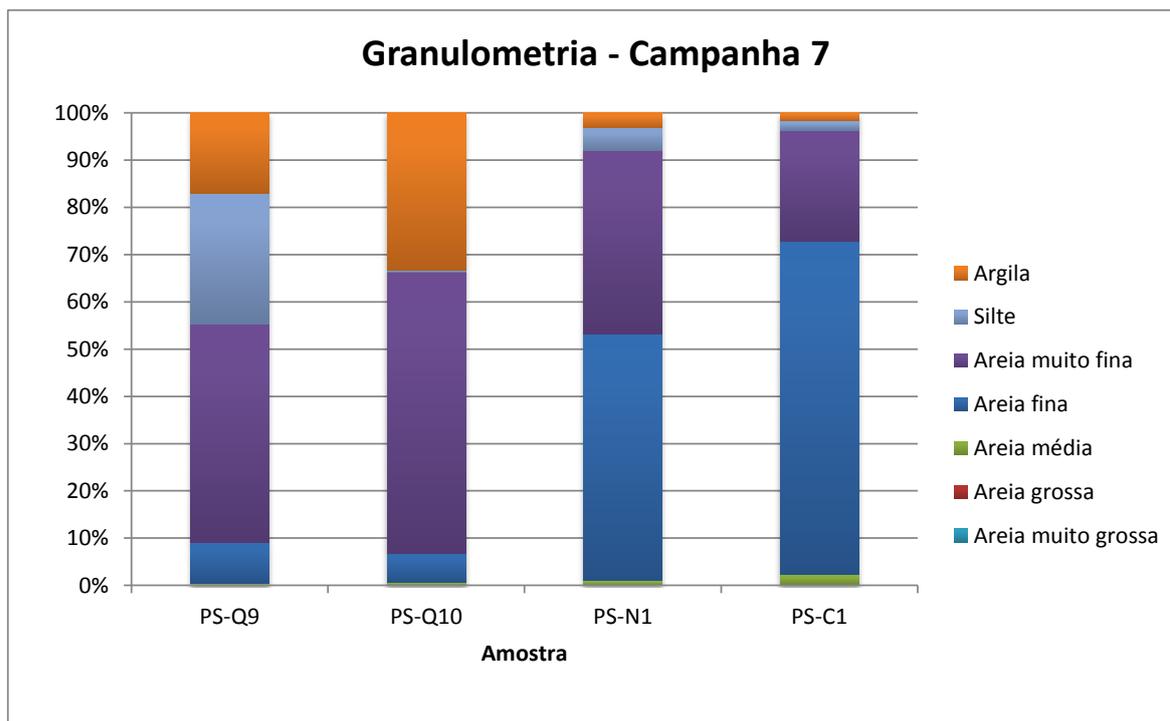


Figura 4.2-7. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 7.

- **Campanha 8**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-8 e Figura 4.2-8. Nas amostras coletadas em PS-Q9 houve predominância das frações areia muito fina (53,4%), silte (16,9%) e areia fina (16,5%), e em menores porcentagens foram encontradas argila (10,6%) e areia média (2,55%). Em PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (44%) e silte (29,4%), as frações as frações argila e areia fina contribuíram com, 13,8% e 9,81%, respectivamente, assim como em PS-Q9 foi encontrada, em menor porcentagem, areia média (2,96%). As frações areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 0,1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (57,3 e 62,1%) e areia muito fina (29,3 e 32,5%). Para PS-N1 foram encontradas, em menores porcentagens, silte (6,01%) e argila (6,01%) enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 2%. Em PS-C1 as menores porcentagens foram encontradas nas frações areia média (3,29%) e argila

(1,86%), enquanto as frações areia grossa, areia muito grossa e silte apresentaram valores abaixo de 0,1%. No Anexo 8-4 é apresentado o laudo da análise granulométrica da Campanha 8.

Tabela 4.2-8. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 8.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 8			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	10,6	13,8	6,01	1,86
Silte	%	16,9	29,4	6,01	< 0,100
Areia muito fina	%	53,4	44	29,3	32,5
Areia fina	%	16,5	9,81	57,3	62,1
Areia média	%	2,55	2,96	1,23	3,29
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	72,4	56,7	87,8	97,9

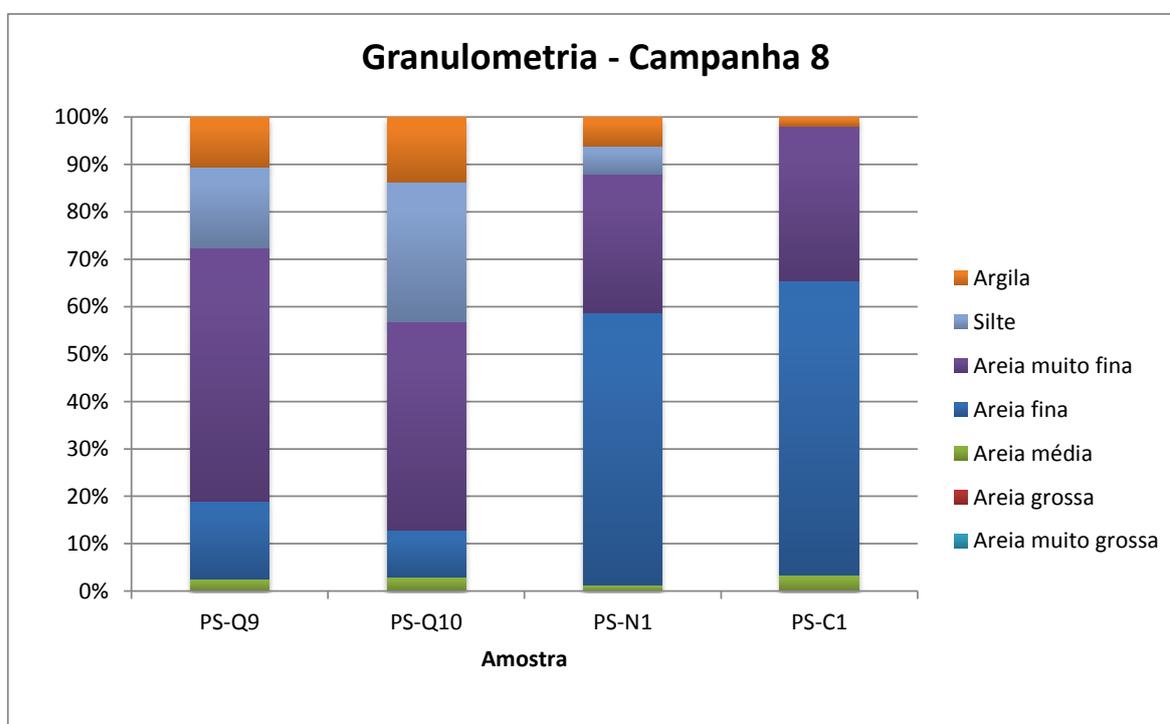


Figura 4.2-8. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 8.

- **Campanha 9**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-9 e Figura 4.2-9. Nas amostras coletadas em PS-Q9 houve predominância das frações areia muito fina (60,1%), silte (16,8%) e areia fina (12%), e em menores porcentagens foram encontradas argila (10,4%) e areia média (0,596%). Em PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (45,4%) e silte (25,5%), as frações argila e areia fina contribuíram com, 18,4% e 10%, respectivamente, assim como em PS-Q9 foi encontrada, em menor porcentagem, areia média (0,385%). As frações areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 0,5%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (44,6 e 70,4%) e areia muito fina (36,2 e 23,9%). Para PS-N1 foram encontradas, em menores porcentagens, silte (9,45%) e argila (8,93%) enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%. Em PS-C1 as menores porcentagens foram encontradas nas frações areia média (2,2%) e argila (2,23%), enquanto as frações areia grossa, areia muito grossa e silte apresentaram valores abaixo de 1,1%.

Tabela 4.2-9. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 9.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 9			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	10,4	18,4	8,93	2,23
Silte	%	16,8	25,5	9,45	1,04
Areia muito fina	%	60,1	45,4	36,2	23,9
Areia fina	%	12	10	44,6	70,4
Areia média	%	0,596	0,385	0,796	2,2
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	72,7	55,8	81,6	96,5

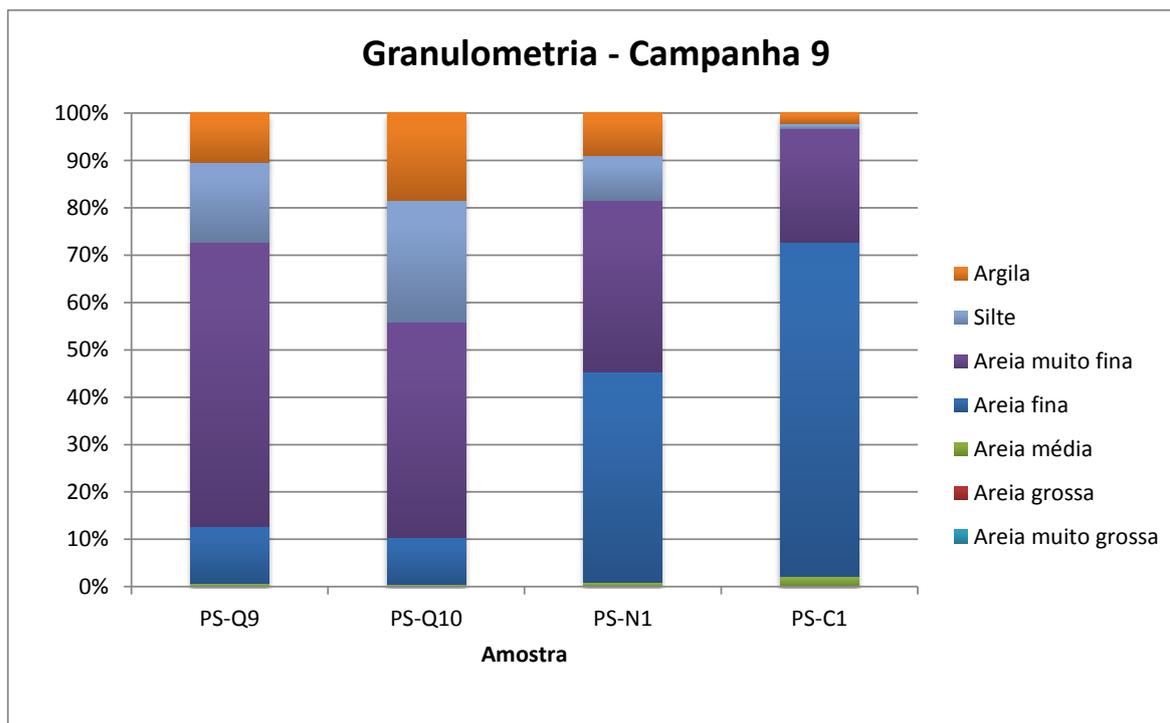


Figura 4.2-9. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 9.

- **Campanha 10**

Os resultados das análises granulométricas estão apresentados na Tabela 4.2-10 e Figura 4.2-10. Nas amostras coletadas em PS-Q9 houve predominância das frações areia muito fina (59,1%), silte (19,9%) e argila (12,5%), e em menores porcentagens foram encontradas areia fina (7,83%) e areia média (0,779%). Em PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (47,7%) e silte (27,2%), as frações as frações argila e areia fina contribuíram com, 15,4% e 9,49%, respectivamente, assim como em PS-Q9 foi encontrada, em menor porcentagem, areia média (0,252%). As frações areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 0,1%, em ambas as amostras.

Os resultados granulométricos das amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (49,4 e 73,4%) e areia muito fina (41,7 e 20,1%). Para PS-N1 foram encontradas, em menores porcentagens, silte (6,06%) e argila (2,27%) enquanto as frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%. Em PS-C1 as menores porcentagens foram encontradas nas frações areia média (2,93%) e silte (2,35%),

enquanto as frações areia grossa, areia muito grossa e argila apresentaram valores abaixo de 2%.

Tabela 4.2-10. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 10.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha 10			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	12,5	15,4	2,27	1,12
Silte	%	19,9	27,2	6,06	2,35
Areia muito fina	%	59,1	47,7	41,7	20,1
Areia fina	%	7,83	9,49	49,4	73,4
Areia média	%	0,779	0,252	0,657	2,93
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	67,7	57,4	91,7	96,3

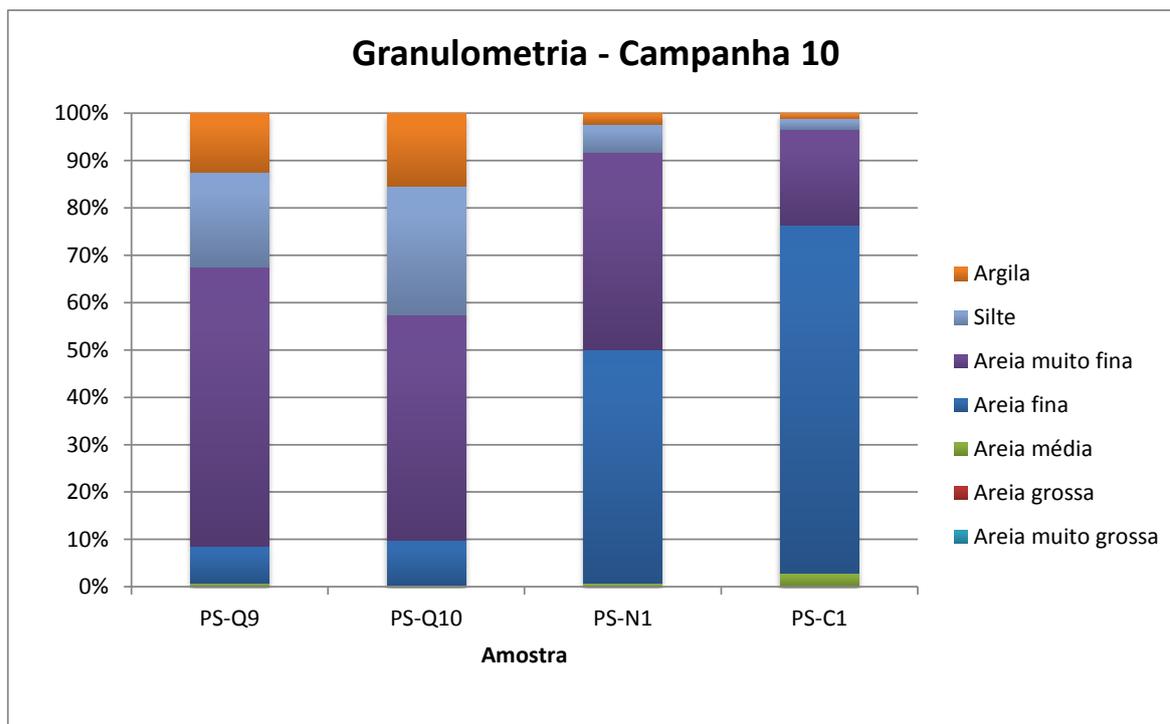


Figura 4.2-10. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 10.

### 4.3. Ensaio Ecotoxicológicos – Elutriato

Foram coletadas amostras de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise.

Foram medidos parâmetros físico-químicos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade (‰) amônia ( $\text{NH}_4^+$  mg/L) e amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$  mg/L).

Nas Tabelas 4.3-1 e 4.3-2 são apresentados, respectivamente, os parâmetros físico-químicos e os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*. Nas Figuras 4.3-1, 4.3-2, 4.3-3 e 4.3-4 são apresentadas as porcentagens de larvas normais, para as amostras coletadas em PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, respectivamente, com seus respectivos desvios-padrão, calculados a partir dos dados das quatro réplicas, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Tabela 4.3-1. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *L. variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
1	Controle	Inicial	25	6,0	7,64	35	n.a.	n.a.
		Final	25	4,9	7,41	35	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	4,7	7,61	34	1,61	0,030
		Final	25	4,1	7,53	36	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	5,3	7,84	33	1,33	0,042
		Final	25	4,3	7,45	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	5,7	7,91	33	0,42	0,020
		Final	25	3,6	7,75	35	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	5,2	7,55	33	0,21	n.d.
		Final	25	5,0	7,75	35	n.a.	n.a.
2	Controle	Inicial	25	6,9	8,05	35	n.a.	n.a.
		Final	25	5,6	7,67	35	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,4	7,63	35	0,84	0,016
		Final	25	6,2	7,73	35	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	6,7	7,67	34	0,98	0,021
		Final	25	6,4	7,93	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	6,0	8,10	33	0,77	0,043
		Final	25	4,0	7,67	34	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	5,9	8,21	33	0,42	0,030
		Final	25	5,2	7,86	34	n.a.	n.a.
3	Controle	Inicial	25	7,9	7,36	35	n.a.	n.a.
		Final	25	7,4	7,66	35	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,4	7,47	36	1,12	0,015
		Final	25	5,3	7,82	36	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	7,6	7,32	35	1,19	0,011
		Final	25	5,5	7,69	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	7,5	8,03	35	0,84	0,040
		Final	25	4,0	7,70	35	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,6	7,57	35	0,98	0,020
		Final	25	4,3	7,62	35	n.a.	n.a.
4	Controle	Inicial	25	6,5	8,21	35	n.a.	n.a.
		Final	25	6,3	7,83	36	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,4	7,61	35	1,12	0,021
		Final	25	6,2	7,57	37	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	6,4	7,52	36	1,33	0,020
		Final	25	6,0	7,87	37	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	6,4	8,15	35	1,68	0,100
		Final	25	6,2	7,82	37	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,5	7,94	35	1,12	0,040
		Final	25	6,1	7,85	37	n.a.	n.a.

n.a: não analisado, n.d: não detectado.

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

Tabela 4.3-1. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *L. variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
5	Controle	Inicial	25	6,5	8,21	35	n.a.	n.a.
		Final	25	6,3	7,83	36	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,3	7,60	33	0,91	0,017
		Final	25	6,0	7,52	35	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	6,6	7,84	33	0,7	0,022
		Final	25	6,3	7,62	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	6,2	8,14	32	1,61	0,100
		Final	25	5,8	7,72	34	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,5	7,85	33	0,07	n.d.
		Final	25	5,9	7,71	35	n.a.	n.a.
6	Controle	Inicial	25	6,2	8,22	35	n.a.	n.a.
		Final	25	5,3	7,76	35	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,5	7,82	35	2,03	0,060
		Final	25	5,6	7,85	37	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	6,4	7,80	35	1,4	0,041
		Final	25	5,1	7,84	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	6,4	7,99	35	1,05	0,050
		Final	25	5,2	7,89	36	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,2	7,81	34	0,42	0,010
		Final	25	6,0	7,97	35	n.a.	n.a.
7	Controle	Inicial	25	7,3	7,96	33	n.a.	n.a.
		Final	25	6,0	7,80	33	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	7,0	7,47	33	2,1	0,030
		Final	25	6,0	7,67	34	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	7,3	7,43	35	2,03	0,025
		Final	25	7,0	7,95	35	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	7,0	7,89	33	0,98	0,030
		Final	25	5,9	7,85	34	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,8	7,83	33	0,84	0,026
		Final	25	6,1	7,94	33	n.a.	n.a.
8	Controle	Inicial	25	7,3	7,96	33	n.a.	n.a.
		Final	25	6,0	7,80	33	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,2	7,60	33	1,54	0,030
		Final	25	5,4	7,70	34	n.a.	n.a.
	PS-Q10	Inicial	25	5,9	7,44	33	1,61	0,021
		Final	25	5,6	7,92	33	n.a.	n.a.
	PS-N1	Inicial	25	5,6	7,83	34	0,7	0,020
		Final	25	5,2	7,64	34	n.a.	n.a.
	PS-C1	Inicial	25	6,6	7,89	33	0,77	0,027
		Final	25	5,9	7,77	33	n.a.	n.a.

n.a: não analisado, n.d: não detectado.

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

Tabela 4.3-2. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade crônica com *L. variegatus* para as amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		R1	R2	R3	R4				
Camp. 1	Controle	90	88	85	87	350/400	87,50	2,08	-
	PS-Q9	88	90	94	90	362/400	90,50	2,52	Não Tóxico
	PS-Q10	92	91	94	92	369/400	92,25	1,26	Não Tóxico
	PS-N1	94	86	90	87	357/400	89,25	3,59	Não Tóxico
	PS-C1	83	88	80	87	338/400	84,50	3,70	Não Tóxico
Camp. 2	Controle	94	98	95	90	377/400	94,25	3,30	-
	PS-Q9	0	0	4	3	07/400	1,75	2,06	Tóxico
	PS-Q10	95	95	92	97	379/400	94,75	2,06	Não Tóxico
	PS-N1	90	92	94	90	366/400	91,50	1,91	Não Tóxico
	PS-C1	85	88	84	82	339/400	84,75	2,50	Não Tóxico
Camp. 3	Controle	96	96	98	97	387/400	96,75	0,96	-
	PS-Q9	92	89	90	92	363/400	90,75	1,50	Não Tóxico
	PS-Q10	88	87	94	89	358/400	89,50	3,11	Não Tóxico
	PS-N1	0	8	6	0	14/400	3,50	4,12	Tóxico
	PS-C1	91	90	93	91	365/400	91,25	1,26	Não Tóxico
Camp. 4	Controle	97	97	97	93	384/400	96,00	2,00	-
	PS-Q9	97	98	97	97	389/400	97,25	0,50	Não Tóxico
	PS-Q10	94	93	96	96	379/400	94,75	1,50	Não Tóxico
	PS-N1	45	41	37	48	171/400	42,75	4,79	Tóxico
	PS-C1	97	93	96	96	377/400	95,50	1,73	Não Tóxico
Camp. 5	Controle	97	97	97	93	384/400	96,00	2,00	-
	PS-Q9	3	0	0	31	34/400	8,50	15,07	Tóxico
	PS-Q10	94	85	90	91	360/400	90,00	3,74	Não Tóxico
	PS-N1	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-C1	97	98	95	89	379/400	94,75	4,03	Não Tóxico
Camp. 6	Controle	91	98	98	95	382/400	95,50	3,32	-
	PS-Q9	3	0	0	0	03/400	0,75	1,50	Tóxico
	PS-Q10	96	96	90	89	371/400	92,75	3,77	Não Tóxico
	PS-N1	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-C1	88	88	96	92	364/400	91,00	3,83	Não Tóxico
Camp. 7	Controle	93	93	94	91	371/400	92,75	1,26	-
	PS-Q9	65	63	63	69	260/400	65,00	2,83	Tóxico
	PS-Q10	83	84	85	84	336/400	84,00	0,82	Não Tóxico
	PS-N1	96	93	94	91	374/400	93,50	2,08	Não Tóxico
	PS-C1	84	90	85	86	345/400	86,25	2,63	Não Tóxico
Camp. 8	Controle	93	93	94	91	371/400	92,75	1,26	-
	PS-Q9	85	86	83	91	345/400	86,25	3,40	Não Tóxico
	PS-Q10	61	70	71	74	276/400	69,00	5,60	Tóxico
	PS-N1	55	38	61	35	189/400	47,25	12,71	Tóxico
	PS-C1	81	86	80	85	332/400	83,00	2,94	Não Tóxico

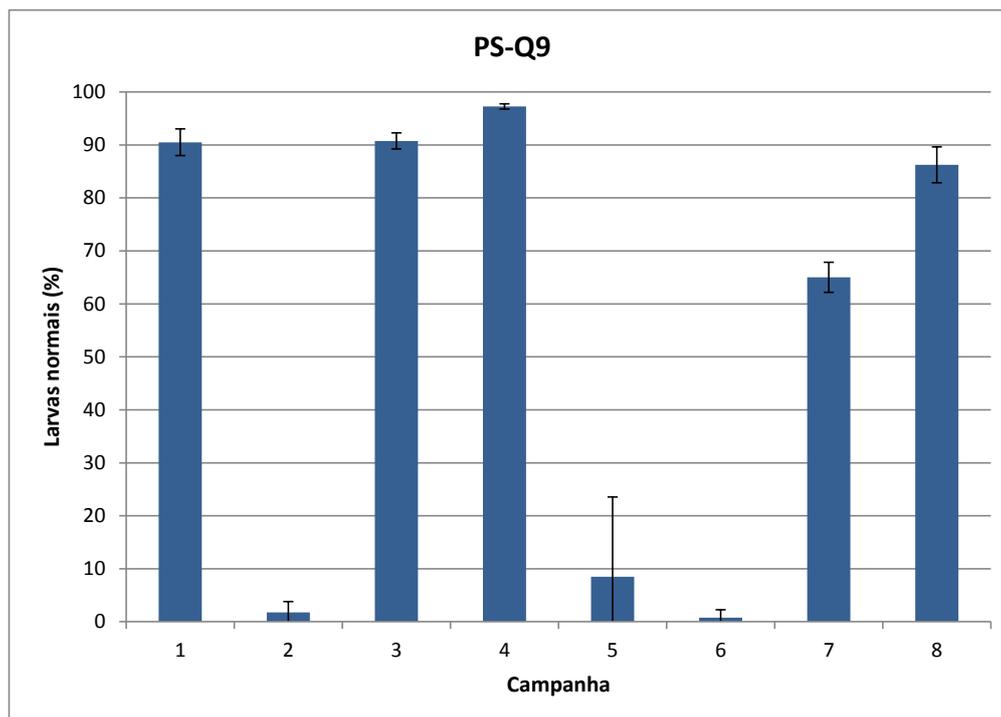


Figura 4.3-1 Porcentagens de larvas (*L. variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra coletada em PS-Q9, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

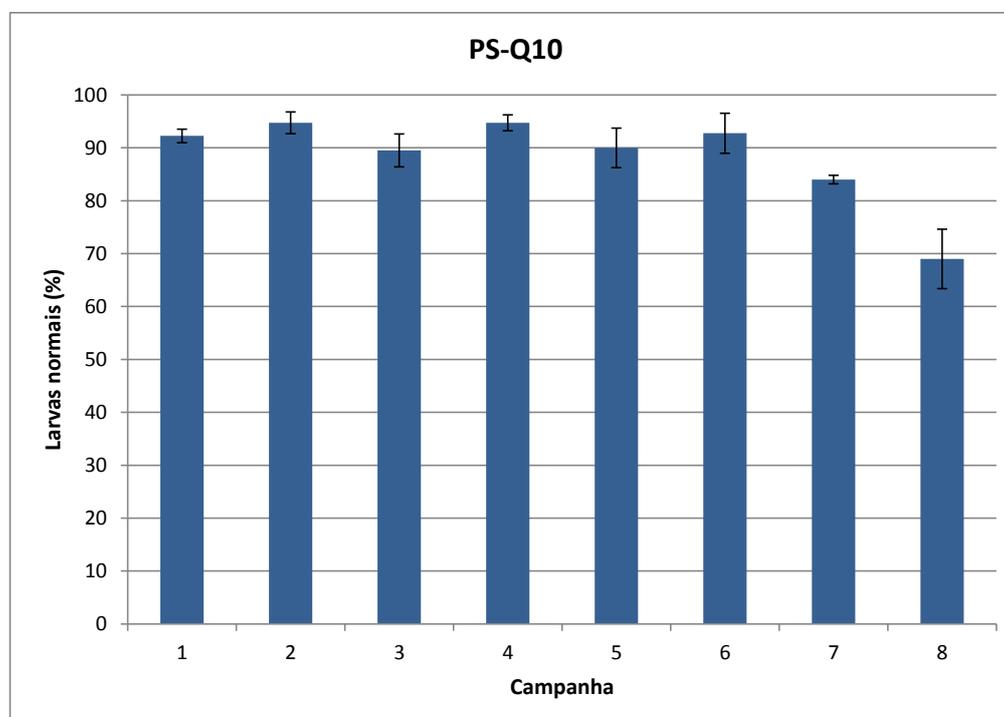


Figura 4.3-2 Porcentagens de larvas (*L. variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra coletada em PS-Q10, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

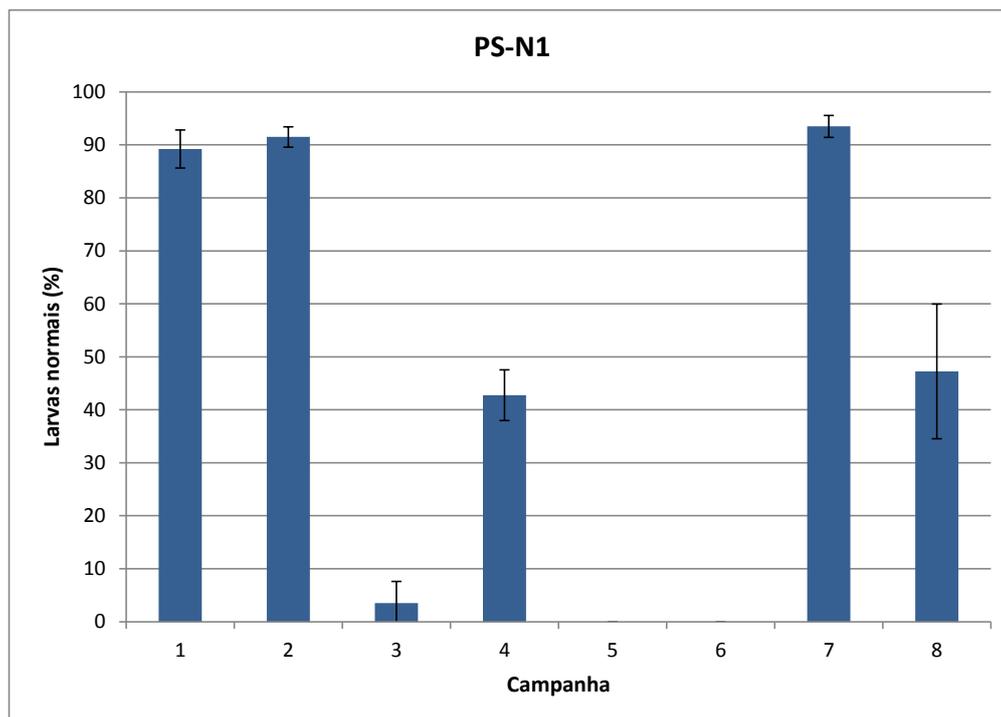


Figura 4.3-3 Porcentagens de larvas (*L. variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra coletada em PS-N1, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

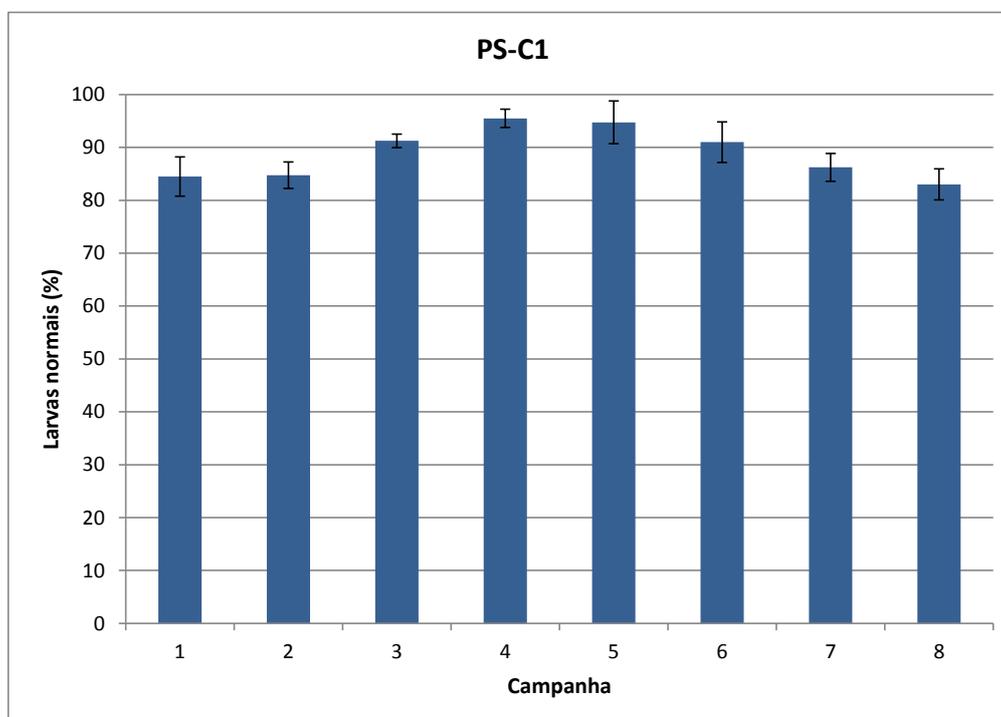


Figura 4.3-4 Porcentagens de larvas (*L. variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra coletada em PS-C1, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

- **Campanha 1**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificada toxicidade crônica para nenhuma das amostras desta campanha, quando 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 *L. variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. 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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

- **Campanha 2**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q9, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *L. variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

Não há aparente explicação para o efeito ecotoxicológico observados no ponto PS-Q9, visto que a concentração de amônia não ionizada apresentou valores abaixo da concentração recomendada limite (0,05 mg/L) para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 também estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. 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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

- **Campanha 3**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos onde os materiais dragados estão sendo descartados, ou seja, PS-Q9 e PS-Q10 não apresentaram toxicidade, assim como o ponto PS-C1 não apresentou efeito tóxico. Entretanto, o ponto PS-N1, nesta campanha, apresentou efeito tóxico em comparação com o controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, visto que a concentração de amônia não ionizada apresentou valor abaixo do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q9, PS-Q10 e PS-N1 também estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. 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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

- **Campanha 4**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos onde os materiais dragados estão sendo descartados, ou seja, PS-Q9 e PS-Q10 não apresentaram toxicidade, assim como o ponto PS-C1 não apresentou efeito tóxico. Entretanto, o ponto PS-N1, nesta campanha, apresentou efeito tóxico em comparação com o controle de laboratório, nesta amostra houve registro de concentração de amônia não ionizada (0,100 mg/L), acima do valor do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q9, PS-Q10 e PS-C1 estiveram abaixo deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. 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) obtida foi:

0,12 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha 5**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos PS-Q10 e PS-C1 não apresentaram toxicidade. Entretanto, os pontos PS-Q9 e PS-N1, nesta campanha, apresentaram efeito ecotoxicológico em comparação com o controle de laboratório, a amostra de PS-N1 apresentou concentração de amônia não ionizada (0,100 mg/L), acima do valor do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q9, PS-Q10 e PS-C1 estiveram abaixo deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida foi: 0,12 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha 6**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos PS-Q10 e PS-C1 não apresentaram toxicidade. Entretanto, os pontos PS-Q9 e PS-N1, nesta campanha, apresentaram efeito ecotoxicológico em comparação com o controle de laboratório, a amostra de PS-Q9 apresentou concentração de amônia não ionizada (0,060 mg/L), acima do valor do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 estiveram abaixo deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida foi:

0,12 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha 7**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 não apresentaram toxicidade. Entretanto, o ponto PS-Q9, nesta campanha, apresentou efeito ecotoxicológico em comparação com o controle de laboratório Não há aparente explicação para tal resultado, visto que a concentração de amônia não ionizada apresentou valor abaixo do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 também estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida foi: 0,12 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha 8**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos PS-Q9 e PS-C1 não apresentaram toxicidade. Entretanto, os pontos PS-Q10 e PS-N1, nesta campanha, apresentaram efeito ecotoxicológico em comparação com o controle de laboratório Não há aparente explicação para tais resultados, visto que as concentrações de amônia não ionizada apresentaram valores abaixo do limite recomendado (0,05 mg/L), para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As amostras PS-Q9 e PS-C1 também estiveram dentro deste limite.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida foi:

0,12 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

#### **4.4. Ensaios Ecotoxicológicos – Sedimento Total**

Foram coletadas amostras de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e final do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 4.4-1. Já as análises de pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH<sub>3</sub> - mg/L), efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final do teste, estão apresentados na Tabela 4.4-2. Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial.

Considerando que o organismo utilizado no experimento é exposto tanto à água intersticial quanto à de interface sedimento-água, são apresentados os valores dos descritores físico-químicos interferentes no ensaio para esses dois meios.

A Tabela 4.4-3 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1. Os valores obtidos estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados. Nas Figuras 4.4-1, 4.4-2, 4.4-3 e 4.4-4 é apresentada a mortalidade total das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, respectivamente, calculadas a partir dos dados de três réplicas.

Tabela 4.4-1. Análises físico-químicas (iniciais e finais) da água de interface realizadas nos testes de toxicidade aguda com *L. plumulosus* para as amostras de sedimentos coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	Controle	7,67	7,90	21	21	5,01	5,02
	PS-Q9	7,71	8,23	22	23	5,45	5,59
	PS-Q10	7,68	8,17	22	22	5,38	5,94
	PS-N1	7,89	8,28	22	22	6,15	6,16
	PS-C1	7,85	8,12	21	22	6,03	6,06
2	Controle	7,86	8,09	20	21	6,39	6,88
	PS-Q9	7,90	8,38	22	23	6,02	6,69
	PS-Q10	7,80	8,25	21	23	6,12	6,51
	PS-N1	7,88	8,29	21	23	6,13	6,55
	PS-C1	7,76	8,16	21	24	6,08	6,50
3	Controle	7,87	8,18	20	23	6,13	6,73
	PS-Q9	7,90	8,41	21	25	6,03	6,63
	PS-Q10	7,92	8,35	21	25	6,01	6,48
	PS-N1	7,95	8,39	20	25	6,28	6,47
	PS-C1	7,96	8,28	21	24	6,19	6,52
4	Controle	7,87	8,18	20	23	6,13	6,73
	PS-Q9	8,01	8,49	21	25	5,94	6,45
	PS-Q10	7,92	8,41	21	24	5,99	6,55
	PS-N1	7,97	8,43	21	24	6,39	6,59
	PS-C1	7,93	8,34	21	24	6,05	6,53
5	Controle	7,86	8,08	21	22	5,03	6,92
	PS-Q9	7,63	8,30	22	24	6,32	6,64
	PS-Q10	7,77	8,28	22	24	6,15	6,65
	PS-N1	7,71	8,37	22	23	6,11	6,48
	PS-C1	7,78	8,20	22	22	5,62	6,68
6	Controle	8,03	8,06	21	22	6,17	6,62
	PS-Q9	7,98	8,24	22	25	5,31	6,49
	PS-Q10	7,80	8,30	22	25	5,88	6,43
	PS-N1	7,99	8,22	22	24	5,75	6,50
	PS-C1	7,94	7,98	22	24	6,06	6,50

Tabela 4.4-2. Análises físico-químicas efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final dos testes de toxicidade aguda com *L. plumulosus* para as amostras de sedimentos coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (%)		Oxigênio Dissolvido		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal		Amônia não ionizada	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	Controle	7,71	7,78	25	23	6,43	6,37	25,8	25,0	5,00	-	0,128	-
	PS-Q9	7,72	7,85	36	25	6,16	5,55	25,8	25,0	10,75	-	0,270	-
	PS-Q10	7,97	7,86	42	24	5,99	5,56	25,8	25,0	6,75	-	0,296	-
	PS-N1	8,01	7,94	40	23	5,59	5,54	25,8	25,0	5,00	-	0,239	-
	PS-C1	*	7,92	*	24	*	5,36	25,8	25,0	*	-	*	-
2	Controle	7,73	7,90	23	21	4,84	6,25	24,6	24,2	1,50	-	0,039	-
	PS-Q9	7,63	7,70	31	23	5,00	5,66	24,6	24,2	8,25	-	0,159	-
	PS-Q10	7,78	7,88	36	22	5,40	5,96	24,6	24,2	6,75	-	0,178	-
	PS-N1	7,99	7,96	37	22	5,67	5,93	24,6	24,2	12,25	-	0,515	-
	PS-C1	*	7,88	*	22	*	5,78	24,6	24,2	*	-	*	-
3	Controle	7,80	8,11	25	24	5,54	5,78	24	25,8	4,00	-	0,110	-
	PS-Q9	7,65	7,81	38	25	5,00	5,37	24	25,8	7,25	-	0,136	-
	PS-Q10	7,73	7,94	38	31	5,14	5,36	24	25,8	8,25	-	0,186	-
	PS-N1	8,03	8,16	38	26	5,85	5,61	24	25,8	16,50	-	0,725	-
	PS-C1	*	8,07	*	27	*	5,76	24	25,8	*	-	*	-
4	Controle	7,80	8,11	25	24	5,54	5,78	24	25,8	4,00	-	0,110	-
	PS-Q9	7,72	8,03	38	31	5,18	5,76	24	25,8	8,75	-	0,193	-
	PS-Q10	7,58	8,16	37	25	5,32	5,59	24	25,8	9,00	-	0,144	-
	PS-N1	7,96	8,08	37	24	5,67	6,21	24	25,8	6,75	-	0,254	-
	PS-C1	*	8,04	*	24	*	5,63	24	25,8	*	-	*	-
5	Controle	7,88	8,04	25	23	5,53	6,31	25,8	25,0	5,00	-	0,188	-
	PS-Q9	7,91	8,18	38	24	5,76	5,87	25,8	25,0	9,00	-	0,345	-
	PS-Q10	8,10	7,99	39	25	5,99	6,17	25,8	25,0	7,50	-	0,437	-
	PS-N1	8,11	7,85	40	25	5,88	5,94	25,8	25,0	10,00	-	0,595	-
	PS-C1	*	8,02	*	22	*	6,16	25,8	25,0	*	-	*	-
6	Controle	7,74	7,71	22	21	5,52	5,73	25,8	25,2	2,75	-	0,079	-
	PS-Q9	7,65	7,80	38	23	5,25	6,07	25,8	25,2	11,75	-	0,276	-
	PS-Q10	7,62	7,86	37	25	5,11	6,16	25,8	25,2	10,25	-	0,215	-
	PS-N1	8,09	7,80	39	23	5,97	5,79	25,8	25,2	8,75	-	0,543	-
	PS-C1	7,92	7,75	37	22	6,14	6,15	25,8	25,2	17,00	-	0,728	-

Tabela 4.4-3. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade aguda com *L. plumulosus* para as amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
1	Controle	1	4	20	20	8	10,41	-
		2	1	20	5			
		3	0	20	0			
	PS-Q9	1	4	20	20	10	14,14	Não Tóxico
		2	-	20	-			
		3	0	20	0			
	PS-Q10	1	1	20	5	7	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	3	20	15	8	5,77	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	1	20	5			
PS-C1	1	3	20	15	17	17,56	Não Tóxico	
	2	7	20	35				
	3	0	20	0				
2	Controle	1	1	20	5	7	2,89	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-Q10	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-N1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-C1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
3	Controle	1	0	20	0	3	5,77	-
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	0	20	0			
	PS-Q10	1	1	20	5	5	5,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	5	20	25	13	10,41	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-C1	1	0	20	0	7	7,64	Não Tóxico
		2	3	20	15			
		3	1	20	5			

Tabela 4.4-3. (continuação) Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade aguda com *L. plumulosus* para as amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
4	Controle	1	0	20	0	3	5,77	-
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	3	20	15	12	10,41	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	4	20	20			
	PS-Q10	1	1	20	5	8	2,89	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	1	20	5	7	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
PS-C1	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico	
	2	1	20	5				
	3	0	20	0				
5	Controle	1	0	20	0	2	2,89	-
		2	1	20	5			
		3	0	20	0			
	PS-Q9	1	0	20	0	3	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	1	20	5			
	PS-Q10	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	0	20	0	5	5,00	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
PS-C1	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	0	20	0				
6	Controle	1	1	20	5	7	2,89	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	2	20	10	10	10,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	4	20	20			
	PS-Q10	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	2	20	10	8	2,89	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	1	20	5			
PS-C1	1	1	20	5	8	5,77	Não Tóxico	
	2	3	20	15				
	3	1	20	5				

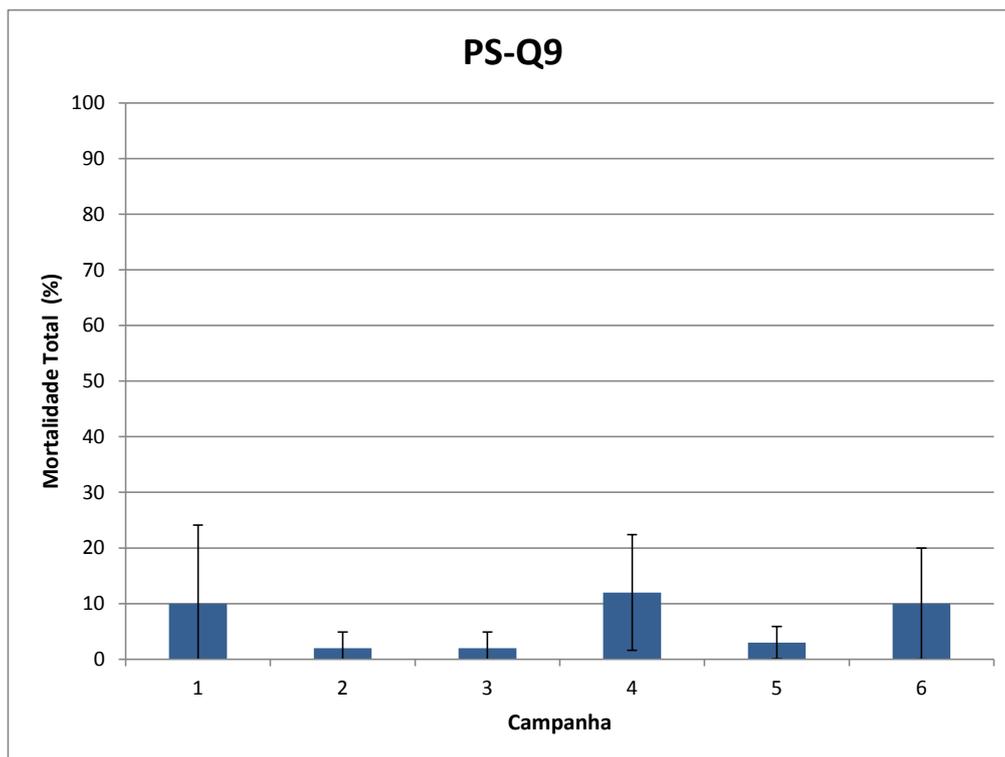


Figura 4.4-1. Mortalidade total (*L. plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para as amostras coletadas em PS-Q9 das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

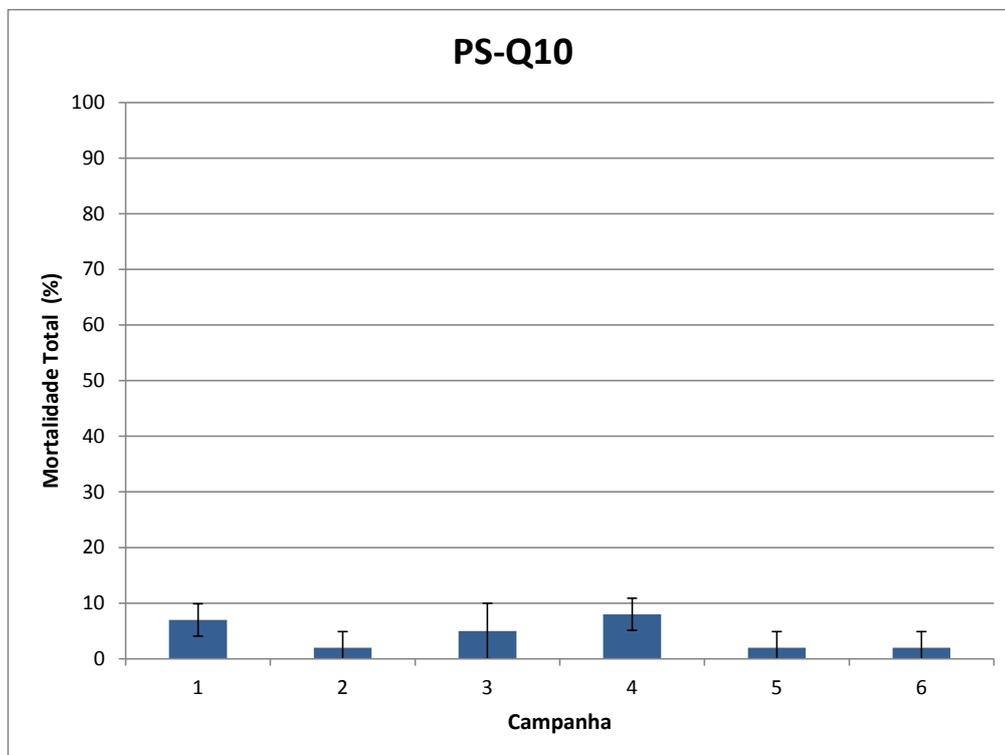


Figura 4.4-2. Mortalidade total (*L. plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para as amostras coletadas em PS-Q10 das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

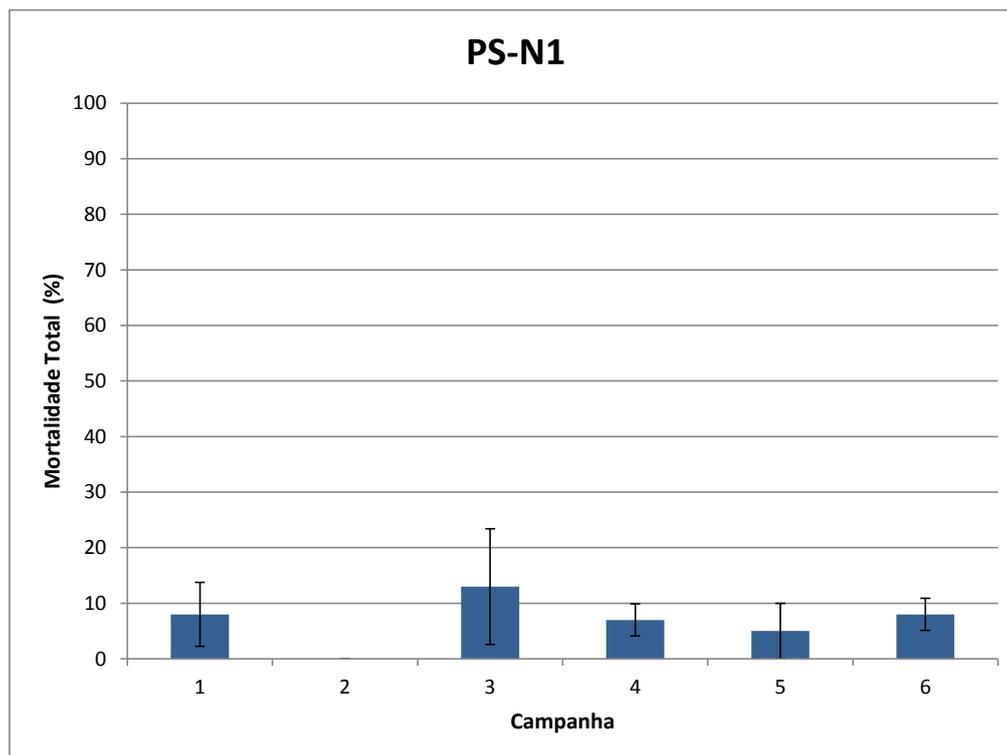


Figura 4.4-3. Mortalidade total (*L. plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para as amostras coletadas em PS-N1 das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

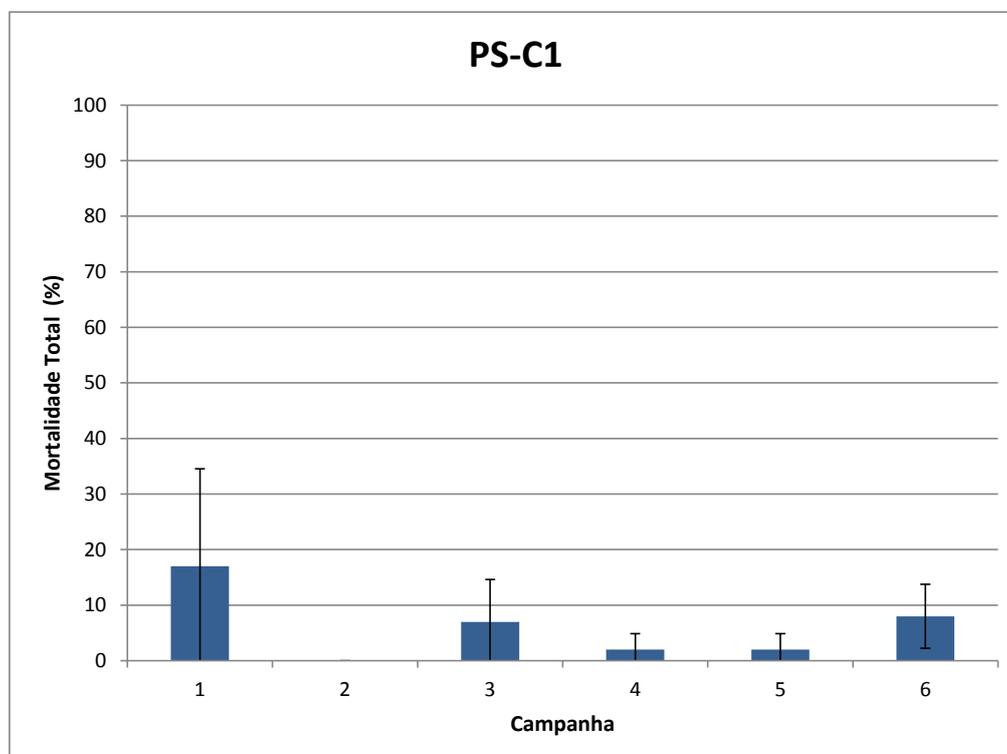


Figura 4.4-4. Mortalidade total (*L. plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para as amostras coletadas em PS-C1 das Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

- **Campanha 1**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 1.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 96h) obtida foi: 1,01 mg Zn/L (I.C.: 0,83 a 1,23 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha 2**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 2.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 96h) obtida foi: 0,76 mg Zn/L (I.C.: 0,67 a 0,86 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha 3**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 3.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) obtida foi: 0,58 mg Zn/L (I.C.: 0,44 a 0,75 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma CL<sub>50</sub>; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha 4**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 4.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) obtida foi: 0,58 mg Zn/L (I.C.: 0,44 a 0,75 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste

sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha 5**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 5.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 96h) obtida foi: 0,76 mg Zn/L (I.C.: 0,44 a 0,75 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha 6**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado toxicidade aguda para *L. plumulosus*, em comparação com o controle, para as amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha 6.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 96h) obtida foi: 0,55 mg Zn/L (I.C.: 0,43 a 0,70 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,87 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,50 a 1,24 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

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 esta espécie (USEPA, 2001).

#### **4.5. Variação Espacial**

Nas Figuras 4.5-1, 4.5-2, 4.5-3, 4.5-4, 4.5-5 e 4.5-6 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total encontrados nos pontos de coleta durante as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Nas Figuras 4.5-7 e 4.5-8, são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato encontrados nos pontos de coleta durante as Campanhas 6, 7 e 8 e nas Figuras 4.5-9, 4.5-10 e 4.5-11 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio encontradas nos pontos de coleta durante as Campanhas 9, 10 e 11, respectivamente.

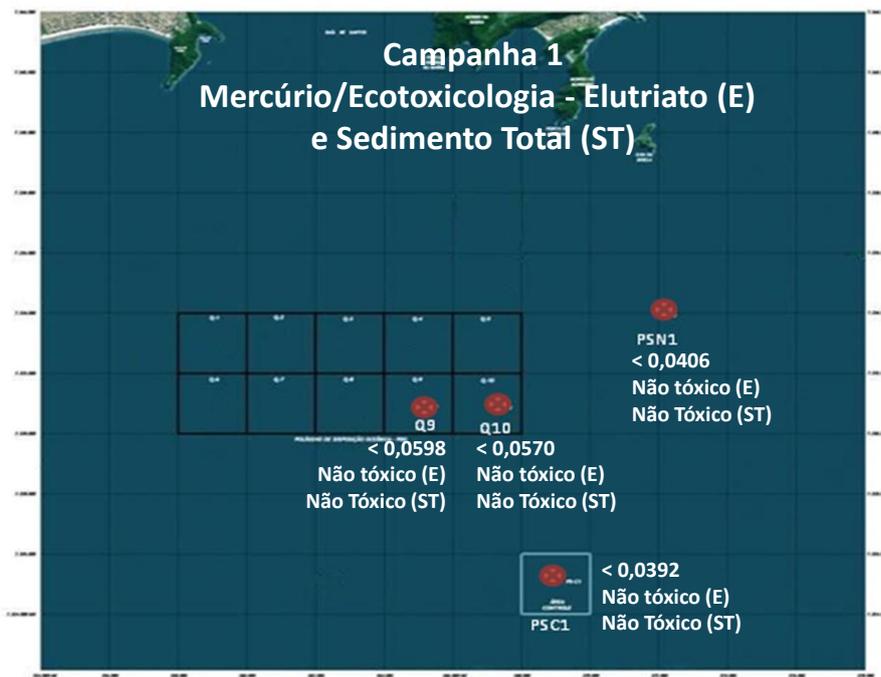


Figura 4.5-1. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas durante a Campanha1, realizada no dia 19 de março de 2012.

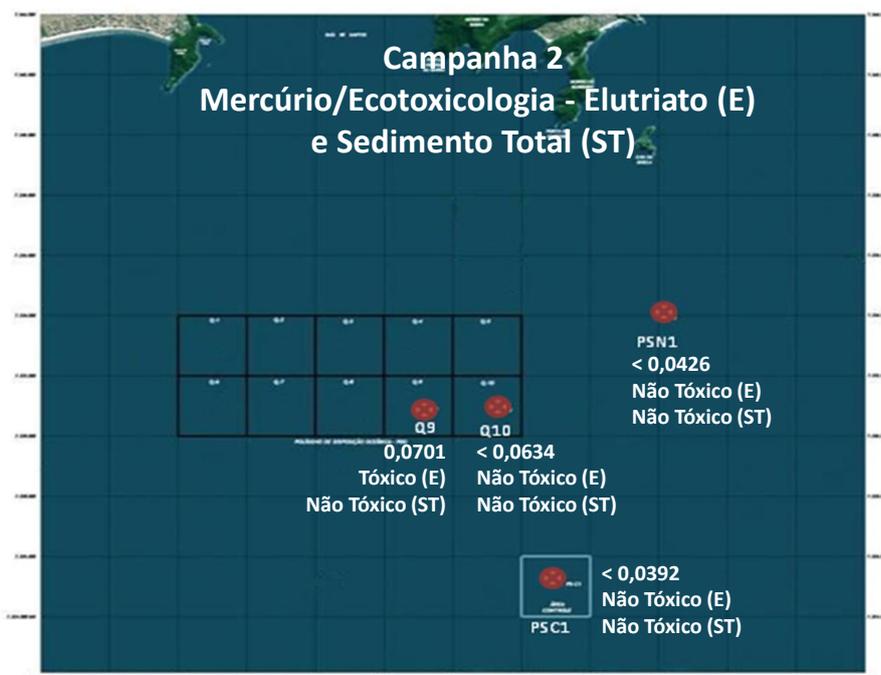


Figura 4.5-2. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 2.

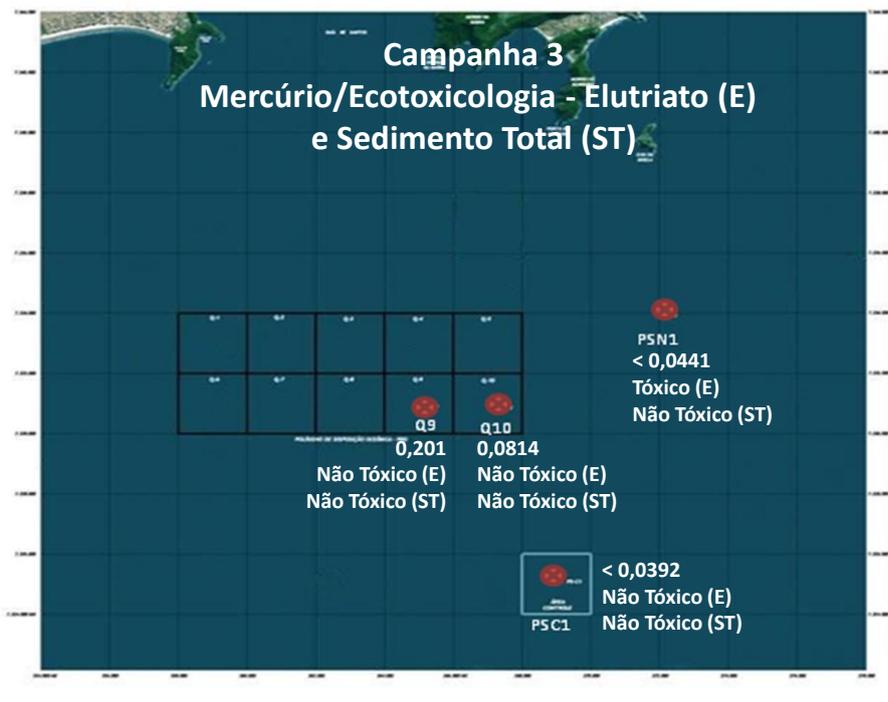


Figura 4.5-3. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 3.

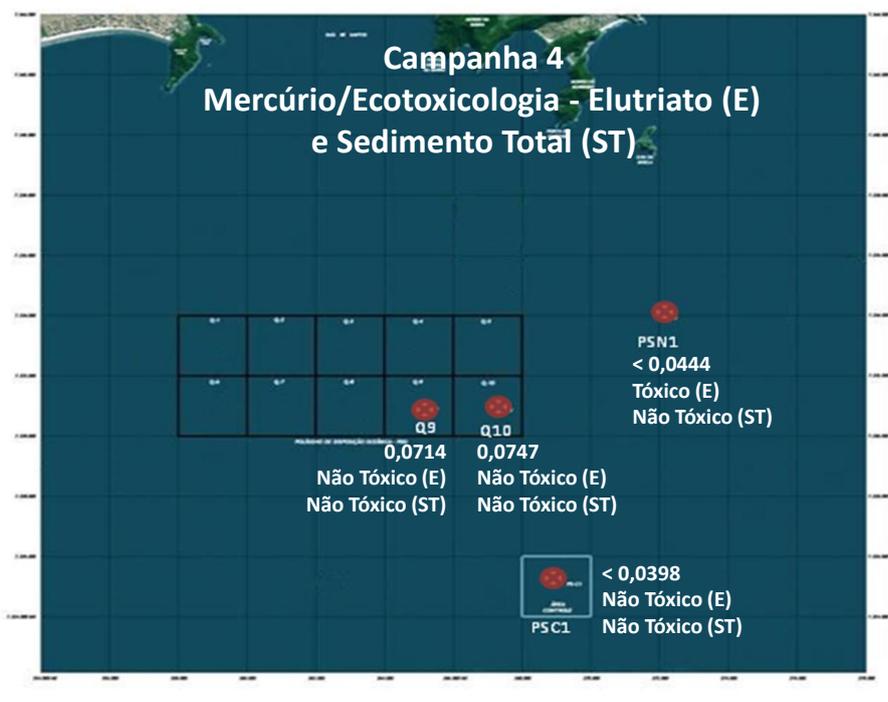


Figura 4.5-4. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 4.

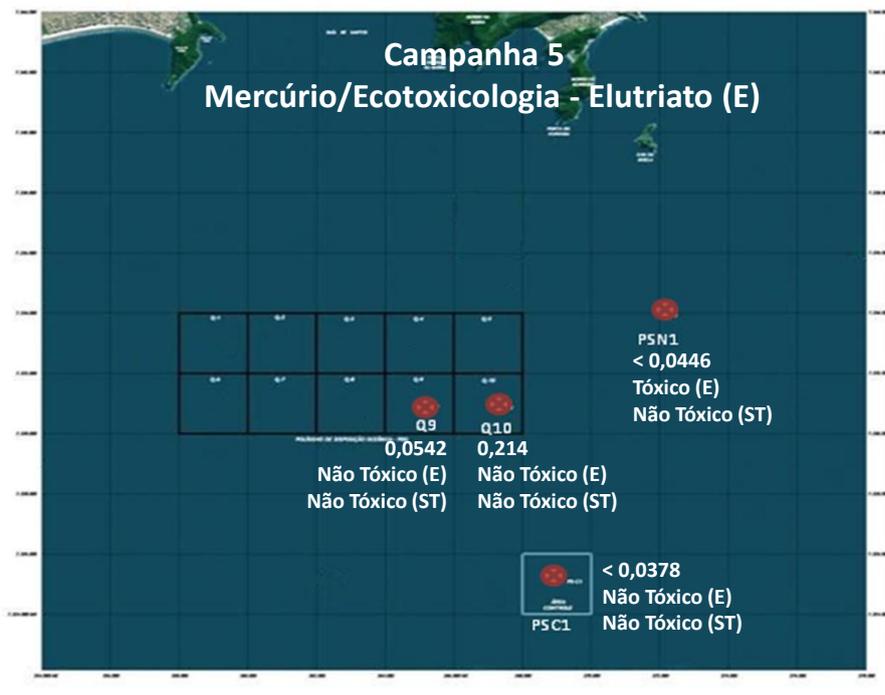


Figura 4.5-5. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 5.

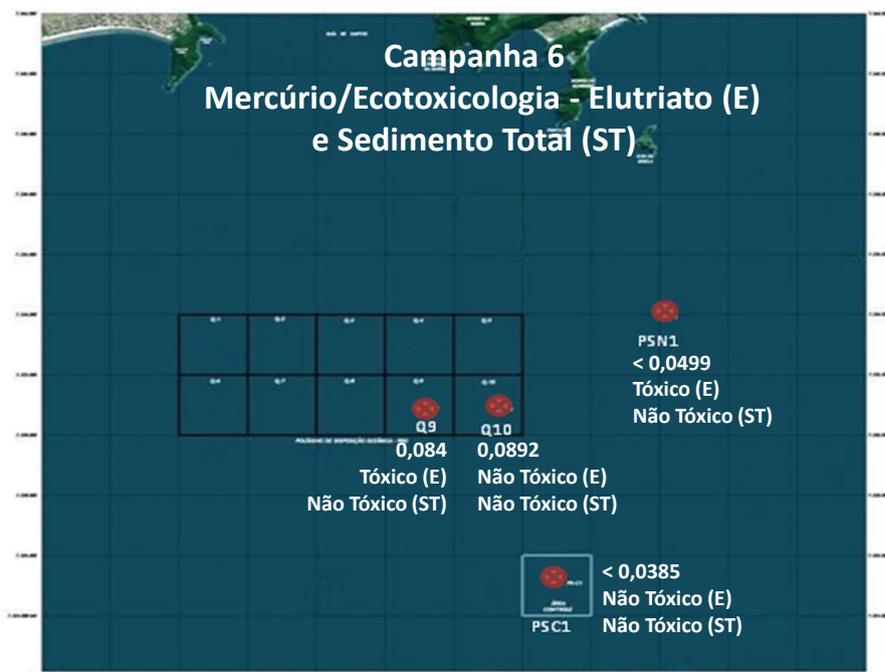


Figura 4.5-6. Variação espacial das concentrações de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 6.

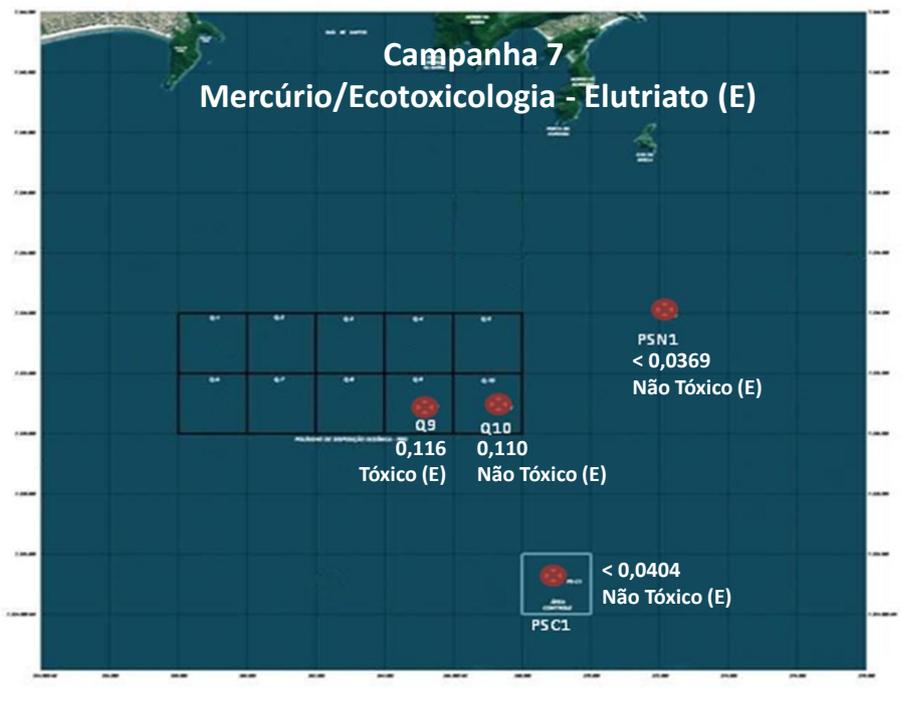


Figura 4.5-7. Variação espacial de concentração de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 7.

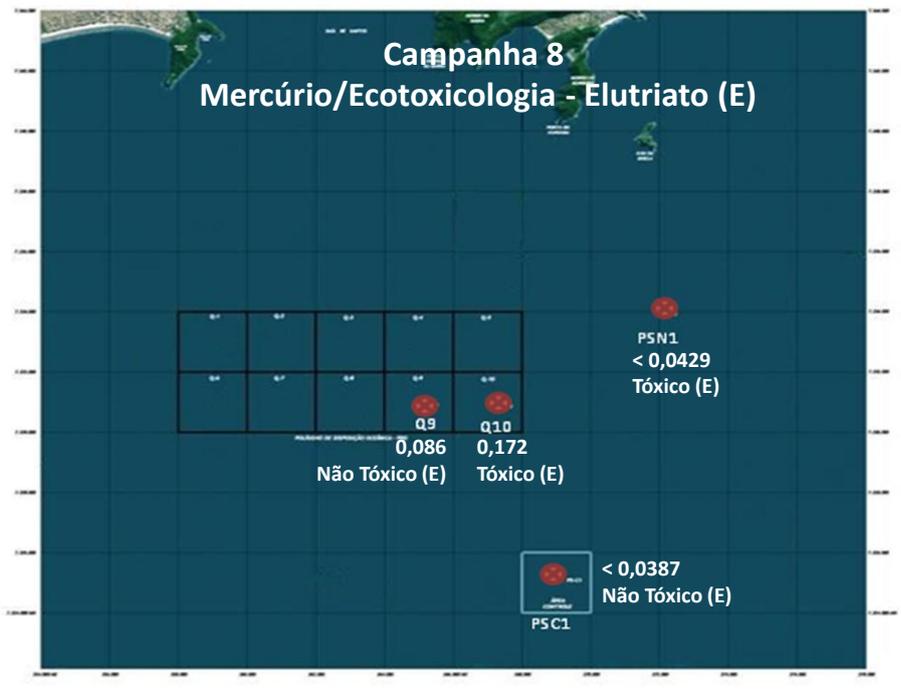


Figura 4.5-8. Variação espacial de concentração de mercúrio e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato, das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 8.

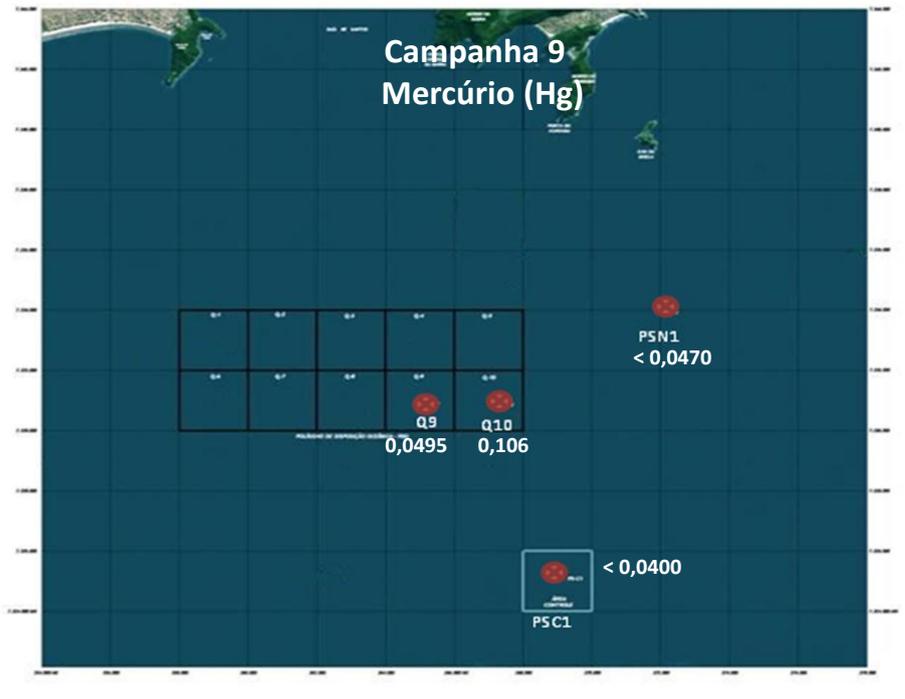


Figura 4.5-9. Variação espacial de concentração de mercúrio das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 9.

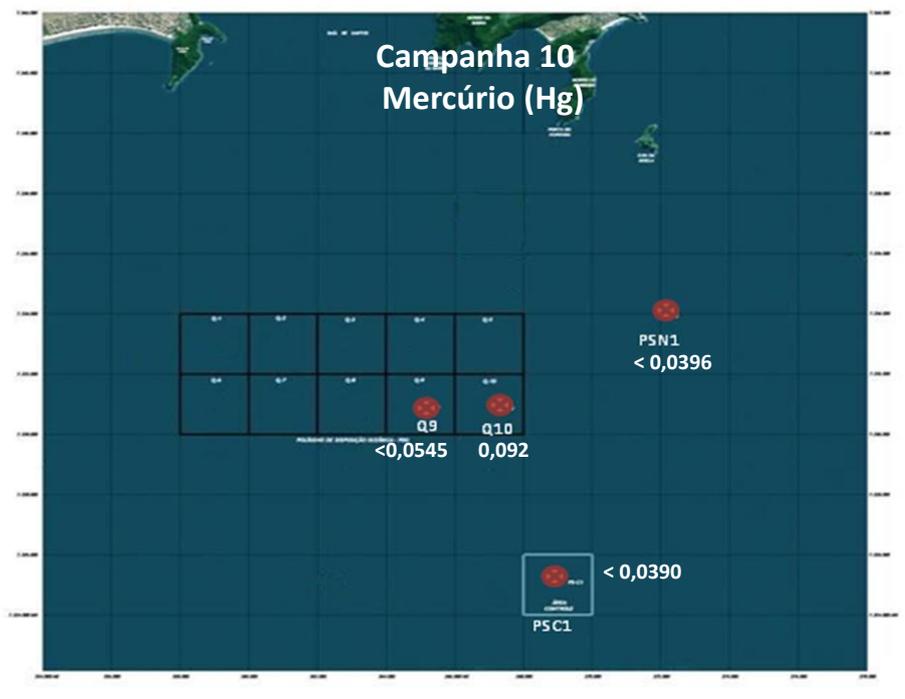


Figura 4.5-10. Variação espacial de concentração de mercúrio das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 10.

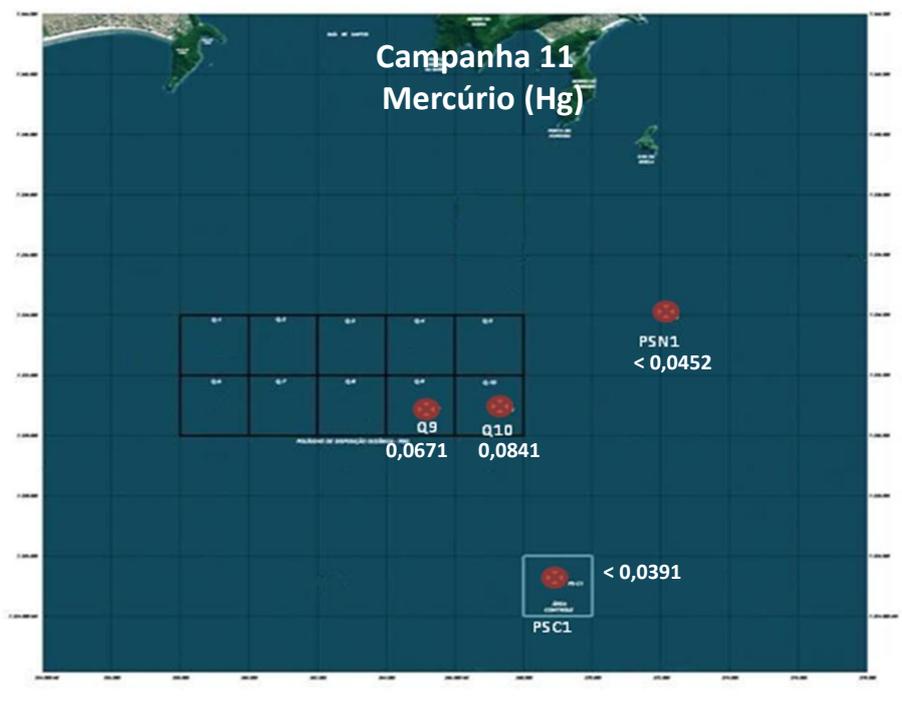


Figura 4.5-11. Variação espacial de concentração de mercúrio das 4 amostras coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha 11.

#### 4.6. Condições Meteo-Oceanográficas

A Campanha 11, prevista para o dia 06 de junho de 2012, sofreu um atraso na realização da sua atividade de campo, devido ao mau tempo, ocorrendo somente no dia 11 de junho.

Na Figura 4.6-1 observa-se a atuação de uma frente estacionária sobre o estado de São Paulo que se estende sobre o Atlântico até uma baixa pressão de 1014 hPa. No dia de realização da coleta, pode-se notar também a presença de ventos de sul-sudoeste de 12 nós no litoral sul do estado.

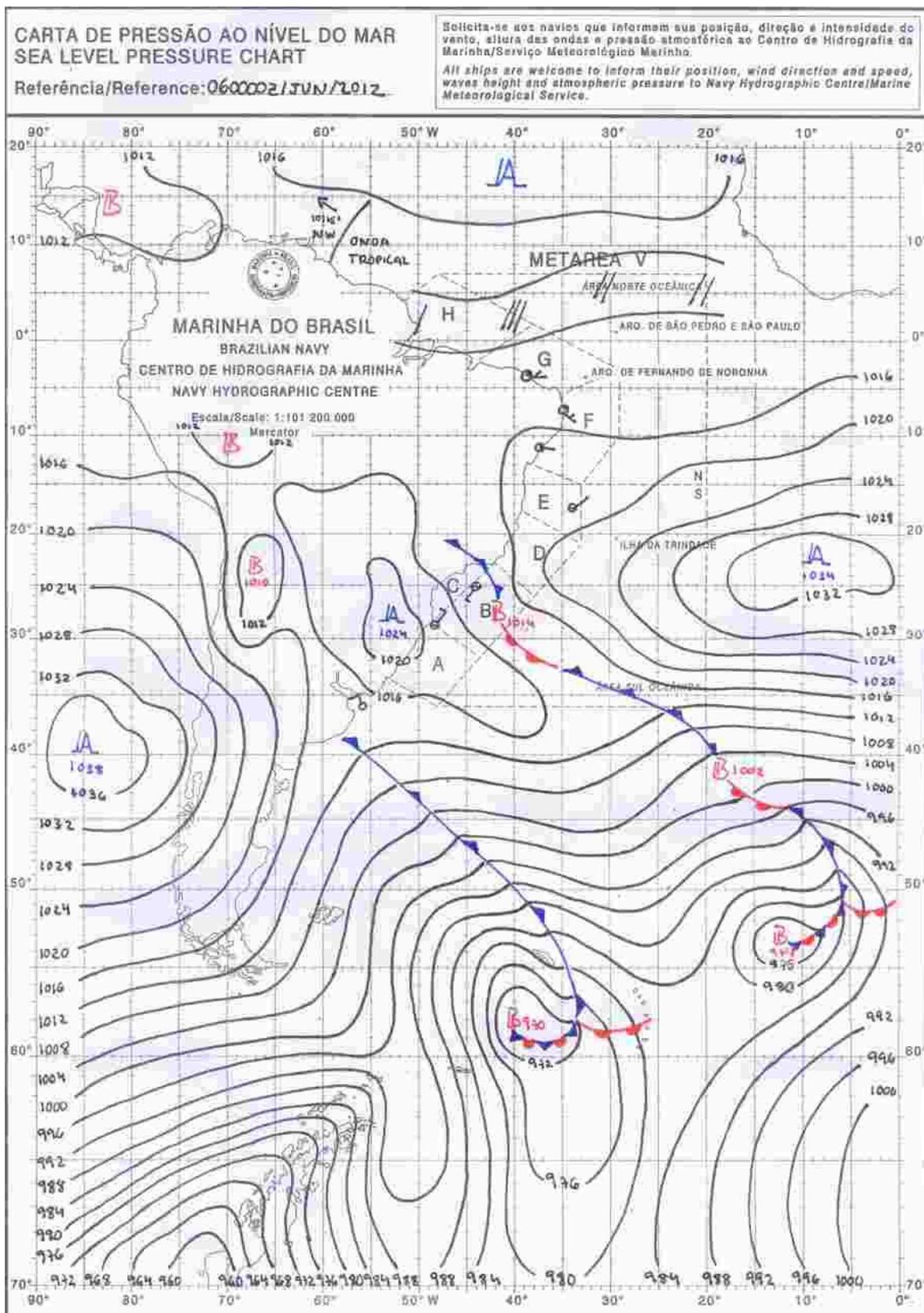


Figura 4.6-1. Carta Sinótica do dia 06 de junho de 2012 evidenciando a passagem do sistema frontal na costa de São Paulo. Fonte: Marinha do Brasil

## 5. Considerações

As atividades realizadas neste período contemplam as Campanhas 1, 2 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, para o monitoramento intensivo do setor de uso restrito (quadrículas Q-9 e Q-10) do PDO, além do ponto a nordeste da área do PDO (PS-N1) e da área a ser controlada (PS-C1).

Segundo os resultados de mercúrio total, do laboratório Analytical Technology (Campanhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11), do total de 44 amostras:

- 26 apresentaram concentração de mercúrio total abaixo do limite de quantificação do método, sendo:
  - 2 do ponto PS-Q9,
  - 2 do ponto PS-Q10,
  - 11 do ponto PS-N1, e
  - 11 do ponto PS-C1.
- Em 15 amostras o mercúrio foi quantificado, porém abaixo do Nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04, sendo:
  - 8 do ponto PS-Q9,
  - 7 do ponto PS-Q10.
- Em 3 amostras o mercúrio foi quantificado, acima do Nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04, sendo:
  - 1 do ponto PS-Q9,
  - 2 do ponto PS-Q10.

Os resultados das análises dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato para a Campanha 1 não apresentaram toxicidade para nenhuma amostra coletada. Nas Campanhas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato apresentaram efeito ecotoxicológico para *L. variegatus* no ponto PS-Q9 (Campanhas 2, 5, 6 e 7), PS-Q10 (campanha 8) e PS-N1 (Campanhas 3, 4, 5, 6 e 8), o ponto PS-C1 não apresentou efeito ecotoxicológico em nenhuma destas campanhas.

Dentre as 10 amostras que apresentaram efeito ecotoxicológico, 3 delas (PS-N1, Campanhas 4 e 5 e PS-Q9, Campanha 6) apresentaram concentração de

amônia não ionizada acima dos valores da concentração recomendada limite (0,05 mg/L) para a espécie de ouriço-do-mar *L. variegatus* (Prósperi, 2002). As outras amostras não apresentaram aparente explicação para os efeitos ecotoxicológicos observados.

Além disto, os resultados das análises ecotoxicológicas no sedimento total, para as Campanhas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 não apresentaram toxicidade aguda para *L. plumulosus*. Os resultados das próximas campanhas serão aguardados para avaliação conjunta da tendência observada.

As amostras, para a realização dos testes ecotoxicológicos no elutriato, da Campanha 9, 10 e 11, e no sedimento, das Campanhas 7, 8, 9, 10 e 11, foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

## 6. Cronograma

O cronograma de coleta do monitoramento intensivo seguirá o Plano de Dragagem mais atualizado, disponibilizado pela Codesp/SEP (Anexo 8-5). A retomada da dragagem na área AL 01 (subtrecho 4D) ocorreu no dia 13 de março de 2012 (Anexo 8-1), dando início ao monitoramento intensivo do PDO.

## 7. Referências Bibliográficas

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

ABNT/NBR 15638 – Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT/NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2005.

Bower, C. E.; Bidwell, J. P. 1978 Ionization of ammonia in seawater: Effects of temperature, pH, and salinity. J. Fish. Res. Board Can., Vol. 35, 1012 – 1016.

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.

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

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.

LICENÇA PRÉVIA Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.

NOTA TÉCNICA Nº 117/2010-COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. Monitoramento intensivo da dragagem de trecho 4 do Porto de Santos. Brasília, 23 de setembro de 2010.

Prósperi, V. A.; Romanelli, M. F.; Buratini, S. V.; Cachattori, D. ; Sáfadi, R. S. ; Tiritan, A.R. 2008. 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. Bento Gonçalves, RS. p. 158.

RETIFICAÇÃO DE LICENÇA DA INSTALAÇÃO Nº 666/2009. Brasília, 04 de outubro de 2010.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites – Peer Review Draft. Washington DC. 2001.

Whitfield, M. 1974. The hydrolysis of ammonia ions in sea water - a theoretical study, *Journal of Marine Biology. Ass. U.K.*, 54: 565-580.

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

## 8. Anexos

- Anexo 8-1. Plano de Dragagem disponibilizado pela SEP/CODESP, versão do dia 12 de março de 2012.
- Anexo 8-2. Laudo da análise química de mercúrio nas amostras de sedimento da Campanha 11.
- Anexo 8-3. Laudo do ensaio ecotoxicológico no sedimento total da Campanha 5.
- Anexo 8-4. Laudo do ensaio ecotoxicológico no sedimento total da Campanha 6.
- Anexo 8-5. Plano de Dragagem disponibilizado pela SEP/CODESP, versão do dia 17 de maio de 2012.

ANEXO 8-1. PLANO DE DRAGAGEM DISPONIBILIZADO PELA SEP/CODESP,  
VERSÃO DO DIA 12 DE MARÇO DE 2012.

**ANEXO 8-2. LAUDO DA ANÁLISE QUÍMICA DE MERCÚRIO NAS AMOSTRAS  
DE SEDIMENTO DA CAMPANHA 11.**

ANEXO 8-3. LAUDO DO ENSAIO ECOTOXICOLÓGICO NO SEDIMENTO  
TOTAL DA CAMPANHA 5.

ANEXO 8-4. LAUDO DO ENSAIO ECOTOXICOLÓGICO NO SEDIMENTO  
TOTAL DA CAMPANHA 6.

ANEXO 8-5. PLANO DE DRAGAGEM DISPONIBILIZADO PELA SEP/CODESP,  
VERSÃO DO DIA 17 DE MAIO DE 2012.