

<b>9. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS ÁREAS DRAGADAS.....</b>	<b>1</b>
9.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
9.2. METODOLOGIA.....	1
9.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	7
9.3.1. <i>Atividades desenvolvidas no 1º Semestre: Fevereiro a Junho de 2010</i> .....	7
9.3.2. <i>Atividades desenvolvidas no 2º Semestre: Julho a Novembro de 2010</i> .....	8
9.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	25
9.5. CRONOGRAMA .....	26
9.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
9.7. EQUIPE TÉCNICA.....	29
9.8. ANEXOS .....	29

## **9. Programa de Monitoramento da Qualidade da água nas áreas dragadas**

### **9.1. Introdução e Objetivos**

Visando o monitoramento da qualidade da água durante as atividades de dragagem de aprofundamento do canal do Porto de Santos, foi implantado o “Programa de Monitoramento da Qualidade da Água” como instrumento de suporte à mitigação de impacto das atividades de dragagem. Este programa prevê a realização de campanhas de amostragem de água durante as operações de dragagem, incluindo uma campanha prévia ao início dessa atividade, a qual teve como objetivo avaliar a qualidade da água ao longo do Canal do Porto de Santos antes do início do empreendimento.

O foco do monitoramento de qualidade da água durante a dragagem é avaliar as possíveis alterações em sua qualidade nas adjacências da operação das dragas, principalmente em decorrência da ressuspensão dos sedimentos, provocada pelo *overflow* da draga.

### **9.2. Metodologia**

#### **9.2.1. Campanha prévia (Janeiro/2010)**

Durante campanha prévia, foi realizada amostragem de água em quatro pontos distribuídos ao longo do Canal do Porto de Santos, abrangendo os quatro trechos previstos na obra de dragagem, considerando dois instantes: preamar e baixa-mar de uma maré de sizígia. As amostras foram coletadas no meio da coluna d’água com o auxílio de uma garrafa do tipo *Van Dorn*, cujo funcionamento consiste na abertura da garrafa a bordo da embarcação, e fechamento na profundidade desejada.

As amostras coletadas foram acondicionadas em frascarias apropriadas e mantidas sob refrigeração (entre 2 e 6°C) em caixas térmicas com gelo, desde o momento da coleta até o envio ao laboratório, sendo respeitado o tempo de preservação (*holding time*) de cada análise.

Durante a amostragem de água, foi realizada a medição em triplicata *in situ*, dos parâmetros físico-químicos (concentração de oxigênio dissolvido (OD), condutividade, salinidade, pH,  $E_H$  e temperatura) da água com uma sonda multiparamétrica. Os equipamentos foram devidamente calibrados em laboratório da Rede Brasileira de Calibração (Visomes) e verificados com padrões rastreáveis ao sistema internacional (SI), de forma a assegurar a aferição dos mesmos e de garantir a precisão e exatidão dos resultados de campo.

No trecho da Alemoa, foram coletadas amostras de água do meio da coluna em dois instantes (pico de maré alta e pico de maré baixa de sizígia) para a realização de ensaios ecotoxicológicos com ouriço-do-mar, além das amostras para análises químicas.

Os parâmetros de qualidade da água analisados em laboratório são listados na Tabela 9.2.1-1, a qual também apresenta os métodos de análise, as condições de armazenagem, preservação, quantidade e prazo de análises.

Adicionalmente, foram coletadas amostras de controle de qualidade: branco de campo, branco de equipamento, duplicata e matriz *spike*.

Os parâmetros selecionados para o presente monitoramento estão de acordo com os Pareceres da COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA nº 103/2008, nº 134/2009 e nº 151/2009.

Tabela 9.2.1-1. Protocolos para armazenamento, preservação e prazos para análises dos parâmetros a serem analisados na água superficial.

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra	Prazo para análise
<b>Orgânicos</b>					
Semivoláteis (incluindo HPAs)	EPA 3510C (preparação) ; EPA 8270D (análise)	Vidro âmbar c/ septo teflon	Refrigerar a 4±2° C	1000 mL	7 dias (extração) , 40 dias (análise) depois da extração
Carbono Orgânico Total	SW 846 EPA 9060A (análise)	Vidro âmbar	Refrigerar a 4±2°C; H2SO4 (pH<2)	250 mL	28 dias (análise)
<b>Química Clássica</b>					
DBO	SM 5210	plástico / vidro	Refrigerar a 4±2°C	1000 mL	48 h (para análise)
N amoniacal	EPA 9056A	plástico	Refrigerar a 4±2°C; H2SO4 (pH<2)	100 mL	28 dias (análise)
Nitrato como N	EPA 9056A	plástico	Refrigerar a 4±2°C	30 mL	48 horas (análise)
Nitrito como N	EPA 9056A	plástico	Refrigerar a 4±2°C	30 mL	48 horas (análise)
Nitrogenio Kjeldahl	SM - 4500.Norg.E	plástico	Refrigerar a 4±2°C; H2SO4 (pH<2)	250 mL	28 dias (análise)
Sólidos totais, dissolvidos, suspensos, fixos e voláteis	SM - 2540	plástico / vidro	Refrigerar a 4±2°C	200 mL	7 dias (análise)
Turbidez	SM - 2130B	Plástico / vidro	Refrigerar a 4±2°C	100ml	48 horas (análise)
<b>Metais</b>					
Metais totais (exceto Hg e CrVI)	EPA 3005A (preparação) ; EPA 6010C (análise)	plástico	Refrigerar a 4±2°C; HNO3 (pH<2)	250 mL	6 meses (análise)
P total	EPA 3005A (preparação) ; EPA 6010C (análise)	plástico	Refrigerar a 4±2°C; HNO3 (pH<2)	500 mL	28 dias (para análise)
Merúrio (Hg) total	EPA 7470A ou EPA 7473	plástico (acidificados)	Refrigerar a 4±2°C ; HNO3 (pH<2)	200 mL	28 dias (análise)
P dissolvido (filtrado em laboratório)	EPA 6010C	plástico	Refrigerar a 4±2°C	100 mL	24 horas (filtração) e 28 dias (análise)
<b>Pigmentos fotossintéticos</b>					
Clorofila a	SM 10.200H	Vidro âmbar	Amostra não filtrada: 4±2°C ± 2C°	1 L	24 horas para filtrar em laboratório; 28 dias (para análise)
Feoftina	SM 10.200H	Vidro âmbar	Amostra não filtrada: 4±2°C ± 2C°	1 L	24 horas para filtrar em laboratório; 28 dias (para análise)
<b>Ensaio Ecotoxicológicos</b>					
Toxicidade crônica com ouriço do mar	ABNT NBR 15350	Frasco plástico	Até 24 h: Enviar amostra sob refrigeração entre 4°C e 10°C. Após 24 h: Enviar amostra congelada em alíquotas de 500 ml.	2 L	60 dias

### **9.2.2. Campanhas de acompanhamento da pluma do *overflow* durante a dragagem**

As campanhas durante a dragagem são realizadas por trechos de dragagem (Trecho 1; Trecho 2; Trecho 3 e Trecho 4), devendo ser efetuadas duas campanhas em cada trecho, até o final da dragagem.

Um total de oito pontos são amostrados por campanha, sendo cinco na pluma de *overflow* da draga e três nas adjacências da área dragada, após a saída da draga. Para a coleta das amostras de água são utilizadas garrafas do tipo *Van Dorn*, cujo funcionamento consiste na abertura da garrafa dentro da embarcação, e fechamento dessa na profundidade desejada, por meio de um peso de metal (mensageiro) coletando assim, uma amostra de água correspondente a região pretendida. A amostra é coletada na profundidade correspondente à metade da profundidade local.

A amostragem de água para este monitoramento, na pluma de *overflow* da draga, é realizada à popa da embarcação, a uma distância segura de aproximadamente 500 metros ou conforme estabelecido pelas regras de segurança de navegação vigentes no Porto de Santos se a limitação de distância entre embarcações for superior a esta (Figura 9.2.2-1).

A equipe de campo permanece em contato com a tripulação da draga para a comunicação do início do *overflow*, para então dar início à coleta das amostras de água.

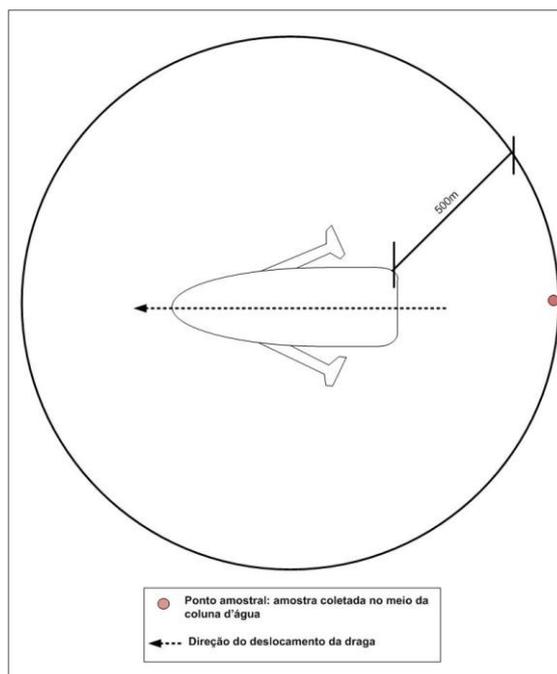


Figura 9.2.2-1. Esquema mostrando o raio e posição entre a draga e a embarcação de coleta.

Ao iniciar a amostragem, a embarcação de coleta fixa-se no ponto de coleta e realiza as coletas de água a cada 15min, a partir do início do *overflow*. São coletadas cinco amostras até o instante de 60min, sendo amostrados os instantes  $t=0\text{min.}$ (início do *overflow*),  $t=15\text{min.}$ ,  $t=30\text{min.}$ ,  $t=45\text{min}$  e  $t=60\text{min}$ . Uma representação esquemática desta operação de amostragem é apresentada na Figura 9.2.2-2.

Este intervalo entre as amostragens que inicialmente era de 10 minutos, a partir do início do *overflow*, foi alterado a partir da Campanha III, para 15 minutos. Esta alteração é válida, uma vez que o tempo médio de *overflow* tanto da draga *Hang Jun* como da *Xin Hai Hu* é de cerca de 40 minutos, exatamente o tempo para a amostragem da água, o que impossibilitava observar por meio dos resultados das análises químicas o decaimento das concentrações dos parâmetros logo após o *overflow*.

Com o aumento do intervalo do período de amostragem, os resultados podem evidenciar, de maneira mais eficaz, tanto o aumento nas concentrações dos parâmetros de qualidade de água analisados, devido ao *overflow*, como a diminuição nestas concentrações após o término do *overflow*, permitindo assim,

estabelecer inferências sobre o impacto da ressuspensão do sedimento durante as atividades de dragagem e *overflow*.

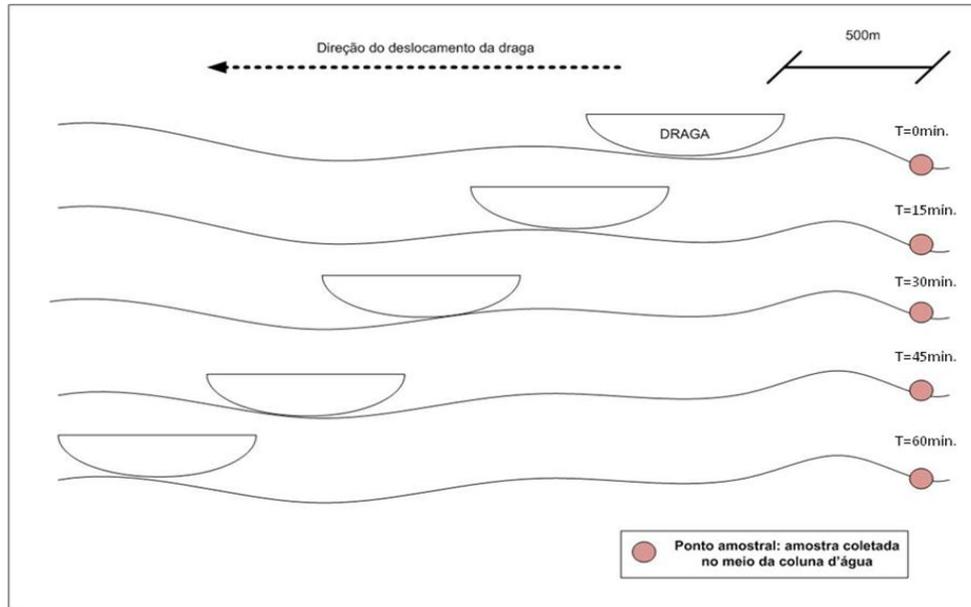


Figura 9.2.2-2. Desenho esquemático ilustrando o deslocamento da draga, a posição da embarcação de coleta em relação a esta em cada instante de coleta de amostras de água, nas campanhas realizadas no segundo semestre.

Após as amostragens de água na pluma de *overflow* da draga, são realizadas coletas de água em três pontos aleatórios dentro da área de dragagem. Esta coleta é realizada no mínimo trinta minutos após a embarcação ter deixado a área ou até trinta minutos antes do seu regresso, considerando que o tempo de viagem até a área de descarte e retorno é de aproximadamente uma hora (para Trecho 1, para os demais trechos o tempo de viagem aumenta para até 4 horas no Trecho 4).

Os parâmetros de qualidade de água que estão sendo analisados nas campanhas de monitoramento durante a operação de dragagem, são os mesmos avaliados na campanha prévia, com exceção das análises ecotoxicológicas, conforme apresentado na Tabela 9.2.1-1. As amostras são enviadas para o laboratório responsável (*Analytical Technology*) no mesmo dia da coleta, atendendo ao prazo de validade para todos os parâmetros avaliados.

Em todos os pontos amostrais, são realizadas medições *in situ* para determinação de pH, condutividade, salinidade,  $E_H$ , temperatura da água e concentração e porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (OD), na profundidade correspondente ao meio da coluna de água. Para a medição destes parâmetros, é utilizada uma sonda multiparamétrica, modelo 9828 da marca HANNA. Os resultados dos parâmetros analisados são comparados com a Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

### **9.3. Resultados e Discussões**

#### **9.3.1. Atividades desenvolvidas no 1º Semestre: Fevereiro a Junho de 2010**

Durante o primeiro semestre de 2010, foram realizadas três campanhas de amostragem, sendo uma campanha prévia ao início das obras de dragagem de aprofundamento, na qual foram coletadas amostras de água nos quatro trechos do canal de navegação onde será realizada a dragagem, e duas campanhas de amostragem de água durante o *overflow* da draga, dentro dos limites do trecho 1.

Os resultados obtidos sugeriram que a dragagem de sedimentos no trecho 1 do canal de navegação do Porto de Santos não gerou alterações significativas nas características físico-químicas na coluna d'água na área dragada, uma vez que todas as alterações observadas foram temporárias e sua amplitude foi compatível com valores obtidos na área de estudo anteriormente ao início das atividades deste empreendimento (Fundespa, 2010).

### 9.3.2. Atividades desenvolvidas no 2º Semestre: Julho a Novembro de 2010

Durante o segundo semestre de execução deste programa, foram realizadas duas campanhas de amostragem durante o *overflow* da draga, dentro dos limites do trecho 2 (Campanhas III e IV em setembro e outubro, respectivamente), cujos resultados são apresentados neste relatório. No período de novembro e dezembro de 2010, foram realizadas duas campanhas de amostragem durante o *overflow* da draga nos limites do trecho 3 (Campanhas V e VI, respectivamente), sendo que as amostras ainda se encontram sob análise laboratorial e os resultados serão apresentados no próximo relatório.

No Anexo 9.8-1, é apresentado o dossiê fotográfico dos procedimentos realizados para as coletas das amostras de água.

A Tabela 9.3.2-1 apresenta as coordenadas georreferenciadas dos pontos de amostragem, a nomenclatura e a descrição das amostras coletadas durante o período referente ao presente relatório (Julho a Novembro de 2010). A localização de cada ponto amostral das campanhas III e IV está representada nas Figuras 1 e 2 do Anexo 9.8-2.

Tabela 9.3.2-1. Nomenclatura e descrição das amostras coletadas dentro dos limites dos trechos 2 (campanhas III e IV) e 3 (campanhas V e VI) e suas respectivas coordenadas de localização geográfica (Projeção UTM – datum horizontal SAD-69).

Campanha	Data	Hora*	Amostra	Coordenadas UTM			Descrição
				Zona	Eastings (mE)	Northings (mN)	
Campanha III <i>overflow</i> - Hang Jun Trecho 2	2/9/2010	13:15	PA-31	23K	367.792	7.349.663	Ponto fixo (instante 0 min)
		13:30	PA-32	23K	367.792	7.349.663	Ponto fixo (instante 15 min)
		13:45	PA-33	23K	367.792	7.349.663	Ponto fixo (instante 30 min)
		14:00	PA-34	23K	367.792	7.349.663	Ponto fixo (instante 45 min)
		14:15	PA-35	23K	367.792	7.349.663	Ponto fixo (instante 60 min)
		14:30	PA-36	23K	367.223	7.350.223	Ponto aleatório no Trecho 2
		14:45	PA-37	23K	368.502	7.348.358	Ponto aleatório no Trecho 2
15:00	PA-38	23K	368.841	7.347.297	Ponto aleatório no Trecho 2		
Campanha IV <i>overflow</i> - Hang Jun Trecho 2	18/10/2010	14:35	PA-39	23K	367.537	7.349.937	Ponto fixo (instante 0 min)
		14:50	PA-40	23K	367.537	7.349.937	Ponto fixo (instante 15 min)
		15:05	PA-41	23K	367.537	7.349.937	Ponto fixo (instante 30 min)
		15:20	PA-42	23K	367.537	7.349.937	Ponto fixo (instante 45 min)
		15:35	PA-43	23K	367.537	7.349.937	Ponto fixo (instante 60 min)
		15:50	PA-44	23K	368.310	7.348.951	Ponto aleatório no Trecho 2
		16:06	PA-45	23K	368.795	7.348.058	Ponto aleatório no Trecho 2
16:18	PA-46	23K	368.835	7.347.151	Ponto aleatório no Trecho 2		

Tabela 9.3.2-1 (continuação). Nomenclatura e descrição das amostras coletadas dentro dos limites dos trechos 2 (campanhas III e IV) e 3 (campanhas V e VI) e suas respectivas coordenadas de localização geográfica (Projeção UTM – datum horizontal SAD-69).

Campanha	Data	Hora*	Amostra	Coordenadas UTM			Descrição
				Zona	Eastings (mE)	Northings (mN)	
Campanha V <i>overflow</i> Xin Hai Hu Trecho 3	24/11/2010	14:35	PA-47	23K	365.601	7.353.112	Ponto fixo (instante 0 min)
		14:50	PA-48	23K	365.601	7.353.112	Ponto fixo (instante 15 min)
		15:05	PA-49	23K	365.601	7.353.112	Ponto fixo (instante 30 min)
		15:20	PA-50	23K	365.601	7.353.112	Ponto fixo (instante 45 min)
		15:35	PA-51	23K	365.601	7.353.112	Ponto fixo (instante 60 min)
		15:50	PA-52	23K	366.098	7.352.818	Ponto aleatório no Trecho 3
		16:06	PA-53	23K	366.582	7.352.029	Ponto aleatório no Trecho 3
Campanha VI <i>overflow</i> Xin Hai Hu Trecho 3	1/12/2010	16:18	PA-54	23K	366.656	7.351.372	Ponto aleatório no Trecho 3
		14:35	PA-55	23K	366.803	7.351.321	Ponto fixo (instante 0 min)
		14:50	PA-56	23K	366.803	7.351.321	Ponto fixo (instante 15 min)
		15:05	PA-57	23K	366.803	7.351.321	Ponto fixo (instante 30 min)
		15:20	PA-58	23K	366.803	7.351.321	Ponto fixo (instante 45 min)
		15:35	PA-59	23K	366.803	7.351.321	Ponto fixo (instante 60 min)
		15:50	PA-60	23K	366.985	7.350.793	Ponto aleatório no Trecho 3
16:06	PA-61	23K	366.689	7.352.276	Ponto aleatório no Trecho 3		
		16:18	PA-62	23K	365.813	7.352.988	Ponto aleatório no Trecho 3

\* Horário de Brasília (ajustado para o horário de verão).

A Tabela 9.3.2-2 apresenta as amplitudes de maré para os dias nos quais foram realizadas as campanhas de amostragem. Cabe ressaltar que a maré é a principal forçante ambiental responsável pela dispersão da pluma de sedimentos gerada pelo processo de dragagem e *overflow*, no sistema estuarino.

Tabela 9.3.2-2. Amplitudes da maré nos dias de realização das campanhas de amostragem na pluma de *overflow* da draga.

Campanha	Data	Tipo de maré	Hora*	Amplitude (m.)
Campanha III <i>overflow</i> - Hang Jun Trecho 2	2/9/2010	Quadratura	03:41	0,6
			12:39	1,0
			17:24	0,6
Campanha IV <i>overflow</i> - Hang Jun Trecho 2	18/10/2010	Quadratura	01:04	1,1
			06:36	0,1
			13:08	1,1
			19:23	0,4

Tabela 9.3.2-2 (continuação). Amplitudes da maré nos dias de realização das campanhas de amostragem na pluma de *overflow* da draga.

Campanha	Data	Tipo de maré	Hora*	Amplitude (m.)
Campanha V <i>overflow</i> Xin Hai Hu Trecho 3	24/11/2010	Quadratura	04:28	1,3
			10:34	0,4
			15:32	1,1
			23:02	0,1
Campanha VI <i>overflow</i> Xin Hai Hu Trecho 3	1/12/2010	Quadratura	04:45	0,4
			12:47	1,1
			17:43	0,3
			23:58	1,1

\* Horário de Brasília (ajustado para o horário de verão).

As amostras de água do *overflow* da draga foram coletadas durante a maré vazante de quadratura no Trecho 2, em ambas as campanhas de amostragem (Campanha III e IV). Para a efetiva caracterização da pluma gerada pelo *overflow* da draga, a amostragem foi realizada com a draga posicionada a montante do canal de navegação, em relação à embarcação de coleta, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2 do Anexo 9.8-2.

Os laudos físico-químicos referentes aos resultados obtidos nas medições *in situ* nas Campanhas III e IV são apresentados no Anexo 9.8-3. O Anexo 9.8-4 apresenta o estudo de validação dos resultados referentes ao controle de qualidade das atividades de campo e análises químicas, realizado pelo Departamento de Garantia da Qualidade da CPEA.

As cadeias de custódia das amostras encaminhadas ao laboratório *Analytical Technology* estão apresentadas no Anexo 9.8-5. Os resultados obtidos nas análises laboratoriais para as amostras de água coletadas na pluma de *overflow* da draga estão apresentados em laudos analíticos no Anexo 9.8-5.

### 9.3.2.1. Resultados - Campanha III (Setembro de 2010)

Os resultados obtidos nas medições *in situ* com sonda multiparamétrica na Campanha III (02 de setembro de 2010) no *overflow* são apresentados na Tabela 9.3.2.1-1 e no Anexo 9.8-3.

Tabela 9.3.2.1-1. Parâmetros físico-químicos medidos *in situ* nas amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha III (setembro de 2010).

Ponto	Resolução	PA-31	PA-32	PA-33	PA-34	PA-35	PA-36	PA-37	PA-38
Data	CONAMA 357	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010
Hora	Art. 18	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00
Profundidade		16,8	16	16	15	16	15	15	15,3
OD (mg/L)	Não inferior a 6 mg/L	6,56	6,71	6,74	6,83	6,63	6,46	6,65	6,85
OD (%)	-	88,8	90,4	90,2	91,8	89,6	87,4	89,8	92,2
pH	Entre 6,5 e 8,5	7,86	7,53	7,46	7,48	7,39	7,20	7,11	7,04
Condutividade (mS/cm)	-	49,10	48,63	48,04	48,78	48,18	48,80	48,04	46,91
Salinidade (‰)	-	31,89	31,48	30,83	32,80	31,24	31,69	30,73	31,12
E <sub>H</sub> (mV)	-	132	106	51,7	36,4	38,0	98,5	106	102
Temperatura (°C)	-	21,1	20,5	20,5	20,7	20,9	21,1	20,7	20,6

■ Valor em desacordo com condição de qualidade estabelecida pelo artigo 18 da Resolução Conama 357/05.

(-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

PA-31 corresponde ao instante zero, PA-32 a PA-35 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*. PA-36 a PA-38 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

Conforme o artigo 2º da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005), os corpos d'água com salinidade igual ou superior a 30‰ são classificados como água salina. Seguindo tais critérios, todas as amostras coletadas na Campanha III – Setembro de 2010, no trecho 2, foram classificadas como água salina (valores de salinidade entre 30,73 a 32,80‰), sendo que os resultados obtidos deverão ser comparados às condições e aos padrões de qualidade estabelecidos pelo artigo 18 (águas salinas de classe 1) da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

Este artigo estabelece condições de qualidade para oxigênio dissolvido (OD), o qual deve apresentar concentração superior a 6,0 mg/L, e para pH, o qual deve estar entre 6,5 e 8,5 unidades. Sendo assim, todas as amostras de água coletadas no *overflow* e nas imediações da área de dragagem apresentaram valores de OD e pH em conformidade com as condições de qualidade estabelecidas pelo artigo 18 da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas realizadas em laboratório para a Campanha III (02/09/2010) são apresentados na Tabela 9.3.2.1-2 e no Anexo 9.8-5. Os parâmetros analisados foram comparados às condições e padrões de qualidade de água estabelecidos no artigo 18 da Resolução Conama

357/2005 (Brasil, 2005) para águas salinas de classe 1 (salinidade igual ou superior a 30).

Tabela 9.3.2.1-2. Parâmetros físico-químico analisados em laboratório das amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha III (setembro de 2010).

	Resolução CONAMA 357 Art. 18	PA-31	PA-32	PA-33	PA-34
<b>Data de coleta</b>		2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010
<b>ID Laboratório</b>		48017/2010 - 1.0	48018/2010 - 1.0	48019/2010 - 1.0	48020/2010 - 1.0
<b>Condições de qualidade</b>					
Sólidos suspensos totais, em mg/L	-	< 30,0	<b>40,0</b>	<b>84,0</b>	<b>144,0</b>
Turbidez, em NTU	virtualmente ausente	< 6,00	< 6,00	<b>6,84</b>	<b>6,82</b>
Carbono Orgânico Total, em mg/L	3	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
DBO, em mgO <sub>2</sub> /L	-	< 3,8	< 3,8	< 3,8	<b>4,0</b>
<b>Padrões de qualidade</b>					
<b>Série Nitrogenada</b>					
Nitrogênio Kjeldahl, em mg/L	-	<b>0,49</b>	<b>0,64</b>	<b>0,43</b>	<b>0,84</b>
Nitrato como N, em mg/L	0,4	<b>0,670</b>	<b>3,80</b>	<b>2,15</b>	<b>2,25</b>
Nitrito como N, em mg/L	0,07	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Nitrogênio Amoniacal, em mg/L	0,4	<b>0,060</b>	<b>0,088</b>	<b>0,075</b>	<b>0,054</b>
Amônia, em µg/L	-	<b>4,73</b>	<b>3,73</b>	<b>2,83</b>	<b>2,10</b>
<b>Fósforo, em mg/L</b>					
Fósforo Total	0,062	<0,02	<b>0,099</b>	<0,02	<b>0,089</b>
Fósforo Dissolvido	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Polifosfato	0,031	<0,02	<b>0,099</b>	<0,02	<b>0,089</b>
<b>Metais e semi-metais, em mg/L</b>					
Arsênio	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mercurio	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
<b>Pigmentos Fotossintéticos, em µg/L</b>					
Clorofila a	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	<b>14,0</b>
Feofitina	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
<b>HPA, em µg/L</b>					
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013
	Resolução CONAMA 357 Art. 18	PA-35	PA-36	PA-37	PA-38
<b>Data de coleta</b>		2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010
<b>ID Laboratório</b>		48021/2010 - 1.0	48022/2010 - 1.0	48023/2010 - 1.0	48024/2010 - 1.0
<b>Condições de qualidade</b>					
Sólidos suspensos totais, em mg/L	-	<b>142,0</b>	<b>60,0</b>	<b>38,0</b>	<b>70,0</b>
Turbidez, em NTU	virtualmente ausente	<b>21,7</b>	< 6,00	< 6,00	< 6,00
Carbono Orgânico Total, em mg/L	3	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
DBO, em mgO <sub>2</sub> /L	-	<b>4,0</b>	< 3,8	< 3,8	< 3,8
<b>Padrões de qualidade</b>					
<b>Série Nitrogenada</b>					
Nitrogênio Kjeldahl, em mg/L	-	<0,40	<b>0,51</b>	<0,40	<b>0,47</b>
Nitrato como N, em mg/L	0,4	<b>2,38</b>	<b>4,95</b>	<b>6,61</b>	<b>1,73</b>
Nitrito como N, em mg/L	0,07	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Nitrogênio Amoniacal, em mg/L	0,4	<b>0,063</b>	<b>0,037</b>	<b>0,030</b>	<b>0,044</b>
Amônia, em µg/L	-	<b>2,14</b>	<b>0,88</b>	<b>0,60</b>	<b>0,76</b>
<b>Fósforo, em mg/L</b>					
Fósforo Total	0,062	<b>0,081</b>	<b>0,111</b>	<b>0,065</b>	<b>0,066</b>
Fósforo Dissolvido	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Polifosfato	0,031	<b>0,081</b>	<b>0,111</b>	<b>0,065</b>	<b>0,066</b>

■ Concentração superior ao padrão e/ou condição de qualidade estabelecido pelo artigo 18 da Resolução Conama 357/05.

(-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

PA-31 corresponde ao ponto zero, PA-32 a PA-35 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*. PA-36 a PA-38 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

Tabela 9.3.2-4 (continuação). Parâmetros físicos e químicos analisados em laboratório das amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha III (setembro de 2010).

	Resolução CONAMA 357	PA-35	PA-36	PA-37	PA-38
Data de coleta	Art. 18	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010	2/9/2010
ID Laboratório		48021/2010 - 1.0	48022/2010 - 1.0	48023/2010 - 1.0	48024/2010 - 1.0
Padrões de qualidade					
Metais e semi-metais, em mg/L					
Arsênio	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mercurio	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Pigmentos Fotossintéticos, em µg/L					
Clorofila a	-	16,0	42,0	< 10,0	< 10,0
Feofitina	-	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
HPA, em µg/L					
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013

■ Concentração superior ao padrão e/ou condição de qualidade estabelecida pelo artigo 18 da Resolução Conama 357/05.

(-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

PA-31 corresponde ao ponto zero, PA-32 a PA-35 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*. PA-36 a PA-38 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

O *overflow* foi realizado no momento em que a draga (*Hang Jun 5001*) realizava a dragagem deslocando-se no sentido oceano-continente. Durante a amostragem, a área estava sob influência da maré vazante (maré de quadratura).

Quanto ao parâmetro turbidez, a condição de qualidade estabelecida na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005) é “Virtualmente Ausente”. Portanto, considerou-se a condição “presente”, nos casos dos valores superiores ao limite de quantificação do laboratório (6 NTU). A turbidez na água foi quantificada em níveis superiores ao LQ nas amostras PA-33 (t=30min.), PA-34 (t=45min.) e PA-35 (t=60min.), sendo que a maior concentração foi observada na amostra PA-35 (21,7 NTU), conforme ilustrado na Figura 9.3.2.1-1, em comparação às concentrações de sólidos totais em suspensão.

É importante ressaltar que, após o início da amostragem no ponto fixo, a draga passou novamente por esse ponto realizando a dragagem, entre os instantes 15 min e 30 min, correspondentes às amostras PA-32 e PA-33. No momento da passagem da draga pela segunda vez sobre o ponto fixo, a equipe de campo observou alterações no padrão de coloração da água no local, gerado pela ressuspensão de sedimentos (dragagem *Hang Jun 5001*). Sendo assim, as amostras PA-33, PA-34 e PA-35, correspondentes aos instantes 30 min, 45 min e 60 min respectivamente, apresentaram influência conjunta das plumas de

sedimentos geradas: (a) pelo *overflow* da *Hang Jun 5001* e (b) pela ressuspensão de sedimentos da atividade da própria draga. Isto explica o aumento progressivo das concentrações de STS e turbidez exibidas na Figura 9.3.2.1-1.

Cenário semelhante ocorreu também durante a Campanha II, na qual as amostras coletadas no *overflow* da draga sofreram influência conjunta dos processos de *overflow* da draga *Xin Hai Hu* e da ressuspensão de sedimentos devido à operação de dragagem pela *Hang Jun 5001*, a qual passou sobre o ponto de coleta durante o período de monitoramento do *overflow* da *Xin Hai Hu*. Nas duas situações, as concentrações de STS e a turbidez atingiram valores máximos que são da mesma ordem de grandeza dos valores quantificados em situações anteriores à dragagem, conforme dados do EIA elaborado para esta obra (FRF, 2008), no qual foram quantificadas concentrações de 70 a 158 mg/L de STS nos pontos amostrados no canal do estuário.

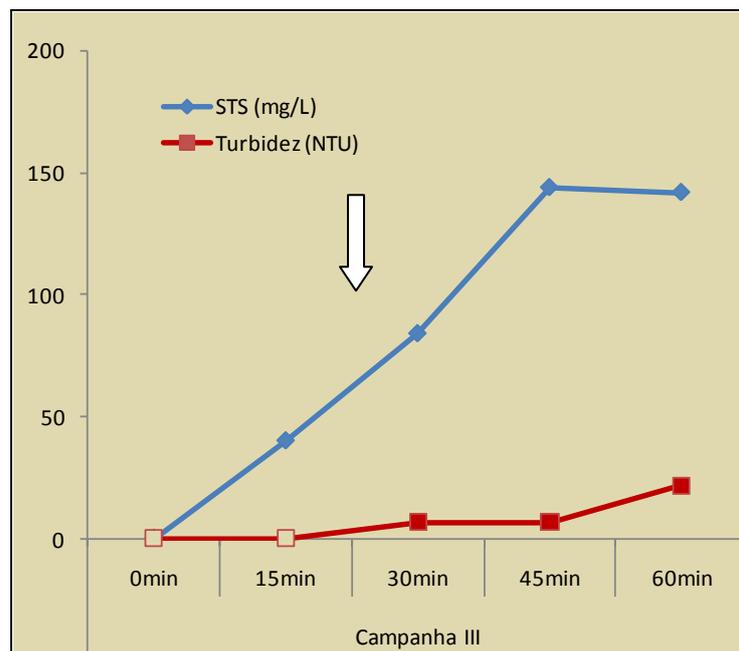


Figura 9.3.2.1-1. Variação da turbidez e das concentrações de sólidos totais em suspensão durante o monitoramento no *overflow* da draga (Campanha III, setembro de 2010). Seta indica momento que a draga *Hang Jun 5001* passa sobre o ponto de coleta, provocando a ressuspensão de sedimentos.

Quanto ao nitrato, todas as amostras analisadas apresentaram concentrações superiores ao padrão de qualidade do artigo 18 da Resolução

Conama 357/2005 (Brasil, 2005) (Anexo 9.8-5 e Figura 9.3.2.1-2). No entanto, não é possível afirmar que houve liberação de nitrato para a coluna d'água devido ao processo de dragagem, visto que há uma série de fatores que podem alterar, temporariamente, a concentração de nutrientes. De acordo com Braga (1999), nos ambientes estuarinos, os aportes de compostos dissolvidos via drenagem continental e precipitação atmosférica, por exemplo, podem modificar temporariamente as concentrações de certas substâncias químicas na água do mar, principalmente os sais nutrientes. As águas dos rios e das chuvas possuem concentrações de nitrato, nitrito, amônio, fosfato e silicato frequentemente maiores que aquelas encontradas nas águas de superfície do mar. Ainda, para afirmar que há disponibilização de nitrato decorrente do *overflow*, deve-se observar reocorrência nas demais campanhas amostrais; na campanha seguinte (IV), realizada em 18 de outubro (resultados apresentados na Tabela 9.3.2.2-2), observa-se que todos os resultados estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório (0,03 mg/L).

Concentrações superiores ao padrão de qualidade da Resolução Conama 357/2005, já haviam sido quantificados ao longo do Canal de Santos e de São Vicente (FRF, 2008; Cetesb, 2009) com valores ente 0,43 a 3,59mg/L, indicando a presença deste nutriente no sistema estuarino anteriormente ao início das atividades de dragagem.

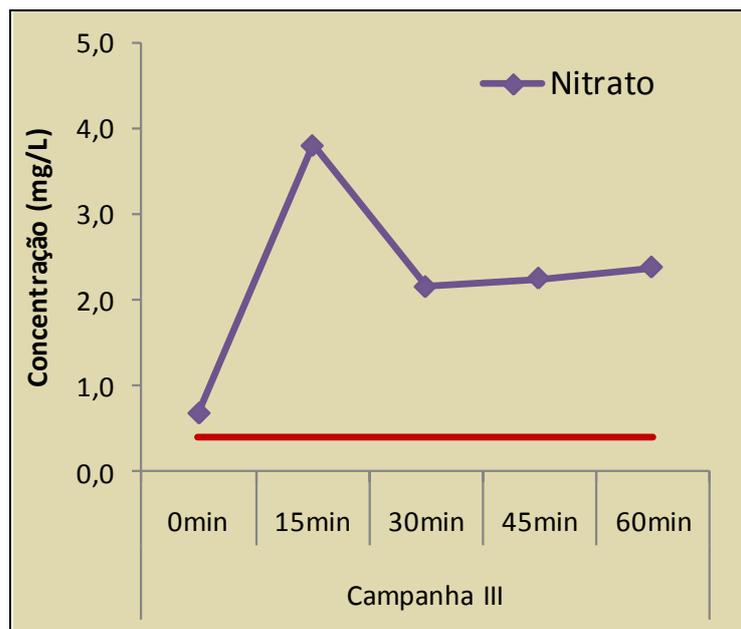


Figura 9.3.2.1-2. Variação das concentrações de nitrato durante o monitoramento no *overflow* da draga. A linha vermelha representa o padrão estabelecido no Artigo 18 da resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2010).

Os parâmetros fósforo total e polifosfato foram quantificados em todas as amostras em concentrações superiores ao padrão de qualidade do artigo 18 da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005), com exceção de PA-31 (t=0min) e PA-33 (t=30min). Vale ressaltar que as concentrações de fósforo total estiveram muito próximas da concentração padrão do Artigo 18 da Conama 357/2005 (0,062 mg/L, Brasil, 2005), com exceção da amostra PA-36 (0,111 mg/L), coletada fora da pluma do *overflow* (Figura 1 do Anexo 9.8-2), onde foram observadas as maiores concentrações. Além disto, durante a Campanha Prévia, anterior ao início da dragagem, foi quantificada a concentração de 0,114 mg/L de fósforo total na amostra realizada na sizígia baixa do trecho 4 (PA-04-SB), sugerindo que o ambiente apresenta concentrações elevadas para esse parâmetro devido a outras possíveis fontes e que o processo de *overflow* da dragagem não é o principal responsável pelas elevadas concentrações observadas.

No Relatório de Qualidade de Águas Superficiais da Cetesb (2010), foi reportado fósforo total em concentrações de 0,03 a 0,140 mg/L em alguns pontos do canal do estuário de Santos. Já no EIA elaborado para esta obra (FRF, 2008), foram quantificadas concentrações de fósforo total de 0,157 a 0,476 mg/L nas

amostras de água referentes aos nove pontos realizados no canal do estuário de Santos.

Quanto aos contaminantes analisados (As, Hg e HPA), todos apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do laboratório nas amostras de água da Campanha III (setembro de 2010).

#### **9.3.2.2. Resultados - Campanha IV (Outubro de 2010)**

Os resultados obtidos nas medições *in situ* com sonda multiparamétrica durante a Campanha IV (18/10/2010) no *overflow* da draga *Hang Jun 5001* são apresentados na Tabela 9.3.2.2-1 e no Anexo 9.8-3.

Tabela 9.3.2.2-1. Parâmetros físico-químicos medidos *in situ* nas amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha IV (outubro de 2010).

Ponto	Resolução CONAMA 357 Art. 21	PA-39	PA-40	PA-41	PA-42	PA-43	PA-44	PA-45	PA-46
		18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010
Data		14:35	14:50	15:05	15:20	15:35	15:50	16:05	16:18
Hora		16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	17	16,5	17
Profundidade									
OD (mg/L)	Não inferior a 5 mg/L	6,42	6,79	6,67	6,54	6,71	7,20	7,28	7,51
OD (%)	-	87,40	92,57	74,20	89,10	91,40	98,07	99,50	102,30
pH	Entre 6,5 e 8,5	8,11	8,27	8,22	8,18	8,19	8,17	8,12	8,13
Condutividade (mS/cm)	-	44,62	44,88	44,89	44,81	45,16	45,22	44,55	44,82
Salinidade (‰)	-	28,88	29,07	29,15	29,02	29,29	27,65	28,83	29,03
Eh (mV)	-	20,77	6,97	-33,40	-38,93	-22,73	9,33	10,97	14,77
Temperatura (°C)	-	22,15	24,52	22,12	22,03	21,87	22,17	22,19	22,09

■ Valor em desacordo com condição de qualidade estabelecido pelo artigo 21 da Resolução Conama 357/05.  
 (-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/05.

PA-39 corresponde ao ponto zero, PA-40 a PA-43 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*. PA-44 a PA-46 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

Conforme o artigo 2º da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005), os corpos d'água com salinidade entre 0,5 e 30‰ são classificados como água salobra. Seguindo tais critérios, todas as amostras coletadas na Campanha IV – Outubro de 2010, no trecho 2, foram classificadas como água salobra (valores de salinidade entre 27,65 e 29,03‰), sendo que os resultados obtidos deverão ser comparados às condições e aos padrões de qualidade estabelecidos pelo artigo 21 (águas salobras de classe 1) da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

Segundo o mesmo artigo, as concentrações de oxigênio dissolvido na água salobra não devem ser inferiores a 5,0 mg/L, e o pH deve estar entre 6,5 e 8,5 unidades. Sendo assim, todas as amostras de água coletadas no *overflow* e nas imediações da área de dragagem de aprofundamento apresentaram valores de OD e pH em conformidade com as condições de qualidade estabelecidas pelo artigo 21 da referida resolução.

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas realizadas em laboratório para as amostras da Campanha IV (18 de outubro de 2010) são apresentados na Tabela 9.3.2.2-2 e no Anexo 9.8-5. Os parâmetros analisados foram comparados às condições e padrões de qualidade de água estabelecidos no artigo 21 da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005) para águas salobras de classe 1 (salinidade superior a 0,5 e inferior a 30‰).

Tabela 9.3.2.2-2. Parâmetros físicos e químicos analisados em laboratório das amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha IV (outubro de 2010).

	Resolução CONAMA 357 Art. 21	PA-39	PA-40	PA-41	PA-42
Data de coleta		18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010
ID Laboratório		62970/2010-1.0	62971/2010-1.0	62972/2010-1.0	62973/2010-1.0
<b>Condições de qualidade</b>					
Sólidos suspensos totais, em mg/L	-	78	<30	84	387
Turbidez, em NTU	virtualmente ausentes	<6	<6	11,2	<6
Carbono Orgânico Total, em mg/L	3	2	6	5	2
DBO, em mgO <sub>2</sub> /L	-	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
<b>Padrões de qualidade</b>					
<b>Série Nitrogenada</b>					
Nitrogênio Kjeldahl, em mg/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrato como N, em mg/L	0,4	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrito como N, em mg/L	0,07	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Nitrogênio Amônia, em mg/L	0,4	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Amônia, em µg/L	-	3,08	1,53	1,32	1,37
<b>Fósforo, em mg/L</b>					
Fósforo Total	0,124	<0,02	<0,02	0,069	0,069
Fósforo Dissolvido	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Polifosfato	0,062	<0,02	<0,02	0,069	0,069
<b>Metais e semi-metais, em mg/L</b>					
Arsênio	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Mercurio	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
<b>Pigmentos Fotossintéticos, em µg/L</b>					
Clorofila a	-	<10	<10	<10	16
Fcoftina	-	<10	<10	<10	<10
<b>HPA, em µg/L</b>					
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013

■ Concentração superior ao padrão ou condição de qualidade estabelecido pelo artigo 21 da Resolução Conama 357/05.

(-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

PA-39 corresponde ao ponto zero, PA-40 a PA-43 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*. PA-44 a PA-46 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

Tabela 9.3.2-6 (continuação). Parâmetros físicos e químicos analisados em laboratório das amostras de água, durante a maré de quadratura (vazante), Campanha IV (outubro de 2010).

	Resolução CONAMA 357 Art. 21	PA-43	PA-44	PA-45	PA-46
Data de coleta		18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010	18/10/2010
ID Laboratório		62974/2010-1.0	62975/2010-1.0	62976/2010-1.0	62977/2010-1.0
<b>Condições de qualidade</b>					
Sólidos suspensos totais, em mg/L	-	<30	136	136	<30
Turbidez, em NTU	virtualmente ausentes	8,6	<6	<6	<6
Carbono Orgânico Total, em mg/L	3	3	4	2	3
DBO, em mgO <sub>2</sub> /L	-	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
<b>Padrões de qualidade</b>					
<b>Série Nitrogenada</b>					
Nitrogênio Kjeldahl, em mg/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrato como N, em mg/L	0,4	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrito como N, em mg/L	0,07	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Nitrogênio Amônia, em mg/L	0,4	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Amônia, em µg/L	-	1,13	0,73	0,60	0,51
<b>Fósforo, em mg/L</b>					
Fósforo Total	0,124	0,07	0,066	<0,02	0,062
Fósforo Dissolvido	-	0,067	<0,02	<0,02	<0,02
Polifosfato	0,062	0,003	0,066	<0,02	0,062
<b>Metais e semi-metais, em mg/L</b>					
Arsênio	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Mercurio	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
<b>Pigmentos Fotossintéticos, em µg/L</b>					
Clorofila a	-	<10	<10	<10	<10
Fcoftina	-	<10	<10	11	<10
<b>HPA, em µg/L</b>					
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013

■ Concentração superior ao padrão ou condição de qualidade estabelecida pelo artigo 21 da Resolução Conama 357/05.  
 (-) parâmetros não considerados na Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).  
 PA-39 corresponde ao ponto zero, PA-40 a PA-43 são as amostras coletadas a cada 15 minutos após o início do *overflow*.  
 PA-44 a PA-46 são amostras coletadas após o final do *overflow* em pontos aleatórios dentro do trecho 2.

Quanto ao parâmetro turbidez, a condição de qualidade estabelecida no Artigo 21 da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005) é “Virtualmente Ausente”, portanto está sendo considerado “presente” concentrações superiores ao limite de quantificação do laboratório (6 NTU). A turbidez na água foi quantificada em níveis superiores ao LQ apenas nos pontos PA-41 (t=30min) e PA-43 (t=60min). (Anexo 9.8-5). Sendo assim, não foi observada uma relação direta entre os valores de turbidez quantificados com a pluma de sedimentos gerada pelo *overflow* da draga. A Figura 9.3.2.2-1 apresenta os valores de turbidez e sólidos totais em suspensão obtidos nas amostras coletadas no *overflow* da draga. As concentrações de STS foram mais elevadas no minuto 45, e no minuto 60 mostraram uma brusca redução em sua concentração.

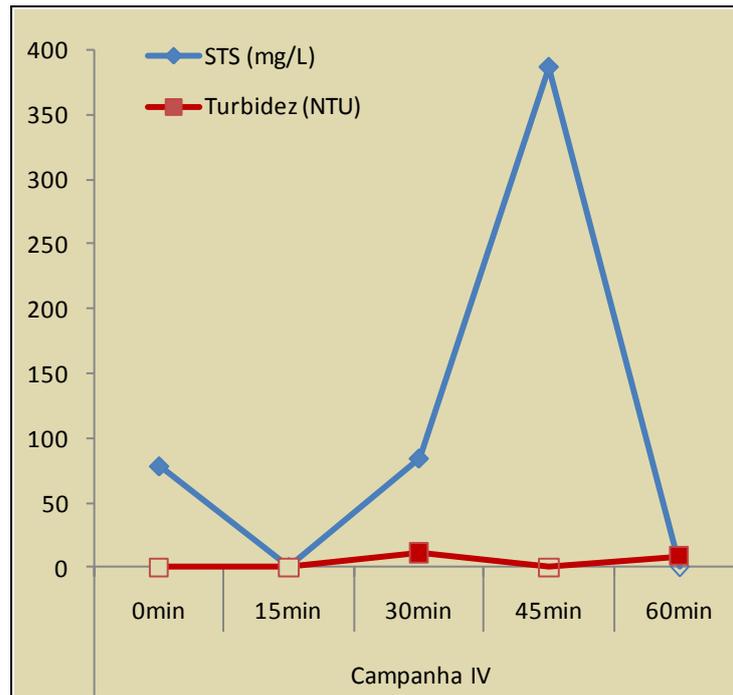


Figura 9.3.2.2-1. Variação da turbidez e das concentrações de sólidos totais em suspensão (STS) durante o monitoramento no *overflow* da draga (Campanha IV, outubro de 2010).

O carbono orgânico total foi quantificado em todas as amostras, sendo observadas concentrações superiores à condição de qualidade do artigo 21 da Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005) apenas nos pontos PA-40 (t=15min) e PA-41 (t=30min), na pluma de *overflow* da draga, e na amostra PA-44, coletada nas adjacências ao ponto de realização do *overflow* (Figura 1 do Anexo 9.8-2). Concentrações relativamente maiores de COT, da ordem de 11,4 a 13,0 mg/L, foram observadas no monitoramento da Cetesb (2010), em pontos do canal do estuário de Santos nas regiões dos trechos 2 e 3 de dragagem. No EIA elaborado para esta obra (FRF, 2008), foram obtidas concentrações de COT de 0,1 a 7,5 mg/L.

Estes resultados sugerem que o ambiente apresenta concentrações elevadas para este parâmetro independentemente da ressuspensão provocada pelo processo de *overflow*. Mesmo porque na Campanha III (setembro de 2010), realizada no mesmo trecho, as concentrações de carbono orgânico total estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras.

Os parâmetros fósforo total e polifosfato foram quantificados tanto em amostras coletadas na pluma de *overflow* da draga: PA-41 (t=30min), PA-42 (t=45min) e PA-43 (t=60min), quanto em amostras coletadas em locais distantes em relação ao *overflow* da draga (PA-44 e PA-46), sendo que as concentrações de fósforo total estiveram abaixo do padrão estabelecido no Artigo 21 da Conama 357/2005 (Brasil, 2005). A variação das concentrações de fósforo total nas amostras coletadas no *overflow* da draga é exibida na Figura 9.3.2.2-2.

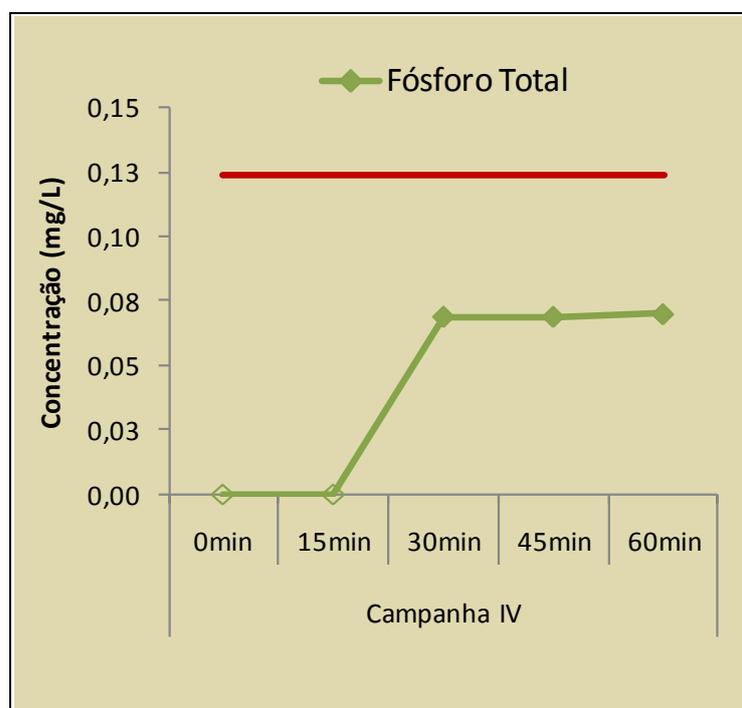


Figura 9.3.2.2-2. Variação das concentrações de fósforo total durante o monitoramento no *overflow* da draga (Campanha IV). A linha vermelha representa o padrão estabelecido no Artigo 21 da resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005).

Com relação aos contaminantes, arsênio, mercúrio e dibenzo(a,h)antraceno, ocorreram em concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico em todas as amostras coletadas durante a Campanha IV (outubro de 2010); clorofila-a foi quantificada apenas na amostra PA-42 e feofitina na amostra PA-45.

### 9.3.2.3. Discussão

Dentre os parâmetros físico-químicos avaliados no período de julho a dezembro de 2010, os valores de pH e as concentrações de oxigênio dissolvido estiveram em conformidade com as condições de qualidade estabelecidas pela Resolução Conama 357/2005 (Brasil, 2005) em todas as campanhas. Foram observadas alterações na turbidez e nas concentrações de sólidos totais em suspensão (STS) na coluna d'água durante a Campanha III e IV (setembro e outubro, respectivamente). No entanto, esta condição foi temporária.

Segundo Essink (1999), estudos de campo realizados em áreas de disposição de sedimentos concluíram que a disposição de sedimentos dragados causa aumento local e temporário na suspensão de sedimentos na água, o que causa aumento de turbidez no local de descarte. Entretanto, também concluíram que a elevação natural da turbidez, induzida por marés cheias e mudanças climáticas, possui efeitos mais relevantes do que as elevações periódicas causadas por atividades de descarte de sedimento dragado. O mesmo foi observado por Bohlen *et al.* (1979). Um paralelo pode ser traçado com o efeito da ressuspensão do sedimento causada pelo *overflow* da draga.

A respeito dos efeitos dos sedimentos em suspensão sobre a biota aquática, é difícil estabelecer conclusões gerais com as informações disponíveis em estudos científicos, pois não há uma duração padrão (Newcombe & MacDonald, 1991) ou frequência da exposição (Shaw & Richardson, 2001) para os testes de sedimentos em suspensão.

Infelizmente, poucos dados estão disponíveis a respeito do aumento de concentrações de sedimentos em suspensão em estuários causado por processos naturais. Estudos relatam concentrações excessivamente altas de sedimentos em suspensão variando de 570 a 10.000 mg/L causadas por processos naturais, tais como entrada de frentes frias, ressacas e aumento da pluviosidade (Wilber & Clarke 2001). A previsão de potenciais impactos de distúrbios, tais como projetos de dragagem, em peixes e invertebrados exige o entendimento das condições dos sedimentos em suspensão que ocorrem tanto por causas naturais como relacionadas às operações de dragagem.

Configurações de sedimentos em suspensão induzidas por operações de dragagem são relativamente bem documentadas. As concentrações de sedimentos em ressuspensão variam de acordo com o tipo de draga e de sedimento e com as condições ambientais na época da dragagem (McLellan *et al.* 1989; Herbich & Brahme 1991; Hayes *et al.* 2000). Uma pluma de sedimentos em suspensão em concentração máxima (1.100 mg/L) pode se estender por 1.000 metros ao longo do fundo para uma draga do tipo *clamshell*. Para dragas tipo *Hopper*, plumas de sedimento em suspensão podem se estender por 1.200 metros ao longo do fundo, em concentrações de 800 mg/L.

Com relação aos nutrientes, foram quantificadas frações particuladas e dissolvidas de nitrogênio e fósforo em concentrações frequentemente observadas no estuário de Santos. Dentre as formas dissolvidas, o nitrato foi quantificado apenas na Campanha III (setembro de 2010); o polifosfato foi quantificado nas Campanhas III e IV (setembro e outubro de 2010, respectivamente), tanto no ponto fixo localizado na pluma de *overflow* da draga quanto em amostras coletadas em pontos distantes ao local de ocorrência do *overflow*. O nitrogênio amoniacal foi quantificado em todas as amostras coletadas na Campanha III (setembro de 2010), porém em concentrações inferiores ao padrão de qualidade da legislação vigente. O carbono orgânico total foi quantificado apenas em algumas amostras coletadas na Campanha IV (outubro de 2010), inclusive em amostra coletada em locais distantes ao local de realização do *overflow*.

Diversos estudos já verificaram concentrações elevadas de nutrientes no estuário de Santos (Moser, 2002; FRF, 2008; Cetesb, 2010; Zanin *et al.*, 2010). Os sistemas estuarinos são considerados ambientes naturalmente eutrofizados, sendo influenciados por um significativo aporte de nutrientes oriundos de descarga continental. Destes nutrientes, destacam-se o nitrogênio e o fósforo como os elementos mais importantes no metabolismo aquático, muitas vezes funcionando como o limitante para a produção destes ecossistemas. As principais fontes naturais de nitrogênio para os ecossistemas aquáticos, são a deposição seca e úmida, material de origem alóctone e a fixação biológica (Boyer *et al.*, 2002) e como fonte natural de fósforo, o intemperismo das rochas (Esteves, 1998). Em ambientes costeiros industrializados, como o estuário de Santos, o

lançamento de efluentes domésticos caracteriza-se por ser uma das mais importantes fontes de nutrientes para o corpo hídrico. O processo de eutrofização artificial traz profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, por alterar suas condições físicas e químicas.

Moser (2002) verificou em seu estudo que apesar das elevadas concentrações de nutrientes observadas no estuário de Santos, atribuída ao intenso lançamento de esgoto doméstico e industrial, a alta turbidez e carga de material em suspensão parecem limitar a produtividade primária local, que se mostra sempre baixa, se considerada a concentração de nutrientes disponíveis. Desta forma, existe um processo de limitação da produtividade primária o que pode contribuir para a minimização dos riscos de eutrofização neste local.

Com relação aos outros parâmetros, arsênio, mercúrio e dibenzo(a,h)antraceno foram quantificados em concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico em todas as amostras coletadas nas Campanhas III e IV (setembro e outubro, respectivamente).

Sendo assim, os resultados obtidos sugerem que a dragagem de sedimentos no trecho 2 do canal de navegação do Porto de Santos não gerou alterações significativas nas características físico-químicas na coluna d'água na área dragada, uma vez que todas as alterações observadas são temporárias e sua amplitude é compatível com valores obtidos nesta área anteriormente à operação do empreendimento.

Apesar de uma possível remobilização dos nutrientes, causada pelo *overflow* da draga, não se verifica risco de eutrofização do canal do estuário, e, além disso, não há remobilização de contaminantes (As, Hg e HPA) nas amostras de água durante o presente monitoramento.

#### **9.4. Considerações Finais**

Este relatório apresentou as atividades realizadas e os resultados obtidos no período compreendido entre julho a dezembro de 2010, referentes ao “Programa de Monitoramento da Qualidade da Água nas Áreas Dragadas”. Neste período, foram realizadas duas campanhas de amostragem de água no *overflow* dentro do

trecho 2 e duas campanhas amostrais no trecho 3 do canal de navegação do Porto de Santos.

Os resultados obtidos até o momento (duas campanhas no trecho 2) sugerem que a dragagem de sedimentos no trecho 2 do canal de navegação do Porto de Santos não provocou alterações significativas nas características físico-químicas na coluna d'água na área dragada. As alterações observadas foram temporárias e sua amplitude compatível com valores obtidos na área de estudo anteriormente à operação do empreendimento.

Conclui-se que apesar de uma possível remobilização dos nutrientes causada pelo *overflow* da draga, não houve risco de eutrofização do canal do estuário, e, além disso, não foi verificada a remobilização de contaminantes (como, As, Hg e HPA) nas amostras de água durante o presente monitoramento.

## 9.5. Cronograma

A descrição das atividades a serem realizadas nos próximos meses é apresentada na Tabela 9.5-1.

Tabela 9.5-1. Cronograma das atividades referentes ao programa de monitoramento.

ATIVIDADES	MÊS																	
	2010												2011					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
<b>Programa 9</b>																		
Campanha prévia	■																	
Campanha trecho 1			■	■														
Campanha trecho 2									■	■								
Campanha trecho 3											■	■						
Campanha trecho 4													■	■				
Relatórios mensais		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Relatórios consolidados							■					■						■

## 9.6. Referências Bibliográficas

APHA, AWWA, WEF (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.; American Water Works Association; Water Environment Federation. 21st ed. 2005.

- Bohlen, W.F.; Cundy, D.F. & Tramontano, J.M. (1979). Suspended Material Distributions in the Wake of Estuarine Channel Dredging Operations. *Estuarine and Coastal Marine Science*, v.9, p.699-711.
- Boyer, E.W.; Goodale, C.L.; Jaworski, N.A.; Howart, R.N. (2002). Anthropogenic nitrogen sources and relationships to riverine nitrogen export in the northeastern USA. *Biogeochemistry*. v. 57-58, p. 137-169.
- Braga, E. S. Seasonal variation of atmospheric and terrestrial nutrients and their influence on primary production in an oligotrophic coastal system-southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Oceanografia*. São Paulo, v. 47, n.1. p.47-57, 1999
- Brasil (2005). Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.
- Cetesb (2009).(São Paulo) Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo. Série Relatórios, São Paulo, Cetesb. 310p. 2009.
- Cetesb (2010) (São Paulo). Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009 [recurso eletrônico] / Cetesb. - São Paulo : Cetesb, 2010. 310 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes.asp>>. Acesso em 2010.
- Earhart, H.G. (1984). Monitoring total suspended solids by using nephelometry. *Environmental Management* 8(1): 81-86.
- Essink, K. (1999). Ecological effects of dumping of dredged sediments: options for management. *Journal of Coastal Conservation*. 5: 69-80.
- Esteves, F.A. (1998). Fundamentos de Limnologia. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

- Fundação Ricardo Franco. (2008). Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo, 2008.
- Fundespa, (2010). Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos - RTS – 0618-140910.1447p.
- Hayes, D. F.; Crockett, T. R.; Ward, T. J.; Averett, D. (2000). Sediment resuspension during cutterhead dredging operations. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 126(3):153-161. American Society of Civil Engineers.
- Herbich, J.B. & Brahme, S.B., (1991). Literature Review and Technical Evaluation of Sediment Resuspension During Dredging, Contract Report HL-91-1, Prepared for the Department of the Army, Washington, D.C: U.S. Army Corps of Engineers.
- McLellan, T.N.; Havis, R.N.; Hayes, D.F.; Raymond, G.L. (1989). Field studies of sediment re suspension characteristics of selected dredges. Improvement of operations and maintenance techniques research programme. Technical Report HL-89-9. US Army Engineer Waterways Experiment station. Vicksburg MS. April 1989.
- Moser, G.A.O. (2002). Aspectos da eutrofização no sistema estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal de biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 2 vols.
- Newcombe, C.P. & MacDonald, D.D. (1991). Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*. 11: 72-82.
- Shaw, E. A. & Richardson, J. S. (2001). Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v. 58, p.2213-2221.

USEPA (2000). Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. Office of Water EPA-822-B00-024. U.S. Environmental Protection Agency.

Wilber, D.H. & Clarke, D.G. (2001). Biological effects of suspended sediments: a review of suspended sediment impacts on fish and shellfish with relation to dredging activities in estuaries. North American Journal of Fisheries Management. v. 121, p.855-875.

Zanin, G.Z., Masutti, M. B.; Rocha, V. F.; Marques, L. A. M.; Ribeiro, C. C.; Pareschi, D. C.; Tommasi, R.C.B. (2010). Avaliação temporal de nutrientes e coliformes termotolerantes no rio Diana, município de Santos, SP. In: IV Congresso Brasileiro de Oceanografia, 17 a 21 de maio de 2010, Rio Grande (RS). CD de resumos. Rio Grande: FURG, p. 03430- 03432.

## **9.7. Equipe Técnica**

Cristal Coelho Gomes - Bióloga

Dra. MSc. Daniela Cambeses Pareschi - Bióloga

Gimel Roberto Zanin – Oceanógrafo

Lívia Huln Fenili - Oceanógrafa

Dra. MSc. Mariana Beraldo Masutti - Química

MSc. Priscilla Bosa - Oceanógrafa

Tábata Sarti Prado - Oceanógrafa

Vanessa Ferreira Rocha - Técnica em saneamento

## **9.8. Anexos**

- Anexo 9.8-1. Dossiê fotográfico dos procedimentos realizados para as coletas das amostras de água;
- Anexo 9.8-2. Localização dos pontos amostrais das campanhas III e IV;

- Anexo 9.8-3. Laudos físico-químicos referentes aos resultados obtidos nas medições *in situ* nas Campanhas III e IV;
- Anexo 9.8-4. Estudo de validação dos resultados referentes ao controle de qualidade das atividades de campo e análises químicas;
- Anexo 9.8-5. Cadeias de custódia das amostras encaminhadas ao laboratório *Analytical Technology* (Campanhas III e IV) e laudos analíticos, dos resultados obtidos nas análises laboratoriais para as amostras de água coletadas na pluma de *overflow* da draga;

ANEXO 9.8-1. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO DOS PROCEDIMENTOS REALIZADOS  
PARA AS COLETAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA;

ANEXO 9.8-2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DAS CAMPANHAS  
III E IV;

ANEXO 9.8-3. LAUDOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES AOS RESULTADOS  
OBTIDOS NAS MEDIÇÕES *IN SITU* NAS CAMPANHAS III E IV;

Este anexo pode ser observado no **Volume Relatório de Análises – Programa 09**:

- ID – IDCPEA 8950910PA

- ID – IDCPEA 8951010PA

ANEXO 9.8-4. ESTUDO DE VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS REFERENTES AO CONTROLE DE QUALIDADE DAS ATIVIDADES DE CAMPO E ANÁLISES QUÍMICAS;

ANEXO 9.8-5. CADEIAS DE CUSTÓDIA DAS AMOSTRAS ENCAMINHADAS AO LABORATÓRIO *ANALYTICAL TECHNOLOGY* (CAMPANHAS III E IV) E LAUDOS ANALÍTICOS, DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS ANÁLISES LABORATORIAIS PARA AS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NA PLUMA DE *OVERFLOW* DA DRAGA HANG JUN

Este anexo pode ser observado no **Volume Relatório de Análises – Programa 09**:

- ID – AT/5205

- ID – AT/6712