

12. PROGRAMA DE QUALIDADE DOS ORGANISMOS BIOINDICADORES: ANÁLISE QUÍMICA NOS TECIDOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS NA ÁREA A SER DRAGADA. 1

12.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
12.2. METODOLOGIA.....	1
12.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
12.3.1. Atividades desenvolvidas no segundo semestre de 2013	11
12.3.2 Resultados Campanha XI – Setembro de 2013	11
12.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
12.4.1. Recomendações ou Análise Crítica do Programa.....	23
12.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
12.6. EQUIPE TÉCNICA.....	26
12.7. ANEXOS	27

12. Programa de Qualidade dos Organismos Bioindicadores: Análise Química nos Tecidos de Organismos Aquáticos na Área a Ser Dragada.

12.1. Introdução e Objetivos

O objetivo deste programa foi acompanhar a qualidade de organismos de interesse para o consumo humano durante as operações de dragagem de aprofundamento e de manutenção do Canal de Navegação do Porto de Santos, por meio do monitoramento de metais e compostos orgânicos em seus tecidos. Os organismos considerados neste monitoramento foram: peixe parati (*Mugil curema*) e siri-azul (*Callinectes danae*).

Os resultados obtidos por este programa de monitoramento são referentes à qualidade do pescado da região, que se trata de uma questão de interesse público, sendo a geração deste banco de dados relevante, uma vez que não se tem um monitoramento específico com esta finalidade.

Como o foco deste monitoramento foi a avaliação do pescado de interesse comercial, os resultados foram comparados com valores nacionais e internacionais estabelecidos para o consumo humano de alimentos ou pescado.

Entretanto, o estabelecimento da relação de causa e efeito com a operação de dragagem não pode ser feita, uma vez que não é possível distinguir as diversas causas de potencial acumulação de contaminantes em organismos coletados em campo, por se tratarem de organismos não sésseis. Além disto, diversos elementos que estão sendo analisados são utilizados como micronutrientes pelos organismos, não podendo ser considerados contaminantes a não ser em situações específicas.

12.2. Metodologia

12.2.1. Localização das regiões de amostragem

O monitoramento abrangeu os quatro trechos do canal do Porto de Santos que foram submetidos à dragagem e uma área no Canal de Bertioga (Largo do

Candinho) que foi utilizada como área controle, a qual foi incluída no monitoramento a partir da segunda campanha de amostragem (Campanha II, julho de 2010).

Em todas as campanhas os quatro trechos de dragagem foram considerados, independente da área que estava sendo dragada na época da amostragem. Os organismos foram coletados em diversos pontos de cada trecho, de forma a compor uma amostra representativa do mesmo e garantir massa suficiente para as análises químicas.

A descrição e as coordenadas de localização geográfica das áreas monitoradas são apresentadas na Tabela 12.2.1-1. Na Figura 12.2.1-1 é apresentado o mapa com a localização das áreas amostradas.

Tabela 12.2.1-1. Coordenadas geográficas dos limites das áreas de amostragem de organismos para análises químicas dos tecidos.

Área de amostragem	Descrição	Coordenadas UTM de localização das áreas*				
		Zona	Início		Final	
			Eastings (mE)	Northings (mN)	Eastings (mE)	Northings (mN)
Área 1	Barra - Entreposto de pesca	23 K	361.760.3	7.339.150.7	368.549.7	7.346.846.9
Área 2	Entreposto de pesca - Concais	23 K	368.549.7	7.346.846.9	366.745.8	7.350.273.8
Área 3	Concais - Armazém 06	23 K	366.745.8	7.350.273.8	365.334.2	7.352.778.7
Área 4	Amazém 06 - Alemoa	23 K	365.334.2	7.352.778.7	360.382.7	7.354.455.0
Área 5	Largo do Candinho (Canal de Bertioga)	23 K	373.844.0	7.353.642.0	376.442.0	7.354.894.0

*Coordenadas referenciadas ao datum horizontal WGS-84

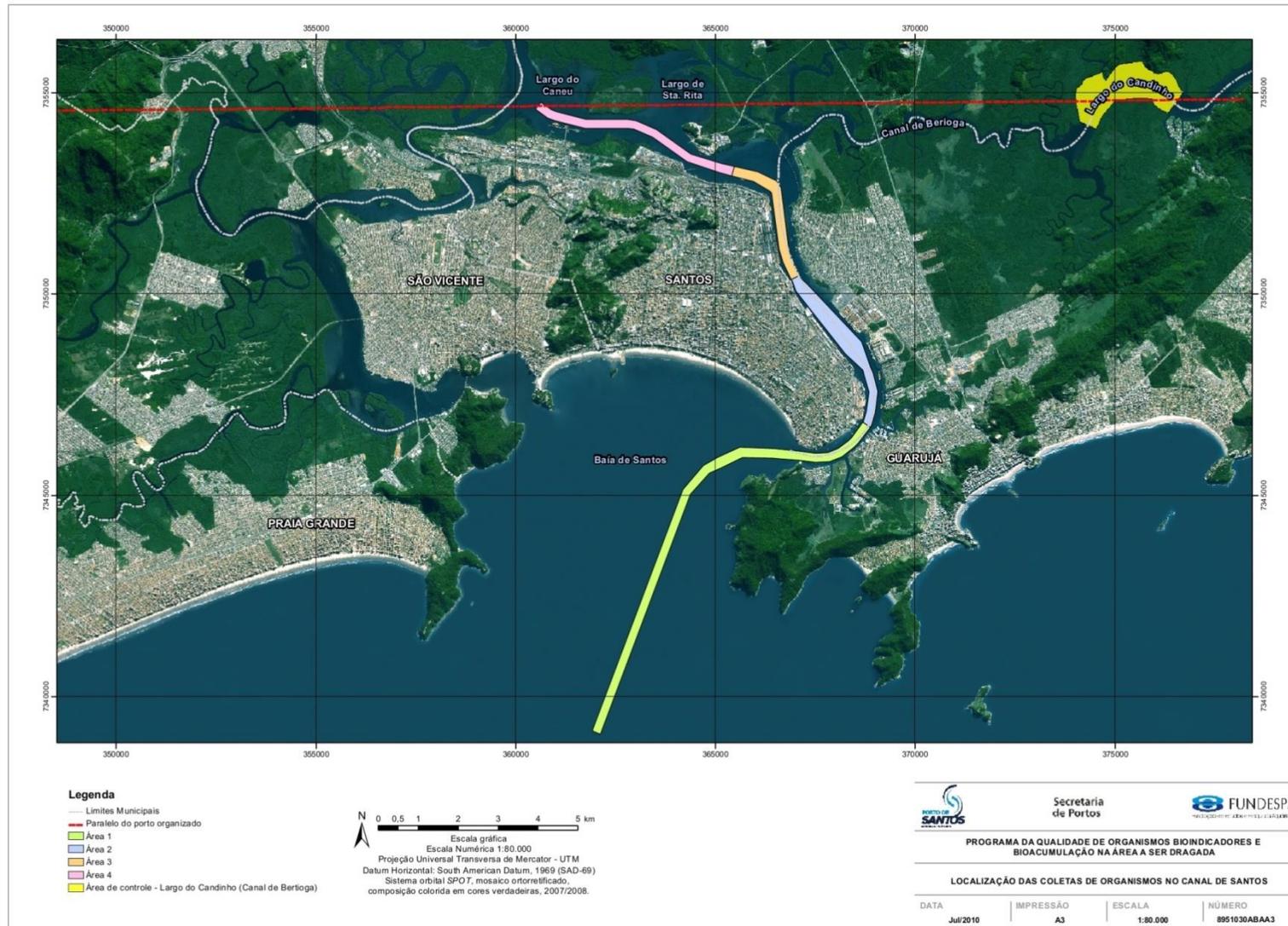


Figura 12.2.1-1. Mapa com a localização das áreas amostradas.

12.2.2. Seleção de organismos para análise química

Foram selecionados dois organismos com base em critérios pré-definidos para avaliar a bioacumulação nas áreas dragadas. Os critérios consideram a biologia dos organismos, a associação dos mesmos com a matriz sedimento e a representatividade destes organismos em relação à fauna local. Os critérios considerados são apresentados a seguir:

- Ocorrência das espécies durante o ano todo na região;
- Espécies cujos indivíduos apresentem biomassa suficiente para compor amostras e realizar as análises químicas necessárias;
- Espécies de interesse ao consumo pela população local;
- Hábito alimentar/Associação da espécie com ambiente de fundo;
- Época de reprodução da espécie.

Os organismos selecionados, com base nas considerações realizadas, foram o siri-azul *Callinectes danae* (Smith, 1869) e o peixe parati *Mugil curema* Valenciennes, 1836, sendo apresentada a seguir uma breve descrição de suas principais características.

A. Siri-Azul (*Callinectes danae* - Smith, 1869)

O siri-azul distribui-se de forma descontínua pela costa do continente americano, sendo encontrado na região da Flórida, Golfo do México e Norte da América do Sul. No Brasil, ocorre da Paraíba ao Rio Grande do Sul, em águas salobras a hipersalinas de manguezais e estuários lamosos (Melo, 1996).

De acordo com Branco (1996), *Callinectes danae* alimenta-se basicamente de moluscos, poliquetas e outros crustáceos, podendo consumir também, de forma secundária, peixes ósseos e matéria vegetal.

No Estuário de Santos – São Vicente, onde é observada uma constante atividade de captura e comércio destes organismos, foi constatada uma considerável redução na produção de siris, atribuída principalmente ao comprometimento do ambiente, tanto por contaminação química e de resíduos

sólidos como por supressão vegetal, em suas áreas mais internas habitadas por essa população (Severino-Rodrigues et al., 2001).

B. Parati (*Mugil curema Valenciennes, 1836*)

A espécie é catádroma e pertence à guilda trófica dos detritívoros, alimentando-se de microalgas, algas filamentosas, organismos planctônicos e detritos em suspensão na coluna da água, de acordo com o ambiente onde está inserida. Esta espécie se reproduz entre os meses de março e agosto, e apresenta a primeira maturação com a idade de 2 a 3 anos, com um comprimento total de 23 cm (Froese; Pauly, 2010).

12.2.3. Metodologia de captura dos organismos

A coleta dos organismos é feita de forma seletiva, com o objetivo de capturar exclusivamente a espécie alvo. Em relação à seleção de tamanho, no caso dos peixes, tal seleção é realizada pela utilização de malha de 70 mm entre nós, e no caso dos siris os indivíduos menores de 6 cm (largura total) são devolvidos ao ambiente, bem como as fêmeas ovadas.

Os organismos foram obtidos a partir da aplicação de diferentes artes de pesca nas quatro regiões amostradas, sendo descritas a seguir cada uma destas técnicas aplicadas às diferentes espécies.

- **Metodologia de coleta de siri:** A coleta do siri-azul, *Callinectes danae*, é realizada com puçás que consistem em um pequeno cesto, constituído por um aro circular e uma rede de malha pequena, com uma isca no centro. Esse puçá é depositado no fundo da coluna de água de forma que a isca fique exposta no centro de sua malha, para que o organismo seja capturado quando o cesto for trazido à superfície.
- **Metodologia de coleta de peixes:** A coleta do peixe parati foi realizada com redes de emalhe, de malha de 70 mm entre nós opostos, respeitando a Portaria IBAMA nº 42, de 15 de março de 2001. A técnica de pesca utilizada foi o cerco, na qual as malhadeiras ficam dispostas de maneira a

cercar uma determinada área. Os pescadores, em canoas de madeira, afugentam e encaminham os peixes para dentro do cerco.

As coletas foram realizadas em diversos pontos na área de abrangência de cada um dos 4 trechos de dragagem de aprofundamento do canal, e no largo do Candinho – Canal de Bertioga, de forma a abranger toda região e obter massa suficiente para realização das análises químicas.

Imediatamente após a despesca, os organismos foram submetidos a um procedimento de choque térmico, sendo imediatamente transferidos para uma caixa de isopor (120 L) contendo água do ambiente e gelo de boa qualidade (feito a partir de água potável) na proporção 1:1, e mantidos nesse ambiente até a sua insensibilização. A quantidade de gelo utilizada foi suficiente para manter a temperatura da água entre 2 e 6°C (Kietzmann et al., 1974; Meyer; Ludorff, 1978), sendo garantido rápido abate, menor sofrimento aos animais e preservação da qualidade dos tecidos.

12.2.4. Tratamento das amostras

Em laboratório, os organismos foram submetidos a um procedimento biométrico e posterior extração do tecido muscular para análise.

A. Biometria

Na biometria são aferidas as seguintes medidas para os diferentes organismos (Figura 12.2.4-1 para peixe parati e Figura 12.2.4-2 para siri-azul):

Parati:

- Comprimento total (Lt) em cm – comprimento medido a partir das extremidades anteroposterior (extremidade da cabeça ao final da cauda);
- Comprimento padrão (Ls) em cm – comprimento da extremidade anterior ao fim da espinha dorsal;
- Massa em g.

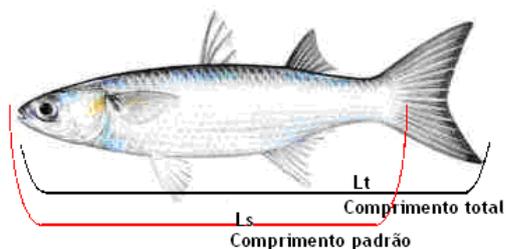


Figura 12.2.4-1. Medidas (comprimento total – Lt e comprimento padrão – Ls) aferidas nos exemplares de peixe parati coletados.

Siri-azul:

- Largura da carapaça (LT) em mm – comprimento medido a partir das extremidades anteroposterior (extremidade da cabeça ao final da cauda);
- Comprimento da carapaça (CT) em mm – comprimento medido de ponta a ponta dos espinhos laterais da carapaça;
- Altura da carapaça (AT) em mm – medida do comprimento dorsoventral;
- Massa em g.

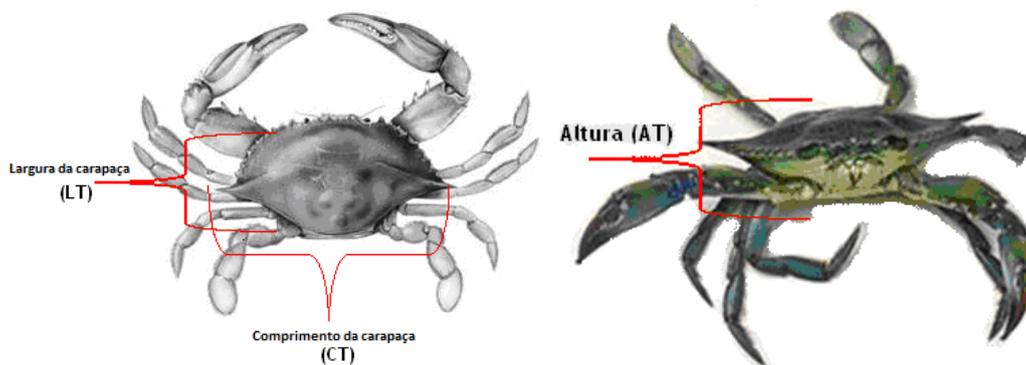


Figura 12.2.4-2. Medidas (largura da carapaça - LT, comprimento da carapaça - CT e altura da carapaça - AT) aferidas nos exemplares de siri-azul coletados.

Adicionalmente, também se realiza a identificação de gênero dos organismos e, no caso dos peixes, a identificação do estágio de maturação gonadal, utilizando-se o método de identificação visual de maturação gonadal proposto por Vazzoler (1996), baseado em características das gônadas como: turgidez, coloração, tamanho e proporção de preenchimento da cavidade

celomática. Assim sendo, são discriminados cinco estádios de maturação de suas gônadas (IM-imaturo; E1-reposou; E2-em maturação; E3-madura; E4-desovada).

B. Análises químicas

Após a biometria, procedeu-se a evisceração e a extração dos tecidos musculares para a composição das amostras que serão submetidas à análise química. As amostras de tecidos musculares são acondicionadas em frascos de vidro, isentos de contaminação, fornecidos pelo laboratório contratado, e apropriadamente identificados conforme o parâmetro a ser analisado, sendo mantidos congelados até o momento da realização das análises químicas em laboratório.

12.2.5. Parâmetros avaliados nas amostras

Os parâmetros dos organismos analisados em laboratório, juntamente com os protocolos para armazenamento, preservação, quantidade e prazos para análises são listados na Tabela 12.2.5-1.

Tabela 12.2.5-1. Métodos analíticos e as condições de armazenamento, preservação e prazo de análise dos parâmetros a serem analisados para a matriz organismo.

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra	Prazo para análise (amostras congeladas)
Metais e semi-metais	EPA3050 (preparação); EPA 6010 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a $\leq -20^{\circ}\text{C}$	50g	6 meses (28 dias para mercúrio)
Pesticidas organoclorados	EPA 3550 (extração); EPA 8081 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a $\leq -20^{\circ}\text{C}$	50g	1 ano, se congelado
Bifenilas policloradas totais	EPA 3550 (extração); EPA 8082 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a $\leq -20^{\circ}\text{C}$	50g	1 ano, se congelado
Semivoláteis (incluindo HPA)	EPA 3550 (extração); EPA 8270 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a $\leq -20^{\circ}\text{C}$	100g	1 ano, se congelado
Via clássica (umidade e lipídeos)	PORTARIA N° 01 de 07/10/81	Frasco de vidro	Refrigerar a $\leq -20^{\circ}\text{C}$	50g	1 ano, se congelado

12.2.6. Legislações aplicáveis

Os resultados obtidos nestas análises são comparados com legislações brasileiras que apresentam limites de tolerância para potenciais contaminantes em alimentos para consumo humano. Quando o parâmetro não é contemplado

pela legislação nacional, optou-se por buscar referências no órgão ambiental americano – USEPA (2010).

As legislações brasileiras utilizadas são: Resolução RDC nº 42, de 2013 (Brasil, 2013) e Decreto do Ministério da Saúde nº 55.871, de 1965 (Brasil, 1965) para metais e semimetais conforme apresentado na Tabela 12.2.6-1.

No Decreto nº 55.871/65, alguns alimentos (p.ex., bebidas e sucos) apresentam valores máximos diferenciados para cada metal. Quando um alimento não se enquadra em nenhuma das categorias apresentadas no referido decreto, como é o caso dos peixes e siris, ele é classificado como “outros alimentos”. No caso específico do zinco, níquel e cobre, todos os alimentos consumidos são enquadrados na categoria “qualquer alimento”, uma vez que não há diferença nos valores máximos permitidos destes metais para as diferentes categorias alimentícias (Brasil, 1965).

Tabela 12.2.6-1. Considerações sobre os limites para consumo humano, segundo legislações nacionais.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
Arsênio	Resolução RDC nº42 de 2013	Peixes e produtos de peixes
Cádmio	Resolução RDC nº42 de 2013	Peixe, Crustáceo e Molusco
Chumbo	Resolução RDC nº42 de 2013	Peixe, Crustáceo e Molusco
Cobre	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Mercúrio	Resolução RDC nº42 de 2013	Peixe não predador, Peixe predador, Crustáceo e Moluscos
Níquel	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Zinco	Decreto 55.871/65	Outros alimentos

Para os compostos orgânicos, a legislação brasileira não contempla valores para consumo humano de alimentos específicos ou pescados, desta forma optou-se por utilizar valores estabelecidos pelo órgão ambiental americano – USEPA, baseados em risco à saúde humana (Tabela 12.2.6-2). Para os metais cromo e manganês também se utilizou referências de órgãos ambientais americanos.

Tabela 12.2.6-2. Considerações sobre os limites para consumo humano, segundo legislações internacionais.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
Cromo	USFDA (apud CETESB, 2001)	organismos aquáticos
Manganês	USEPA (2010)	peixes
PCBs totais e semi-voláteis (incluindo HPA)	USEPA (2010)	peixes

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

12.2.7. Identificação das amostras

A sigla de identificação das amostras foi composta da seguinte maneira: MB – identifica material biológico + número referente à região de coleta + diferenciação dos organismos analisados pelas siglas PY (paratis), S ou SI (siris). A Tabela 12.2.7-1 apresenta a localização das áreas de amostragem e identificação das amostras.

Tabela 12.2.7-1. Dados de identificação das amostras.

Área de amostragem	Paratis (<i>Mugil curema</i>)	Siri-azul (<i>Calinectes danae</i>)
	Amostra	Amostra
Área 1 - Barra - Entrepósito de Pesca	MB-01-PY	MB-01-SI
Área 2 - Entrepósito de Pesca - Concais	MB-02-PY	MB-02-SI
Área 3 - Concais - Armazém 6	MB-03-PY	MB-03-SI
Área 4 - Armazém 6 - Alemoa	MB-04-PY	MB-04-SI
Área 5 - Largo do Candinho	MB-05-PY	MB-05-SI

12.3. Resultados e Discussão

12.3.1. Atividades desenvolvidas no segundo semestre de 2013

No âmbito deste programa, entre janeiro de 2010 e junho de 2013, foram realizadas onze campanhas de monitoramento, incluindo a Campanha Prévia realizada anteriormente ao início das atividades de dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos.

No segundo semestre de 2013, foi realizada uma campanha de coleta de amostras, referente à Campanha XI, entre os dias 12 e 13 de setembro de 2013, nas áreas ao longo do Canal do Porto de Santos e no Largo do Candinho. O Anexo 12.7-1 apresenta o dossiê fotográfico dos procedimentos de coleta, triagem, sexagem, biometria e processamento das amostras.

12.3.2 Resultados Campanha XI – Setembro de 2013

São apresentados neste item os resultados da análise biométrica e da análise química do tecido dos organismos coletados na campanha de setembro de 2013.

O Anexo 12.7-2 apresenta o relatório de ensaio biométrico dos organismos amostrados e o Anexo 12.7-3 apresenta o relatório do ensaio analítico das amostras de tecido muscular analisadas na campanha de setembro de 2013.

12.3.2.1. Identificação do gênero, estágio de maturação gonadal e biometria

Um total de 103 indivíduos de parati (*Mugil curema*) foram coletados nas 5 áreas de amostragem, sendo 65 (63,1%) machos e 38 (36,9%) fêmeas. Entre as fêmeas, 16 indivíduos (42,1%) se encontravam em estágio de maturação 1 e 22 (57,9%) em estágio 2. Entre os machos, 27 indivíduos (41,5%) se encontravam em estágio de maturação 1, 35 indivíduos (53,8%) em estágio 2 e 3 organismos (4,6%) em estágio 3.

Um resumo da análise biométrica (peso, comprimento total e comprimento padrão) é apresentado na Tabela 12.3.2.1-1. Ressalta-se que estes dados são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.2.1-1. Número, massa total, comprimento total e comprimento padrão dos organismos de paratis (*Mugil curema*) amostrados em cada área, durante Campanha de setembro de 2013.

Região de coleta	Qtde. organism	Massa total (g)			Comprimento total (cm)			Comprimento padrão (cm)		
		Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.
Área 1	20	384,6	271,0	479,0	32,0	28,8	34,2	1,5	1,0	2,0
Área 2	21	366,6	281,0	510,0	32,0	29,5	35,7	1,4	1,0	2,0
Área 3	21	363,2	273,0	502,0	31,0	22,8	34,5	1,6	1,0	2,0
Área 4	21	404,1	272,0	510,0	35,2	31,0	39,5	1,8	1,0	3,0
Área 5	20	347,7	232,0	495,0	34,0	30,0	38,0	1,8	1,0	3,0

No caso dos siris (*Callinectes danae*), foram coletados no total 84 organismos ao longo das 5 áreas de amostragem, sendo que 1 indivíduo (1,2%) era fêmea, 72 (85,7%) eram machos e 11 (13,1%) não puderam ser identificados quanto ao gênero. O maior número de organismos foi observado nas áreas 1 e 4 (22 e 20, respectivamente).

A Tabela 12.3.2.1-2 apresenta o número total de indivíduos de siris-azuis, a média, o máximo e o mínimo do peso total, comprimento total, largura da carapaça e altura medida nos organismos de cada área de amostragem.

Ressalta-se que estes dados, assim como os de parati, são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.2.1-2. Número, massa total, comprimento total, largura da carapaça e altura dos organismos de siris-azuis (*Callinectes danae*) amostrados em cada área, durante a Campanha de setembro de 2013.

Região de coleta	Qtde. organism	Massa total (g)			Comprimento total (mm)			Largura da carapaça (mm)			Altura (mm)		
		Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.
Área 1	22	82,4	52,7	115,6	109,4	95,0	130,0	48,4	42,0	58,0	25,4	23,0	31,0
Área 2	16	75,4	34,0	116,0	104,4	81,0	121,0	48,2	39,0	54,0	24,9	20,0	29,0
Área 3	11	97,6	63,6	137,3	113,5	91,0	124,0	50,6	44,0	54,0	27,5	25,0	30,0
Área 4	20	90,6	38,0	128,0	113,0	87,0	129,0	50,1	40,0	55,0	26,2	20,0	30,0
Área 5	15	84,0	44,3	119,9	110,7	88,0	122,0	50,3	42,0	54,0	27,2	22,0	31,0

12.3.2.2. Análises químicas nos tecidos dos organismos

Os resultados das análises químicas dos tecidos dos organismos são apresentados a seguir e foram comparados com os limites máximos de tolerância para alimentos estabelecidos pelas legislações brasileiras e, quando o parâmetro analisado não é contemplado pela legislação nacional, foram comparados com valores estabelecidos pelo órgão ambiental americano – USEPA (APPENDIX E-1 DEQ/WQAGM, 2010), conforme descrito na metodologia.

A. Metais e semimetais

A Tabela 12.3.2.2-1 apresenta os resultados das análises de metais e do semimetal arsênio nas amostras de tecidos musculares de siris-azuis e paratis obtidos durante a campanha de setembro de 2013.

Tabela 12.3.2.2-1. Resultados das análises químicas de metais e arsênio nas amostras de tecidos musculares de parati (*Mugil curema*) e siris-azuis (*Callinectes danae*) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros	Legislações	MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Organismo		Peixe (parati)	Peixe (parati)	Peixe (parati)	Peixe (parati)	Peixe (parati)
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		08:30	09:50	14:00	14:00	17:13
Metais e arsênio totais em mg/kg						
Arsênio	1*	2,14	1,01	<0,96	< 0,91	<0,89
Cádmio	0,05 mg/kg, para peixes; 0,5 mg/kg, para crustáceos *	< 0,04	< 0,04	< 0,05	< 0,05	< 0,04
Cromo	11****	<1,34	<1,29	<1,44	<1,36	<1,34
Cobre	30**	<1,34	<1,29	<1,44	< 1,36	<1,34
Chumbo	0,3 mg/kg, para peixes; 0,5 mg/kg, para crustáceos *	< 0,18	< 0,17	< 0,19	< 0,18	< 0,18
Manganês	54*****	0,58	0,43	<0,48	< 0,45	<0,45
Níquel	5**	<0,45	<0,43	<0,48	< 0,45	<0,45
Zinco	50**	4,71	4,54	5,32	5,94	4,75
Merúrio	0,5 mg/kg, para peixes e crustáceos; 1,0 mg/kg, para peixes predadores *	<0,07	<0,06	<0,07	<0,07	<0,07
Parâmetros	Legislações	MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Organismo		Crustáceo (siri)	Crustáceo (siri)	Crustáceo (siri)	Crustáceo (siri)	Crustáceo (siri)
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		11:30	10:40	12:25	10:10	17:45
Metais e arsênio totais em mg/kg						
Arsênio	1*	4,92	3,32	2,21	2,25	2,47
Cádmio	0,05 mg/kg, para peixes; 0,5 mg/kg, para crustáceos *	<0,25	<0,23	<0,24	<0,25	<0,24
Cromo	11****	<1,47	<1,36	<1,42	<1,50	<1,44
Cobre	30**	18,0	22,9	15,2	17,0	13,1
Chumbo	0,3 mg/kg, para peixes; 0,5 mg/kg, para crustáceos *	< 0,20	< 0,18	< 0,19	< 0,20	< 0,19
Manganês	54*****	0,54	0,55	0,83	1,56	0,82
Níquel	5**	<0,49	<0,45	<0,47	<0,50	<0,48
Zinco	50**	54,6	44,9	49,4	58,4	53,2
Merúrio	0,5 mg/kg, para peixes e crustáceos; 1,0 mg/kg, para peixes predadores *	0,17	<0,07	< 0,08	0,08	<0,06

* Resolução RDC 42/13
** Decreto 55.871/65

*** US EPA, 2012
****USFDA (apud CETESB, 2001)

*****US EPA (apud CETESB, 2001)

Dentre os metais analisados nas amostras de tecido de siris-azuis (*Callinectes danae*), o zinco foi quantificado nas amostras de todas as áreas amostradas, apresentando-se acima do limite estabelecido para consumo humano pela legislação vigente (Decreto nº 55.871/65, de 50 mg/kg) em 3 das 5 áreas amostradas (1 – Entrepósito de Pesca - Barra, 4 – Armazém 6 e 5 – Canal de Bertioga), em concentrações entre 53,2 e 58,4 mg/kg. O zinco, como outros metais considerados micronutrientes, é encontrado naturalmente no ambiente, oriundo de processos naturais como erosão, lixiviação do solo, incêndios

florestais, erupções vulcânicas, atividade biológica, aporte de esgoto doméstico, entre outros, e encontra-se em constante mobilização e transporte. Sua biodisponibilidade depende de diversos fatores, como propriedades químicas e físicas do meio ambiente, processos biológicos, temperatura, pH, dureza da água, idade e tamanho dos organismos, entre outros (Lacerda *et al.*, 1989).

O semimetal arsênio foi quantificado nas amostras das cinco áreas analisadas, em concentrações entre 2,21 e 4,92 mg/kg, todas acima do estabelecido pela Resolução RDC nº 42/2013, de 1 mg/kg. O arsênio existe na natureza em uma variedade de formas químicas, inorgânicas e orgânicas, sendo que seu efeito tóxico depende principalmente de sua forma química, na qual a forma inorgânica é considerada a mais tóxica ao homem. Contudo, as formas orgânicas, consideradas não tóxicas, são de especial interesse ao homem por estarem difundidas em diversos organismos aquáticos utilizados como fontes de alimento (Baird, 2002; Borak e Hosgood, 2007; Sharma e Sohn, 2009; Kuniyoshi *et al.*, 2011). A concentração de arsênio total em organismos marinhos varia de 1 a mais de 30 µg/g e a arsenobetaina, fração orgânica do arsênio total, é a maior fração extraída nesses organismos (excedendo 98%) e que não apresenta toxicidade aos seres humanos (Ballin *et al.*, 1994; Li *et al.*, 2003; Peshut *et al.*, 2008; Sakurai *et al.*, 2004).

Ainda para as amostras de tecido de siri-azul, os metais cobre e manganês foram quantificados nas amostras das cinco áreas analisadas enquanto que mercúrio foi quantificado em duas das cinco amostras analisadas. No entanto, tais metais ocorreram em concentrações inferiores ao limite estabelecido para consumo humano segundo a legislação vigente em todas as amostras.

Nas amostras de tecido muscular de paratis (*Mugil curema*), o metal manganês foi quantificado em 2 das 5 áreas amostradas enquanto que o zinco foi quantificado em todas as áreas. Contudo, nos casos desses dois metais, as concentrações foram inferiores ao limite estabelecido para consumo humano, segundo a legislação vigente. O semimetal arsênio, por sua vez, foi quantificado acima do limite estabelecido pela Resolução RDC nº 42/2013 em 2 das 5 áreas amostradas: 1 – Entrepasto de Pesca – Barra (2,14 mg/kg) e 2 – Entrepasto de Pesca – Concais (1,01 mg/kg).

O elevado nível de concentração do arsênio em organismos marinhos é conhecido desde o início do século XX e, recentemente, estudos demonstraram que os organismos marinhos acumulam quantidades substanciais de arsênio orgânico (em especial, arsenobetaína) de modo mais eficiente que os organismos terrestres e/ou de água doce. Além disso, os organismos terrestres, incluindo os seres humanos não acumulam a arsenobetaína ingerida através do consumo desses organismos excretando-a através da urina em poucos dias (Clowes; Francesconi, 2004; Kuniyoshi *et al.*, 2011; Nifes, 2004).

Os demais metais analisados nas amostras de tecido muscular de siris-azuis e paratis ocorreram em concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico utilizado.

B. Bifenilas policloradas – PCB

A Tabela 12.3.2.2-2 apresenta os resultados das análises de PCB em tecidos musculares de paratis e siris-azuis amostrados na campanha de setembro de 2013. Todas as concentrações dos congêneres de PCB analisados nas amostras dos cinco trechos avaliados apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 12.3.2.2-2. Resultados das análises químicas de PCB nas amostras de tecidos musculares de paratis (*Mugil curema*) e siris-azuis (*Callinectes danae*) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros	Legislações	MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Trecho		1 - Barra – Entrepasto de Pesca	2 - Entrepasto de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioiga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		08:30	09:50	14:00	14:00	17:13
Bifenilas Policloradas (PCBs) em mg/kg						
PCB 28	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 52	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 101	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 118	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 138	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 153	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 180	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCBs Totais	0,014***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Parâmetros	Legislações	MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Trecho		1 - Barra – Entrepasto de Pesca	2 - Entrepasto de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioiga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		11:30	10:40	12:25	10:10	17:45
Bifenilas Policloradas (PCBs) em mg/kg						
PCB 28	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 52	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 101	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 118	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 138	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 153	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 180	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCBs Totais	0,014***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002

*** US EPA, 2012

C. Compostos orgânicos semivoláteis – SVOC

A Tabela 12.3.2.2-3 apresenta os resultados das análises de SVOC em tecidos musculares de paratis e siris-azuis amostrados na campanha de setembro de 2013. Todas as concentrações de SVOC das amostras analisadas dos cinco trechos avaliados apresentaram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 12.3.2.2-3. Resultados das análises químicas de SVOC nas amostras de tecidos musculares de paratis (Mugil curema) e siris-azuis (Callinectes danae) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros	Legislações	MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioiga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta	08:30	09:50	14:00	14:00	17:13	
Compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) em mg/kg						
2-clorofenol	54***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4-diclorofenol	32***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4,5-triclorofenol	1100***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4,6-triclorofenol	9,8***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,3,4,6-tetraclorofenol	320***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
Pentaclorofenol	0,9***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
Fenol	6500***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4-dimetilfenol	220***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
4-nitrofenol	670***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
2,4-dinitrofenol	22***	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667
Hexaclorociclopentadieno	75***	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667
1,3-butadieno hexacloro	1,4***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2-diclorobenzeno	970***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,3-diclorobenzeno	960***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,4-diclorobenzeno	140***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2,4-triclorobenzeno	110***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	3,2***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Parâmetros	Legislações	MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioiga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta	11:30	10:40	12:25	10:10	17:45	
Compostos orgânicos semivoláteis (SVOC) em mg/kg						
2-clorofenol	54***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4-diclorofenol	32***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4,5-triclorofenol	1100***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4,6-triclorofenol	9,8***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,3,4,6-tetraclorofenol	320***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
Pentaclorofenol	0,9***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
Fenol	6500***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2,4-dimetilfenol	220***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
4-nitrofenol	670***	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333	< 0,333
2,4-dinitrofenol	22***	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667
Hexaclorociclopentadieno	75***	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667	< 0,667
1,3-butadieno hexacloro	1,4***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2-diclorobenzeno	970***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,3-diclorobenzeno	960***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,4-diclorobenzeno	140***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2,4-triclorobenzeno	110***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	3,2***	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100

*** US EPA, 2012

D. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA

A Tabela 12.3.2.2-4 apresenta os resultados das análises de HPA em tecidos musculares de paratis e siris-azuis amostrados na campanha de setembro de 2013. Todas as concentrações dos compostos de HPA nas amostras

analisadas dos cinco trechos avaliados apresentaram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 12.3.2.2-4. Resultados das análises químicas de HPA nas amostras de tecidos musculares de paratis (*Mugil curema*) e siris-azuis (*Callinectes danae*) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros	Legislações	MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Trecho		1 - Barra – Entrepasto de Pesca	2 - Entrepasto de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		08:30	09:50	14:00	14:00	17:13
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em mg/kg						
Acenafteno	650***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Pireno	320***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fluoreno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Benzo(b)fluoranteno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo(k)fluoranteno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Dibenzo(a,h)antraceno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Naftaleno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Antraceno	3200***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fenantreno	3200***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fluoranteno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Benzo(a)antraceno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Criseno	15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo(a)pireno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Parâmetros	Legislações	MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Trecho		1 - Barra – Entrepasto de Pesca	2 - Entrepasto de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		11:30	10:40	12:25	10:10	17:45
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) em mg/kg						
Acenafteno	650***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Pireno	320***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fluoreno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Benzo(b)fluoranteno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo(k)fluoranteno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Dibenzo(a,h)antraceno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Naftaleno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Antraceno	3200***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fenantreno	3200***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Fluoranteno	430***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Benzo(a)antraceno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Criseno	15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo(a)pireno	0,015***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,15***	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010

*** US EPA, 2012

E. Teor de umidade e gorduras totais

A Tabela 12.3.2.2-5 apresenta os resultados do teor de umidade e gorduras totais analisados nas amostras de tecidos musculares de paratis e siris-azuis coletados na campanha de setembro de 2013.

Tabela 12.3.2.2-5. Resultados das análises de teor de umidade e gorduras totais nas amostras de tecidos musculares de paratis (Mugil curema) e siris-azuis (Callinectes danae) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros		MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Trecho	Legislações	1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		08:30	09:50	14:00	14:00	17:13
Via Clássica						
Umidade (%)	-	77,1	76,6	76,2	75,6	78,1
Gorduras totais (%)	-	<0,100	0,58	0,20	0,28	0,30
Parâmetros		MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Trecho	Legislações	1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		11:30	10:40	12:25	10:10	17:45
Via Clássica						
Umidade (%)	-	76,4	76,2	77,9	77,8	77,8
Gorduras totais (%)	-	0,18	<0,100	0,40	<0,100	<0,10

O valor médio de umidade para as amostras de tecidos de paratis foi de 76,72% e de gorduras totais foi de 0,34%. As amostras de tecidos de siris-azuis apresentaram valor médio de umidade de 77,20% e de gorduras totais de 0,29%, conforme Tabela 12.3.2.2-5.

F. Pesticidas organoclorados – POC

A Tabela 12.3.2.2-6 apresenta os resultados das análises de POC em tecidos musculares de paratis e siris-azuis amostrados na campanha de setembro de 2013. Todas as concentrações dos compostos de POC nas amostras analisadas dos cinco trechos avaliados apresentaram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 12.3.2.2-6. Resultados das análises químicas de POC nas amostras de tecidos musculares de paratis (*Mugil curema*) e siris-azuis (*Callinectes danae*) da campanha de setembro de 2013.

Parâmetros	Legislações	MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	11/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		08:30	09:50	14:00	14:00	17:13
Pesticidas Organoclorados (POC) em mg/kg						
alfa-BHC	0,017***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
gama - BHC	0,083***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
beta - BHC	0,06***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
delta - BHC	0,06***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Aldrin	0,0063***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Dieldrin	0,0067***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Endrin	3,2***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
4,4'-DDD	0,45***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
4,4'-DDE	0,32***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
4,4'-DDT	0,32***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Alfa-clordano	0,083***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Gama-clordano	0,083***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Heptacloro	0,024***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Heptacloro epóxido	0,012***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Hexaclorobenzeno	0,067***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Endossulfan I + II	65***	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Endossulfan sulfato	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Toxafeno	0,098***	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090	< 0,090
Parâmetros	Legislações	MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Trecho		1 - Barra – Entrepósito de Pesca	2 - Entrepósito de pesca – Concais	3 - Concais - Armazém 6	4 - Armazém 6 - Alemoa	5 - Canal de Bertioga
Data de Coleta		13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013	12/9/2013	13/9/2013
Hora de Coleta		11:30	10:40	12:25	10:10	17:45
Pesticidas Organoclorados (POC) em mg/kg						
alfa-BHC	0,017***	< 0,017	< 0,017	< 0,017	< 0,017	< 0,017
gama - BHC	0,083***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
beta - BHC	0,06***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
delta - BHC	0,06***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Aldrin	0,0063***	< 0,0063	< 0,0063	< 0,0063	< 0,0063	< 0,0063
Dieldrin	0,0067***	< 0,0067	< 0,0067	< 0,0067	< 0,0067	< 0,0067
Endrin	3,2***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
4,4'-DDD	0,45***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
4,4'-DDE	0,32***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
4,4'-DDT	0,32***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Alfa-clordano	0,083***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Gama-clordano	0,083***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Heptacloro	0,024***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Heptacloro epóxido	0,012***	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012
Hexaclorobenzeno	0,067***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Endossulfan I + II	65***	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Endossulfan sulfato	-	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Toxafeno	0,098***	< 0,098	< 0,098	< 0,098	< 0,098	< 0,098

*** US EPA, 2012

12.4. Considerações Finais

Ao todo, foram coletados 103 peixes parati e 84 siris-azuis durante a campanha de setembro de 2013. As análises realizadas nas amostras de tecidos musculares dos organismos obtidos indicaram que a maioria dos parâmetros analisados (PCB, SVOC, HPA e POC) ocorreu em concentrações inferiores aos limites de quantificação dos métodos analíticos pertinentes.

Nas amostras de tecido muscular de siri-azul, foram quantificados os metais cobre, manganês, mercúrio e zinco. Já nas amostras de tecido muscular do peixe parati, foram quantificados os metais manganês e zinco. Contudo todos os metais quantificados, tanto nos tecidos musculares de siri-azul quanto de parati, ocorreram em concentrações inferiores aos valores limites para consumo humano, estabelecidos pelas legislações vigentes, exceto o zinco, que se apresentou acima do limite estabelecido pelo Decreto 55.871/65 em três das cinco amostras de tecido muscular de siri-azul.

Concentrações de zinco em amostras de tecido muscular de siris-azuis acima do limite estabelecido pelo Decreto 55.871/65 já foram observadas em campanhas anteriores. É importante considerar que a legislação brasileira não possui um valor específico de zinco para os organismos aquáticos destinados ao consumo humano. A referência adotada nesta avaliação, de 50 mg/kg, é a mesma considerada pela CETESB (2001), referente a “outros elementos”, o qual enquadra a matriz analisada. Desta forma, este valor foi utilizado como base de comparação, pois, caso contrário, não seria possível mensurar se os valores quantificados poderiam causar efeitos biológicos adversos.

O semimetal arsênio foi quantificado em concentrações superiores aos valores limite para consumo humano estabelecidos pela Resolução RDC nº 42/13 nas amostras de tecido muscular de siri-azul em todas as áreas e nas amostras de tecido muscular de parati nos trechos 1 (Barra - Entrepasto de pesca) e 2 (Entrepasto de pesca - Concais). Conforme relatado anteriormente, a maior parte dos componentes de arsênio em organismos marinhos é o arsênio orgânico, sendo que este apresenta baixa toxicidade e é rapidamente excretado pela urina. Desse modo, as concentrações de arsênio nas amostras analisadas devem ser avaliadas com cuidado, visto que as diferentes formas de arsênio não foram

analisadas. Além disso, a legislação brasileira deve ser interpretada com cautela, pois não leva em consideração o habitat do peixe quanto à salinidade e não distingue as frações do elemento durante a análise, o que resulta em valores equivocados quando se analisa a fração total desse elemento, não verificando assim, o possível potencial tóxico desse semimetal nos organismos.

12.4.1. Recomendações ou Análise Crítica do Programa

Entre os parâmetros analisados neste monitoramento (metais, PCBs, POC, SVOC e HPAs) os únicos parâmetros quantificados foram metais e PCBs. Os demais parâmetros apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos utilizados, em todas as amostras analisadas.

Como já sugerido em relatório consolidado anterior (Fundespa, 2013), recomenda-se que o parâmetro hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) não seja mais analisado, considerando que este não foi quantificado em nenhuma amostra de tecido muscular dos organismos coletados no canal do Porto de Santos. Além disso, o tempo de meia-vida dos compostos HPA nos organismos aquáticos é muito curto, devido a degradações biológicas. Os HPAs são facilmente metabolizados pelos organismos em substâncias mais hidrofílicas (polares), como fenóis, dihidrodíóis, quinonas e epóxidos, e excretados na forma de seus metabolitos.

Visto que a eliminação de HPAs é geralmente eficiente em peixes, não é observada bioacumulação destes compostos. Concentrações de HPA no tecido de organismos não são, portanto, indicativos dos níveis aos quais os mesmos foram expostos e não devem ser usados como marcadores de bioacumulação.

Considerando tais resultados e a possível continuidade do monitoramento das atividades de dragagem no Canal do Porto de Santos, sugere-se a continuidade do monitoramento da qualidade dos organismos bioindicadores, como forma de conhecer a qualidade do pescado na região, analisando os parâmetros metais e semimetals (arsênio) e PCBs.

12.5. Referências Bibliográficas

- Baird, C. 2002. Capítulo 7. *In*: Química Ambiental. Bookman, p. 433-434.
- Ballin, U.; Kruse, R.; Russell, H. A. 1994. Determination of total arsenic and speciation of arsenobetaine in marine fish by means of reaction — headspace gas chromatography utilizing flame-ionization detection and element specific spectrometric detection. *Fresenius Journal Analytical Chemistry*, 350: 54-61.
- Borak, J.; Hosgood, H.D. 2007. Seafood arsenic: implications for human risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 47, 204-212.
- Branco, J. O. 1996 O ciclo e ritmo alimentar de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 39: 987–998.
- Cetesb, 2001. Sistema Estuarino Santos e São Vicente. Relatório Técnico, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb, São Paulo, 141 p.
- Clowes, L. A.; Francesconi, K. A. 2004. Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel *Mytilus edulis* is related to salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part. C*, 137: 35-42.
- Brasil 1965. Decreto Nº 55.871, de 26 de março de 1965. Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos. *Diário Oficial da União; Poder Executivo*, de 09 de abril de 1965 Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/decretos/55871_65.htm>. Acessado em 2010.
- Froese, R.; Pauly, D. 2010. FishBase. World Wide Web electronic publication., versão (2010). Disponível em: <<http://www.fishbase.org>> Acesso em: 2010.
- Fundespa, 2013. Quinto Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS 040313. Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas - Fundespa, São Paulo, 800 p.
- Kietzmann, U.; Priebe, K.; Rakow, D.; Reichstein, K. 1974. Inspección veterinaria de pescados. Editora ACRIBIA, Zaragoza, Espanha, 325 p.

- Kuniyoshi, L. S.; Braga, E. S.; Favaro, D. I. T. 2011. Uso do arsênio na avaliação da qualidade do pescado: Necessidade de adequação da legislação ambiental. *In: V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos, SP, Brasil. Resumo expandido. Sociedade Brasileira de Oceanografia, p. 1-5.*
- Lacerda, L. D.; Carvalho, C. E. V.; Gomes, M. P. 1989. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Revista Brasileira de Biologia. 49(3): 847-849*
- Li, W.; Wei, C.; Zhang, C.; Van Hulle, M.; Cornelis, R.; Zhang, X. 2003. A survey of arsenic species in Chinese seafood. *Food and Chemical Toxicology, 41: 1103-1110.*
- Melo, G. S. 1996. Manual De Identificação Dos Brachyura (Caranguejos E Siris) Do Litoral Brasileiro. São Paulo: Ed. Plêiade/Fapesp. 260 p.
- Meyer, V.; Ludorff, W. 1978. El pescado y los productos de la pesca. Editora ACRIBIA, Zaragoza, Espanha, 341 p.
- Nifes, National Institute of Nutrition and Seafood Research. 2004. Is arsenic in fish and fish feed a problem for food safety?. Disponível em: <http://www.nifes.no/index.php?page_id=131&article_id=454&lang_id=2>. Acesso em 29 de abril de 2011.
- Peshut, P. J.; Morrison, R. J.; Brooks, B. A. 2008. Arsenic speciation in marine fish and shellfish from American Samoa. *Chemosphere, 71: 484-492*
- Brasil 1998. Portaria N ° 685, de 27 de agosto de 1998. Estabelece os níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos e os limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Diário Oficial da União de 28 de agosto de 1998, seção 1, 28 p. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em 2010.
- Brasil, 2013. Resolução RDC N° 42, de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos

- Sakurai, T.; Kojima, C.; Ochiai, M.; Ohta, T.; Fujiwara, K. 2004. Evaluation of in vivo acute immunotoxicity of a major organic arsenic compound arsenobetaine in seafood. *International Immunopharmacology*, 4: 179-184.
- Severino-Rodrigues, E.; Pita, J. B.; Graça-Lopes, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 27(1): 7-19.
- Sharma, V. K.; Sohn, M. 2009. Aquatic arsenic: toxicity, speciation, transformation and remediation. *Environmental internacional*, 35: 743-759.
- USEPA. 2010. Water Quality Assessment Guidance Manual. *In: Integrated Water Quality Report (Y2010 305(b)/303(d)); APPENDIX E-1 - Fish Tissue Values (TVs)*. Disponível em: <<http://www.deq.virginia.gov/water>>. Acessado em 2010. United States Environmental Protection Agency.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- Vazzoler, A. E. A. de M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 169 p.

12.6. Equipe Técnica

- Denise Germano Pinto - Bióloga
- Dra. MSc Mariana Beraldo Masutti - Química
- MSc, Cristina Gonçalves - Química
- Clarice Yumi Hiramatsu - Química
- Débora Petzold Camargo - Oceanógrafa
- Flavia Belloni Passaglia Pereira – Estagiária
- Lívia Huln Fenili - Oceanógrafa
- MSc Priscilla Bosa - Oceanógrafa
- Tábata Sarti Prado - Oceanógrafa
- Vanessa Ferreira Rocha - Técnica em saneamento

Victor Carrozza Barcellini – Biólogo

Gimel Roberto Zanin - Oceanógrafo

12.7. Anexos

- Anexo 12.7-1. Dossiê fotográfico dos procedimentos de coleta, triagem, sexagem, biometria e processamento das amostras da campanha de setembro de 2013;
- Anexo 12.7-2. Relatório de ensaio biométrico dos organismos coletados na campanha de setembro de 2013;
- Anexo 12.7-3. Relatório de ensaio analítico das amostras de tecido muscular da campanha de setembro de 2013.

ANEXO 12.7-1. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA,
TRIAGEM, SEXAGEM, BIOMETRIA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS DA
CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2013

ANEXO 12.7-2. RELATÓRIO DE ENSAIO BIOMÉTRICO DOS ORGANISMOS
COLETADOS NA CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2013

ANEXO 12.7-3. RELATÓRIO DE ENSAIO ANALÍTICO DAS AMOSTRAS DE
TECIDO MUSCULAR DA CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2013