

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO DAS PESCAS E DO MAR

MONITORIZAÇÃO DUMA OPERAÇÃO DE IMERSÃO DE DRAGADOS AO LARGO DA BARRA DO PORTO DE SETÚBAL

Contrato com a Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra

Junho 1998



INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO DAS PESCAS E DO MAR

**MONITORIZAÇÃO DUMA OPERAÇÃO DE IMERSÃO DE
DRAGADOS AO LARGO DA BARRA DO PORTO DE SETÚBAL**

Contrato com a Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra

Junho 1998

Relatório elaborado por: Ana Maria Ferreira, Carlos Vale e Miguel Caetano

Equipa Técnica: Ana Maria Ferreira, Miguel Caetano, Teresa Quental, Eduarda Pereira, Isabelina Santos, Dolores Luz, Regina Granja, Jorge Santos.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOLOGIA	1
2.1. AMOSTRAGEM	1
2.2. PARÂMETROS E METODOLOGIAS ANALÍTICAS	3
2.2.1. <i>Concentração de matéria em suspensão</i>	4
2.2.2. <i>Determinação de metais no material particulado em suspensão e na fracção dissolvida</i>	4
2.2.3. <i>Determinação de metais nos sedimentos</i>	5
2.2.4. <i>Determinação de metais nos peixes</i>	5
2.2.5. <i>Determinação de congêneres de PCB no material particulado em suspensão e dissolvido</i>	5
2.2.6. <i>Determinação de congêneres de PCB nos sedimentos</i>	6
2.2.7. <i>Determinação de congêneres de PCB nos peixes</i>	6
3. RESULTADOS	6
3.1. TEMPERATURA (T), SALINIDADE (S), TURBIDEZ (TURB.), CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (SPM), PH E OXIGÉNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA	6
3.2. METAIS	7
3.2.1. <i>Concentrações de metais na fracção dissolvida</i>	7
3.2.2. <i>Concentrações de metais na fracção particulada</i>	10
3.2.3. <i>Concentrações de metais nos sedimentos</i>	12
3.2.4. <i>Concentrações de metais nos peixes</i>	12
3.3. CONGÊNERES DE PCB	15
3.3.1. <i>Concentrações de congêneres de PCB na fracção dissolvida</i>	15
3.3.2. <i>Concentrações de congêneres de PCB na fracção particulada</i>	17
3.3.3. <i>Concentrações de congêneres de PCB nos sedimentos</i>	20
3.3.4. <i>Concentrações de congêneres de PCB nos peixes</i>	20
4. CONCLUSÕES	23
5. REFERÊNCIAS	24

MONITORIZAÇÃO DUMA OPERAÇÃO DE IMERSÃO DE DRAGADOS AO LARGO DA BARRA DO PORTO DE SETÚBAL

(Contrato com a Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra)

1. INTRODUÇÃO

No âmbito de um contrato com a Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra (APSS), o IPIMAR desenvolveu, em Junho de 1998, um estudo referente às variações ocorridas na coluna de água em consequência da imersão de dragados provenientes do Canal Norte do estuário do Sado (bacia de rotação e troço Autoeuropa/Sapac), ao largo da barra do Porto de Setúbal (38°25.631'N, 8°59.866'W).

Este estudo envolveu determinações de parâmetros físico-químicos e de contaminantes (metais pesados e congéneres de PCB) nas águas da zona da barra durante o lançamento dos dragados e uma hora após a operação de imersão. Para além disso, determinaram-se os mesmos contaminantes na água transportada pela draga até ao local de imersão. Determinou-se, ainda, a composição química dos sedimentos da zona de imersão, antes e após o lançamento, e mediram-se os níveis de contaminantes em peixes capturados naquela área.

2. METODOLOGIA

2.1. Amostragem

No dia 23 de Junho de 1998 foram lançados na zona da barra do Porto de Setúbal (estação L, 38°25.63'N, 8°59.866'W) dragados, constituídos por sedimentos arenosos com uma pequena fracção lódica, provenientes do Canal Norte do Estuário do Sado. Para o estudo do impacte ambiental deste lançamento foram realizadas diversos tipos de amostragem:

1. Na estação L, situada na zona de rejeição, colheram-se amostras de sedimento superficial (camada de 0 a 2 cm), antes e após a imersão do material dragado; a colheita foi realizada com uma draga tipo "Van Veen", modelo S.R., de 0.05 m²;
2. Na embarcação que transportou os dragados para a barra de Setúbal foram colhidas amostras de água que cobriam os materiais arenosos (estação D);
3. No local de lançamentos dos dragados e, durante a sua imersão, foram colhidas amostras de águas junto à draga e a cerca de 50 e 100 m de distância do navio (respectivamente estações L0, L50 e L100), à superfície (s) e a 40m de profundidade (f). As coordenadas referentes à localização destas estações são apresentadas na Tabela 1.
4. Uma hora após o lançamento dos dragados, realizou-se uma colheita de água na estação L, às mesmas profundidades;
5. Após a imersão dos dragados, realizou-se um arrasto de fundo na mesma área (38°24.832'N; 08°58.760'W) onde foram capturadas diversas espécies de peixes de várias classes de comprimento, listadas na Tabela 2; de cada espécie e classe de comprimento, fizeram-se amostras compostas de músculo, fígado ou vísceras de pelo menos 5 indivíduos.

Tabela 1 - Coordenadas das estações de colheita de águas durante a imersão de dragados

Estações	Latitude	Longitude
L0	38°25.631'N	08°59.866W
L50	38°25.664'N	08°59.763W
L100	38°25.795'N	08°59.773W

Tabela 2 - Lista das espécies capturadas na Barra do Porto de Setúbal, nome científico e vulgar, classes de comprimento, comprimento médio (cm), peso médio (g), órgãos/tecidos analisados e teores em lípidos no músculo e fígado ou vísceras, L (%).

Espécies	Classe de comp.	Comp. médio (cm)	Peso Médio (g)	org./tec. analisados	L (%) músculo	L (%) Fígado ou vísceras
<i>Capros aper</i> (mini-saia)		11	-	músculo vísceras	6.4	46.4
<i>Macroramphosus scolopax</i> (apára-lápis)		15	-	músculo vísceras	15.4	44.2
<i>Trachurus trachurus</i> (carapau)	Classe 1	27	165	músculo vísceras	7.2	62.1
<i>Trachurus trachurus</i> (carapau)	Classe 2	20	72	músculo vísceras	5.4	16.6
<i>Diplodus vulgaris</i> (safia)	Classe 1	30	402	músculo fígado	1.4	11.0
<i>Diplodus vulgaris</i> (safia)	Classe 2	25	228	músculo fígado	2.1	10.6
<i>Diplodus vulgaris</i> (safia)	Classe 3	20	131	músculo fígado	3.9	24.6
<i>Pagellus acarne</i> (besugo)	Classe 1	31	423	músculo fígado	1.9	7.6
<i>Pagellus acarne</i> (besugo)	Classe 2	25	224	músculo fígado	8.0	4.9
<i>Mullus barbatus</i> (salmonete)		20	99	músculo vísceras	-	-
<i>Scyliorhinus canicula</i> (pata-roxa)		50	470	músculo fígado	2.8	-
<i>Pagellus erythrinus</i> (bica)	Classe 1	37	700	músculo fígado	1.4	11.5
<i>Pagellus erythrinus</i> (bica)	Classe 2	30	343	músculo fígado	5.0	15.4
<i>Raja</i> (raia)		50	613	músculo fígado	1.6	67.6
<i>Boops boops</i> (boga)	Classe 1	28	181	músculo fígado	2.5	7.4
<i>Boops boops</i> (boga)	Classe 2	21	79	músculo fígado	1.8	-
<i>Aspitrigla cuculus</i> (cabrinha)		20	85	músculo vísceras	1.6	9.5

2.2. Parâmetros e Metodologias Analíticas

Nas amostras de água do mar realizaram-se medições de turbidez, oxigénio dissolvido, pH, salinidade, temperatura com uma sonda YSI. Determinou-se, ainda, a concentração de sólidos em suspensão. Nas águas determinaram-se os teores de contaminantes nas fracções dissolvida e particulada, assim como nos

sedimentos e nos organismos. Na fracção dissolvida analisaram-se os seguintes metais: zinco (Zn), cobre (Cu), cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e mercúrio (Hg). Na fracção particulada e nos sedimentos determinaram-se o zinco (Zn), cobre (Cu), cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), crómio (Cr) e o alumínio (Al). Nos órgãos/tecidos dos peixes determinaram-se o zinco (Zn), cobre (Cu), cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e crómio (Cr). Em todas as amostras colhidas (águas, sedimentos e diversos órgãos/tecidos dos organismos), analisaram-se os seguintes congêneres de PCB: CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 (nº IUPAC).

2.2.1. Concentração de matéria em suspensão

Os sólidos em suspensão foram obtidos após filtração de cerca de 250 ml de água através de membranas Gelman com porosidade 0.45 µm. A sua concentração foi determinada pela diferença de peso dos filtros secos a 60°C.

2.2.2. Determinação de metais no material particulado em suspensão e na fracção dissolvida

Após a colheita da água, as amostras destinadas à determinação de metais foram guardadas em frascos previamente descontaminados. De imediato, a bordo do navio, as amostras foram filtradas através de membranas (MSI e Millipore HA, 0.45µm) separadas as partículas da fracção dissolvida que foi recolhida em frascos descontaminados e imediatamente acidificada a pH=2. No laboratório os filtros foram secos, as partículas mineralizadas com uma mistura de soluções ácidas, de forma a realizar um ataque total da matriz (Rantala & Loring, 1977; Hall *et al.*, 1987). Os metais na fracção dissolvida (com excepção do mercúrio) foram extraídos, numa sala livre de poeiras, com solventes orgânicos de forma a modificar a matriz inicial da água do mar e a pré-concentrar os metais em solução (Danielsson *et al.*, 1978). No caso do Hg na fracção dissolvida foi feita uma pré-concentração em amálgama de ouro-platina. As determinações de mercúrio, nas fracções dissolvida e particulada, foram feitas num espectrofotómetro Perkin-Elmer de vapor frio usando cloreto estânico como agente redutor. As concentrações dos outros metais em ambas as fracções foram determinadas por espectrometria de absorção atómica de chama e de câmara de grafite (Perkin-Elmer 4000 e Unicam

939). As amostras foram analisadas conjuntamente com brancos e padrões de sedimentos, rochas e água.

2.2.3. Determinação de metais nos sedimentos

Os sedimentos destinados à determinação de metais foram liofilizados sendo em seguida as partículas mineralizadas com uma mistura de soluções ácidas, de forma a realizar um ataque total da matriz (Rantala e Loring, 1977; Hall *et al.*, 1987). As concentrações dos metais (Al, Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr) nas soluções obtidas, foram determinadas por espectroscopia de absorção atômica de chama e de câmara de grafite (Perkin-Elmer e Unicam). As determinações de Hg feitas num espectrofotómetro Perkin-Elmer de vapor frio usando cloreto estanoso como agente redutor. Nestas determinações as amostras foram analisadas conjuntamente com brancos e padrões de sedimentos.

2.2.4. Determinação de metais nos peixes

As amostras de organismos destinados à determinação de metais foram mineralizados com uma mistura de soluções ácidas, de forma a realizar um ataque total da matriz (Ferreira *et al.*, 1990). As concentrações de metais nas soluções obtidas, foram determinadas por espectrometria de absorção atômica de chama e de câmara de grafite (Perkin-Elmer e Unicam). Nestas determinações as amostras foram analisadas conjuntamente com brancos e padrões biológicos.

2.2.5. Determinação de congêneres de PCB no material particulado em suspensão e dissolvido

Para a determinação dos congêneres de PCB no material particulado, as amostras de água foram filtradas através de filtros de fibra de vidro, Gelman A/E, com 1 μ m de porosidade, pré-tratados. Os filtros foram secos, pesados e em seguida extraídos em Soxhlet com n-hexano, durante 16 h. Para as determinações na fracção dissolvida procedeu-se a uma extracção líquido-líquido em ampola de decantação com n-hexano das amostras de água filtradas. Todos os extractos foram passados por uma coluna de Florisil e injectados num cromatógrafo de gases

Hewlett Packard, modelo 5890, Série II com coluna capilar DB5 (J&W, 60m) e injector automático H.P. 7673. Referências mais detalhadas desta metodologia analítica estão referidas em trabalhos anteriormente realizados (Ferreira *et al.*, 1989).

2.2.6. Determinação de congêneres de PCB nos sedimentos

Os sedimentos foram extraídos em Soxhlet, com n-hexano durante 16 horas, sendo em seguida os extractos purificados com Florisil (Ferreira e Vale, 1996). O enxofre foi eliminado utilizando mercúrio. As amostras foram injectadas num cromatógrafo Hewlett Packard, modelo 5890, Série II com coluna capilar DB5 (J&W, 60m) e injector automático Hewlett Packard, modelo 7673 .

2.2.7. Determinação de congêneres de PCB nos peixes

Os diversos tecidos dos organismos foram extraídos em Soxhlet, com n-hexano, durante 6 horas. Todos os extractos foram purificados com Florisil. Após tratamento com ácido sulfúrico, as amostras foram injectadas num cromatógrafo Hewlett Packard, modelo 5890, Série II com coluna capilar e injector automático e procedimento semelhante ao utilizado para o material particulado em suspensão e dissolvido (2.2.5).

3. RESULTADOS

3.1. Temperatura (T), salinidade (S), turbidez (Turb.), concentração de sólidos em suspensão (spm), pH e oxigénio dissolvido na água

Na Tabela 3 apresentam-se os valores de temperatura (T), salinidade (S), turbidez medida com sonda (Turb.), concentração de sólidos em suspensão (spm), pH e oxigénio dissolvido na água das três estações situadas na zona de imersão dos dragados.

Tabela 3 - Temperatura (T), salinidade (S), turbidez (Turb.), concentração de sólidos em suspensão (spm), pH e oxigênio dissolvido na água das três estações L0, L50 e L100 durante a operação de imersão dos dragados.

Estação	Prof. (m)	T (°C)	S	Turb. (NTU)	spm (mg/l)	pH	O ₂ (%)
L0	0	18	35.7	6	2	8.1	100
	40	-	-	-	1	-	-
L50	0	18	35.9	1	1	8.1	109
	40	15	35.8	1	2	8.2	81
L100	0	18	35.8	1	1	8.2	108
	40	15	35.8	-	3	8.2	84

Estes resultados mostram que não se registaram grandes alterações nos parâmetros físico-químicos da água do mar junto à draga, quando se realizou o lançamento dos dragados. Somente a turbidez registou um valor ligeiramente mais elevado na estação mais próxima do lançamento (L0), mas os valores foram baixos indicando que a mancha turva associada ao lançamento se dissipou rapidamente. Esta situação resultou principalmente da natureza arenosa dos materiais imersos.

3.2. Metais

3.2.1. Concentrações de metais na fracção dissolvida

Na Tabela 4 apresentam-se os teores de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Hg ($\mu\text{g/L}$) na fracção dissolvida ($<0.45\mu\text{m}$) de amostras de água colhidas na draga (estação D) nas estações L0, L50 e L100, durante a imersão dos dragados, a 0 e 40m de profundidade, e na estação L0 uma hora após o lançamento (L0-1) dos materiais no mar.

Tabela 4 - Teores de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Hg ($\mu\text{g/L}$) na fracção dissolvida ($<0.45\mu\text{m}$) das amostras colhidas na draga (estação D), nas estações L0, L50 e L100, a 0 e 40m de profundidade, na proximidade da imersão dos dragados, e na estação L0 uma hora após o lançamento (L0-1).

Estação	Prof. (m)	Zn ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)
D	-	2.7	0.65	0.02	0.3	1.3	0.081
L0	0	10.4	0.15	0.02	<0.1	0.6	0.080
	40	2.0	0.30	0.01	<0.1	0.7	0.102
L50	0	7.4	0.25	<0.01	0.4	0.3	0.155
	40	<2	0.22	0.03	0.2	0.4	0.004
L100	0	4.5	0.27	0.02	<0.1	0.4	0.034
	40	6.2	0.25	0.03	-	0.3	0.015
L0-1	0	2.7	0.42	0.03	0.4	0.4	0.066
	40	16.6	0.17	0.02	0.2	0.2	0.005

A representação gráfica destes valores é apresentada na Figura 1. A análise destes resultados mostra que:

- (i) as concentrações de Zn na fracção dissolvida da água dos dragados foram inferiores ou semelhantes aos valores registados na água do mar após o lançamento dos dragados; nas estações mais próximas do lançamento (estações L0 e L50) os teores de Zn foram mais elevados à superfície do que ao fundo, enquanto que uma hora mais tarde os valores mais elevados na estação L0-1 foram encontrados junto ao fundo;
- (ii) os teores de Pb observados na água da draga (D) e os valores encontrados na estação L50 e na estação L0, uma hora após o lançamento dos dragados (L0-1), foram semelhantes;
- (iii) os valores de Cd dissolvido não mostram grandes diferenças entre as várias estações e a água da draga;

(iv) os níveis de Cu e de Ni foram mais elevados na água da draga (D) do que na água do mar, que não apresentaram diferenças entre os locais, em profundidade e uma hora após o lançamento;

(v) os teores de Hg apresentaram diferenças entre os locais, sendo mais elevados na água da draga e da estação L0 e L50 (à superfície), e mais baixos no local mais afastado da imersão e uma hora após o lançamento, à superfície;

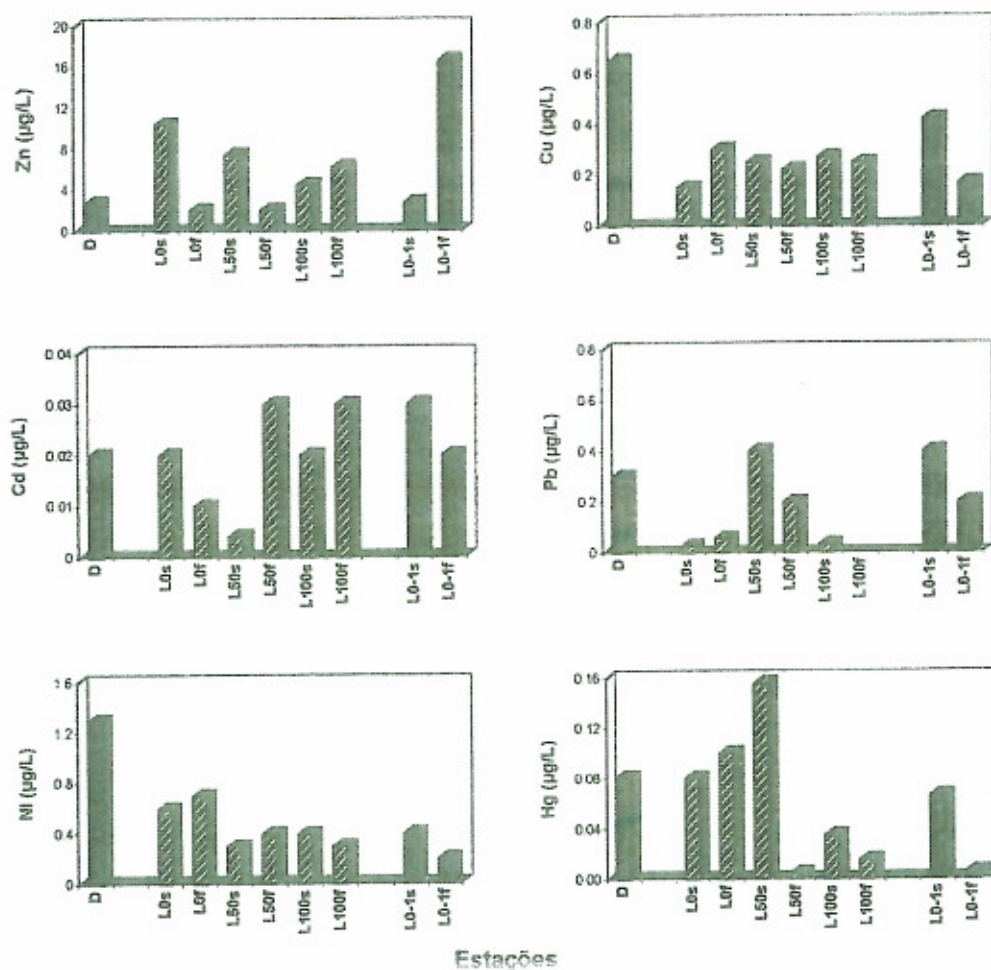


Figura 1 - Teores de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Hg ($\mu\text{g/L}$) na fracção dissolvida $<0.45\mu\text{m}$ das amostras colhidas na draga (estação D), nas estações L0, L50 e L100, na proximidade da imersão dos dragados, a 0 (s) e 40m de profundidade (f), e na estação L0 uma hora após o lançamento (L0-1).

3.2.2. Concentrações de metais na fracção particulada

Na Tabela 5 apresentam-se os teores de Al (%), Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr e Hg ($\mu\text{g/g}$) na fracção particulada ($>0.45\mu\text{m}$) das amostras colhidas nas estações L0, L50 e L100, a 0 e 40m de profundidade, durante a imersão dos dragados, e uma hora após o lançamento na estação L0-1.

Tabela 5 - Teores de Al (%), Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr e Hg ($\mu\text{g/g}$) na fracção particulada ($>0.45\mu\text{m}$) das amostras colhidas nas estações L0, L50 e L100, durante a imersão dos dragados, a 0 e 40m de profundidade, e uma hora após o lançamento, estação L0-1.

Estação	Prof. (m)	Al (%)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)	Hg ($\mu\text{g/g}$)
L0	0	2.8	506	-	0.69	-	133	359	3.9
	40	2.5	354	-	0.69	-	117	299	3.5
L50	0	5.0	2360	46	0.94	161	1739	4042	3.3
	40	0.9	322	-	0.72	24	431	796	3.0
L100	0	2.8	1213	44	1.42	13	643	1973	3.1
	40	2.1	317	18	1.81	45	245	422	2.9
L0-1	0	1.7	737	71	0.41	11	990	830	4.3
	40	2.2	1691	34	-	-	871	1588	3.9

Na Figura 2 apresentam-se as razões Zn/Al, Cu/Al, Cd/Al, Pb/Al, Ni/Al, Cr/Al e Hg/Al na fracção particulada das amostras colhidas em todas as estações. Este cociente foi efectuado com vista a minorar variações devido ao tamanho e natureza das partículas. A análise dos resultados apresentados na Figura 2 mostra que:

- (i) as razões Zn/Al, Ni/Al e Cr/Al foram mais baixas na estação L0, apresentando incrementos nas estações mais afastadas L50 e L100 e na estação L0-1, isto é uma hora após o lançamento dos dragados;
- (ii) as razões Cd/Al e Hg/Al apresentaram uma menor variação entre as estações, enquanto os cocientes Pb/Al e Cu/Al foram mais irregulares.

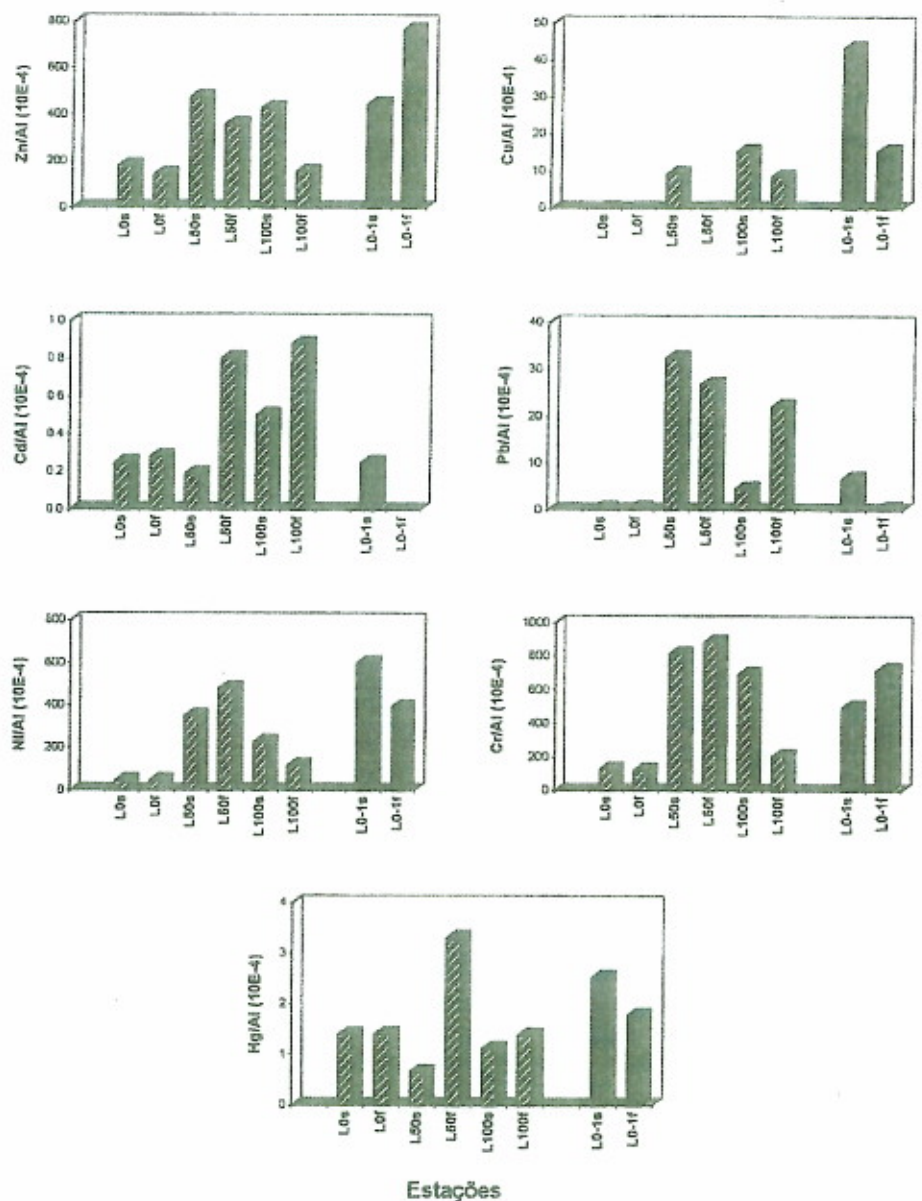


Figura 2 - Razões Zn/Al, Cu/Al, Cd/Al, Pb/Al, Ni/Al, Cr/Al e Hg/Al (10E-4) na fracção particulada nas estações L0, L50 e L100, a 0 (S) e 40m (F) de profundidade, durante a imersão dos dragados, e uma hora após o lançamento (estação L0-1).

3.2.3. Concentrações de metais nos sedimentos

Na Tabela 6 comparam-se os teores de Al (%), Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr e Hg ($\mu\text{g/g}$) nos sedimentos superficiais (0-2 cm) colhidos na estação L, antes e após a imersão dos dragados.

Tabela 5 - Teores de Al (%), Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr ($\mu\text{g/g}$) nos sedimentos superficiais (0-2 cm) colhidos na estação L, antes e após a imersão dos dragados.

Estação L	Al (%)	Zn ($\mu\text{g/g}$)	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Ni ($\mu\text{g/g}$)	Cr ($\mu\text{g/g}$)
antes	6.4	121	19	0.03	8.8	13	20
após	6.9	135	21	0.03	9.6	19	20

Os teores de metais nos sedimentos superficiais colhidos no local de imersão dos dragados, antes e após o seu lançamento no mar, são semelhantes. A observação visual da camada superficial também não indica a ocorrência de deposição brusca daqueles materiais, o que sugere que os sedimentos do local de colheita não foram influenciados pela imersão dos dragados. Dado que a maior parte dos dragados são de natureza arenosa e tendem, por isso, a depositar rapidamente, a zona afectada foi restrita, não se observando uma dispersão acentuada destes materiais.

3.2.4. Concentrações de metais nos peixes

Na Tabela 7 apresentam-se as concentrações de metais (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr), expressas em $\mu\text{g/g}$ peso seco, no músculo e fígado ou vísceras das diversas espécies capturadas na zona de imersão dos dragados.

Tabela 7 - Concentrações de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr, expressas em µg/g de peso seco, no músculo e fígado ou vísceras de peixes de várias classes de comprimento capturadas na zona de imersão dos dragados.

Espécies	tecido/ orgão	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)	Ni (µg/g)	Cr (µg/g)
<i>C. aper</i> (mini-saia)	músculo	22	0.6	0.01	0.03	7.3	4.9
	visceras	2125	6.0	1.0	1.9	0.6	<0.1
<i>M. scolopax</i> (apára-lápis)	músculo	15	1.1	<0.01	0.55	1.6	1.1
	visceras	119	6.0	2.9	4.5	4.0	68
<i>T. trachurus</i> (carapau) Classe 1	músculo	23	1.2	<0.01	0.03	4.5	3.1
	visceras	114	8.0	0.5	1.9	0.4	<0.1
Classe 2	músculo	28	4.8	0.01	0.03	5.7	4.8
	visceras	76	9.0	3.3	5.3	0.2	<0.1
<i>D. vulgaris</i> (safia) Classe 1	músculo	20	0.9	<0.01	<0.01	8.3	9.5
	fígado	1348	148	8.5	3.4	0.4	<0.1
Classe 2	músculo	22	1.1	0.01	0.55	3.8	2.6
	fígado	417	50	3.3	7.8	0.4	0.7
Classe 3	músculo	22	0.5	<0.01	0.08	0.3	<0.1
	fígado	338	70	0.9	2.0	0.2	<0.1
<i>P. acarne</i> (besugo) Classe 1	músculo	16	1.3	<0.01	0.25	7.6	7.9
	fígado	120	60	6.4	10	0.8	0.2
Classe 2	músculo	30	1.3	<0.01	0.51	0.6	<0.1
	fígado	204	33	3.5	18	0.8	0.2
<i>M. barbatus</i> (salmonete)	músculo	19	2.3	<0.01	0.04	8.8	8.6
	visceras	107	5.0	4.5	3.0	1.9	0.5
<i>S. canicula</i> (pata-roxa)	músculo	40	0.7	<0.01	<0.01	0.3	0.3
	fígado	17	2.0	1.2	4.1	0.2	<0.1
<i>P. erytrinus</i> (bica) Classe 1	músculo	14	1.0	0.01	<0.01	0.5	0.4
	fígado	1046	64	6.1	3.2	0.3	<0.1
Classe 2	músculo	17	1.3	<0.01	0.03	4.2	2.2
	fígado	104	8.0	3.1	2.4	0.3	<0.1
<i>R. undulata</i> (raia)	músculo	15	0.5	<0.01	<0.01	2.7	3.0
	fígado	26	12	4.3	5.4	0.3	0.2
<i>B. boops</i> (boga) Classe 1	músculo	29	0.9	<0.01	<0.01	0.4	0.1
	fígado	181	16	3.7	7.0	5.0	17
Classe 2	músculo	29	1.0	0.01	<0.01	0.5	<0.1
	fígado	131	14	2.4	5.5	1.6	1.3
<i>A. cuculus</i> (cabrinha)	músculo	17	0.8	<0.01	0.04	0.4	<0.1
	visceras	45	15	1.1	0.8	9.2	15

Os resultados obtidos mostram que as concentrações de Zn, Cu, Cd e Pb no músculo das diferentes espécies analisadas são inferiores aos níveis observados nas vísceras ou fígado. Em geral, os teores de Ni e Cr são mais elevados no músculo com excepção do apára-lápis, boga e cabrinha. Tal facto atribui-se aos processos metabólicos inerentes aos indivíduos. Os teores de Zn e Cd no músculo das várias espécies foram relativamente uniformes, enquanto que para os outros elementos foi encontrada uma maior dispersão. Em termos de consumo humano os valores a considerar são os encontrados no músculo por

corresponder á parte edível. As concentrações de Zn, Cu, Cd, Pb no músculo das várias espécies capturadas na zona de imersão dos dragados são mais baixas do que as admissíveis para consumo humano em diferentes países (FAO Fish., Circ. 764, 1983).

Numa tentativa de avaliar se o local de lançamento dos dragados apresenta maior contaminação do que outras zonas da costa portuguesa, compararam-se os níveis de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr, expressas em µg/g de peso seco, encontrados no músculo de peixes das mesmas espécies e classes de comprimento capturados na barra do porto de Setúbal (após a imersão dos dragados) e na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo (Tabela 8).

Tabela 8 - Comparação das concentrações de Zn, Cu, Cd, Pb, Ni e Cr, expressas em µg/g de peso seco, no músculo de peixes das mesmas espécies e classes de comprimento capturados na barra do porto de Setúbal (Sado) e na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo (Tejo).

Espécies/Locais	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)	Ni (µg/g)	Cr (µg/g)
<i>C. aper</i> (Mini-saia)						
Sado	22	0.6	0.01	0.03	7.3	4.94
Tejo	16-42	0.7-1.1	0.01-0.06	0.12-0.30	0.48	0.05-0.19
<i>M. scolopax</i> (Apára-lápis)						
Sado	15	1.1	<0.01	0.55	1.6	1.06
Tejo	24-28	0.8-1.1	0.02	0.14-0.16	-	-
<i>T. trachurus</i> (carapau) (classe1)						
Sado	23	1.2	<0.01	0.03	4.5	3.07
Tejo	18-49	2.2-3.4	0.02-0.04	<0.1-0.7	-	0.36
<i>T. trachurus</i> (carapau) (classe 2)						
Sado	28	4.8	0.01	0.03	5.7	4.85
Tejo	16-95	1.2-2.6	0.01-0.21	<0.10-0.48	0.10	0.02-0.47
<i>P. acarne</i> (besugo)						
Sado	16	1.3	<0.01	0.25	7.6	7.94
Tejo	46	1.1	0.04	0.20	-	-

Os valores apresentados nesta Tabela indicam que, dum modo geral, as concentrações são mais baixas ou da mesma ordem de grandeza das observadas nos peixes capturados na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo. No entanto, os valores de Ni e Cr nas espécies do Sado são mais elevadas do que nas outras, embora os dados para comparação sejam escassos.

3.3. Congéneres de PCB

3.3.1. Concentrações de congéneres de PCB na fracção dissolvida

Na Tabela 9 e Figura 3 apresentam-se as concentrações de congéneres de PCB (CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180), expressos em ng/L, na fracção dissolvida ($< 1\mu\text{m}$) das amostras colhidas nas três estações, a 0 e 40m de profundidade, durante a imersão dos dragados (L0, L50 e L100), uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1) e na água sobrenante aos sedimentos retirada da draga antes da imersão (D).

Tabela 9 - Teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 (ng/L) na fracção dissolvida ($< 1\mu\text{m}$) das amostras colhidas durante a imersão dos dragados (L0, L50 e L100), uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1) e na água sobrenante aos sedimentos retirada da draga antes da imersão (D).

Estação	Prof. (m)	CB26 (ng/L)	CB52 (ng/L)	CB101 (ng/L)	CB118 (ng/L)	CB138 (ng/L)	CB153 (ng/L)	CB180 (ng/L)
D		2.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2
L0	0	7.1	1.5	0.8	1.0	1.0	0.9	0.5
	40	4.6	0.8	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3
L50	0	2.9	1.1	0.7	0.2	0.5	0.9	0.2
	40	4.2	1.3	0.7	0.7	0.5	0.6	0.3
L100	0	5.1	1.5	0.7	0.6	0.6	0.7	0.3
	40	9.5	1.4	0.6	0.6	0.9	1.0	0.7
L0-1	0	4.5	1.2	0.7	0.7	0.7	0.6	0.3
	40	3.0	0.8	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2

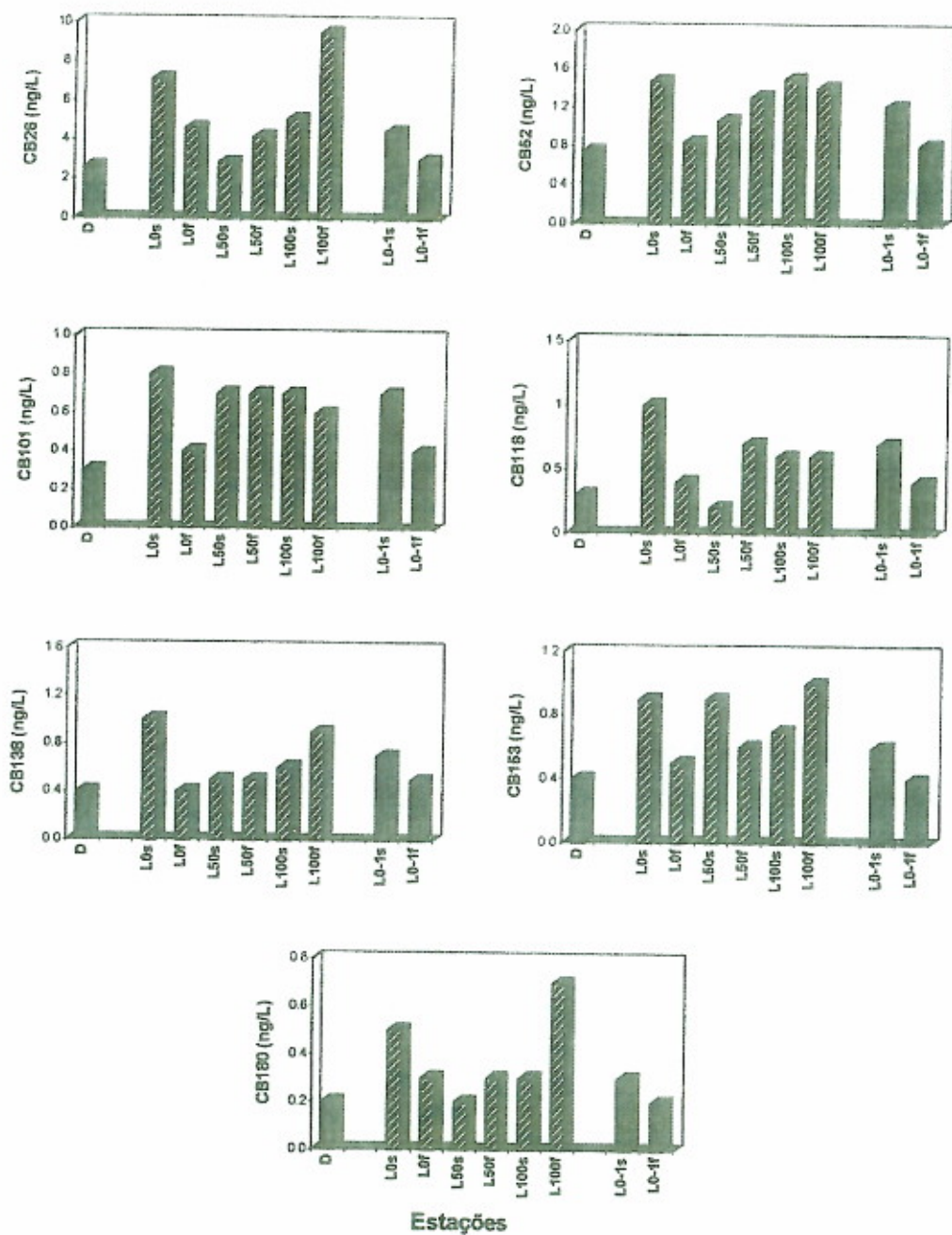


Figura 3 - Teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 ($\mu\text{g/L}$) na fração dissolvida das águas colhidas na draga (D), nas estações L0, L50 e L100, a 0 (s) e 40m (f) de profundidade, durante a imersão dos dragados e uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1).

A análise dos resultados mostra que:

- (i) os teores de todos os congéneres na fracção dissolvida da água sobrenadante dos sedimentos colhida na draga são inferiores aos valores encontrados no local de lançamento (L0);
- (ii) as concentrações dos congéneres CB26 e CB180 na fracção dissolvida apresentam valores ligeiramente mais elevados na estação mais afastada do lançamento dos dragados (L100);
- (iii) os congéneres CB118 e CB138 registam maiores concentrações na estação situada mais junto à draga;
- (iv) os restantes congéneres analisados registam valores muito semelhantes em todas as estações;
- (v) uma hora após o lançamento, as concentrações de todos os congéneres não atingiram valores mais elevados dos que os registados nas outras estações durante o lançamento.

3.3.2. Concentrações de congéneres de PCB na fracção particulada

Na Tabela 10 e Figura 4 apresentam-se as concentrações de congéneres de PCB (CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180), expressos em ng/g, na fracção particulada ($>1\mu\text{m}$) das amostras colhidas nas estações L0, L50 e L100, a 0 e 40m de profundidade, durante a imersão dos dragados e uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1).

Tabela 10 - Teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 (ng/g) na fracção particulada ($>1\mu\text{m}$) das amostras colhidas nas estações L0, L50 e L100, a 0 e 40m de profundidade, durante a imersão dos dragados e uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1).

Estação	Prof. (m)	CB26 (ng/g)	CB52 (ng/g)	CB101 (ng/g)	CB118 (ng/g)	CB138 (ng/g)	CB153 (ng/g)	CB180 (ng/g)
L0	0	17.4	5.1	2.4	3.3	3.6	4.0	1.2
	40	10.3	3.8	3.5	5.4	4.5	4.4	2.1
L50	0	30.5	4.8	2.3	2.5	3.2	3.2	2.4
	40	23.6	5.2	2.8	6.1	5.5	5.0	2.8
L100	0	10.8	3.3	2.3	4.5	3.5	3.5	1.7
	40	28.5	6.9	2.5	3.9	5.0	4.8	2.9
L0-1	0	11.8	5.0	1.9	4.0	4.3	4.2	2.7
	40	27.2	6.2	2.1	5.5	4.9	4.3	2.9

A análise destes resultados mostra que:

- (i) os teores do congénere CB26 nas partículas da estação L0 são, dum modo geral, mais baixos do que os registados em L50 e L100;
- (ii) as concentrações dos congéneres mais clorados (CB138, CB153 e CB180) são semelhantes em todas as estações durante o lançamento (L0, L50 e L100) ou uma hora após (L0-1);

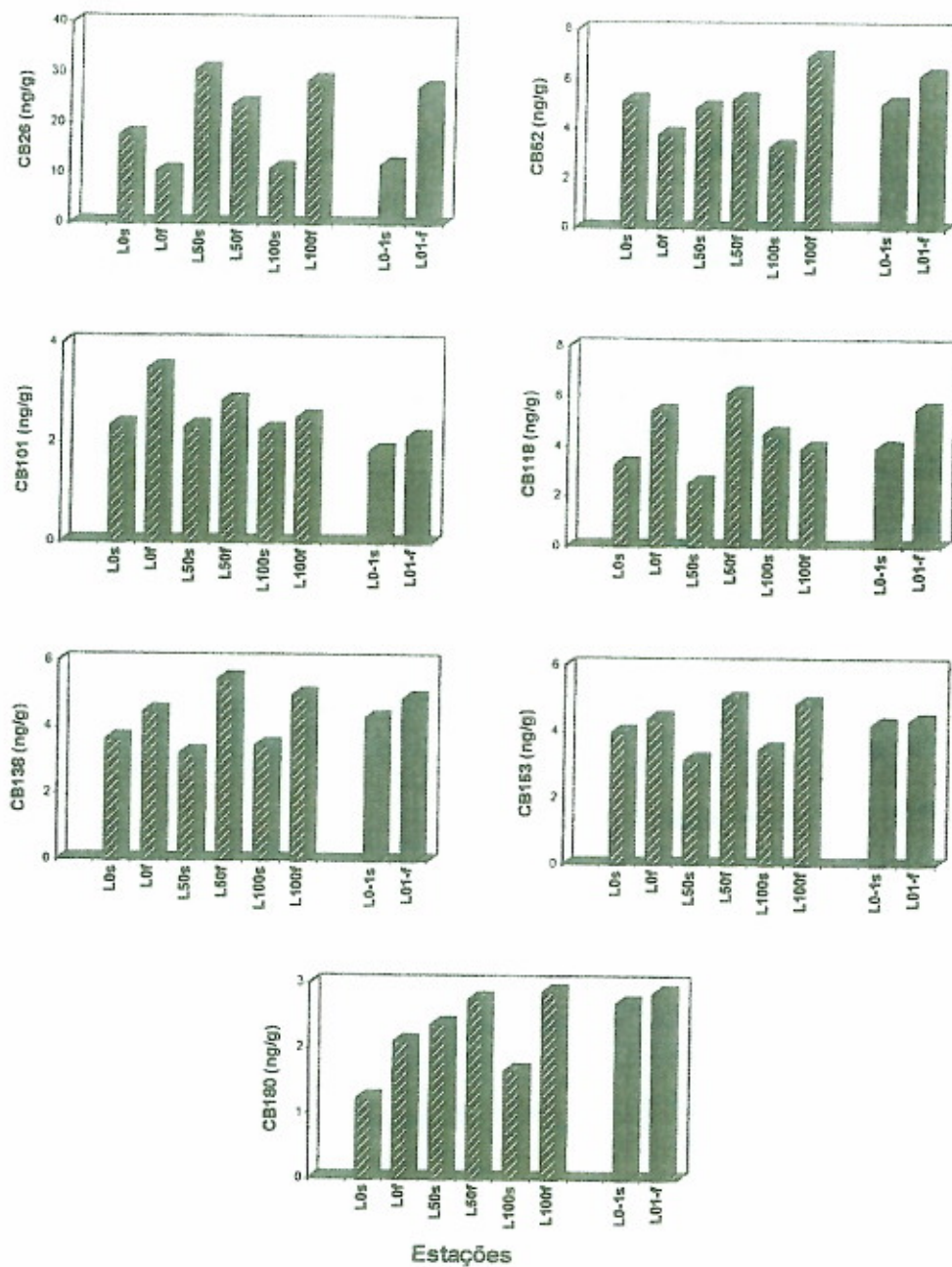


Figura 4 - Teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 ($\mu\text{g/g}$) na fracção particulada das águas colhidas nas estações L0, L50 e L100, a 0 (s) e 40m (f) de profundidade, durante a imersão dos dragados e uma hora após o lançamento na estação L0 (L0-1).

3.3.3. Concentrações de congêneres de PCB nos sedimentos

Na Tabela 11 apresentam-se os teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 (ng/g) nos sedimentos colhidos na estação L, antes e após a imersão dos dragados.

Tabela 11 - Teores de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 (ng/g) nos sedimentos colhidos na estação L, antes e após a imersão dos dragados.

Estação	CB26 (ng/g)	CB52 (ng/g)	CB101 (ng/g)	CB118 (ng/g)	CB138 (ng/g)	CB153 (ng/g)	CB180 (ng/g)
antes	0.09	<0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
após	0.32	<0.01	0.05	0.03	0.09	0.13	0.08

Tal como para os metais, não se observam diferenças consideráveis entre as concentrações de congêneres de PCB na camada superficial dos sedimentos colhidos antes e após a imersão dos dragados.

3.3.4. Concentrações de congêneres de PCB nos peixes

Na Tabela 12 apresentam-se as concentrações de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180, expressas em ng/g de peso seco, no músculo e fígado ou vísceras dos peixes de várias classes de comprimento capturados após a imersão dos dragados na barra do Porto de Setúbal.

Tal como para os metais, as concentrações dos congêneres de PCB variam com a espécie e são mais elevadas no fígado ou vísceras do que no músculo. Em termos de consumo humano, os valores encontrados no músculo dos peixes do local estudado estão muito abaixo dos máximos admissíveis em vários países conforme indicado num relatório da FAO (FAO Fish., Circ. 764, 1983).

Tabela 12 - Concentrações de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180 expressas em ng/g de peso seco, no músculo e fígado ou vísceras de peixes de várias classes de comprimento capturados na zona de imersão dos dragados.

Espécies	tecido/ orgão	CB26 (ng/g)	CB52 (ng/g)	CB101 (ng/g)	CB118 (ng/g)	CB138 (ng/g)	CB153 (ng/g)	CB180 (ng/g)
<i>C. aper</i> (mini-saia)	músculo	9.7	0.4	1.0	2.7	4.0	5.8	2.2
	vísceras	26.6	12.7	5.4	6.1	14.1	20.7	8.5
<i>M. scolopax</i> (apára-lápis)	músculo	20.8	5.2	3.1	4.3	7.4	10.2	4.7
	vísceras	40.6	12.1	10.9	4.8	12.3	22.2	6.7
<i>T. trachurus</i> (arapau) Classe 1	músculo	4.6	1.7	2.7	4.6	13.4	18.2	7.7
	vísceras	40.3	19.5	25.1	49.1	164.6	231.0	102.4
Classe 2	músculo	2.8	1.1	1.3	1.5	4.9	7.3	3.6
	vísceras	23.4	6.7	3.2	3.0	6.0	8.0	3.7
<i>D. vulgaris</i> (safia) Classe 1	músculo	2.5	0.8	0.2	0.5	1.3	2.8	1.2
	fígado	24.5	11.3	3.2	4.6	10.3	19.6	7.2
Classe 2	músculo	3.3	1.3	0.2	0.4	0.9	1.5	0.1
	fígado	27.3	14.7	4.0	5.3	8.9	13.1	5.7
Classe 3	músculo	2.1	1.2	0.2	0.5	1.1	1.6	0.6
	fígado	59.3	27.4	9.9	5.7	11.3	15.0	6.8
<i>P. acarne</i> (besugo) Classe 1	músculo	3.4	1.3	0.7	1.6	4.5	7.1	3.8
	fígado	32.6	9.6	3.0	4.0	9.7	13.9	6.2
Classe 2	músculo	6.3	3.5	1.4	2.6	7.4	11.4	4.7
	fígado	28.3	9.4	3.7	4.9	9.8	12.5	5.6
<i>M. barbatus</i> (salmonete)	músculo	11.8	2.6	1.6	7.1	27.3	39.8	18.5
	vísceras	34.4	17.4	5.5	8.2	13.5	17.6	7.0
<i>S. canicula</i> (pala-roxa)	músculo	3.2	1.1	0.7	1.1	1.7	2.1	0.6
	fígado	127.7	64.7	34.5	104.9	277.2	370.6	155.7
<i>P. erythrinus</i> (bica) Classe 1	músculo	2.8	0.9	0.6	1.6	5.1	8.3	3.9
	fígado	27.5	8.9	4.3	6.7	16.1	22.3	9.1
Classe 2	músculo	10.4	2.9	1.1	1.9	4.9	8.7	3.4
	fígado	22.8	9.7	4.1	3.8	6.7	11.1	3.8
<i>R. undulata</i> (raia)	músculo	2.9	0.9	0.3	0.4	0.8	1.1	0.4
	fígado	33.5	17.4	8.9	17.9	5.5	6.7	2.6
<i>B. boops</i> (boga) Classe 1	músculo	3.5	1.2	0.6	1.0	2.5	3.9	0.1
	fígado	24.1	5.8	2.4	3.5	7.7	11.5	4.5
Classe 2	músculo	5.0	2.1	1.4	2.1	3.3	4.5	2.0
	fígado	29.5	9.1	2.5	4.2	8.9	13.7	4.5
<i>A. cuculus</i> (cabrinha)	músculo	4.9	1.1	0.6	1.2	2.6	3.3	1.6
	vísceras	27.3	3.1	3.9	13.9	40.6	53.8	32.2

Tal como se fez para os metais, na Tabela 13 comparam-se as concentrações de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180, expressas em ng/g de peso seco, no músculo de peixes das mesmas espécies e classes de comprimento capturados na barra do porto de Setúbal (zona de imersão dos dragados) e na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo.

Tabela 13 - Comparação das concentrações de CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180, expressas em ng/g de peso seco, no músculo de peixes das mesmas espécies e classes de comprimento capturados na zona de imersão dos dragados (Sado) e na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo (Tejo).

Espécies/Locais	CB26 (ng/g)	CB52 (ng/g)	CB101 (ng/g)	CB118 (ng/g)	CB138 (ng/g)	CB153 (ng/g)	CB180 (ng/g)
<i>C. aper</i> (Mini-saia)							
Sado	9.7	0.4	1.0	2.7	4.0	5.8	2.2
Tejo	1.7-5.9	0.6-2.0	1.5-2.1	2.4-4.1	7.1-14.6	8.6-14.8	4.1-11.2
<i>M. scolopax</i> (Apára-lápis)							
Sado	20.8	5.2	3.1	4.3	7.4	10.2	4.7
Tejo	6.9-30.8	3.0-15.6	3.2-11.9	6.3-23.6	12.7-29.6	16.9-40.5	6.2-13.5
<i>T. trachurus</i> (carapau) (classe1)							
Sado	4.6	1.7	2.7	4.6	13.4	18.2	7.7
Tejo	0.6-33.5	0.4-9.1	1.3-9.3	3.3-9.7	5.5-21.9	7.6-32.6	3.4-16.6
<i>T. trachurus</i> (carapau) (classe2)							
Sado	2.8	1.1	1.3	1.5	4.9	7.3	3.6
Tejo	0.7-22.3	0.4-15.2	1.5-60.0	1.6-45.8	3.1-54.1	4.8-53.4	1.5-28.2
<i>P. acarne</i> (besugo)							
Sado	32.6	9.6	3.0	4.0	9.7	13.9	6.2
Tejo	10.8	2.6	3.1	8.4	19.0	25.6	9.7

A acumulação destes contaminantes orgânicos nos peixes capturados na zona de lançamento dos dragados mais contaminados provenientes do porto de Setúbal está dentro da gama de valores encontrada para os peixes da mesma espécie e classe de comprimento, capturados na zona adjacente ao estuário do Tejo. Tais factos não eliminam a possibilidade do lançamento de dragados nesta zona da barra do porto de Setúbal ser, em parte, responsável pelos valores encontrados nas diferentes espécies de peixes capturadas.

4. CONCLUSÕES

A realização deste estudo com o objectivo de avaliar o impacto causado pela imersão dos dragados provenientes do Canal Norte do Estuário do Sado (bacia de rotação e troço Autoeuropa/Sapec) ao largo da barra do porto de Setúbal permite concluir o seguinte:

1. Dos vários parâmetros físico-químicos medidos na água durante o lançamento dos dragados não se verificaram alterações significativas num raio de 100m em redor da draga.
2. As concentrações dos contaminantes estudados nas fracções dissolvida e particulada não evidenciam alterações substanciais resultantes do processo de imersão dos dragados;
3. Os teores dos contaminantes na camada superficial dos sedimentos de fundo antes e após o lançamento dos dragados não mostram enriquecimentos em consequência desta operação no local.
4. As espécies de peixes capturadas nesta zona apresentam níveis de contaminantes inferiores aos admissíveis para consumo humano de acordo com normas estabelecidas por vários países. Os valores encontrados nestas espécies são, dum modo geral, mais baixas ou semelhantes às concentrações das mesmas espécies capturadas na zona costeira adjacente ao estuário do Tejo.
5. Dos resultados obtidos parece, pois, poder concluir-se que não se detectaram impactos imediatos consideráveis em consequência do lançamento destes dragados do Canal Norte na barra do porto de Setúbal.

5. REFERÊNCIAS

- Danielsson L.G., Magnusson B. & Westerlund S., 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization *Anal. Chim. Acta*, 98, 47-57.
- FAO Fisheries Circular nº158, "Manual of Methods in Aquatic Environment Research", Bernhard M., Rome, Italy, 124p.
- Ferreira A.M, Castro O, Vale C., 1989. Factores reguladores das variações de PCB e DDT no estuário superior do Sado. In: Intern. Symp. on Integrated Approaches to Water Pollution Problems, Lisboa, 19-23 Junho, 2, 83-92.
- Ferreira, A. M.; Cortesão, C.; Castro, O.; Vale, C., 1990. Accumulation of metals and organochlorines in tissues of the oyster *Crassostrea angulata* from the Sado estuary. *Sci. Tot. Environm.* 97/98, 627-639.
- Ferreira A.M., Vale C., 1996. The differences of PCB and lipid levels between settling/resuspended materials and surface sediments of the Sado estuary. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.*, 47, 547-552.
- Hall A., Duarte A.C., Caldeira M.T.M., Lucas M.F., 1987. Sources and sinks of mercury in the coastal lagoon of Aveiro, Portugal. *Sci. Tot. Environ.*, 64, 75-87.
- Rantala, R.R.; Loring, D.H., 1977. A rapid determination of 10 elements in marine suspended matter by atomic spectrophotometry. *At. Absorp. Newslett.*, 16, 51-52.

