

Requerimento

Pedido de Título de Utilização Privativa do Espaço Marítimo Nacional (TUPEM) Decreto-Lei n.º 38/2015, de 12 de março

Exmo. Senhor

Diretor-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

O requerente (nome / denominação social) Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra, S.A., residente / sede em Praça da República, código postal 2904 – 508 Setúbal, concelho Setúbal, distrito Setúbal, telefone 265 542 000, fax 265 230 992, e-mail geral@portodesetubal.pt., número de identificação fiscal .502 256 869., vem solicitar, nos termos do artigo 58.º, a emissão de título de utilização privativa do espaço marítimo nacional (TUPEM), na modalidade de (selecionar a modalidade aplicável):

- ☐ **concessão** nos termos do artigo 52.º e 53.º, por anos/meses (riscar o não aplicável);
- ☒ **licença** nos termos do artigo 54.º e 55.º, para (selecionar o período de tempo aplicável):
- a) ☐ uso temporário durante meses (< 12 meses),
- b) ☒ uso intermitente ou sazonal, em períodos de .6 meses/dias (riscar o não aplicável), durante 6 ano(s) civil;
- ☐ **autorização** nos termos do artigo 57.º, por anos/meses/dias (riscar o não aplicável), para (selecionar o tipo de projeto):
- a) ☐ projeto de investigação científica,
- b) ☐ projeto-piloto relativo a novo uso ou tecnologia,
- c) ☐ projeto-piloto de atividade sem carácter comercial.

O presente pedido de TUPEM visa o desenvolvimento do seguinte uso/atividade¹:

VIII. Outros - 1) Imersão de resíduos/dragados

A definição geográfica exata da área e/ou volume cuja reserva se pretende para o uso/atividade a desenvolver, com recurso às coordenadas geográficas ETRS89, ou o seu equivalente projectado PT TM06, é:

Latitude (N)	Longitude (W)
Em anexo	

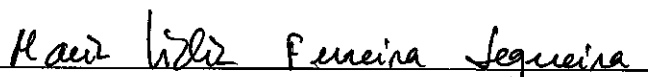
(aumentar mais linhas se necessário)

Caso não se aplique a dispensa da prestação da caução nos termos previstos no n.º 2 do artigo 66.º, e para efeitos da alínea b) do n.º 3 do artigo 58.º, comprometo-me a prestar a caução destinada a garantir a manutenção das condições físico-químicas e biológicas do meio marinho e a assegurar, no momento da cessação do direito de utilização privativa, a remoção de quaisquer obras e estruturas móveis inseridas na área ou no volume afetos ao título.

Junto em anexo, os elementos adicionais para a correta instrução do presente pedido de TUPEM, de acordo com a alínea c) do n.º 2 e n.º 3 do artigo 58.º.

Pede deferimento,

Setúbal, 3, de Agosto de 2018


(Assinatura)

¹ Enquadrar o uso/atividade pretendido na lista de usos/atividades constantes do anexo I do Decreto-Lei n.º 38/2015, de 12 de março.

Nota: desde o dia 5 de abril de 2017 que a utilização privativa do espaço marítimo para instalação de estabelecimentos de aquacultura, passou a ser decidida no âmbito do pedido de atribuição de Título de Atividade Aquícola (TAA), nos termos do Decreto-Lei n.º 40/2017, de 4 de abril.

Elementos adicionais a juntar obrigatoriamente ao requerimento:

Em conformidade com a alínea c) do n.º 2 e n.º 3 do artigo 58.º, juntam-se os seguintes documentos:

- ✓ certidões comprovativas da situação tributária e contributiva regularizada do requerente ou, em alternativa, autorização para a obtenção da mesma pela DGRM, através da IAP;
- ✓ memória descritiva e justificativa do projeto em conformidade com o anexo I do Decreto-Lei (ver tabela infra).

Assinalar na tabela infra, a informação necessária de acordo com o uso/atividade que se propõe desenvolver.

Memória descritiva e justificativa que inclua a seguinte informação:

II. Biotecnologia marinha:	
☐	a) Descrição do processo produtivo, dos equipamentos, incluindo estruturas flutuantes, e materiais a utilizar, com indicação das instalações que se pretendem construir e características dos trabalhos a efetuar
☐	b) Indicação do sistema de cultura, do regime de exploração com indicação das espécies a cultivar (indicar o nome vulgar, o género e a espécie)
☐	c) Proposta de programa de autocontrolo (quantidade e qualidade) adequado para assegurar a verificação do cumprimento das condições do título de utilização privativa do espaço marítimo nacional, com indicação dos locais e métodos de amostragem, parâmetros e frequência a implementar, caso aplicável
☐	d) Proposta do programa de monitorização a implementar
☐	e) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar
☐	f) Plano de emergência e ou contingência

III. Recursos minerais marinhos:	
☐	a) Indicação dos objetivos da pesquisa, prospeção e exploração.
☐	b) Descrição do processo, dos equipamentos, incluindo estruturas flutuantes, e materiais a utilizar, com indicação das obras e estruturas móveis que se pretendem construir ou instalar e características dos trabalhos a efetuar
☐	c) Programa de trabalhos e a indicação da data prevista para o início da atividade;
☐	d) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar;
☐	e) Indicação de produtos biológicos, químicos a utilizar
☐	f) Indicação e caracterização das infraestruturas no espaço marítimo nacional e em terra necessárias para o exercício da atividade, caso aplicável;
☐	g) Plano de emergência e ou contingência.

IV. Recursos energéticos - 1) Pesquisa, prospeção, exploração e extração de gás, petróleo e outros recursos energéticos	
☐	a) Descrição do processo, dos equipamentos, incluindo estruturas flutuantes, e materiais a utilizar, com indicação das obras e estruturas móveis que se pretendem construir ou instalar e características dos trabalhos a efetuar;
☐	b) Proposta do programa de monitorização a implementar;
☐	c) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar;
☐	d) Indicação e caracterização das infraestruturas no espaço marítimo nacional e em terra necessárias para o exercício da atividade, caso aplicável;
☐	e) Plano de emergência e ou contingência.
IV. Recursos energéticos - 2) Exploração de energias renováveis	
☐	a) Descrição do processo, dos equipamentos, incluindo estruturas flutuantes, e materiais a utilizar, com indicação das instalações que se pretendem construir e características dos trabalhos a efetuar
☐	b) Proposta do programa de monitorização a implementar
☐	c) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar
☐	d) Indicação e caracterização das infraestruturas no espaço marítimo nacional e em terra necessárias para o exercício da atividade, caso aplicável
☐	e) Plano de emergência e ou contingência
V. Infraestruturas e equipamentos (estruturas flutuantes, plataformas offshore multiúso, emissários e cabos submarinos)	
☐	a) Número, dimensão e características construtivas;
☐	b) Processo de instalação no fundo marinho;
☐	c) Planos e respetivos dispositivos de segurança;
☐	d) Perfis longitudinais e transversais, à escala adequada quando se justificar em função do uso;
☐	e) Proposta do programa de monitorização a implementar;
☐	f) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar;
☐	g) Plano de emergência e ou contingência.
VI. Investigação científica	
☐	a) Indicação dos objetivos da investigação;
☐	b) Descrição detalhada do processo, dos equipamentos, incluindo estruturas flutuantes, e materiais a utilizar, com indicação das instalações que se pretendem construir e características dos trabalhos a efetuar;
☐	c) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar, caso se justifique;
☐	d) Indicação e caracterização das infraestruturas em terra necessárias para o exercício da atividade, caso aplicável;
☐	e) Plano de emergência e ou contingência.

VII. Recreio, desporto e turismo:	
☐	a) Indicação da área, zona ou percursos que se pretende reservar, e onde se propõe exercer a atividade;
☐	b) Indicação do período de duração da atividade e o tipo de serviço a prestar;
☐	c) Indicação da data e hora, características da prova e meios de sinalização e balizagem, no caso de actividades desportivas, caso aplicável;
☐	d) Indicação das embarcações a explorar ou utilizar, caso aplicável;
☐	e) Indicação e caracterização das infraestruturas em terra necessárias para o exercício da atividade, com indicação dos locais de acesso e lugares de estacionamento, caso aplicável;
☐	f) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar, caso aplicável;
☐	g) Plano de emergência e ou contingência.
VIII. Outros - 1) Imersão de resíduos/dragados	
☒	a) Análise das seguintes características dos resíduos/ dragados a imergir:
☒	i) Quantidade total e composição;
☒	ii) Quantidade de resíduos/dragados a imergir por dia;
☒	iii) Forma em que se apresentem para a imersão, isto é, fase sólida, líquida, ou lamas, a respetiva tonelagem no estado húmido (por zona de imersão e unidade de tempo), a determinação visual das características de sedimento (argila -vasa/areia/cascalho/rochas);
☒	iv) Propriedades físicas (em particulares, solubilidade e densidade), químicas, bioquímicas (carência de oxigénio, nutrientes) e biológicas (presença de vírus, bactérias, leveduras, parasitas, etc.), caso aplicável;
☒	v) Avaliação da toxicidade, persistência e acumulação em seres vivos ou em sedimentos através de: • Análises de toxicidade aguda; • Análises de toxicidade crónica, capazes de avaliar os efeitos subletais a longo prazo; • Análises visando a bioacumulação potencial das substâncias em questão;
☒	vi) Transformações químicas e físicas dos resíduos/dragados após imersão, nomeadamente a formação eventual de novos compostos;
☒	vii) Probabilidade de produção de substâncias que transmitam mau sabor aos recursos piscícolas (peixe, marisco, moluscos, crustáceos), com consequências na sua comercialização;
☐	b) Caracterização do local de imersão, com os seguintes elementos:
☒	i) Identificação da(s) massa(s) de água afetadas;
☒	ii) Posição geográfica, profundidade e distância à costa;
☐	iii) Localização em relação à existência de recursos vivos adultos e juvenis, designadamente áreas de desova e de maternidade dos recursos vivos, rotas de migração de peixes e mamíferos, áreas de pesca desportiva e comercial, áreas de grande beleza natural, ou com importância histórica ou cultural, áreas com especial importância científica ou biológica;
☒	iv) Localização em relação a áreas de lazer;

☐	b) Caracterização do local de imersão, com os seguintes elementos:
☒	v) Métodos de acondicionamento, se necessário;
☒	vi) Diluição inicial realizada pelo método de descarga proposto;
VIII. Outros - 1) Imersão de resíduos/dragados	
☒	b) Caracterização do local de imersão, com os seguintes elementos:
☒	vii) Dispersão, características de transporte horizontal e de mistura vertical, designadamente em termos de: • Profundidade da água (máxima, mínima, média); • Estratificação da água nas diversas estações do ano e em diferentes condições meteorológicas; • Período da maré, orientação da elipse da maré, velocidade do eixo maior e menor; • Deriva média em superfície: direção, velocidade; • Deriva média do fundo: direção, velocidade; • Correntes de fundo (velocidade) devidas a tempestades; • Características do vento e das ondas, número médio de dias de tempestade/ano; • Concentração e composição de matéria em suspensão;
☒	viii) Existência e efeitos dos vazamentos e imersões em curso e dos previamente realizados (incluindo os efeitos de acumulação);
☒	c) Proposta do programa de monitorização a implementar, o qual inclui um levantamento topohidrográfico do local antes e depois da imersão;
☒	d) Plano de emergência e ou contingência.
VIII. Outros - 2) Afundamento de navios	
☐	a) Breve descrição das características do navio, súmula histórica, estado e conservação e elementos gráficos ilustrativos;
☐	b) Processo de descontaminação
☐	c) Levantamento batimétrico;
☐	d) Formas de sinalização e de segurança a adotar;
☐	e) Proposta do programa de monitorização a implementar, o qual inclui um levantamento topohidrográfico do local antes da imersão para caracterização da situação de referência;
☐	f) Plano de emergência e ou contingência.
VIII. Outros - 3) Outros usos ou atividades de natureza industrial	
☐	a) Indicação da área que se pretende reservar e onde se propõe exercer a actividade.
☐	b) Indicação do tipo de uso ou actividade.
☐	c) Indicação do período de duração da actividade.
☐	d) Indicação das embarcações a explorar ou utilizar, caso aplicável.
☐	e) Indicação e caracterização das infraestruturas em terra necessárias para o exercício da actividade, com indicação dos locais de acesso e lugares de estacionamento, caso aplicável.
☐	f) Formas de sinalização e normas de segurança a adotar, caso aplicável.
☐	g) Plano de emergência e ou contingência.

Anexo ao Requerimento de Pedido de Utilização Privativa do Espaço Marítimo Nacional – Delta do estuário do Sado :

O local de imersão de dragados, tem as seguintes coordenadas geográficas:

Ponto	Longitude	Latitude
A	- 71440,29	-135531,86
B	- 66400,09	- 136195,51
C	- 65855,88	- 136175,45
D	- 65079,35	- 135945,17
E	- 62450,98	- 136233,87
F	- 62073,87	- 136595,76
G	- 62389,67	- 137023,57
H	- 63959,99	- 136615,71
I	- 66216,89	-136578,76
J	- 69672,82	-136184,77
L	- 71485,69	- 135765,12

Processo de Licenciamento de Utilização Privativa do Espaço Marítimo para Imersão de Dragados - Delta do Estuário do Sado. APSS,SA

Memória Descritiva e Justificativa

a) – Análise das seguintes características dos dragados a imergir :

A utilização desta área do delta do estuário para imersão de dragados, de classe 1 e 2, surgiu no âmbito do Estudo de Impacte Ambiental do Projeto de Melhoria da Acessibilidade Marítima ao Porto de Setúbal, de que a APSS,SA é o promotor. Genericamente, esta proposta mereceu a seguinte apreciação da Comissão de Avaliação (pág 17, da DIA): “Em termos de Hidrodinâmica e Regime Sedimentar considerou-se que a solução proposta de deposição de dragados (classe 1 e 2) no bordo superior da vertente do delta do estuário do Sado a uma profundidade inferior à profundidade de fecho estimada é positiva, numa perspetiva de manutenção do equilíbrio e balanço sedimentar nesta célula de circulação sedimentar, cumprindo com os pressupostos legais inerentes à aplicação da Lei nº 49/2006 e com as recomendações do Grupo de Trabalho do Litoral (2014) e do Grupo de Trabalho dos Sedimentos (2015)” .

De acordo com a DIA, as cotas inicialmente previstas para deposição foram alteradas, o que foi levado em consideração no presente pedido de licenciamento.

Deste modo, a informação necessária à fundamentação e instrução deste pedido foi retirada do EIA e da DIA do projeto em que esta imersão de dragados se enquadra.

- i) Quantidade total e composição**
A quantidade a imergir será da ordem dos $2,6 \times 10^6 \text{ m}^3$.
- ii) Quantidade de resíduos/dragados a imergir por dia**
De acordo com as especificações da DIA as dragagens, e consequente imersão de dragadas, apenas podem ser feitas entre novembro e abril. Nestas condições a capacidade média de dragagem é de 1 000 m³/dia.
- iii) Forma em que se apresentam para imersão , isto é, fase sólida, líquida ou lamas, a respetiva tonelagem no estado húmido (por zona de imersão e unidade de tempo), a determinação visual das características de sedimento (argila – vasa/areia/cascalho/rochas)**

De acordo com a metodologia de dragagem e repulsão aprovada em sede de AIA, os dragados serão imersos como uma mistura aquosa, com separação fase sólida/fase líquida em função do tempo de duração da viagem.

De acordo com os estudos referidos, a granulometria dos sedimentos deverá ser maioritariamente arenosa, com uma mistura de cascalho e argila com expressão menos significativa.

iv) **Propriedades físicas (em particular, solubilidade e densidade), químicas, bioquímicas (carência de Oxigénio, nutrientes) e biológicas (presença de vírus, bactérias, leveduras, parasitas, etc, caso aplicável;**

As características físico-químicas expectáveis para os sedimentos a imergir foram analisadas no âmbito do EIA do projeto em referência que faz a seguinte descrição:

“De forma a conhecer as características físicas e químicas dos sedimentos, a APSS encomendou ao IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, o “Estudo de Caracterização de Sedimentos para o Projeto da Melhoria das Acessibilidades ao Porto de Setúbal”. Esse estudo, realizado em duas etapas (campanha de fevereiro de 2015 e campanha de agosto de 2015), teve como objetivo proceder à caracterização química e textural dos sedimentos superficiais e em profundidade.

A caracterização sedimentar incluiu a classificação granulométrica, determinação dos elementos em traço (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), compostos bifenilos policlorados (PCB) e hexaclorobenzeno (HCB).

(...)

Granulometria dos sedimentos

De um modo geral, os sedimentos estudados são maioritariamente constituídos por areia, com exceção dos 40 primeiros centímetros do core recolhido na zona estuarina, constituídos maioritariamente por sedimentos silto-argilosos. Refira-se ainda que do ponto de vista sedimentológico, ressalva-se a semelhança de calibre e natureza entre o material dragado e o substrato atualmente existente no local de deposição, o que será benéfico para a minimização dos impactes

Concentrações de elementos em traço

Em conformidade com a Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro, os sedimentos de diferentes profundidades analisados são classificados como Classe 1 e 2, esta última estando relacionada com as concentrações de Cr. De acordo com o exposto no Relatório do IPMA, a presença de Cr em sedimentos arenosos tem origem essencialmente litogénica, e não antropogénica.”

Os relatórios de caracterização dos sedimentos são apresentados em anexo.

- v) **Avaliação da toxicidade, persistência e acumulação em seres vivos ou em sedimentos através de:**
Análises de toxicidade aguda;
Análises de toxicidade crónica capazes de avaliar os efeitos subletais a longo prazo;
Análises visando a bioacumulação potencial das substâncias em questão

O procedimento de AIA não indicou a necessidade de estudos nesse sentido.

No entanto, foram incluídos parâmetros de toxicidade no plano de monitorização /qualidade da água proposto, tendo em atenção a qualidade das águas para fins conquícolas.

- vi) **Transformações químicas e físicas dos resíduos/dragados após imersão , nomeadamente a formação eventual de novos compostos;**

No EIA considera-se que sendo os sedimentos a dragar essencialmente das classes 1 e 2, não são expectáveis impactes significativos resultantes de contaminação química.

Refira-se ainda que o “Estudo de monitorização da qualidade das águas no local de imersão de dragados e acumulação no biota, IPMA, Protocolo com a APSS. 2012”, com sedimentos de uma classe de contaminação mais elevada do que os atuais e imersão numa zona também de águas profundas, não fez nenhuma referência ou recomendação neste sentido.

- vii) **Probabilidade de produção de substâncias que transmitam mau sabor aos recursos piscícolas (peixe, marisco, moluscos, crustáceos), com consequências na sua comercialização;**

O EIA do projeto de melhoria das acessibilidades não faz qualquer referência a este assunto.

O “Estudo de monitorização da qualidade das águas no local de imersão de dragados e acumulação no biota, IPMA, Protocolo com a APSS. 2012”, com sedimentos de uma classe de contaminação mais elevada do que os atuais e imersão numa zona também de águas profundas, onde foi feita uma avaliação de contaminantes nos peixes, também não fez nenhuma referência ou recomendação neste sentido.

b) – Caracterização do local de imersão, com os seguintes elementos:

- i) **Identificação da(s) massas de água afetadas;**
Em anexo é apresentado um Relatório complementar (ao EIA) do local de imersão de dragados no delta do estuário do Sado. Caracterização meteo-oceanográfica . HIDROMOD (em anexo)

ii) **Posição geográfica, profundidade e distância à costa**

O local de imersão proposto consta no Plano de Situação. Vol III-A.

A sua localização é apresentada em Anexo.

O local de imersão de dragados tem as seguintes coordenadas geográficas:

Ponto	Longitude	Latitude
A	- 71440,29	-135531,86
B	- 66400,09	- 136195,51
C	- 65855,88	- 136175,45
D	- 65079,35	- 135945,17
E	- 62450,98	- 136233,87
F	- 62073,87	- 136595,76
G	- 62389,67	- 137023,57
H	- 63959,99	- 136615,71
I	- 66216,89	-136578,76
J	- 69672,82	-136184,77
L	- 71485,69	- 135765,12

iii) **Localização em relação à existência de recursos vivos adultos e juvenis, designadamente áreas de desova e de maternidade dos recursos vivos, rotas de migração de peixes e mamíferos, áreas de pesca desportiva e comercial, áreas de grande beleza natural, ou com importância histórica ou cultural, áreas com especial importância científica ou biológica**

Estes descritores foram analisados em sede de EIA, pelo que o local proposto para imersão de dragados levou em consideração os valores naturais e económicos da local, assim como as suas características hidrodinâmicas. A planta de área sensíveis é apresentada em anexo.

Refira-se ainda que no Plano de Situação. Vol III-A , onde este local se encontra referenciado também não foram identificados conflitos com estes usos.

iv) **Localização em relação a áreas de lazer**

No Plano de Situação. Vol III-A , onde este local se encontra referenciado como um dos sítios em utilização não foram identificados conflitos com este uso.

v) **Métodos de acondicionamento, se necessário**

Não aplicável

vi) **Diluição inicial realizada pelo método de descarga proposto**

Para efetuar as operações de dragagem são necessárias misturas sedimento/água entre 1/3 e 1/10, em função da granulometria do sedimento.

DIA Efetuar a distribuição horizontal dos dragados em camadas finas de deposição (até 15 cm de espessura), promovendo assim oportunidades de fuga para a macrofauna móvel, e tornando possível o atravessamento vertical das camadas para a endofauna do sedimento

- vii) Dispersão, características de transporte horizontal e de mistura vertical, designadamente em termos de**
Profundidade da água (máxima, mínima, média)
Estratificação da água nas diversas estações do ano e em diferentes condições meteorológicas
Período da maré, orientação da elipse da maré, velocidade do eixo maior e menor
Deriva média em superfície: direção, velocidade
Deriva média do fundo: direção, velocidade
Correntes de fundo (velocidade) devidas a tempestades
Características do vento e das ondas, número médio de dias de tempestade/ano
Concentração e composição de matéria em suspensão

Em anexo é apresentado um Relatório complementar (ao EIA) do local de imersão de dragados no delta do estuário do Sado. Caracterização meteo-oceanográfica . HIDROMOD .

- viii) Existência e efeitos dos vazamentos e imersões em curso e dos previamente realizados (incluindo os efeitos de acumulação)**
Neste local ainda não foram feitas operações de imersão de sedimentos

c) – Proposta de programa de monitorização a implementar, o qual inclui um levantamento topohidrográfico do local antes e depois da imersão

O Plano de Monitorização proposto para esta utilização é apresentado em Anexo

d) – Plano de emergência e ou contingência

As embarcações dispõem de meios próprios de primeira intervenção em caso de derrames de hidrocarbonetos. A APSS dispõe também de um Plano de Contingência Interno para Combate a Derrames Acidentais de Hidrocarbonetos e a Capitania do Porto de Setúbal de um Plano de Intervenção, ambos enquadrados no Plano Mar Limpo, para combate a emergências ambientais nas águas do Estuário do Sado, Canal da Barra e respetivas aproximações.

Na análise de riscos apresentada no âmbito do procedimento de AIA para o projeto de Melhoria da Acessibilidade marítima ao porto de Setúbal não foram consideradas necessárias medidas adicionais

Anexos :

Planta de localização da área de imersão

Relatório complementar do local de imersão de dragados no delta do estuário do Sado. Caracterização meteo-oceanográfica . HIDROMOD



1:75.000

Brejoeta
rejos
Azetão
Galeotas
Vendas de
Azetão
Vila
Noqueira
de Azetão

Casal das
Figueiras

Setúbal
Setúbal

Maréigada

Santo Ovídio

Cachofarra

Praia
do Sado

Portinho

Ribeira de
Terras do Reco

Setúbal
Açúcar do Sal

Pinheiro

Carrasqueira

Possano

Oceano Atlântico



Local de deposição

Coordenadas (ETRS89)

Ponto	M	P
A	-71440,29	-135531,86
B	-66400,09	-136195,51
C	-65855,88	-136175,45
D	-65079,35	-135945,17
E	-62450,98	-136233,87
F	-62073,87	-136595,76
G	-62389,67	-137023,57
H	-63959,99	-136615,71
I	-66216,89	-136578,76
J	-69672,82	-136184,77
L	-71485,69	-135765,12

0 0,5 1 2 3 4 Milhas náuticas

Identificação do local de imersão de dragados
no Porto de Setúbal



Relatório complementar do local de imersão de dragados no delta do estuário do Sado. Caracterização meteo-oceanográfica . HIDROMOD

Introdução

O presente documento visa fazer uma caracterização meteo-oceanográfica dos pontos previstos para imergir os dragados resultantes do aprofundamento do atual canal de acesso ao porto de Setúbal. A caracterização foca-se nos seguintes parâmetros para os pontos previstos para a imersão dos dragados:

- Profundidade da água;
- Variabilidade do perfil de temperatura;
- Variabilidade induzida nas correntes pela maré astronómica;
- Velocidade média da corrente à superfície e no fundo: direção e intensidade;
- Vento: direção e intensidade;
- Ondas: altura significativa, período e direção;
- Velocidade orbital induzida pelas ondas junto ao fundo.

A caracterização teve por base resultados de modelos numéricos. Esta estratégia deve-se ao facto de não haver observações sistemáticas para os locais escolhidos para imergir os dragados. Os modelos numéricos escolhidos são corridos em modo previsão e são regularmente validados:

- **Temperatura:** Marine Copernicus IBI (serviço da União Europeia de acesso público). Modelo 3D com uma resolução horizontal de $\sim 2.8 \text{ km}^1$. Período de análise: 1-1-2016: 24-7-2018 (~ 2.5 anos);
- **Velocidade da corrente:** MOHID com uma resolução horizontal de 200 m. O modelo MOHID tem sido utilizado pela HIDROMOD para diversos projetos de consultoria no estuário do Sado e é corrido em modo de previsão para suportar a atividade da APSS. Período de análise: 19-2-2016: 24-7-2018 (~ 2.5 anos);
- **Ondas:** SWAN com uma resolução horizontal de 200 m. O modelo SWAN tem sido utilizado pela HIDROMOD para diversos projetos de consultoria no estuário do Sado e é corrido em modo de previsão para suportar a atividade da APSS. Período de análise: 28-4-2017: 24-7-2018 (~ 1.5 anos);

¹ http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=IBI_ANALYSIS_FORECAST_PHYS_005_001

- **Vento:** WRF com uma resolução horizontal de 12 km. Neste caso serão utilizados os resultados disponibilizados pela MeteoGalicia (Instituto Estatal Espanhol responsável pelas previsões para região da Galiza). Período de análise: 18-2-2014: 24-7-2018 (~4.5 anos).

Profundidade

Na Figura 1 está representada a localização dos pontos escolhidos para imergir os dragados. Na Tabela 1 está discriminada a profundidade média de cada ponto juntamente com as suas coordenadas.

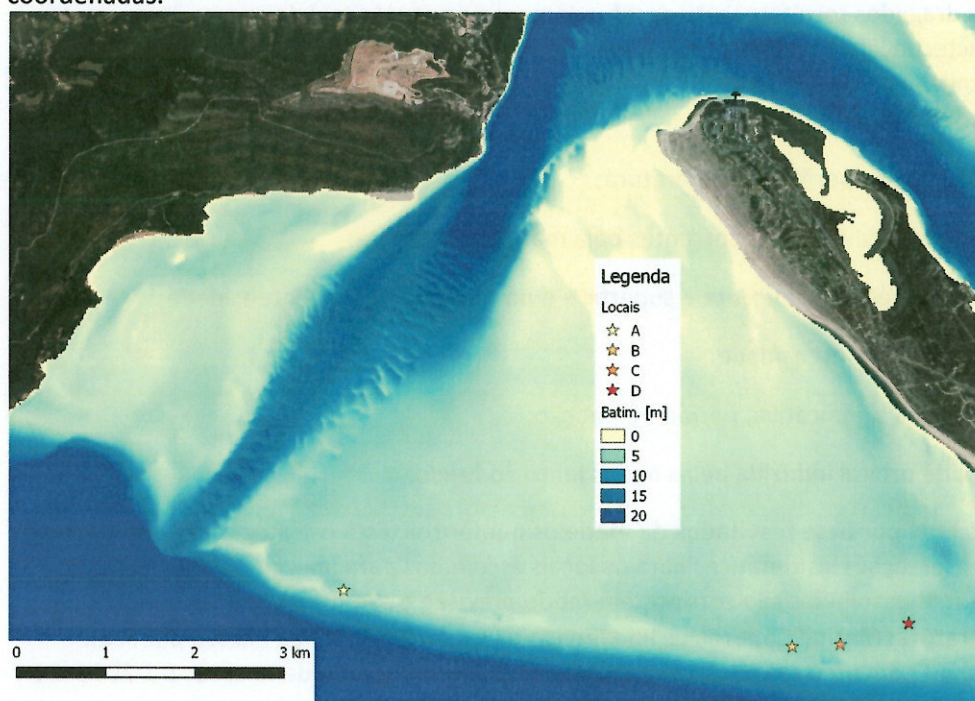


Figura 1 – Localização dos pontos escolhidos para imergir os dragados.

Tabela 1 – Localização e profundidade média de cada ponto.

Ponto	Longitude	Latitude	Batimétrica (m)	Profundidade média (m)
A	8° 57,086 ' W	38° 26,675 ' N	3.33	5.33
B	8° 53,619 ' W	38° 26,339 ' N	5.00	7.00
C	8°53,245' W	38° 26,352 ' N	4.75	6.75
D	8° 52,713' W	38° 26,480 ' N°	4.94	6.94

Estratificação

Foram analisados dois anos de resultados para uma célula de cálculo que intersecta a zona de interesse. Estes resultados mostram que a diferença entre a superfície e o fundo é muito pequena (Figura 2). As maiores diferenças registam-se na primavera e no verão como seria expectável. O modelo apresenta diferenças máximas pontuais de 2 °C. No entanto, os resultados quando graficados para a toda a coluna de água mostram uma grande homogeneidade (Figura 3).

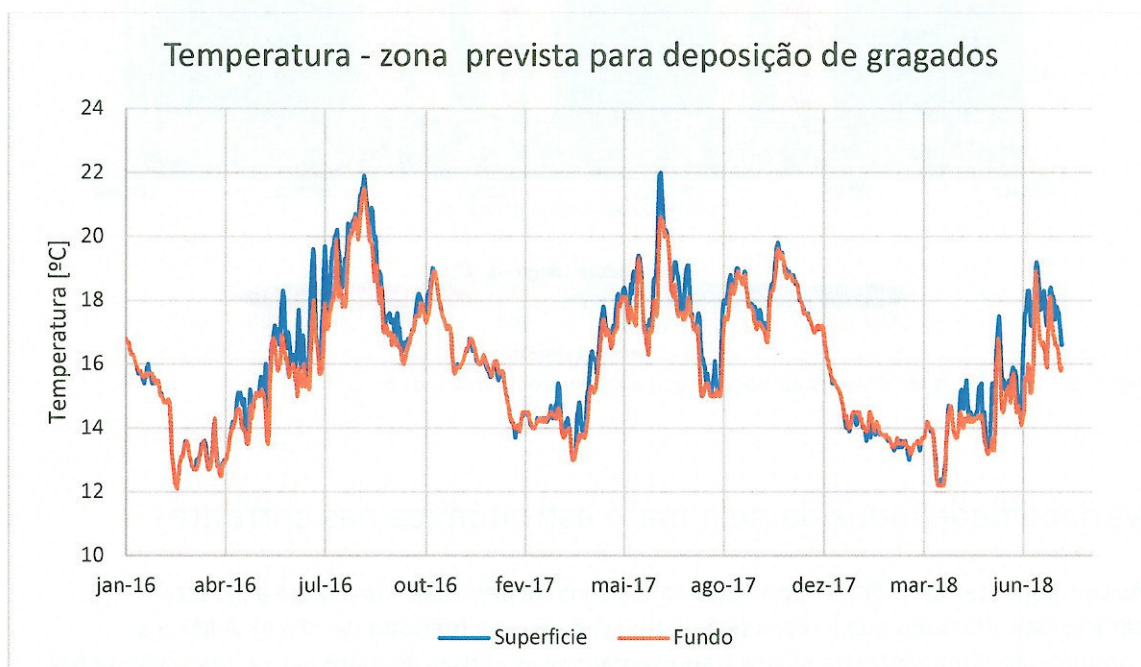


Figura 2 – Variação da temperatura ao longo de dois anos à superfície e no fundo.

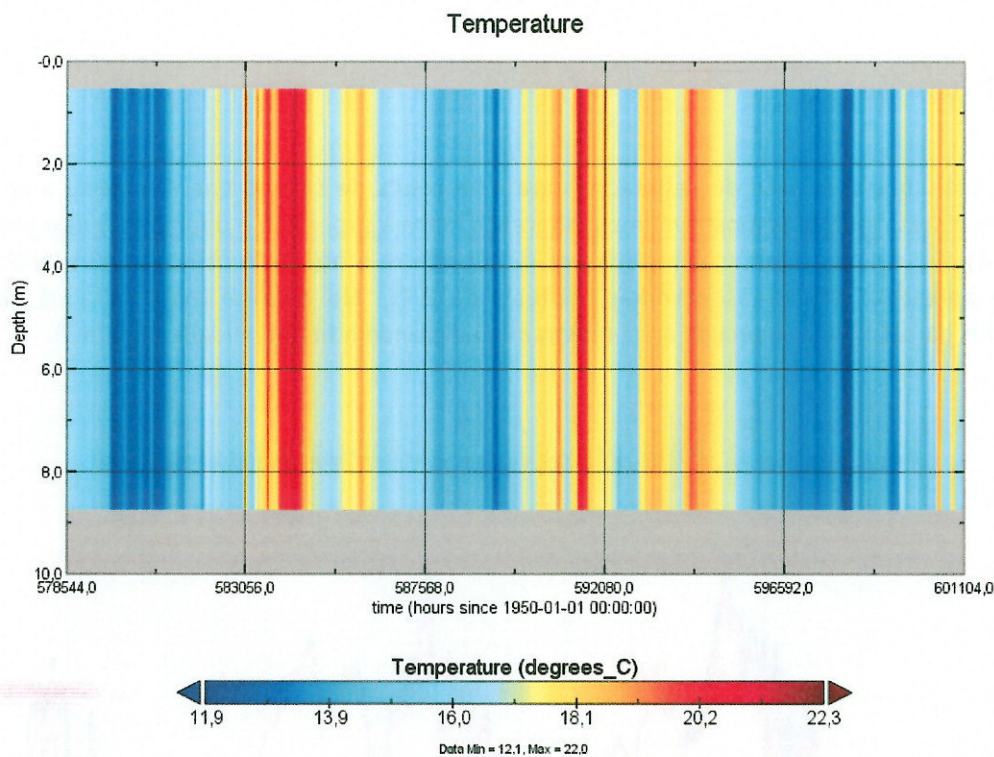


Figura 3 – Variação da temperatura ao longo de dois anos em toda a coluna de água.

Variabilidade induzida pela maré astronómica nas correntes

As componentes harmónicas principais para a zona de interesse são a M2 e a S2. Esta característica faz com que a maré seja do tipo semi-diurna (período de ~12 h). A M2 é a componente dominante. Na Figura 4 apresentam-se as elipses de maré para a componente M2. Os resultados mostram que no ponto A (~40 cm/s) variabilidade induzida pela maré nas correntes é maior que nos pontos B, C e D (~10 cm/s). A direção das correntes devido à maré astronómica no ponto A está alinhada com a direção do canal enquanto nos pontos B, C e D está alinhada com o talude do delta.

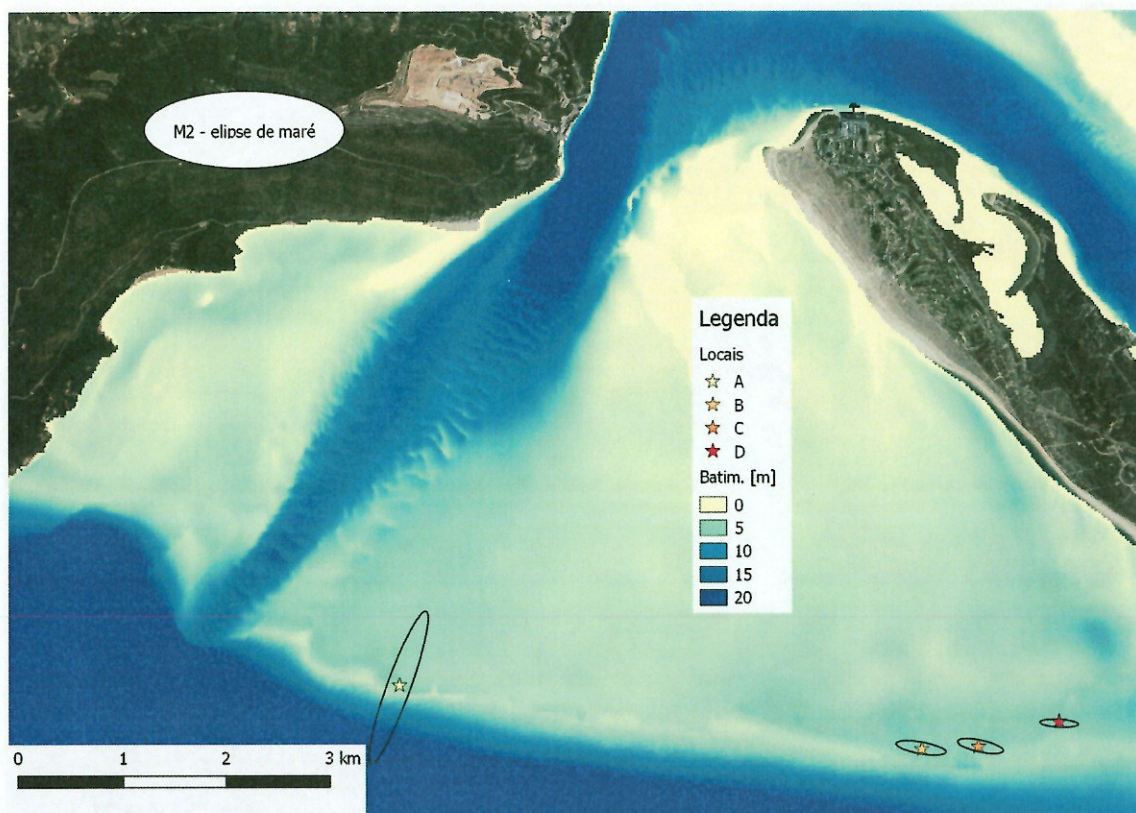


Figura 4 – Elipses de maré para a componente M2.

Tabela 2 – Valores característicos das elipses de maré da componente M2 para cada ponto.

Ponto	Eixo maior [cm/s]	Eixo menor [cm/s]	Direção [°]
A	42.0	6.2	70.50
B	12.8	3.2	-9.97
C	11.9	3.1	-12.23
D	10.0	2.5	-3.07

Velocidade média das correntes

As velocidades médias das correntes à superfície estão representadas na Figura 5. Os valores de intensidade e direção da corrente média à superfície e no fundo são apresentados na Tabela 3. A intensidade média da corrente em todos os pontos é da ordem dos 2-3 cm/s. A grande diferença é que no ponto A tem uma direção para Oeste, enquanto nos outros pontos tem a direção para Este.

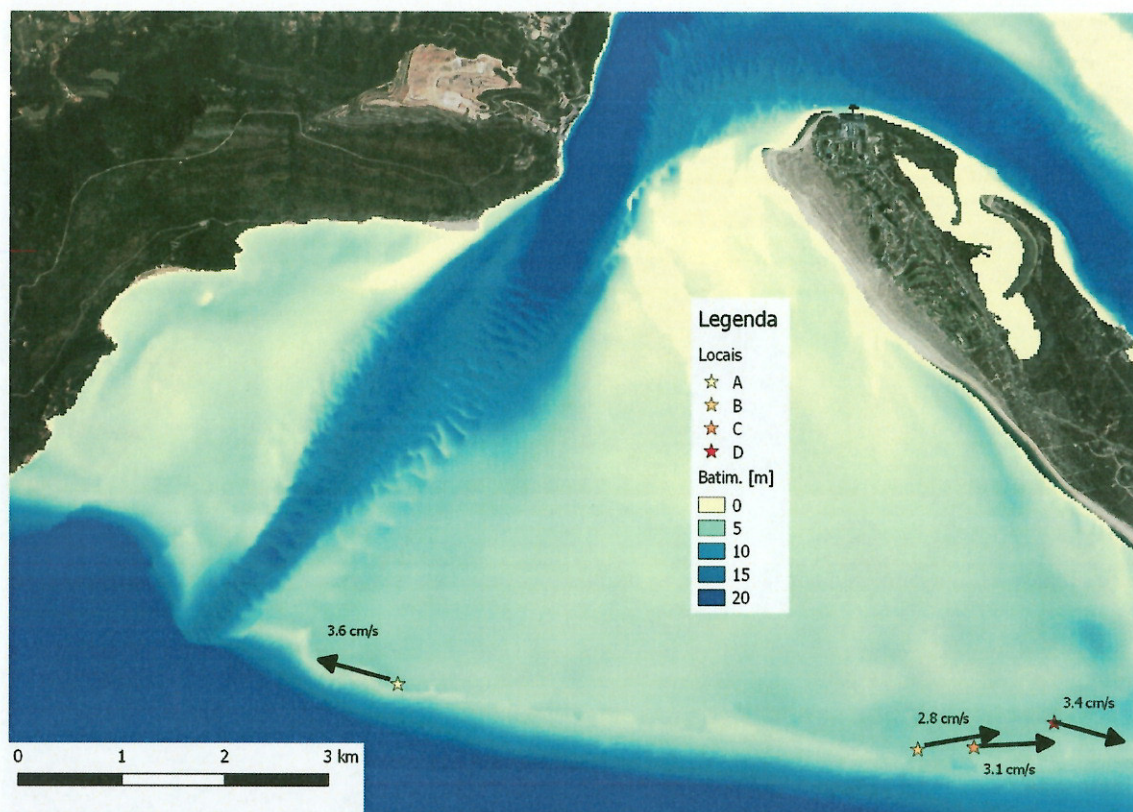


Figura 5 – Velocidade média da corrente à superfície.

Tabela 3 – Valores de intensidade e de direção da corrente média à superfície e no fundo para cada ponto.

Ponto	Intensidade [cm/s]		Direção [°] ²	
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
A	3.6	1.8	290	290
B	2.8	1.4	80	80
C	3.1	1.6	87	87
D	3.4	1.7	105	105

Vento

Na Figura 6 é apresentada uma análise de frequência do vento por direção e intensidade. A direção predominante é do quadrante NW e as intensidades mais frequentes ocorrem na banda dos 4 a 8 m/s.

² Convenção seguida normalmente para as correntes: 0° - Corrente para Norte, 270° - corrente para Oeste, 180° - corrente para Sul e 90° - corrente para Este.

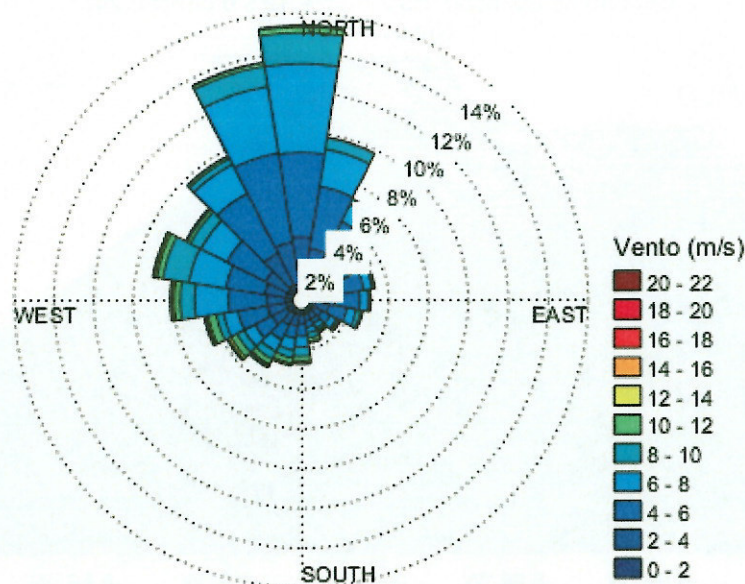


Figura 6 – Análise de frequência do vento por direção e intensidade.

Ondas

No que diz respeito à caracterização das ondas, optou-se por utilizar os resultados do modelo de alta resolução (SWAN – $\Delta x \sim 200$ m) que tem em conta os efeitos de abrigo associados ao cabo Espichel/Serra Arrábida e à variabilidade batimétrica associada ao canal de acesso e ao delta. Adicionalmente este modelo tem em conta o efeito das correntes de maré sobre as ondas. Esta abordagem foi seguida em oposição a uma abordagem baseada em séries mais longas de resultados de modelo ao largo ou na boia ondógrafo de Sines, que não tem em conta os efeitos locais anteriormente descritos.

A representação detalhada da batimetria para o caso dos 4 pontos escolhidos é importante por se localizarem no bordo do delta. De forma a ilustrar esta importância, apresentam-se nas Figura 7 e Figura 8 um campo de altura significativa considerando, no primeiro caso, um cenário de altura significativa ao largo frequente (2 m) e, no segundo caso, um cenário de altura significativa elevado (4 m). No primeiro caso o efeito do talude do delta não é visível enquanto no segundo caso existe um processo de intensa dissipação no bordo do delta onde se encontram localizados os pontos anteriormente referidos.

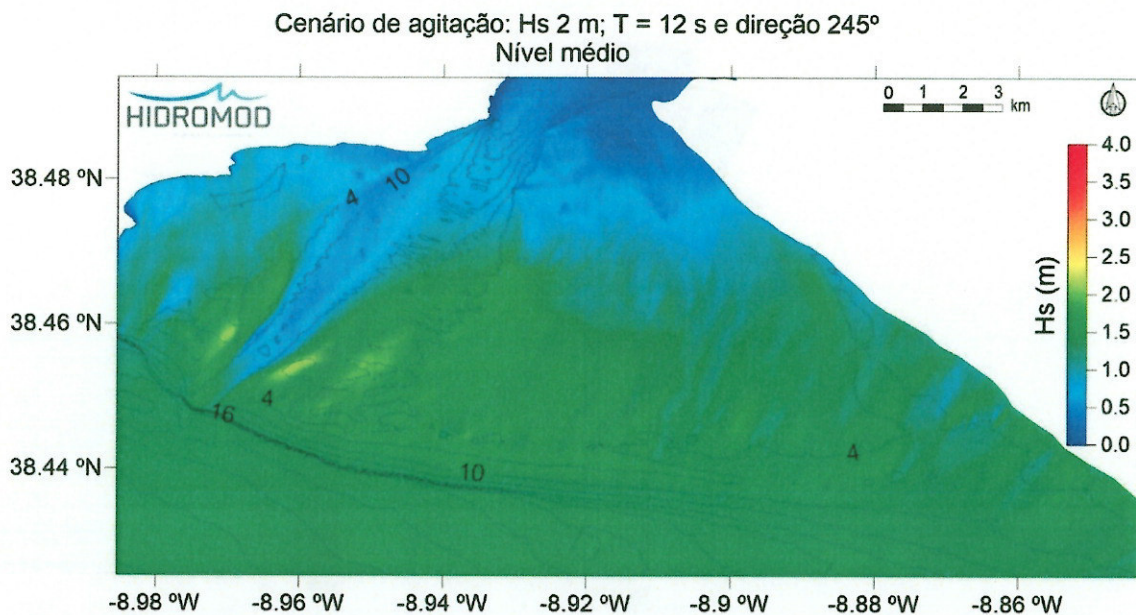


Figura 7 – Campo de altura significativa para a zona de interesse considerando uma onda ao largo com uma altura significativa (Hs) de 2 m, um período de pico (T) de 12 s e uma direção de 245°.

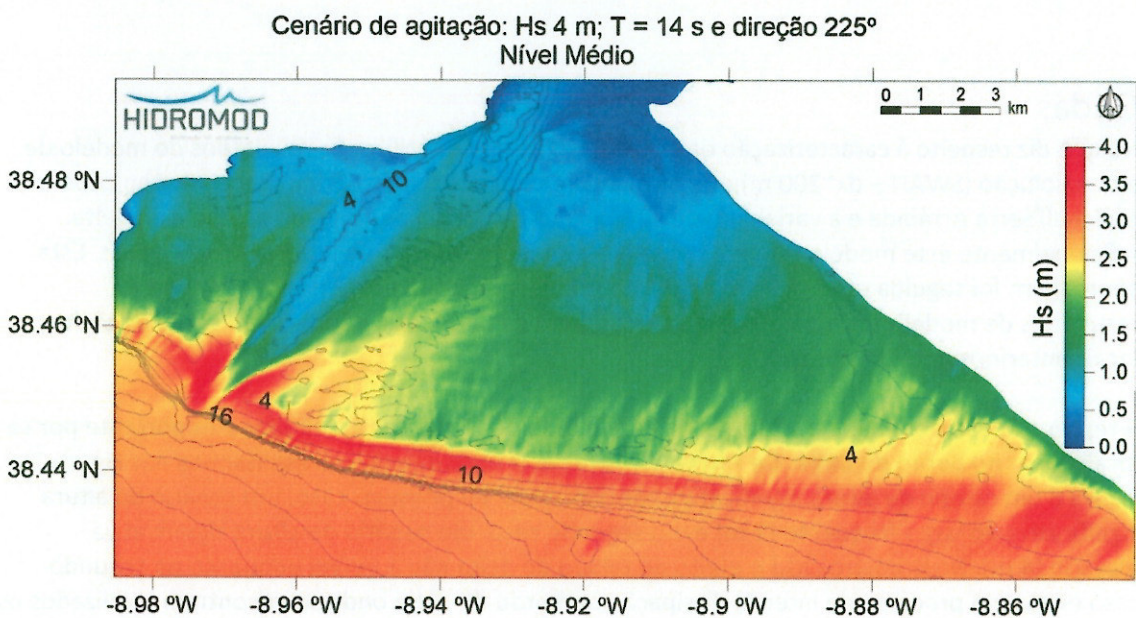


Figura 8 - Campo de altura significativa para a zona de interesse considerando uma onda ao largo com uma altura significativa (Hs) de 4 m, um período de pico (T) de 14 s e uma direção de 225°.

Na Figura 9 é apresentada uma análise de frequência (altura significativa e direção) das características das ondas em cada um dos pontos. A direção dominante nos 4 pontos é do quadrante SW e a altura significativa mais frequente está compreendida entre 0 e 1 m.

Na Figura 10 é apresentada uma análise de frequência focada na altura significativa e no período. Mais uma vez, os quatro pontos mostram características semelhantes.

Tp Hs										
	3	6	9	12	15	18	21	24		
0.0	0.5	7.8%	21.1%	3.1%	3.2%	20.8%	16.2%	2.6%	0.1%	
0.5	1.0	2.1%	5.8%	2.8%	0.7%	0.9%	2.8%	0.8%	0.0%	
1.0	1.5	0.0%	1.0%	2.6%	0.4%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	
1.5	2.0	0.0%	0.0%	1.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	
2.0	2.5	0.0%	0.0%	0.7%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
2.5	3.0	0.0%	0.0%	0.4%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	
3.0	4.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	
4.0	5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		9.9%	28.0%	11.0%	5.7%	22.4%	19.6%	3.4%	0.1%	100.0%

Tp Hs										
	3	6	9	12	15	18	21	24		
0.0	0.5	7.6%	18.5%	3.1%	3.4%	23.1%	17.2%	3.1%	0.1%	
0.5	1.0	1.1%	5.1%	3.0%	0.7%	0.9%	2.8%	0.8%	0.0%	
1.0	1.5	0.0%	0.9%	2.6%	0.4%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	
1.5	2.0	0.0%	0.0%	1.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	
2.0	2.5	0.0%	0.0%	0.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	
2.5	3.0	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	
3.0	4.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	
4.0	5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
		8.8%	24.5%	11.0%	5.9%	24.7%	21.1%	4.0%	0.1%	100%

Figura 10 - Análise de frequência altura significativa (em metros) versus período (em segundos) para cada um dos pontos.

Velocidade orbital induzida pelas ondas

Na Figura 11 é apresentado a velocidade orbital junto ao fundo função do seu percentil para cada um dos pontos. Pode-se constatar que, para todos os pontos, o percentil 50 é da ordem 15 cm/s, o 80 é da ordem de 30 cm/s, o 90 da ordem dos 60 cm/s e o 95 da ordem de 1 m/s. Os valores máximos obtidos estão entre 2 e 2.5 m/s.

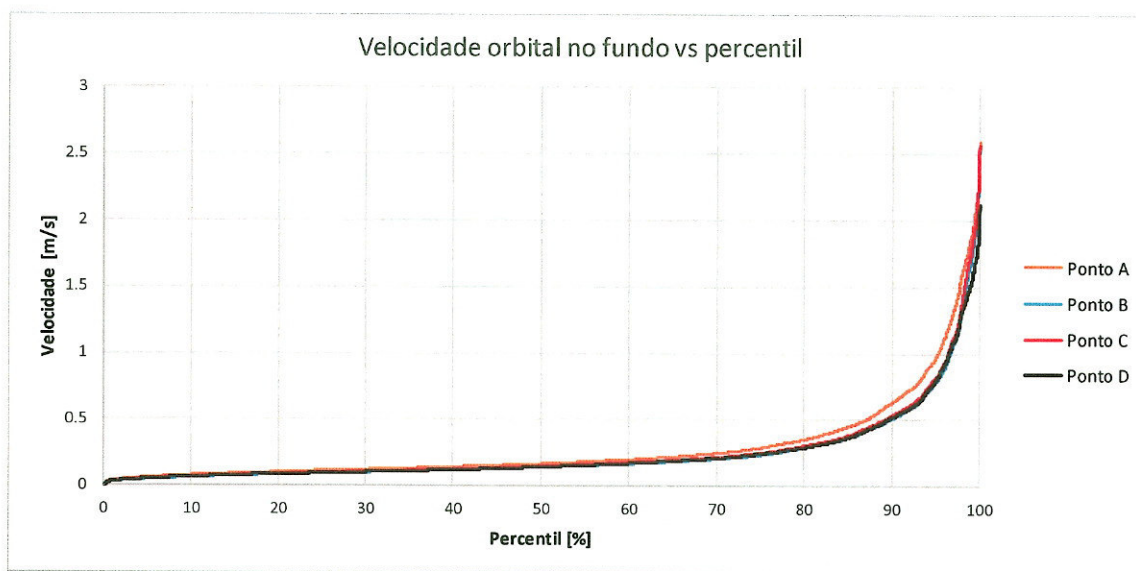


Figura 11 – Percentil da velocidade orbital junto ao fundo para cada um dos pontos.

Processo de Licenciamento de Utilização Privativa do Espaço Marítimo para Imersão de Dragados - Delta do Estuário do Sado. APSS,SA

Plano de Monitorização

Considerações

O Plano de Monitorização a implementar no âmbito do presente licenciamento tem como base o plano de Monitorização apresentado pelo EIA, nos descritores e nos locais de amostragem aplicáveis, bem como as alterações introduzidas pela Declaração de Impacte Ambiental.

Os descritores a considerar são os referentes à Hidromorfologia, Hidrodinâmica e Regime Sedimentar, Recursos hídricos e sedimentos e Valores Ecológicos e Conservação da Natureza. Apenas a monitorização dos Recursos hídricos e sedimentos foi aprovada conforme constava no EIA. Os outros deverão ser alterados e enviados à APA para aprovação antes do início da obra. Embora tenham já sido adjudicadas as prestações de serviços que irão dar resposta a esta exigência ainda não obtivemos resultados pelo que no presente documento constam as ações a implementar diretamente e as orientações para revisão nas restantes situações.

Recursos hídricos e sedimentos

Considera-se que a monitorização dos recursos hídricos deve incidir sobre a qualidade das águas superficiais influenciadas pela implementação do Projeto. A monitorização da qualidade dos sedimentos é proposta unicamente para a fase de exploração, nas condições seguidamente indicadas.

Considerações prévias

O presente programa de monitorização destina-se a permitir o acompanhamento ambiental do Projeto, de modo a salvaguardar a qualidade necessária ao adequado desenvolvimento das funções ecológica e económica do sistema aquático influenciado pelo projeto. Constituem objetivos específicos do programa de monitorização da qualidade da água:

- Verificar o cumprimento do estabelecido na legislação em vigor em matéria de qualidade da água, designadamente no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto e respetivas alterações, Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, alterada pelo Decreto-Lei nº 130/2012, de 22 de junho, Decreto-Lei nº 77/2006, de 30 de março, Decreto-lei nº 135/2009, de 3

de junho, alterado pelo Decreto-lei nº 113/2012, de 23 de maio e Decreto-lei nº 103/2010, de 24 de setembro;

- Relacionar eventuais alterações de qualidade da água com as características físico-químicas dos sedimentos a dragar;
- Avaliar a influência das dragagens de estabelecimento e de manutenção dos fundos na qualidade da água;
- Avaliar a eficácia das medidas de minimização;
- Propor eventuais medidas complementares de gestão ambiental, visando minimizar a afetação do meio hídrico.

Fase de construção

Na fase de construção dever-se-á proceder à monitorização da qualidade da água na área a dragar e na zona de imersão no delta do Estuário. A campanha a realizar deverá respeitar os seguintes requisitos:

Parâmetros a monitorizar

Os parâmetros a monitorizar foram selecionados tendo em conta as características dos meios influenciados pela ações do projeto e as alterações previsíveis ao nível da qualidade da água decorrentes das mesmas. Esses parâmetros são os seguintes:

- Cor (após filtração)
- Oxigénio dissolvido
- pH
- Sólidos em suspensão totais
- Salinidade
- Hidrocarbonetos de petróleo
- Coliformes fecais
- Crómio total

Os parâmetros foram selecionados tendo em consideração os usos das massas de água na área de intervenção, sendo que a monitorização a realizar deverá incluir os parâmetros fundamentais para assegurar o cumprimento dos objetivos estabelecidos e das normas em vigor nesta matéria, nomeadamente os constantes do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto e respetivas alterações (Anexo XIII respeitante à Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas - águas conquícolas e Anexo XXI, respeitante aos objetivos ambientais de qualidade mínima das águas superficiais). Salienta-se que foi incluído o metal pesado crómio, dado que os sedimentos a dragar revelam a presença deste metal, embora em concentrações vestigiárias. Por outro lado, embora o Anexo XXI diga respeito às águas doces, considera-se que poderá servir de referencial para comparação com os valores observados, no que se refere ao crómio total.

Metodologia

As técnicas, métodos e equipamentos de recolha e análise deverão assegurar o cumprimento das normas técnicas definidas na legislação vigente nestes domínios, nomeadamente no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, bem como a validade dos resultados obtidos.

Na ausência de especificações, deverão ser utilizados processos alternativos, desde que respeitem as normas de boa prática e os métodos standard reconhecidos por normas específicas nacionais e/ou internacionais.

Locais de amostragem

Na proximidade das áreas a dragar (entre 50 a 100m), devem ser recolhidas amostras de água em dois locais, um na zona do Canal Norte e outro na zona do Canal da Barra. Deve ainda ser considerado um local de recolha a montante do Canal Norte (cerca de 100m). A localização aproximada desses locais é apresentada no Desenho 38. Na localização destes pontos de recolha de amostras de água, tentou-se que fossem, o mais coincidentes possível, com os da Rede de Monitorização da Qualidade da Água.

Nas imediações da zona de imersão do delta, aproximadamente a cerca de 100 m do limite norte desta área, deverá ser recolhida 1 amostra de água, num ponto cujo posicionamento está representado no Desenho 38 (em Anexo) . A cerca de 500m desse mesmo limite, foi considerado um outro ponto de recolha de amostras de água. Esse local está também representado, de forma indicativa, no desenho acima referido.

A recolha de amostras deverá decorrer em duas situações: de enchente e de vazante.

Frequência de amostragem

As amostragens deverão ser realizadas antes do início das obras (para caracterização da situação de referência) e durante o período de realização das dragagens e deposição de sedimentos (uma amostragem logo após o início dos trabalhos, outra a meio do período de realização dos trabalhos, outra imediatamente antes da finalização dos trabalhos).

O acompanhamento da fase final da obra deverá envolver a realização de, pelo menos, duas campanhas, sendo que a primeira deve ocorrer nos dias imediatamente a seguir à conclusão dos trabalhos de dragagem e deposição, devendo ser repetida ao fim de 1 semana. Caso os resultados obtidos nesta campanha revelem condições próximas da situação pré-obra, não se considera necessária a realização de mais campanhas. Caso contrário, deverão ser realizadas com uma frequência semanal, até serem verificadas as condições acima referidas.

Durante as campanhas deverá ser efetuada a descrição das condições meteorológicas, de maré, fontes de poluição, entre outras consideradas relevantes para um correto enquadramento e interpretação dos resultados.

Relação entre fatores ambientais a monitorizar e parâmetros caracterizadores da construção, do funcionamento ou da desativação do projeto

A avaliação da qualidade da água deverá ser efetuada atendendo ao referencial legal constituído pelo Decreto-lei nº 236/98, de 1 de agosto, que estabelece as normas, critérios e objetivos de

qualidade da água, em função dos seus usos. Neste contexto, a monitorização a estabelecer deve permitir avaliar a qualidade da água, para os usos em causa (águas conquícolas) e o cumprimento dos objetivos ambientais de qualidade mínima das águas superficiais, tendo os parâmetros a determinar sido selecionados em função do exposto no Anexo XIII e Anexo XXI do Decreto-lei nº 236/98, de 1 de agosto.

A razão para a seleção deste referencial legal para avaliação das expectáveis alterações da qualidade da água durante a realização dos trabalhos prende-se com o facto da dragagem dos fundos colocar em suspensão um conjunto de substâncias químicas e microrganismos, potencialmente patogénicos, presentes na matriz sedimento, cujas concentrações devem ser determinadas, de forma a avaliar o cumprimento das normas de qualidade aplicáveis.

A monitorização destes parâmetros no final de obra justifica-se pelo facto de ser necessário estabelecer a situação do meio hídrico, em termos de qualidade da água, após a conclusão da empreitada, o que permitirá também avaliar a forma como se processa a sua evolução e a reposição das condições antes da obra, após a interrupção dos fatores perturbadores do meio aquático, constituídos pela dragagem e deposição de sedimentos.

Métodos de tratamento dos dados

Os resultados obtidos para os diferentes parâmetros deverão ser comparados com os valores normativos estabelecidos na legislação de referência aplicável, devendo as unidades em que são expressos ser coincidentes.

Deverá ainda ser analisada e avaliada a sua variação temporal e espacial, tentando estabelecer relações causa-efeito com as atividades desenvolvidas nas várias fases do projeto e com as potenciais fontes de poluição associadas, sem esquecer também as que são exógenas ao projeto. Nesta análise torna-se essencial avaliar a relação entre os diferentes parâmetros e a interação qualidade da água/qualidade dos sedimentos.

Critérios de avaliação dos dados

Os resultados obtidos nas campanhas a realizar deverão ser comparados com os critérios estabelecidos nos Anexos XIII e XXI do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, relativos, respetivamente, à Qualidade das águas do litoral ou salobras para fins aquícolas e Objetivos ambientais de qualidade mínima das águas. Deverão ser tidos em conta os valores normativos aí estipulados relativos aos VMR- Valor Máximo Recomendado e VMA- Valor Máximo Admissível.

Os resultados das monitorizações obtidos ao longo das diversas campanhas devem ser analisados e comparados entre si, em particular os relativos à fase de obra com os da situação de referência. Esta informação deverá permitir a avaliação da magnitude dos impactes e dos efeitos das medidas de mitigação e das recomendações propostas.

Tipo de medidas de gestão ambiental a adotar na sequência dos resultados dos programas de monitorização

Com base nos resultados obtidos, deverá ser efetuada a avaliação da eficácia das medidas de minimização de impactos postas em prática nas diversas fases do projeto e ser equacionado o seu reforço, caso as situações detetadas o justifiquem.

Concretizando, caso os valores obtidos no programa de monitorização da fase de obra ultrapassem os VMA (Valores Máximos Admissíveis) estabelecidos, em particular para os parâmetros crómio e coliformes fecais, deverá a APSS alertar as autoridades competentes para que sejam tomadas as medidas adequadas, que poderão passar pela interdição de apanha de bivalves no estuário e na zona costeira, quer de caráter profissional quer lúdico. Deverão ser estudadas e implementadas soluções técnicas que minimizem a propagação da pluma de sedimentos para zonas adjacentes da área de intervenção.

Em relação ao parâmetro sólidos em suspensão, caso sejam detetados valores elevados nos locais de monitorização propostos, deverão ser recolhidas amostras a distâncias maiores (p.e 500m e 1000m), para verificar a extensão da pluma de dispersão de sedimentos e se esta poderá atingir as zonas onde se localizam as comunidades de pradarias marinhas, nomeadamente na costa marítima da península de Troia, na zona do Bico das Lulas, e na Praia dos Coelhoos, na costa da Arrábida.

Após o término das intervenções no meio aquático, deverão ser realizadas colheitas de água e de organismos bentónicos, neste último caso com o objetivo de determinar as concentrações na polpa e líquido intervalar previstas no Anexo XIII do Decreto-lei nº 236/2008, de 1 de agosto. As amostragens e análises deverão prosseguir até que sejam obtidos resultados conformes com os valores normativos (VMA).

Relatório de monitorização

O Relatório de monitorização deve ser estruturado de acordo com o Anexo V da Portaria nº 396/2015, de 4 de novembro. Em resumo, desse documento devem constar a metodologia adotada, bem como os resultados obtidos e a discussão dos mesmos. Nesse sentido, o Relatório deverá incluir uma análise comparativa dos resultados obtidos com a situação pré-obra (situação de referência), devendo esse exercício também ser efetuado com as campanhas a realizar na fase final da obra e após a sua conclusão, cujos resultados deverão ser comparados quer com os obtidos durante a obra, quer com a situação de pré-obra.

De acordo com esse mesmo diploma, o Relatório deve ser entregue para emissão de parecer à Autoridade de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), após a fase de construção, correspondendo neste caso às operações de dragagem e de deposição de sedimentos.

Uma eventual revisão do programa de monitorização está dependente dos resultados obtidos e justificar-se-á caso sejam detetadas concentrações de alguns compostos que ultrapassem os valores legais admissíveis, indicativas de um nível de contaminação do meio aquático, devido às dragagens, não exetável e com riscos para a saúde pública. Efetivamente, nessas circunstâncias, o programa de monitorização deverá ser revisto, em conjunto com o IPIMA-DGRM, entidade responsável pela monitorização da qualidade das águas conquícolas, prevendo-se a eventual necessidade de contemplar outros parâmetros, quer na água quer na polpa e líquido intervalar de moluscos, em particular os seguintes:

- Biotoxinas (PSP; DSP;ASP);

- Metais pesados;
- Compostos organo-halogenados.

Para além do programa de monitorização poder vir a contemplar outros parâmetros, poderá justificar-se a revisão da frequência de amostragem e análise, que poderá vir a ser mais apertada, propiciando, deste modo, um acompanhamento mais preciso da evolução da situação, após a sua deteção. Esta afirmação é também válida para a fase pós-obra, prevendo-se a necessidade de estender o programa de monitorização até que sejam alcançados valores próximos dos típicos da situação de referência do meio.

Recomenda-se que no âmbito da revisão do programa de monitorização, em conjunto com o IPMA-DGRM, sejam também analisadas as medidas a implementar, no imediato e a prazo, no sentido de assegurar a proteção da saúde pública e que poderão passar por:

- interdição de apanha de bivalves no estuário e na zona costeira, quer de caráter profissional quer lúdico, devendo ser afixados avisos à população nesse sentido;
- utilização de dispositivos que minimizam a dispersão dos sedimentos para zonas próximas das áreas de intervenção.

Fase de exploração

Qualidade da água

Durante a fase de exploração, aquando da realização de dragagens de manutenção, deve ser realizado o controlo da qualidade das águas superficiais, em moldes semelhantes aos definidos para a fase de construção.

Qualidade dos Sedimentos

Previamente à realização de dragagens de manutenção deverá ser realizada uma campanha de recolha e caracterização físico-química de amostras de sedimentos com os seguintes objetivos:

- Avaliar a evolução das características químicas dos sedimentos e determinar o grau de contaminação, de acordo com a Portaria nº 1450/2007, de 12 de novembro;
- Caracterizar a granulometria dos sedimentos e determinar a sua compatibilidade com o destino final previsto.

a) Parâmetros a monitorizar

Os parâmetros a monitorizar deverão ser, no mínimo, os seguintes:

- Análise granulométrica (frações fina – percentagens de siltes e argilas, e grosseira – percentagem de areia);
- Densidade;
- Percentagem de sólidos;
- Análises químicas, incluindo os metais: arsénio, cobre, cádmio, crómio, mercúrio, chumbo, níquel e zinco, e os compostos orgânicos PCB, PAH e HCB;

- Carbono orgânico total.

b) Locais e frequência de amostragem

As estações de amostragem de sedimentos deverão ser distribuídas ao longo das áreas a dragar, devendo o número de locais de amostragem ser consonante com o estipulado na Portaria

nº 1450/2007, de 12 de novembro. Em cada uma das estações de amostragem deverá ser recolhido um testemunho contínuo de sedimentos até à cota da dragagem, selecionando-se, posteriormente, amostras representativas de diferentes níveis em profundidade.

Relativamente à frequência de amostragem e análise, conforme acima referido, deverá ser realizada uma campanha de caracterização dos sedimentos, previamente à realização de dragagens de manutenção. Contudo, caso o intervalo entre duas dragagens de manutenção seja inferior a três anos, e campanhas anteriores tenham demonstrado que se trata de material isento de contaminação, poder-se-á prescindir de nova campanha de amostragem e análise de sedimentos.

c) Técnicas e métodos de análise

As técnicas, métodos e equipamentos de recolha e análise deverão assegurar o cumprimento das normas técnicas aplicáveis, bem como a validade dos resultados obtidos. A amostragem e a análise dos sedimentos devem ser realizadas com base nas normas CEN, nas normas ISO, caso existam, ou, na falta destas, as normas nacionais.

Salienta-se que, em cada campanha de amostragem realizada, deverá ser sempre preservada, nas devidas condições, uma porção de cada uma das amostras obtidas, quer para efeitos de confirmação de algum valor atípico, quer para a determinação de outros parâmetros não inicialmente previstos que complementem os dados de caracterização dos sedimentos disponíveis.

d) Relação entre fatores ambientais a monitorizar e parâmetros caracterizadores da construção, do funcionamento ou da desativação do projeto

A determinação das características físico-químicas, antes da realização de dragagens de manutenção, visa dar resposta ao estipulado na Portaria 1450/2007, de 12 de novembro, concretamente no seu Artigo 8. Os resultados a obter permitirão enquadrar os materiais dragados nas classes de qualidade definidas e confirmar a possibilidade de estes poderem continuar a ser depositados nos locais previstos no Projeto de Execução e/ou no Plano de Dragagens de Manutenção.

e) Métodos de tratamento e critérios de avaliação dos dados

Os resultados obtidos deverão ser analisados à luz da legislação em vigor na matéria, mais concretamente atendendo aos critérios de qualidade estabelecidos na Tabela 2 do Anexo III da Portaria nº 1450/2007, de 12 de novembro. Os sedimentos deverão ser classificados de acordo com as classes de qualidade aí definidas, sendo a classificação final de cada amostra determinada pelo parâmetro que apresenta pior resultado.

As análises granulométricas a realizar nas amostras de sedimentos deverão ser tratadas, no seu conjunto, de forma a identificar eventuais alterações nos padrões sedimentares no estuário e na zona costeira adjacente, e avaliar a manutenção da sua compatibilidade com os destinos finais previstos.

Os resultados das análises químicas deverão ser confrontados e, sempre que possível, correlacionados com os dados disponíveis de anteriores campanhas de recolha e análise de sedimentos. Deverá ser efetuada uma análise dos resultados obtidos e interpretada a sua variação temporal e espacial, tentando avaliar eventuais tendências e relações causa-efeito com as atividades desenvolvidas, nomeadamente no que diz respeito à relação da contaminação com fontes poluidoras desenvolvidas na zona de montante do Estuário do Sado.

O tratamento dos dados deverá ser sustentado através da compilação dos resultados das diversas análises a realizar numa base de dados georreferenciada, de forma a permitir operações de cruzamento de dados rápida e eficientemente, a partir de software de Sistema de Informação Geográfica. Os resultados deverão ser contextualizados com a topo-hidrografia, com possíveis fontes de poluição e com a dinâmica estuarina e costeira.

f) Tipo de medidas de gestão ambiental a adotar na sequência dos resultados dos programas de monitorização

Com base nos resultados obtidos, deverá ser efetuada a avaliação da eficácia das medidas de minimização de impactes recomendadas para a fase de exploração (dragagens de manutenção) e equacionado o seu reforço, caso as situações detetadas o justifiquem.

Em particular, assinala-se que na eventualidade de serem detetados sedimentos contaminados, deverão ser revistas as soluções de gestão dos materiais dragados preconizadas, em particular o(s) local(s) de deposição desses sedimentos, e equacionada a implementação de medidas que evitem a dispersão das partículas em suspensão, durante a realização das operações de dragagem e de deposição de sedimentos.

g) Periodicidade dos relatórios de monitorização, respetivas datas de entrega e critérios para a decisão sobre a revisão do programa de monitorização

Com a realização de cada uma das campanhas previstas, deve ser elaborado o respetivo Relatório, cuja estrutura e conteúdo devem obedecer, com as necessárias adaptações, ao estipulado no Anexo V da Portaria nº 396/2015, de 4 de novembro.

Uma eventual revisão do programa de monitorização está dependente dos resultados obtidos e justificar-se-á nas seguintes situações:

- caso o intervalo entre duas dragagens de manutenção seja inferior a três anos, e campanhas anteriores tenham demonstrado que se trata de material isento de contaminação, poder-se-á prescindir de nova campanha de amostragem e análise de sedimentos.
- caso os resultados de uma determinada campanha revelem contaminação dos sedimentos por metais pesados ou compostos orgânicos, deverão ser realizados testes de ecotoxicidade antes da definição do destino final do material.

Propõe-se ainda a monitorização da evolução da linha de costa através da realização de fotografia aérea, sendo que o 1º levantamento deve ocorrer logo após a conclusão da empreitada de dragagem e deposição. Este levantamento por fotografia aérea (voo fotográfico oblíquo) deve incidir sobre a costa Oeste da Península de Troia, permitindo avaliar a evolução do plano de praia.

Locais e frequências de amostragem

Quanto aos levantamentos hidrográficos e ao levantamento por fotografia aérea, os locais a monitorizar deverão incidir sobre o canal de navegação dragado e local de deposição dos sedimentos na base do delta estuarino, e a costa Oeste da Península de Troia, respetivamente. A frequência de monitorização deverá ser a seguinte:

- Anualmente, nos locais definidos, por um período de 5 anos. Após cumprido este período, e se não houver grande variabilidade nos resultados obtidos, a periodicidade pode ser mais alargada (p.e., de 3 em 3 anos).

Técnicas e métodos de análise

Levantamentos hidrográficos anuais na zona de depósito da base do delta

Os levantamentos anuais deverão ser efetuados à escala 1:2000, com perfis transversais e longitudinais não superiores a 20 metros.

Levantamento por fotografia aérea (voo fotográfico oblíquo) da costa Oeste da Península de Troia

Os levantamentos fotográficos deverão permitir avaliar a evolução da linha de costa na zona definida.

Análise dos resultados, e periodicidade dos relatórios de monitorização

Após as campanhas de monitorização anuais deverão ser elaborados relatórios onde constem os resultados obtidos, a sua análise, envolvendo comparação com resultados de campanhas anteriores, e as principais conclusões. Caso necessário, deverá ser dada indicação e justificação de eventuais ajustamentos ao programa de monitorização, nomeadamente, a necessidade de monitorizar outros locais ou parâmetros, ou de ser alterada a frequência ou, mesmo, de não continuidade na execução do mesmo.

Alterações a introduzir de acordo com a DIA

O programa de monitorização proposto para a Hidromorfologia, Hidrodinâmica e Regime Sedimentar, deve ser alterado alargando-o à Geologia tendo em consideração os seguintes aspetos:

- O programa de monitorização proposto para a Hidromorfologia, Hidrodinâmica e Regime Sedimentar, que engloba igualmente os aspetos de geologia costeira, deve cobrir a

totalidade do delta de vazante e, na parte interna, a área onde se devem efetuar os levantamentos batimétricos deve incluir o canal de navegação e a bacia de rotação, mas também a zona circundante, incluindo o delta de enchente contíguo. Deve ser acautelada a recolha de dados batimétricos que permitam caraterizar a situação atual (antes do início das dragagens)

- Para avaliar o comportamento/grau de sucesso da intervenção de alimentação artificial na base do delta, designadamente o seu contributo potencial para a estabilidade global da célula de circulação sedimentar, devem ser efetuados levantamentos antes e após a intervenção, articulando os levantamentos da parte submersa com os do troço costeiro emerso adjacente, referidos no ponto seguinte, de modo a estabelecerem-se possíveis relações causa-efeito.
- O programa de monitorização da evolução da linha de costa e das alterações da zona costeira emersa (praia e dunas contíguas), através da realização de cartografia aérea e obtenção de dados altimétricos, deve ser estendido às restantes praias que dependam do delta como fonte de sedimento, designadamente: Tróia estuarina, Tróia oceânica, Albarquel, Alpertuche, Figueirinha, Galápos, Galapinhos, Coelho, Creiro/Portinho da Arrábida e Alpertuche. A par da fotografia oblíqua proposta, deverá igualmente ser tirada fotografia aérea vertical com sobreposição suficiente para a geração de modelos digitais de terreno que permitam caraterizar corretamente a morfologia e permitir uma quantificação de das eventuais alterações das praias e dunas. Deverá ser acautelada a recolha de dados que permitam caraterizar a situação atual (antes do início das dragagens).

Valores ecológicos e Conservação da Natureza

Proposta inicial constante do EIA

As componentes de incerteza nesta avaliação de impactes resultam em grande medida da escassez de dados acerca dos valores ecológicos, nomeadamente povoamentos, nas zonas de dragagem e de deposição de dragados. Assim, será fundamental obter informação detalhada sobre o estado atual do sistema a ser intervencionado, ainda antes da fase de construção, de modo a criar uma *baseline* a ser comparada com estados subsequentes, durante e após a fase de construção e ao longo de toda a fase de exploração.

Fase de construção

A monitorização da fase de construção do projeto deverá contemplar as seguintes aspetos:

- Estudo ecológico prévio e indicativo, de três pontos nas zonas a dragar, por censos visuais em mergulho, com registos videográficos;
- Estudo ecológico das zonas de deposição de dragados (Destino 2 – base do delta), por censos visuais em mergulho, recolha de amostras e de registos videográficos;
- Definição de zonas de controlo em diversos locais do estuário e do delta estuarino, que serão igualmente objeto de estudo ecológico para comparação subsequente com as zonas intervencionadas;

- Monitorização de zonas sensíveis, nomeadamente estado dos povoamentos, turbidez e qualidade da água, nas manchas de pradarias marinhas e nos bancos de *Veretillum* e *Atrina*, tidos como bons indicadores de alterações no ecossistema, para além do seu valor intrínseco (antes da obra, a meio da fase A e no final da fase A).
- Dado o reduzido efetivo populacional da comunidade de golfinhos-roazes residente na região do Sado, que se reflete nas suas preocupantes perspetivas de conservação, e a utilização diária que estes mamíferos fazem das zonas a serem intervencionadas, propõe-se um período alargado de monitorização, com vista a avaliar os efeitos de longo termo sobre estes animais. A monitorização dos movimentos e atividades dos golfinhos deverá ser realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos e a partir de um ponto elevado na costa, com recurso a telescópio e câmara de filmar, com periodicidade semanal, dois meses antes da obra começar, durante e até um ano depois da conclusão da fase de construção. A monitorização do efetivo populacional dos golfinhos deverá ser, igualmente ser realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos, mas a partir de uma embarcação, mensalmente, dois meses antes da obra começar, durante e até um ano depois da conclusão da fase de construção;
- Deve também ser promovido um programa de observação dedicada, por amostragem semanal, da resposta comportamental dos golfinhos em relação às dragas;
- A monitorização acústica do ruído subaquático gerado pelas operações de dragagem e deposição reveste-se da maior importância no sentido de reduzir o seu impacto sobre os golfinhos. Nesse sentido deve ser desenvolvido um programa de medição da pressão acústica ambiente e associada às diferentes fontes conhecidas, bem como um modelo de propagação do ruído subaquático no estuário que permita fazer predições mais fundamentadas sobre os efeitos prováveis do ruído subaquático gerado por este projeto e por outras intervenções humanas na região estuarina;
- Implementação de uma rede de contactos local e regional envolvendo a APSS e o adjudicatário da empreitada com todas as entidades com responsabilidades na região do estuário. O objetivo será a partilha de informações sobre as atividades na região e promover a melhor avaliação de possíveis efeitos cumulativos sobre os biótopos sensíveis e sobre a fauna protegida;
- Elaboração e implementação de um plano de divulgação pública do projeto, esclarecendo através de publicações, páginas de internet e sessões abertas, os objetivos, os procedimentos e as garantias de segurança do projeto.

Fase de exploração

A monitorização da fase de exploração irá dar continuidade a diversas medidas de acompanhamento do projeto, nomeadamente:

- Estudo ecológico da zona de deposição de dragados (Destino 2);
- Estudo ecológico das zonas de controlo previamente definidas para comparação com as zonas intervencionadas;
- Monitorização dos movimentos e atividades dos golfinhos, bem como do efetivo populacional, com periodicidade mensal, a partir de uma embarcação, até um ano após o início da fase de exploração.

Alterações a introduzir de acordo com a DIA

Deve ser feito e apresentado à Autoridade de AIA previamente à fase de construção um “Estudo ecológico prévio que inclua: censos visuais em mergulho com registos videográficos e recolha de amostras de macroinvertebrados bentónicos e endobentónicos (adequados para uma monitorização continuada) em 3 pontos nas zonas a dragar e na base do delta (zona de deposição), o qual deve ser validado pelo ICNF e pela DGRM antes do início da fase de construção “

Este estudo deve ser levado em consideração no programa de monitorização a implementar, tendo em consideração o seguinte:

Previamente à fase de construção:

O resultado do Estudo ecológico prévio mencionado no ponto 8 relativo aos elementos a apresentar à Autoridade de AIA, previamente à fase de construção, para avaliação.

Definição de zonas de controlo em diversos locais do estuário e do delta estuarino, que serão igualmente objeto de estudo ecológico para comparação subsequente com as zonas intervencionadas. A metodologia de trabalho para as zonas de controlo deve ser exatamente a mesma que para os três pontos definidos no estudo ecológico prévio (nas zonas a dragar e na base do delta (zona de deposição), para que os resultados sejam comparáveis.

Monitorização das zonas sensíveis, nomeadamente do estado dos povoamentos, turbidez e qualidade da água nas manchas de pradarias marinhas e nos bancos *Veretillum* e de *Atrina*, tidos como bons indicadores de alterações no ecossistema, para além do seu valor intrínseco.

Monitorização dos movimentos e atividades dos golfinhos a partir de um ponto elevado na costa (telescópio e câmara de filmar), realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Início : 2 meses antes da obra começar. Frequência: semanal.

Monitorização do efetivo populacional e atividades comportamentais dos golfinhos a partir de uma embarcação, realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Início: 2 meses antes da obra começar. Frequência: mensal.

Fase de construção:

Monitorização das zonas sensíveis, nomeadamente do estado dos povoamentos, turbidez e qualidade da água nas manchas de pradarias marinhas e nos bancos de *Veretillum* e de *Atrina*, (a meio e no final da fase A).

Monitorização dos movimentos e atividades dos golfinhos a partir de um ponto elevado na costa (telescópio e câmara de filmar), realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Duração: toda a fase e construção. Frequência: semanal.

Monitorização do efetivo populacional e atividades comportamentais dos golfinhos a partir de uma embarcação, realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Duração: toda a fase e construção. Frequência: mensal

Programa de observação dedicada, por amostragem semanal, da resposta comportamental dos golfinhos em relação às dragas. (Este programa deve ser objeto de uma Memória Descritiva).

Monitorização acústica do ruído subaquático gerado pelas operações de dragagem e deposição, no sentido de tentar reduzir o seu impacto sobre os golfinhos; bem como a elaboração de um modelo de propagação do ruído subaquático no estuário que permita, no futuro, fazer previsões

sobre eventuais impactes causados por intervenções humanas semelhantes no estuário (avaliação de impactes cumulativos).

Fase de exploração

Census visuais em mergulho com registos videográficos e recolha de amostras de macroinvertebrados bentónicos e endobentónicos em três pontos nas zonas a dragar e na base do delta (zona de deposição) mais zonas de controlo.

Monitorização dos movimentos e atividades dos golfinhos a partir de um ponto elevado na costa (telescópio e câmara de filmar), realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Duração: 6 meses. Frequência: semanal

Monitorização do efetivo populacional e atividades comportamentais dos golfinhos a partir de uma embarcação, realizada por técnicos com experiência no estudo de cetáceos. Duração: 1 ano. Frequência: mensal.

Anexo: Monitorização das águas superficiais e do ruído . Localização de pontos de amostragem



LEGENDA

- Limite do Concelho
- Limite da Freguesia
- Canal de navegação
- Área de deposição de material dragado
- Pontos de Recolha de Águas Superficiais
- Pontos de Medição de Ruído

APRESENTAMOS INFORMAÇÕES PRELIMINARES E RESUMO PARA AVALIAÇÃO INICIAL DO IMPACTO AMBIENTAL DO PROJETO DE MELHORIA DA ACESSIBILIDADE MARÍTIMA

Legenda	Descrição
1	Área de deposição de material dragado
2	Pontos de Recolha de Águas Superficiais
3	Pontos de Medição de Ruído

Legenda	Descrição
4	Canal de navegação
5	Limite do Concelho
6	Limite da Freguesia

NOTA:

- Carta Militar, 454, 455 e 460 do Instituto Geográfico do Exército
- Fontes: - 454 - Spilthal, (GEDE, edição 5 de 2006)
- 455 - Carta Militar, 454, 455 e 460 do Instituto Geográfico do Exército, edição 4 de 2006
- 460 - Carta Militar, 454, 455 e 460 do Instituto Geográfico do Exército, edição 4 de 2006
- 469 - Estatuto do Sado (Alcacer do Sal), (GEDE, edição 4 de 2006)
- Carta Administrativa Oficial de Portugal - Versão 2015 (CAOP)
- Fontes: - Instituto Geográfico do Exército, (Instituto Geográfico do Exército, 2015)
- CAOP em vigor (www.dgterritorio.pt)

SETÚBAL

PROMAN

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DO PROJETO DE MELHORIA DA ACESSIBILIDADE MARÍTIMA

RELATÓRIO SÍNTESE

MONITORIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E DO RUÍDO

LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE AMOSTRAGEM

Setúbal, 2015

Setúbal, 2015

**ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO DE
SEDIMENTOS PARA O PROJETO DE
MELHORIA DAS ACESSIBILIDADES AO
PORTO DE SETÚBAL**

Relatório Técnico

Abril de 2015

Equipa: Mário Mil-Homens, Miriam Tuaty Guerra, Isabelina Santos, António Pereira, Cristina Micaelo, Joana Raimundo, Maria José Gaudêncio, Miguel Caetano, Pedro Brito, Rui Silva, Rute Granja

Introdução

No âmbito do “Estudo de Caracterização de Sedimentos para o Projeto de Melhoria das Acessibilidades ao Porto de Setúbal”, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (IPMA), por solicitação da Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra, S.A. (APSS) procedeu à caracterização química e textural dos sedimentos superficiais, em fevereiro de 2015. A caracterização sedimentar inclui a classificação granulométrica, determinação dos elementos em traço (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), compostos bifenilos policlorados (PCB), e hexaclorobenzeno (HCB).

Amostragem

A amostragem foi feita tendo por base as coordenadas dos 2 polígonos (a seguir designados como “Canal Norte” e “Canal Barra”) a dragar, fornecidas pela APSS. Foram recolhidas 89 (oitenta e nove) amostras de sedimento (figura 1, anexo 1), a 25 e 26 de fevereiro de 2015 a bordo do NI “DIPLODUS”. A colheita dos sedimentos foi efectuada com uma draga Smith-McIntyre de 0,1 m² de área de intervenção. As amostras foram preservadas a 4 °C até posterior tratamento laboratorial.

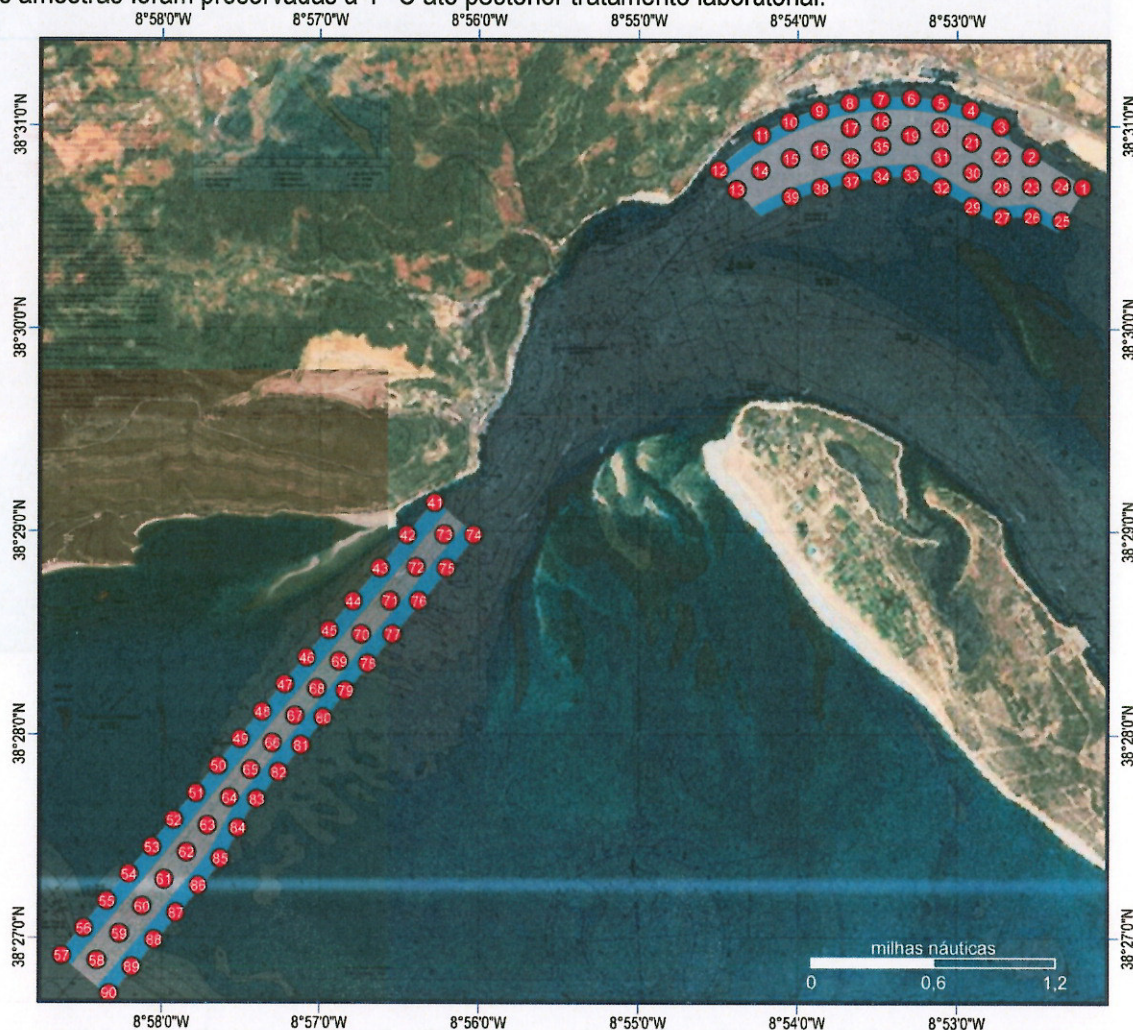


Figura 1. Esquema da localização das estações nas duas zonas definidas como Canal Norte e Canal Barra.

Métodos

Em laboratório as amostras foram divididas para a determinação da granulometria, teores de matéria orgânica total, sólidos, metais e compostos orgânicos. A porção destinada à determinação da granulometria, teores de matéria orgânica total e de sólidos foi seca em estufa a 100 °C. As porções destinadas às restantes análises foram secas a 40 °C. As amostras para quantificação de metais e contaminantes orgânicos foram peneiradas num crivo de 2 mm de malha e moídas. As concentrações de arsénio (As), cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) foram determinadas por espectrometria de massa acoplada a plasma induzido (ICP-MS; Thermo Elemental - X-series), enquanto que o Hg foi medido por decomposição térmica acoplada a espectrometria de absorção atómica (ET-AAS; Leco AMA 254 Mercury analyser).

Para determinação dos compostos orgânicos (PAH, PCB, HCB) os sedimentos foram sujeitos a diversos procedimentos analíticos. A quantificação destes compostos orgânicos foi efectuada por cromatografia acoplada a espectrometria de massa (GC-MS; Thermo DSQ) e por cromatografia gasosa com detector de captura de electrões (GC-ECD; Hewlett Packard 6890). Os 16 PAH determinados foram: acenaftileno (ANY), acenafteno (ANA), fluoreno (F), fenantreno (P), antraceno (A), fluoranteno (FL), pireno (PY), benzo[α]antraceno (Ba), criseno (C), benzo[β]fluoranteno (BBF), benzo[k]fluoranteno (BKF), benzo[e]pireno (BEP), benzo[a]pireno (BAP), dibenzo[a,h]antraceno (DBA), benzo[ghi]perileno (BPE), perileno (PER) e indeno[1,2,3- cd]pireno (IN). Os compostos organoclorados determinados foram os congêneres IUPAC CB26, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 e CB180.

Granulometria

As amostras de sedimento seco, com cerca de 100 g cada, foram processadas de acordo com o procedimento descrito por Gaudêncio et al. (1991): (i) lavagem através de um peneiro de 0,038 mm de malha quadrada para separação da fracção mais fina; (ii) secagem do resíduo de sedimento em estufa a 100 °C; (iii) peneiração por agitação num agitador mecânico da RETSCH através de uma coluna de 17 peneiros de malha quadrada da série ASTM (38 - 16000 μ m), para separação das partículas mais grosseiras; (iv) pesagem das fracções sedimentares retidas em cada peneiro. Foram traçadas as curvas cumulativas dos pesos dos resíduos de sedimento em cada peneiro. A partir das curvas cumulativas foram calculadas as medianas, i.e. o diâmetro das partículas de 50% da amostra e os dois quartis (Q1=25% e Q3=75%), necessários ao cálculo do coeficiente de triagem ($So = Q3/Q1$), que estima uma medida do grau de dispersão das partículas de sedimento. Os tipos sedimentares foram classificados com base nos perfis granulométricos obtidos, utilizando a escala geométrica de classificação das partículas sedimentares de Udden/Wentworth (Wentworth, 1922 em Bale & Kenny, 2005).

Teor em sólidos

O teor em sólidos dos sedimentos foi determinado pelo cociente entre o peso das amostras depois de secas em estufa a 100 °C até peso constante e o peso húmido das mesmas amostras, de acordo com Bale & Kenny (2005).

Teor em matéria orgânica total

O teor em matéria orgânica total dos sedimentos foi determinado pela diferença entre o peso das amostras previamente secas em estufa a 100 °C (cerca de 200 mg por amostra) e o peso das mesmas amostras depois de incineradas em mufla a 450 °C até peso constante, de acordo com Bale & Kenny (2005).

Metais

Para a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, as amostras de sedimento (cerca de 0,1 g) foram digeridas usando a metodologia EPA 3050B que consiste na adição de HNO₃ a 95 ± 5 °C durante 2h15min deixando evaporar até cerca de 2,5 mL de volume. Após arrefecer são adicionadas H₂O₂ (30%) e água ultra-pura Milli-Q a 95 ± 5 °C. O volume final é aferido com água ultra-pura Milli-Q até 50 mL. O controle de qualidade do método analítico é assegurado através da inclusão de 9 brancos de reagentes, de 6 amostras do material certificado de referência MESS-3 (*National Research Council of Canada*) e de 6 amostras em duplicado, tendo estas sido preparadas em simultâneo com as restantes amostras. As concentrações dos elementos estudados foram calculadas a partir de uma curva de calibração externa, com adição de padrão interno. Para a determinação de Hg a análise foi efectuada directamente no sedimento seco de acordo com o método descrito por Canário et al. (2005). O controle de qualidade do método analítico foi assegurado através da quantificação de 10 replicados do material certificado de referência MESS-3.

Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH)

Os PAH dos sedimentos foram extraídos num equipamento ASE da DIONEX, com uma mistura de hexano/acetona (1:1), após a adição de um padrão interno deuterado (SUPELCO), composto por d10-acenafteno, d10-fenantreno, d12-criseno, d12-perileno. Os extractos, depois de purificados em coluna, de sílica/alumina (1:1) foram injectados num GC-MS, operando em modo Selected Ion Monitoring, com coluna capilar J&W, DB5 (30 m). Os PAH foram identificados com base na comparação dos tempos de retenção e na razão dos iões (m/z) de uma solução padrão de referência internacional NIST 2260a, contendo os mesmos analitos. A quantificação foi efectuada pelo método do padrão interno, através de rectas de calibração com 9 concentrações dessa solução padrão.

Compostos organoclorados

Para a determinação de HCB e dos congéneres de PCB, os sedimentos foram extraídos em Soxhlet, com hexano durante 17h. Após purificação com Florisil e H₂SO₄, os extractos foram injectados num GC-ECD com coluna capilar DB-5 (J&W Scientific) de 60 m de comprimento. A quantificação dos vários compostos foi efectuada através de soluções padrão, utilizando retas de calibração e o método do padrão externo (Ferreira and Vale, 1995).

Análise e discussão dos resultados

Classificação granulométrica dos sedimentos

Os dados referentes à classificação granulométrica dos sedimentos superficiais são apresentados, respectivamente, no Anexo 2 e nas figuras 2 a 12. No Canal Norte a granulometria é diversificada com predominância de areia, limpa ou formando várias combinações com elementos mais grosseiros, seixos e cascalho (principalmente constituído por fragmentos de conchas), e com partículas finas, isto é, silte e argila. No Canal da Barra as amostras são constituídas essencialmente por areias médias, grosseiras e cascalhos:

- As estações #1, #13, #16, #17, #18, #22, #23, #25, #31 e #36 são de **areia grossa cascalhenta**, de medianas entre 552 µm e 861 µm, com conteúdo de cascalho entre 5,1 e 13,7%, apresentando até 8,6% de partículas finas. Os valores do coeficiente de triagem de Trask (So: 1,4-1,8) apontam para sedimentos entre bem e medianamente calibrados (Figura 3).

- As estações #14, #20, #32, #35 e #37 são de **areia grossa ligeiramente cascalhenta**, bem a moderadamente calibradas (So: 1,4-1,6), com mediana entre 506 μm e 815 μm e uma percentagem, quer de cascalho, quer de partículas finas até a 4% (Figura 4).
- A estação #15 é de **areia grossa lodo-cascalhenta**, com mediana de 634 μm , apresenta um conteúdo de 6 % de cascalho e 11 % de partículas finas, é um sedimento medianamente calibrado (So: 1,7) (Figura 5).
- As estações #27 e #39 são de **areia média** sem cascalho e com um teor de partículas finas até 4 %, bem calibrada (So: 1,3) e com mediana entre 339 μm e 383 μm (Figura 10).
- As estações #3, #12 e #26, são de **areia média cascalhenta** medianamente calibrada (So: 1,5-2,1). A mediana variou entre 276 μm e 456 μm , com um conteúdo de cascalho até 7 % e de partículas finas até 8 % (Figura 7).
- As estações #2, #8, #9, #21, #24, #28, #29, #30, #33, #34 e #38 são **areia média ligeiramente cascalhenta** com conteúdo de cascalho até 4,9% e de partículas finas até 9%. Estes sedimentos com mediana entre 268 μm e 499 μm variam de bem a medianamente calibrados (So: 1,3-1,6) (Figura 8).

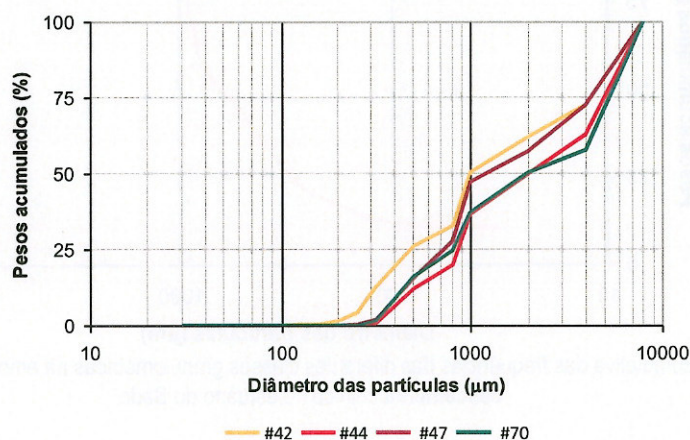


Figura 2 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **cascalho arenoso** colhidas nas duas áreas estudadas.

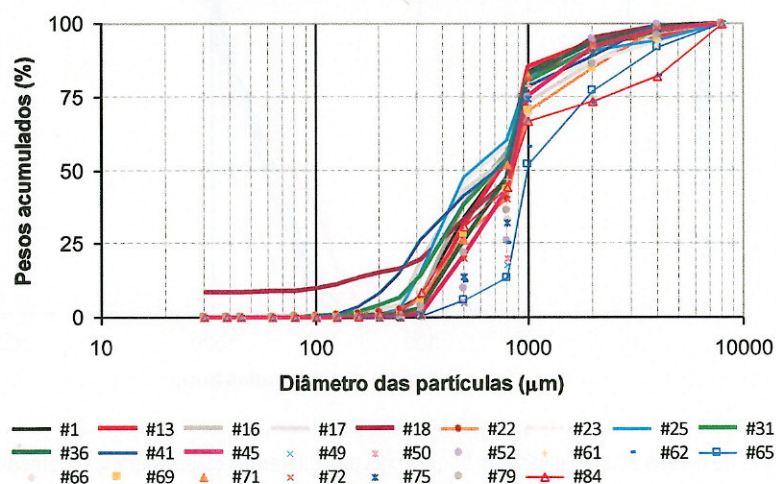


Figura 3 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **areia grossa cascalhenta** colhidas nas duas áreas estudadas.

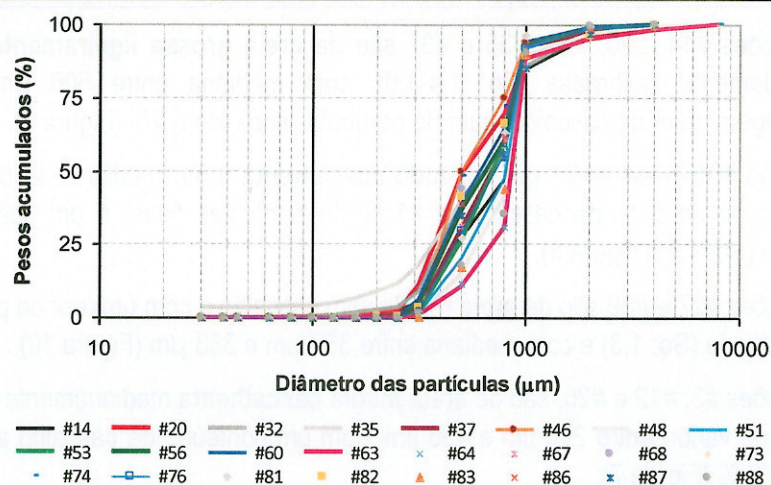


Figura 4 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **areia grossa ligeiramente cascalhenta** colhidas nas duas áreas estudadas.

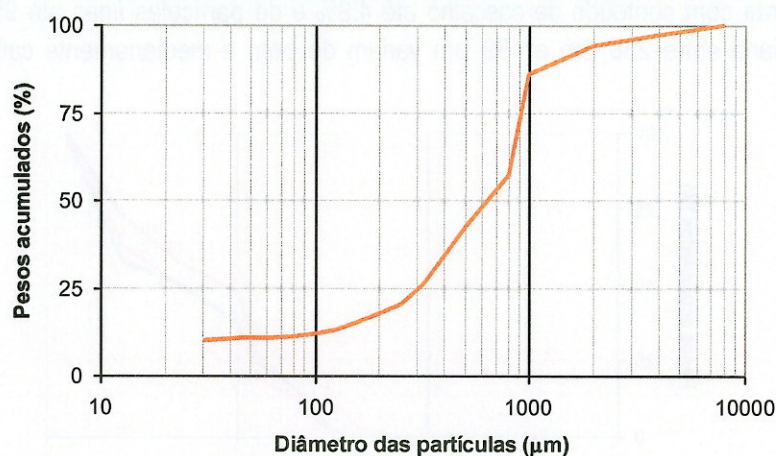


Figura 5 – Curva acumulativa das frequências das diferentes classes granulométricas na amostra de **areia grossa lodo-cascalhenta** colhida no estuário do Sado.

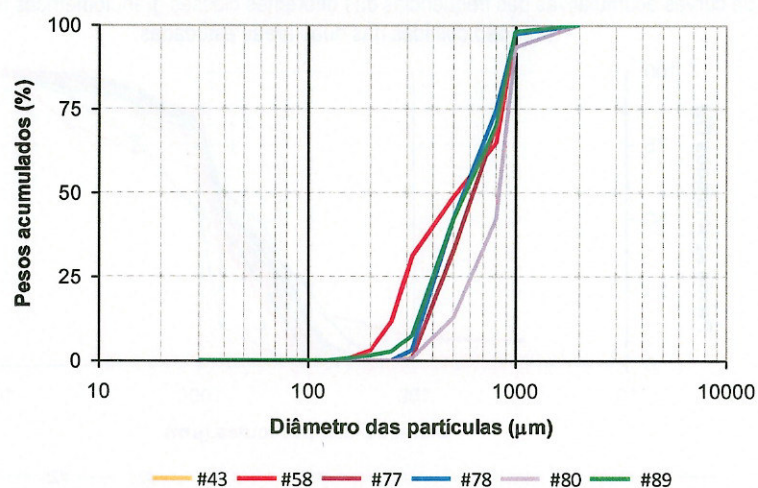


Figura 6 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **areia grossa** colhidas nas duas áreas estudadas.

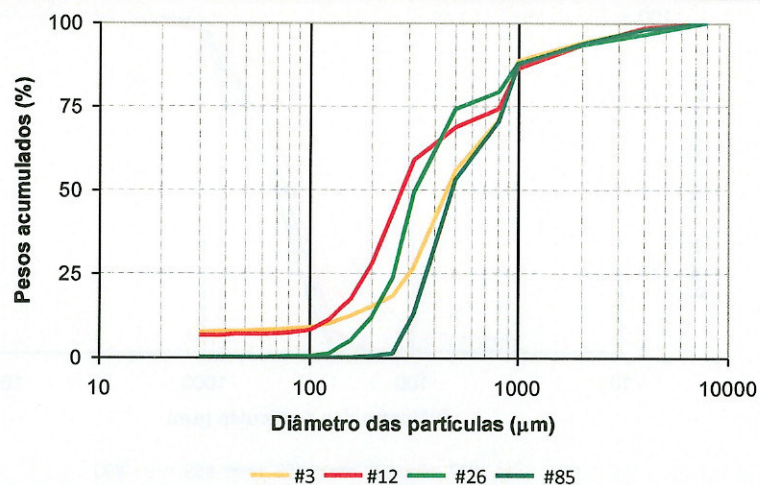


Figura 7 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de areia média cascalhenta colhidas nas duas áreas estudadas.

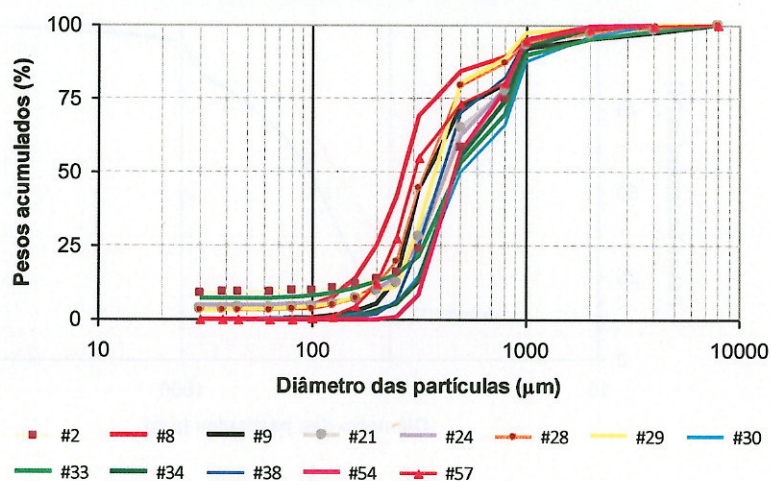


Figura 8 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de areia média ligeiramente cascalhenta colhidas nas duas áreas estudadas.

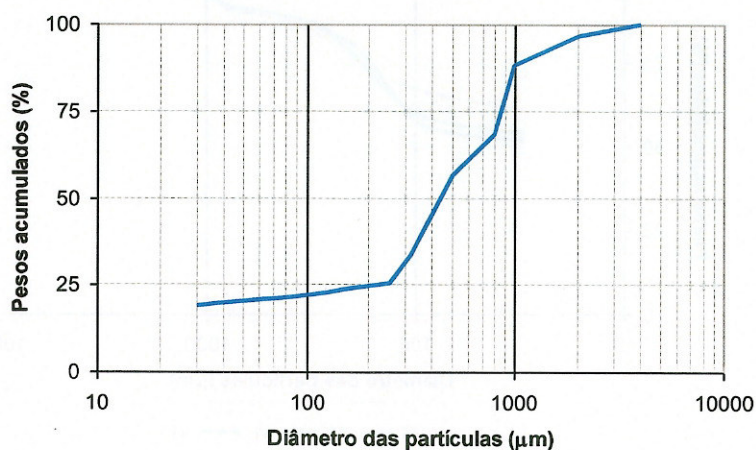


Figura 9 – Curva acumulativa das frequências das diferentes classes granulométricas na amostra de areia média lodosa ligeiramente cascalhenta colhida no estuário do Sado.

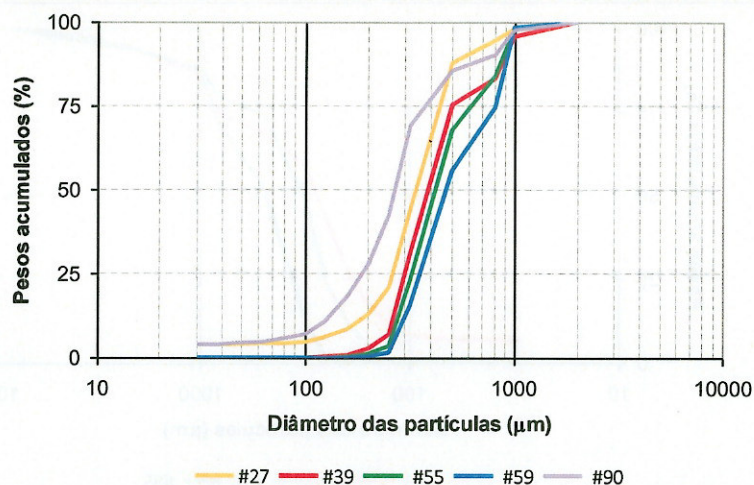


Figura 10 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **areia média** colhidas nas 2 áreas estudadas.

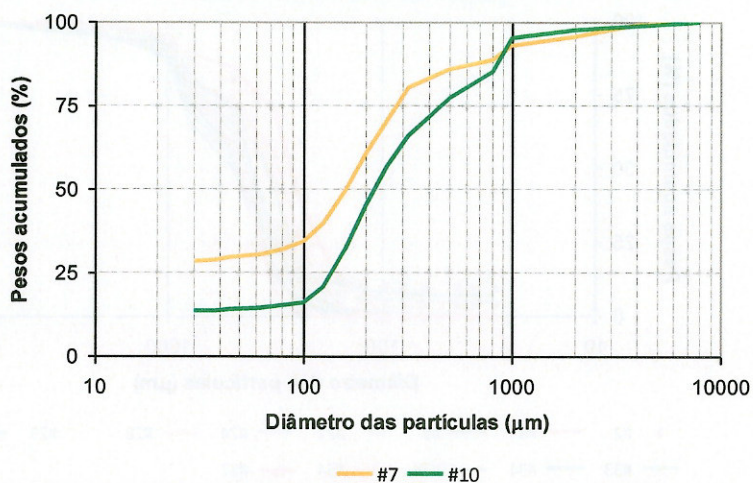


Figura 11 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **areia fina lodosa ligeiramente cascalhenta** colhidas no estuário do Sado.

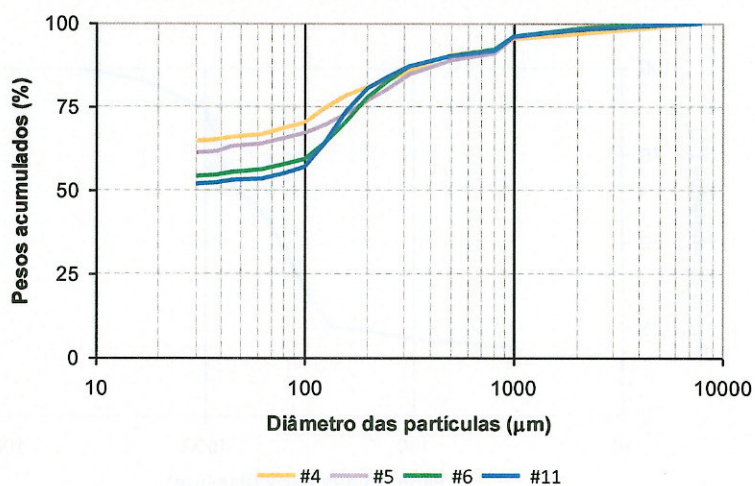


Figura 12 – Família de curvas acumulativas das frequências das diferentes classes granulométricas nas amostras de **Lodo arenoso ligeiramente cascalhento** colhidas no estuário do Sado.

Teor em sólidos

O teor em sólidos dos sedimentos analisados foi elevado, tendo variado entre 51% e 94%, como se pode observar no anexo 3. Estes valores são concordantes com os tipos sedimentares observados.

Teor em matéria orgânica total

Os teores em matéria orgânica total determinados variaram entre 0,1 e 5,8% (Anexo 2). Os valores mais baixos registaram-se nos sedimentos mais grosseiros sem partículas finas, e os mais elevados nos sedimentos finos com maior percentagem de partículas finas (fracção fina= silte + argila), tendo-se encontrado uma correlação significativa entre as duas variáveis ($r = 0,89$, $p < 0,01$; $n=89$), como é habitual em sedimentos marinhos (Bordovsky, 1965).

Concentrações de metais e compostos orgânicos

As concentrações em metais e compostos orgânicos nas amostras superficiais estudadas são apresentadas nos Anexos 4 e 5. As amostras superficiais na área do "Canal da Barra" apresentam concentrações nos diversos metais e compostos orgânicos inferiores ao limite da Classe 1 (Portaria 1450/2007), com excepção das amostras #80, #82 e #83 que apresentam concentrações em Cr de Classe 2. Na área "Canal do Norte" as amostras são caracterizadas por apresentarem maiores valores de fracção fina, apresentando concentrações em metais e compostos orgânicos que as classificam como classes 2 (Material dragado com contaminação vestigiária - pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo) e 3 (Material dragado ligeiramente contaminado - pode ser utilizado para terraplenos ou no caso de imersão necessita de estudo aprofundado do local de deposição e monitorização posterior do mesmo) conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das amostras de sedimentos superficiais de acordo com a Portaria 1450/2007 de 12 de Novembro.

Canal do Norte		Canal da Barra	
amostra	Classe	amostra	Classe
#1	1	#41	1
#2	3	#42	1
#3	1	#43	1
#4	2	#44	1
#5	3	#45	1
#6	3	#46	1
#7	2	#47	1
#8	1	#48	1
#9	1	#49	1
#10	1	#50	1
#11	2	#51	1
#12	2	#52	1
#13	1	#53	1
#14	1	#54	1
#15	1	#55	1
#16	1	#56	1
#17	1	#57	1
#18	2	#58	1
#19	1	#59	1
#20	1	#60	1
#21	1	#61	1
#22	1	#62	1
#23	1	#63	1
#24	1	#64	1
#25	1	#65	1
#26	1	#66	1
#27	1	#67	1
#28	1	#68	1
#29	1	#69	1
#30	2	#70	1
#31	1	#71	1
#32	2	#72	1
#33	1	#73	1
#34	1	#74	1
#35	1	#75	1
#36	2	#76	1
#37	1	#77	1
#38	1	#78	1
#39	1	#79	1
		#80	2
		#81	1
		#82	2
		#83	2
		#84	1
		#85	1
		#86	1
		#87	1
		#88	1
		#89	1
		#90	1

Considerações finais

A análise granulométrica das amostras de sedimentos superficiais analisadas classificou a maioria das amostras como areias médias a grossas. Apenas quatro amostras da área "Canal Norte" (#4, #5, #6 e #11) foram classificadas como "lodo arenoso ligeiramente cascalhento". Os teores em sólidos de todas as amostras são elevados e os teores em matéria orgânica são baixos, com excepção das quatro amostras referidas anteriormente.

De acordo com o disposto na Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro as amostras estudadas são classificadas como Classe 1, 2 e 3.

Referências

- Bale, A. J., Kenny, A. J., 2005. Sediment analysis and seabed classification. In: Methods for the Study of Marine Benthos. A. McIntyre & A. Eleftheriou (Eds.). Blackwell Science Ltd. (3rd Edition), pp. 43-86.
- Bordovsky, O.K., 1965. Accumulation of organic matter in bottom sediments. Marine Geology, 3: 33-82.
- Canário, J., Vale, C., Caetano, M., 2005. Distribution of monomethylmercury and mercury in surface sediments of the Tagus Estuary (Portugal). Marine Pollution Bulletin, 50(10): 1142-1145.
- Ferreira, A.M., Vale, C., 1995. The importance of runoff to DDT and PCB inputs to the Sado estuary and Ria Formosa. Netherland Journal of Aquatic Ecology, 29(3-4): 211-216.
- Gaudêncio, M.J., Guerra, M.T., Glémarec, M., 1991. Recherches biosédimentaires sur la zone maritime de l'estuaire du Tage, Portugal: données préliminaire, In: Elliott, M., Ducrotoy, JP. (Eds), Estuaries and coasts: spatial and temporal inter-comparisons. ECSA 19 Symposium, Caen 1989, pp. 11-16.
- Martins, M., Ferreira, A.M., Vale, C., 2008. The influence of *Sarcocornia fruticosa* on retention of PAHs in salt marsh sediments (Sado estuary, Portugal). Chemosphere, 71(8): 1599-1606.

Anexo 1. Coordenadas das estações (em graus decimais).

Estação	Área	Latitude (Norte)	Longitude (Oeste)	Estação	Área	Latitude (Norte)	Longitude (Oeste)
#1	canal norte	38,51157	-8,87007	#41	canal barra	38,48570	-8,93793
#2	canal norte	38,51413	-8,87549	#42	canal barra	38,48303	-8,94079
#3	canal norte	38,51659	-8,87867	#43	canal barra	38,48032	-8,94368
#4	canal norte	38,51795	-8,88182	#44	canal barra	38,47758	-8,94645
#5	canal norte	38,51852	-8,88498	#45	canal barra	38,47519	-8,94900
#6	canal norte	38,51890	-8,88811	#46	canal barra	38,47297	-8,95134
#7	canal norte	38,51881	-8,89130	#47	canal barra	38,47074	-8,95367
#8	canal norte	38,51853	-8,89450	#48	canal barra	38,46852	-8,95601
#9	canal norte	38,51790	-8,89769	#49	canal barra	38,46630	-8,95834
#10	canal norte	38,51698	-8,90080	#50	canal barra	38,46408	-8,96068
#11	canal norte	38,51585	-8,90378	#51	canal barra	38,46186	-8,96302
#12	canal norte	38,51300	-8,90827	#52	canal barra	38,45964	-8,96535
#13	canal norte	38,51140	-8,90644	#53	canal barra	38,45741	-8,96769
#14	canal norte	38,51294	-8,90386	#54	canal barra	38,45519	-8,97002
#15	canal norte	38,51397	-8,90071	#55	canal barra	38,45297	-8,97236
#16	canal norte	38,51467	-8,89760	#56	canal barra	38,45075	-8,97469
#17	canal norte	38,51649	-8,89443	#57	canal barra	38,44853	-8,97703
#18	canal norte	38,51703	-8,89125	#58	canal barra	38,44811	-8,97338
#19	canal norte	38,51583	-8,88813	#59	canal barra	38,45033	-8,97105
#20	canal norte	38,51655	-8,88497	#60	canal barra	38,45255	-8,96871
#21	canal norte	38,51531	-8,88175	#61	canal barra	38,45477	-8,96637
#22	canal norte	38,51411	-8,87864	#62	canal barra	38,45699	-8,96404
#23	canal norte	38,51165	-8,87546	#63	canal barra	38,45921	-8,96183
#24	canal norte	38,51167	-8,87231	#64	canal barra	38,46144	-8,95949
#25	canal norte	38,50886	-8,87226	#65	canal barra	38,46375	-8,95727
#26	canal norte	38,50918	-8,87544	#66	canal barra	38,46597	-8,95494
#27	canal norte	38,50916	-8,87859	#67	canal barra	38,46819	-8,95260
#28	canal norte	38,51163	-8,87862	#68	canal barra	38,47041	-8,95026
#29	canal norte	38,51001	-8,88165	#69	canal barra	38,47264	-8,94793
#30	canal norte	38,51281	-8,88167	#70	canal barra	38,47486	-8,94559
#31	canal norte	38,51407	-8,88495	#71	canal barra	38,47764	-8,94262
#32	canal norte	38,51159	-8,88492	#72	canal barra	38,48037	-8,93985
#33	canal norte	38,51264	-8,88810	#73	canal barra	38,48308	-8,93696
#34	canal norte	38,51249	-8,89121	#74	canal barra	38,48305	-8,93385
#35	canal norte	38,51497	-8,89124	#75	canal barra	38,48032	-8,93671
#36	canal norte	38,51401	-8,89440	#76	canal barra	38,47761	-8,93960
#37	canal norte	38,51211	-8,89433	#77	canal barra	38,47487	-8,94237
#38	canal norte	38,51151	-8,89753	#78	canal barra	38,47248	-8,94492
#39	canal norte	38,51081	-8,90064	#79	canal barra	38,47025	-8,94726
				#80	canal barra	38,46803	-8,94959
				#81	canal barra	38,46578	-8,95197
				#82	canal barra	38,46356	-8,95430
				#83	canal barra	38,46134	-8,95664
				#84	canal barra	38,45899	-8,95860
				#85	canal barra	38,45648	-8,96045
				#86	canal barra	38,45426	-8,96278
				#87	canal barra	38,45204	-8,96512
				#88	canal barra	38,44982	-8,96745
				#89	canal barra	38,44760	-8,96979
				#90	canal barra	38,44537	-8,97212

Anexo 2. Valores percentuais das frações granulométricas, mediana (μm), coeficiente de triagem (So) e classificação dos tipos sedimentares

Estação	Seixos (4000-8000)	Cascalho (2000-4000)	Areia muito grossa 1 (1000-2000)	Areia grossa 2 (500-1000)	Areia média 3 (250-500)	Areia fina 4 (125-250)	Areia muito fina 5 (63-125)	Areia (1+2+3+4+5)	Slite (38-63)	Argila (<38)	Fracção fina (slite+argila)	Mediana	So	Tipo sedimentar
#1	1,92	4,27	10,58	49,56	30,92	2,42	0,30	93,8	0,02	0,01	0,03	739	1,5	Areia grossa cascalhenta
#2	0,83	1,98	4,46	34,31	42,54	5,13	1,39	87,8	0,19	9,17	9,36	446	1,6	Areia média ligeiramente cascalhenta
#3	1,85	4,17	5,26	32,94	37,6	8,1	2,17	86,1	0,22	7,69	7,91	456	1,7	Areia média cascalhenta
#4	1,48	1,62	1,73	4,56	7,88	7,99	8,67	30,8	1,02	65,05	66,07	<38	-	Lodo arenoso ligeiramente cascalhento
#5	0,63	1,09	2,44	6,91	8,29	11,23	6,32	35,2	1,30	61,79	63,09	<38	-	Lodo arenoso ligeiramente cascalhento
#6	0	1,49	2,32	5,83	7,65	18,84	8,33	43,0	0,94	54,6	55,54	<38	-	Lodo arenoso ligeiramente cascalhento
#7	0,85	3,31	2,90	6,90	15,17	31,21	9,94	66,1	0,88	28,84	29,72	161	-	Areia fina lodosa ligeiramente cascalhenta
#8	1,20	1,30	2,23	10,70	42,64	34,47	3,70	93,7	0,14	3,62	3,76	268	1,4	Areia média ligeiramente cascalhenta
#9	2,73	2,14	3,26	20,10	57,96	12,48	1,18	95,0	0,08	0,07	0,15	348	1,5	Areia média ligeiramente cascalhenta
#10	1,28	0,88	2,66	17,88	20,36	36,09	6,80	83,8	0,35	13,70	14,05	219	1,8	Areia fina lodosa ligeiramente cascalhenta
#11	0,80	1,92	1,20	6,00	5,92	20,11	10,97	44,9	0,75	52,33	53,08	<38	-	Lodo arenoso ligeiramente cascalhento
#12	1,69	5,05	6,80	17,57	25,51	32,24	4,20	86,3	0,17	6,77	6,94	276	2,1	Areia média cascalhenta
#13	4,29	2,00	8,57	53,71	31,14	0,26	0,03	93,7	0	0	0,00	736	1,4	Areia grossa cascalhenta
#14	0,54	3,41	11,42	57,41	24,8	2,16	0,25	96,0	0,01	0	0,01	815	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#15	2,61	3,36	8,09	43,34	21,95	7,55	2,43	83,4	0,30	10,37	10,67	634	1,7	Areia grossa lodosa cascalhenta
#16	1,2	5,25	10,91	44,28	36,52	1,34	0,43	93,5	0,04	0,03	0,07	682	1,5	Areia grossa cascalhenta
#17	3,26	10,41	13,25	30,16	38,82	3,05	0,88	86,2	0,11	0,06	0,17	678	1,8	Areia grossa cascalhenta
#18	4,03	14,66	14,66	46,96	16,62	5,51	2,57	86,3	0,19	8,42	8,61	817	1,6	Areia grossa cascalhenta
#19	0	3,57	8,03	31,88	30,89	2,71	2,87	76,4	0,37	19,68	20,05	439	2,0	Areia média lodosa ligeiramente cascalhenta
#20	0	3,81	7,32	39,41	47,24	1,60	0,52	96,1	0,06	0,04	0,10	506	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#21	1,71	1,39	3,79	27,94	52,62	7,30	1,42	93,1	0,12	3,71	3,83	414	1,5	Areia média ligeiramente cascalhenta
#22	1,95	13,23	14,9	42,38	24,82	1,94	0,61	84,7	0,07	0,10	0,17	861	1,6	Areia grossa cascalhenta
#23	6,47	6,75	8,90	31,94	42,42	3,39	0,13	86,8	0	0	0,00	581	1,6	Areia grossa cascalhenta
#24	0	1,20	4,11	32,12	47,76	9,10	0,72	93,8	0,11	4,88	4,99	427	1,5	Areia média ligeiramente cascalhenta
#25	5,78	3,77	9,22	33,89	44,73	2,55	0,06	90,5	0	0	0,00	552	1,6	Areia grossa cascalhenta
#26	3,36	3,26	5,32	13,94	50,11	22,73	1,19	93,3	0,05	0,04	0,09	321	1,5	Areia grossa cascalhenta
#27	0	0	1,82	10,23	66,99	14,81	2,16	96,0	0,14	3,85	3,99	339	1,3	Areia média cascalhenta
#28	0,78	2,11	3,16	14,43	59,99	14,81	1,61	94,0	0,11	3,00	3,11	339	1,3	Areia média ligeiramente cascalhenta
#29	0,18	0,72	1,97	16,88	68,98	5,86	2,03	95,7	0,16	3,22	3,38	375	1,3	Areia média ligeiramente cascalhenta
#30	0	3,90	8,77	37,24	44,73	4,35	0,84	95,9	0,10	0,07	0,17	499	1,6	Areia média ligeiramente cascalhenta
#31	2,54	5,86	11,55	41,82	31,50	6,02	0,67	91,6	0,03	0,01	0,04	713	1,6	Areia grossa cascalhenta
#32	0	2,26	11,93	44,97	37,34	2,64	0,72	97,6	0,06	0,08	0,14	648	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#33	2,29	2,69	5,13	36,89	37,98	6,26	1,58	87,8	0,15	7,03	7,18	478	1,6	Areia média ligeiramente cascalhenta
#34	0	1,54	5,95	37,25	49,77	5,19	0,29	98,5	0,01	0	0,01	472	1,5	Areia média ligeiramente cascalhenta
#35	0	3,14	7,54	49,51	28,05	6,95	1,2	93,3	0,07	3,54	3,61	661	1,6	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#36	1,30	5,60	10,62	56,59	24,60	1,07	0,03	97,2	0,02	0	0,02	814	1,4	Areia grossa cascalhenta
#37	1,44	1,41	4,66	62,16	29,60	0,7	0,03	97,2	0	0	0,00	695	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#38	0	0,94	3,98	24,99	63,91	6,07	0,11	99,1	0	0	0,00	407	1,4	Areia média ligeiramente cascalhenta
#39	0	0	4,38	20,13	68,45	6,81	0,22	99,9	0,01	0	0,01	383	1,3	Areia média

Continuação Anexo 2

Estação	Seixos (4000-8000)	Cascalho (2000-4000)	Areia muito grossa 1 (1000-2000)	Areia grossa 2 (500-1000)	Areia média 3 (250-500)	Areia fina 4 (125-250)	Areia muito fina 5 (63-125)	Areia (1+2+3+4+5)	Silte (38-63)	Argila (< 38)	Fracção fina (silte+ argila)	Mediana	So	Tipo sedimentar
#41	0	11,11	10,44	37,14	26,04	14,21	1,03	88,9	0,02	0,01	0,03	723	1,8	Areia grossa cascalhenta
#42	27,41	10,6	11,64	24,15	21,99	3,99	0,21	62,0	0,01	0,00	9,36	996	3,0	Cascalho arenoso
#43	0	0	2,04	65,67	32,25	0,04	0	100	0,00	0,00	7,91	624	1,4	Areia grossa
#44	37,12	13,04	13,03	24,83	11,87	0,11	0	49,8	0,00	0,00	66,07	2017	2,4	Cascalho arenoso
#45	2,38	5,74	16,43	54,16	21,14	0,11	0,04	91,9	0,00	0,00	63,09	838	1,4	Areia grossa cascalhenta
#46	0	0,78	5,58	43,92	49,68	0,04	0	99,2	0,00	0,00	55,54	503	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#47	27,22	15,42	10,14	31,69	15,25	0,26	0,02	57,4	0,00	0,00	29,72	1209	2,4	Cascalho arenoso
#48	0,47	2,74	8,04	73,43	15,27	0,05	0	96,8	0,00	0,00	3,76	832	1,3	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#49	0,37	5,72	22,55	66,45	4,88	0,03	0	93,9	0,00	0,00	0,15	915	1,2	Areia grossa cascalhenta
#50	3,35	3,88	13,25	74,07	5,39	0,06	0	92,8	0,00	0,00	14,05	895	1,1	Areia grossa cascalhenta
#51	0	1,42	6,62	71,86	19,95	0,15	0	98,6	0,00	0,00	53,08	810	1,3	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#52	0,46	4,97	19,61	64,89	9,66	0,39	0,02	94,6	0,00	0,00	6,94	893	1,1	Areia grossa cascalhenta
#53	0	1,18	5,25	67,09	26,32	0,16	0	98,8	0,00	0,00	0,00	701	1,4	Areia grossa cascalhenta
#54	0	0,29	4,48	38,24	56,32	0,67	0	99,7	0,00	0,00	0,01	468	1,4	Areia média ligeiramente cascalhenta
#55	0	0	1,49	30,52	64,44	3,49	0,06	100	0,00	0,00	10,67	416	1,4	Areia média
#56	0	1,07	5,00	57,37	36,19	0,32	0,05	98,9	0,00	0,00	0,07	650	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#57	0,38	1,11	4,02	21,48	45,55	26,36	1,07	98,5	0,02	0,01	0,17	303	1,5	Areia média ligeiramente cascalhenta
#58	0	0	2,46	48,90	37,07	11,48	0,09	100	0,00	0,00	8,61	520	1,7	Areia grossa
#59	0	0	1,69	42,49	54,37	1,43	0,02	100	0,00	0,00	20,05	468	1,5	Areia média
#60	0	0,83	4,78	55,16	38,93	0,30	0	99,2	0,00	0,00	0,10	610	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#61	7,88	4,57	8,49	48,19	30,06	0,79	0,02	87,6	0,00	0,00	3,83	817	1,5	Areia grossa cascalhenta
#62	17,79	9,52	15,05	45,36	12,19	0,09	0	72,7	0,00	0,00	0,17	949	1,7	Areia grossa cascalhenta
#63	1,98	2,82	6,87	77,36	10,88	0,08	0,01	95,2	0,00	0,00	0,00	862	1,2	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#64	0	3,37	10,31	74,55	11,73	0,04	0	96,6	0,00	0,00	4,99	864	1,2	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#65	7,9	15,19	24,77	46,33	5,78	0,03	0	76,9	0,00	0,00	0,00	988	1,5	Areia grossa cascalhenta
#66	5,73	8,30	16,26	55,17	14,50	0,04	0	86,0	0,00	0,00	0,09	886	1,4	Areia grossa cascalhenta
#67	0	1,40	7,34	59,7	31,51	0,05	0	98,6	0,00	0,00	3,99	670	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#68	0	1,85	8,56	45,58	43,84	0,15	0,02	98,2	0,00	0,00	3,11	570	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#69	5,14	10,27	14,02	42,45	27,89	0,23	0	84,6	0,00	0,00	3,38	845	1,6	Areia grossa cascalhenta
#70	42,19	7,42	13,28	21,02	15,97	0,11	0,01	50,4	0,00	0,00	0,17	1960	2,5	Cascalho arenoso
#71	3,11	5,50	9,01	55,78	26,57	0,03	0	91,4	0,00	0,00	0,04	773	1,4	Areia grossa cascalhenta
#72	1,53	5,18	12,07	61,12	20,05	0,04	0,01	93,3	0,00	0,00	0,14	844	1,3	Areia grossa cascalhenta
#73	0,84	3,75	10,75	50,47	34,14	0,04	0,01	95,4	0,00	0,00	7,18	682	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#74	1,47	0,77	5,45	44,03	48,24	0,04	0	97,8	0,00	0,00	0,01	517	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#75	2,95	6,89	15,8	60,51	13,84	0,01	0	90,2	0,00	0,00	3,61	879	1,2	Areia grossa cascalhenta
#76	0	1,49	6,50	62,50	29,47	0,04	0	98,5	0,00	0,00	0,02	708	1,4	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#77	0	0	2,22	64,86	32,88	0,04	0	100	0,00	0,00	0,00	621	1,4	Areia grossa
#78	0	0	2,79	54,83	42,33	0,05	0	100	0,00	0,00	0,00	559	1,4	Areia grossa
#79	4,21	9,58	19,63	44,46	21,88	0,23	0,01	86,2	0,00	0,00	0,01	884	1,6	Areia grossa cascalhenta
#80	0	0	6,75	80,31	12,87	0,04	0,03	100	0,00	0,00	0,03	828	1,2	Areia grossa
#81	0	0,58	3,04	69,17	26,97	0,24	0	99,4	0,00	0,00	9,36	672	1,3	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#82	0	3,68	7,04	48,08	40,67	0,51	0,02	96,3	0,00	0,00	7,91	590	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta

Continuação Anexo 2

Estação	Seixos (4000-8000)	Cascalho (2000-4000)	Areia muito grossa 1 (1000-2000)	Areia grossa 2 (500-1000)	Areia média 3 (250-500)	Areia fina 4 (125-250)	Areia muito fina 5 (63-125)	Areia (1+2+3+4+5)	Silte (38-63)	Argila (<38)	Fracção fina (silte+ argila)	Mediana	So	Tipo sedimentar
#83	0	1,41	8,46	72,83	17,25	0,05	0	98,6	0,00	0,00	0,00	824	1,3	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#84	18,01	8,40	6,97	35,56	28,96	1,95	0,15	73,6	0,00	0,00	0,00	846	2,3	Areia grossa cascalhenta
#85	2,13	4,18	6,09	34,28	52,04	1,24	0,04	93,7	0,00	0,00	0,00	481	1,5	Areia média cascalhenta
#86	0	1,02	9,02	50,97	38,82	0,14	0,03	99,0	0,00	0,00	0,00	628	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#87	0	3,26	11,51	50,45	34,71	0,06	0,01	96,7	0,00	0,00	0,00	718	1,5	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#88	0	0,51	8,95	72,57	17,79	0,18	0	99,5	0,00	0,00	0,00	849	1,2	Areia grossa ligeiramente cascalhenta
#89	0	0	1,95	55,94	39,26	2,72	0,13	100	0,00	0,00	0,00	572	1,4	Areia grossa
#90	0	0	2,41	12,10	43,02	31,51	6,60	95,6	0,39	3,97	4,36	267	1,4	Areia média

Anexo 3. Valores percentuais dos sólidos e da matéria orgânica total (MOT) determinados nas amostras de sedimentos superficiais analisadas.

Estação	Sólidos (%)	MOT (%)	Estação	Sólidos (%)	MOT (%)
#1	81	1,2	#47	84	0,5
#2	80	1,2	#48	75	0,5
#3	76	0,5	#49	82	1,3
#4	51	5,8	#50	86	0,5
#5	61	4,1	#51	81	0,4
#6	63	4,1	#52	83	0,5
#7	69	2,7	#53	78	0,3
#8	79	1,3	#54	78	0,7
#9	81	0,9	#55	81	0,4
#10	75	2,0	#56	81	0,4
#11	59	4,3	#57	73	1,3
#12	73	3,0	#58	71	0,9
#13	80	0,3	#59	80	0,4
#14	82	0,6	#60	88	0,6
#15	75	1,7	#61	82	0,7
#16	81	1,2	#62	90	0,6
#17	79	1,5	#63	81	0,3
#18	68	2,9	#64	82	0,4
#19	70	2,4	#65	89	0,5
#20	76	1,7	#66	80	0,8
#21	82	1,1	#67	80	0,5
#22	73	1,3	#68	83	0,3
#23	82	0,9	#69	83	0,5
#24	80	0,9	#70	79	0,6
#25	85	0,8	#71	82	0,4
#26	80	0,6	#72	81	0,7
#27	83	0,7	#73	81	0,5
#28	81	1,1	#74	82	0,6
#29	81	0,7	#75	89	0,5
#30	67	3,2	#76	82	0,4
#31	83	0,5	#77	80	0,3
#32	79	1,4	#78	79	0,4
#33	81	2,0	#79	79	0,7
#34	81	1,0	#80	81	0,6
#35	82	1,1	#81	80	0,3
#36	80	0,8	#82	84	0,6
#37	81	0,9	#83	81	0,6
#38	81	0,8	#84	86	1,0
#39	79	0,7	#85	81	0,4
#41	79	0,9	#86	79	0,5
#42	79	0,7	#87	81	0,6
#43	94	0,1	#88	82	0,6
#44	81	1,0	#89	78	0,5
#45	79	0,5	#90	77	1,1
#46	82	0,5			

Anexo 4. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$) nos sedimentos superficiais amostrados em fevereiro de 2015.

amostra	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)
#1	3,2	<LQ1	17	4,7	1,5	3,0	13	0,014
#2	17	0,07	28	29	13	27	158	1,9
#3	3,8	<LQ1	19	11	3,8	6,5	29	0,052
#4	18	0,16	37	66	21	44	253	1,3
#5	26	0,24	42	58	23	54	299	2,0
#6	19	0,15	30	44	17	33	207	1,8
#7	12	0,05	21	63	10	24	123	0,71
#8	2,5	<LQ1	17	6,6	1,9	3,8	15	0,029
#9	1,9	<LQ1	22	4	1,3	2,8	9,4	0,021
#10	5,6	<LQ1	17	12	5,4	6,8	31	0,061
#11	17	0,07	45	43	19	30	187	1,1
#12	6,0	0,01	13	10	5,4	8,2	47	0,12
#13	2,2	<LQ1	34	1,4	0,7	1,3	2,9	0,004
#14	3,6	<LQ1	36	3,9	2,0	3,1	3,5	0,015
#15	4,5	<LQ1	20	12	4,8	7,2	36	0,064
#16	1,3	<LQ1	23	5,4	1,7	3,5	14	0,026
#17	3,1	<LQ1	18	12	4,4	5,5	25	0,072
#18	6,8	<LQ1	18	12	5,9	10	123	0,051
#19	5,4	<LQ1	23	30	10	13	82	0,16
#20	2,0	<LQ1	20	5,0	2,1	2,5	9,6	0,027
#21	1,8	<LQ1	19	5,2	1,5	2,7	29	0,018
#22	5,2	<LQ1	34	35	11	15	91	0,1
#23	1,6	<LQ1	31	1,8	1,3	1,1	0,9	0,006
#24	2,3	<LQ1	26	0,9	1,1	1,2	0,8	0,005
#25	0,7	<LQ1	22	2,3	1,1	2,0	12	0,016
#26	2,0	<LQ1	17	4,9	1,7	2,7	13	0,030
#27	1,2	<LQ1	16	6,3	2,4	3,1	16	0,037
#28	2,7	<LQ1	19	6,1	2,5	4,4	15	0,033
#29	2,1	<LQ1	21	6,2	3,3	2,6	12	0,034
#30	1,1	<LQ1	21	4,9	2,5	2,8	10	0,018
#31	3,0	<LQ1	27	5,1	3,0	2,9	6,1	0,025
#32	3,6	<LQ1	21	8,9	5,2	5,9	36	0,52
#33	2,6	<LQ1	28	2,8	2,0	3,9	2,4	0,017
#34	0,4	<LQ1	25	9,3	3,9	12	32	0,046
#35	6,2	<LQ1	24	11	4,7	6,6	32	0,049
#36	0,2	<LQ1	21	1,3	1,1	1,1	6,5	<0,005
#37	2,2	<LQ1	28	0,9	1,0	1,0	3,1	<0,005
#38	2,3	<LQ1	19	1,4	1,5	1,9	7,4	0,007
#39	1,7	0,02	13	4,0	1,6	2,6	9,3	0,022
#41	1,1	0,02	12	2,0	3,6	2,3	10	0,010
#42	1,4	<LQ1	18	2,8	2,4	2,7	15	0,006
#43	0,3	<LQ1	32	0,3	0,9	0,5	3,5	<0,005
#44	1,0	0,01	24	0,6	1,5	0,9	3,1	<0,005
#45	1,3	<LQ1	40	0,9	1,5	1,1	3,5	<0,005
#46	0,8	0,00	34	0,3	0,4	0,8	1,9	<0,005
#47	0,7	<LQ1	34	0,3	1,1	0,6	1,6	<0,005
#48	0,7	0,02	30	0,3	0,7	0,6	6,2	<0,005
#49	0,4	<LQ1	33	0,4	1,1	0,4	1,1	<0,005

LQ1 – 0,6 $\mu\text{g L}^{-1}$

Continuação Anexo 4

amostra	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)
#50	0,3	<LQ1	31	0,3	0,8	0,4	3,0	<0,005
#51	0,4	<LQ1	29	0,1	0,6	0,5	3,7	<0,005
#52	0,4	<LQ1	27	0,4	2,3	0,5	0,5	<0,005
#53	0,4	<LQ1	28	0,2	0,5	0,5	1,8	<0,005
#54	0,4	<LQ1	22	0,5	1,6	0,6	0,1	<0,005
#55	0,5	<LQ1	30	0,2	1,1	0,7	1,3	<0,005
#56	0,5	0,03	28	0,3	1,4	1,0	9,4	<0,005
#57	0,6	0,02	9,9	1,3	2,7	1,6	9,7	0,008
#58	0,5	<LQ1	20	0,8	2,9	0,9	4,5	<0,005
#59	0,6	0,01	26	1,4	0,8	0,8	3,4	<0,005
#60	0,5	0,04	32	0,6	0,9	0,7	6,7	<0,005
#61	0,6	0,01	33	0,4	0,8	1,0	10	<0,005
#62	0,6	0,02	38	0,2	0,8	0,6	4,4	<0,005
#63	0,5	0,03	42	0,3	0,7	0,8	7,5	<0,005
#64	0,4	0,04	40	0,3	0,4	0,9	7,6	<0,005
#65	0,8	0,02	40	0,4	0,8	0,8	3,7	<0,005
#66	1,0	0,02	33	0,6	0,9	1,0	6,5	<0,005
#67	0,9	0,01	33	0,3	0,6	0,8	2,0	<0,005
#68	1,2	<LQ1	31	0,8	2,4	1,0	5,8	<0,005
#69	0,9	0,01	26	0,4	0,6	1,1	5,7	<0,005
#70	0,9	0,02	27	0,2	0,7	0,9	9,6	<0,005
#71	0,9	0,04	33	0,4	0,7	0,9	10	<0,005
#72	1,2	0,04	37	0,5	0,8	1,0	8,1	<0,005
#73	1,3	0,02	35	0,7	0,8	2,5	7,6	<0,005
#74	0,9	0,03	35	0,5	0,5	0,9	9,6	<0,005
#75	0,9	0,04	33	0,4	0,5	1,0	9,1	<0,005
#76	0,6	0,03	29	1,4	0,4	0,9	28	<0,005
#77	1,0	0,09	37	0,5	0,8	1,6	17	<0,005
#78	1,0	0,07	44	0,3	0,6	0,9	6,6	<0,005
#79	1,1	<LQ1	35	0,4	0,6	0,7	5,6	<0,005
#80	1,2	0,01	67	0,6	1,1	0,7	2,8	<0,005
#81	1,1	0,01	44	0,3	0,7	0,7	5,3	<0,005
#82	0,8	0,01	57	0,9	1,2	0,6	4,5	<0,005
#83	0,8	<LQ1	57	0,4	1,1	0,9	1,7	<0,005
#84	0,7	0,01	49	0,6	1,1	1,0	2,6	<0,005
#85	0,6	<LQ1	39	0,4	0,9	0,7	4,6	<0,005
#86	0,6	<LQ1	43	2,8	0,9	0,8	3,2	<0,005
#87	0,6	<LQ1	45	0,4	0,7	0,5	3,4	<0,005
#88	0,6	<LQ1	35	0,3	0,5	0,4	1,0	<0,005
#89	0,8	0,01	39	0,7	0,8	0,9	5,3	0,020
#90	1,4	0,07	21	6,5	3,2	15	91	0,038
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3

Anexo 5. Concentrações de tPCB, tPAH e HCB (ng g^{-1}) nos sedimentos superficiais amostrados em fevereiro de 2015.

amostra	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})
#1	0,29	12	0,05
#2	4,7	138	0,09
#3	4,6	85	0,06
#4	12	802	0,1
#5	16	2438	0,05
#6	7,0	849	0,07
#7	5,2	1789	0,05
#8	0,61	57	0,1
#9	6,4	36	0,04
#10	0,71	112	<0,01
#11	0,39	1248	0,09
#12	4,1	490	0,04
#13	<0,01	21	0,02
#14	0,24	26	0,03
#15	1,7	256	0,05
#16	1,0	34	0,1
#17	1,3	102	0,07
#18	4,1	666	0,03
#19	5,5	134	0,1
#20	0,47	13	<0,01
#21	0,44	28	<0,01
#22	0,16	138	<0,01
#23	0,00	4,7	<0,01
#24	0,17	2,4	<0,01
#25	0,31	3,8	<0,01
#26	0,09	22	<0,01
#27	0,28	20	<0,01
#28	0,52	85	<0,01
#29	0,91	35	<0,01
#30	0,23	559	<0,01
#31	0,52	19	<0,01
#32	0,48	31	<0,01
#33	0,32	32	<0,01
#34	0,04	85	<0,01
#35	0,15	37	<0,01
#36	0,23	716	<0,01
#37	<0,01	2,7	<0,01
#38	0,86	1,5	<0,01
#39	0,62	39	<0,01
#41	0,26	6,8	<0,01
#42	0,18	4,9	<0,01
#43	0,15	1,4	<0,01
#44	0,23	2,9	<0,01
#45	0,25	1,8	<0,01
#46	0,22	2,6	<0,01
#47	0,20	4,8	<0,01
#48	0,24	1,1	<0,01
#49	0,21	0,4	<0,01
#50	1,9	2,6	<0,01
#51	1,3	0,4	<0,01
#52	1,7	0,4	<0,01
#53	2,0	0,3	<0,01
#54	1,7	0,4	<0,01
#55	1,3	0,4	<0,01
#56	0,02	0,4	<0,01
#57	1,8	23	<0,01
#58	0,03	0,4	<0,01
#59	1,4	0,3	<0,01
#60	1,2	0,3	<0,01
#61	1,3	3,4	<0,01
#62	1,1	0,3	<0,01

Continuação Anexo 4

amostra	tPCB (ng g ⁻¹)	tPAH (ng g ⁻¹)	HCB (ng g ⁻¹)
#63	1,4	0,3	<0,01
#64	0,65	0,3	<0,01
#65	1,0	0,4	<0,01
#66	1,0	44	<0,01
#67	0,02	0,3	<0,01
#68	1,2	0,3	<0,01
#69	0,89	1,0	<0,01
#70	0,92	0,3	<0,01
#71	0,93	0,3	<0,01
#72	0,87	0,2	<0,01
#73	0,87	0,3	<0,01
#74	0,87	0,2	<0,01
#75	0,88	0,0	<0,01
#76	1,0	0,0	<0,01
#77	0,88	0,0	<0,01
#78	1,4	0,0	<0,01
#79	1,1	0,0	<0,01
#80	1,0	0,3	<0,01
#81	1,2	0,3	<0,01
#82	1,3	0,2	<0,01
#83	1,4	0,0	<0,01
#84	1,2	0,0	<0,01
#85	2,0	0,0	<0,01
#86	0,09	0,0	<0,01
#87	0,04	0,0	<0,01
#88	0,36	0,0	<0,01
#89	0,42	0,0	<0,01
#90	1,37	49	<0,01
Classe 1	< 5	< 300	< 0,5
Classe 2	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5
Classe 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10

Caraterização dos Sedimentos em profundidade para o projeto de melhoria das acessibilidades ao Porto de Setúbal



Relatório Técnico
Agosto de 2015

Equipa: Mário Mil-Homens, Miguel Caetano, Cristina Micaelo, Isabelina Santos, Joana Raimundo, Pedro Brito, Rute Granja, Rui Silva

Introdução

No âmbito do programa de "Estudo de Caracterização de Sedimentos em Profundidade para o Projeto de Melhoria das Acessibilidades ao Porto de Setúbal", o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. (IPMA), por solicitação da Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra, S.A. (APSS) procedeu à caracterização química dos sedimentos em profundidade. A caracterização das colunas sedimentares envolveu a determinação dos elementos em traço (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn) e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), compostos bifenilos policlorados (PCB), e hexaclorobenzeno (HCB).

Amostragem

Tendo por base os resultados da avaliação de qualidade das amostras superficiais, procedeu-se à colheita de 5 cores de sedimentos (fig. 1, Tabela 1):

- 1) quatro cores colhidos no "Canal Norte" (contemplando a área estuarina) coincidentes com as localizações das estações 2 e 6 (estações classificadas como classe 3) e das estações 18 e 36 (estações classificadas como classe 2).
- 2) um core colhido no "Canal Barra" (área marinha) na localização da estação 82 (estação classificada como classe 2).

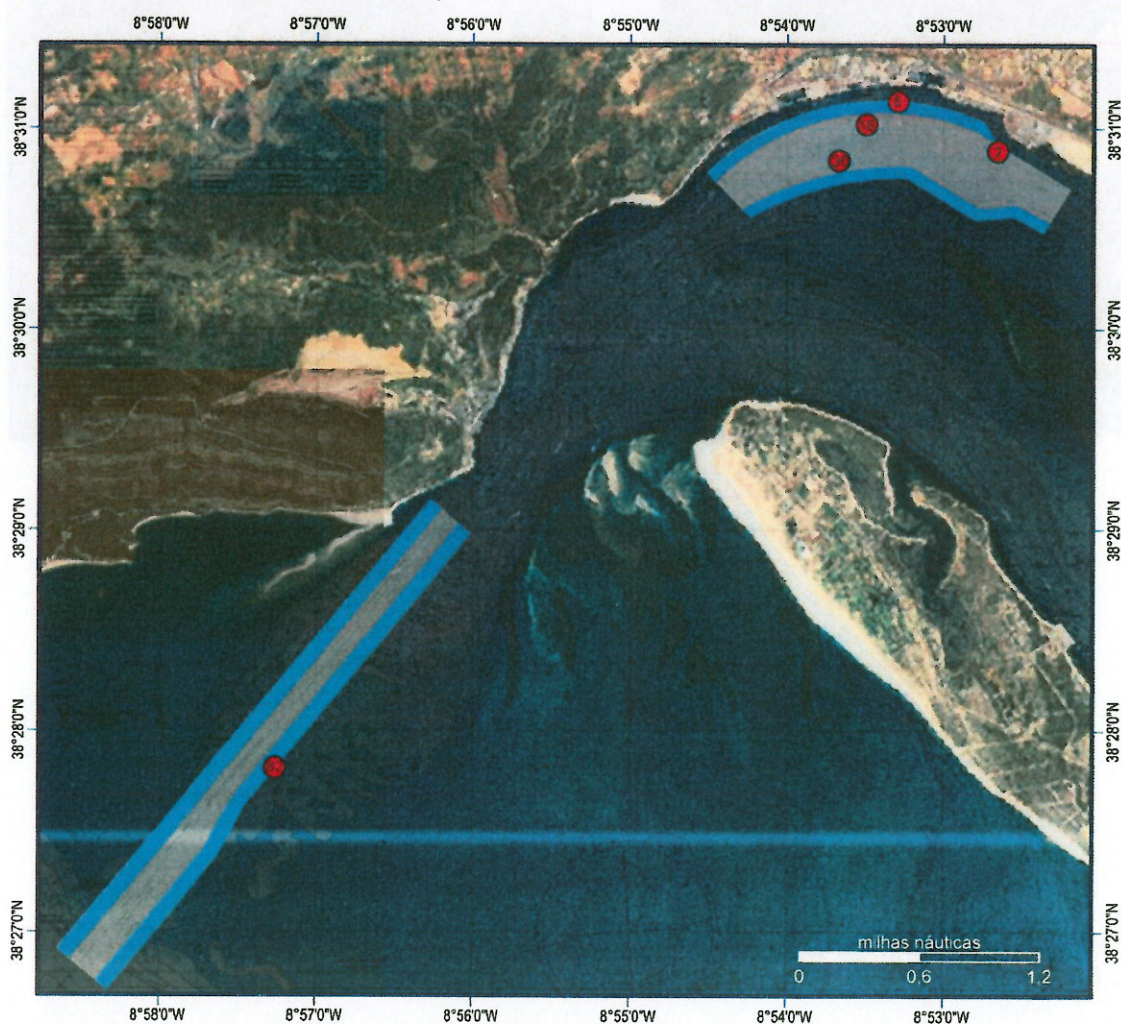


Figura 1. Esquema da localização das estações nas duas zonas definidas como Canal Norte e Canal Barra.

Métodos

Em laboratório as amostras foram divididas para a determinação dos elementos em traço e compostos orgânicos. As porções destinadas às restantes análises foram secas a 40 °C. As amostras para quantificação de metais foram peneiradas num peneiro de 2 mm de malha quadrada e moídas. As concentrações de arsénio (As), cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) foram determinadas por espectrometria de massa acoplada a plasma induzido (ICP-MS; Thermo Elemental - X-series), enquanto que o Hg foi medido por decomposição térmica acoplada a espectrometria de absorção atómica (ET-AAS; Leco AMA 254 Mercury analyser).

Para determinação dos compostos orgânicos (PAH, PCB, HCB) os sedimentos foram sujeitos a diversos procedimentos analíticos. A quantificação destes compostos orgânicos foi efectuada por cromatografia acoplada a espectrometria de massa (GC-MS; Thermo DSQ) e por cromatografia gasosa com detector de captura de electrões (GC-ECD; Hewlett Packard 6890). Os 16 PAHs determinados foram: acenaftileno (ANY), acenafteno (ANA), fluoreno (F), fenantreno (P), antraceno (A), fluoranteno (FL), pireno (PY), benzo[α]antraceno (Ba), criseno (C), benzo[β]fluoranteno (BBF), benzo[K]fluoranteno (BKF), benzo[e]pireno (BEP), benzo[α]pireno (BAP), dibenzo[α,h]antraceno (DBA), benzo[ghi]perileno (BPE), perileno (PER) e indeno[1,2,3- cd]pireno (IN). Os compostos organoclorados determinados foram os congêneres IUPAC CB26, CB52, CB 101, CB CB118, CB138, CB153 e CB 180.

Elementos em traço

Para a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, as amostras de sedimentos (cerca de 0,1 g) foram digeridas usando a metodologia EPA 3050B que consiste na adição de HNO₃ a 95 $\pm$ 5 °C durante 2h 15 min deixando evaporar até cerca de 2,5 mL de volume. Após deixar arrefecer são adicionadas H₂O₂ (a 30%) e água ultra-pura Milli-Q a 95 $\pm$ 5 °C. O volume final é aferido com água ultra-pura Milli-Q a 50 mL. O controle de qualidade do método analítico é assegurado através da inclusão de 5 brancos de reagentes e de 5 amostras do material certificado de referência MESS-3 (*National Research Council of Canada*) preparadas em simultâneo com as restantes amostras estudadas (Tabela 1). A justificação para o facto dos valores obtidos para a maioria dos elementos estudados encontrar-se abaixo dos valores certificados está associada com a utilização de uma digestão ácida que não assegurou a decomposição total da amostra. As concentrações dos elementos estudados foram calculadas a partir de uma curva de calibração externa, com adição de padrão interno. Para a determinação de Hg a análise foi efectuada directamente no sedimento seco de acordo com o método descrito por Canário et al. (2005). O controle de qualidade do método analítico foi assegurado através da quantificação de 6 replicados do material certificado de referência MESS-3 (Tabela 2).

Tabela 2. Valores certificados e obtidos para os elementos estudados no MESS-3.

Elemento	Valor certificado $\pm$ incerteza expandida	Valor medido (média $\pm$ desvio padrão)
As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	21,2 $\pm$ 1,1	17,5 $\pm$ 1,1
Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,24 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,01
Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	105 $\pm$ 4	256,7 $\pm$ 2,8
Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	32,2 $\pm$ 2	28,4 $\pm$ 1,8
Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	46,9 $\pm$ 2,2	36,7 $\pm$ 3,2
Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	21,1 $\pm$ 0,7	17,0 $\pm$ 1,7
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	159 $\pm$ 8	133 $\pm$ 15
Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,091 $\pm$ 0,009	0,090 $\pm$ 0,001

Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH)

Os PAH dos sedimentos foram extraídos num equipamento ASE da DIONEX, com uma mistura de hexano/acetona (1:1), após a adição de um padrão interno deuterado (SUPELCO), composto por d10-acenafteno, d10-fenantreno, d12-criseno, d12-perileno. Os extractos depois de purificados em coluna de sílica/alumina (1:1) foram injectados num GC-MS, operando em modo Selected Ion Monitoring, com coluna capilar J&W, DB5 (30 m) e amostrador automático. Os PAH foram identificados com base na comparação dos tempos de retenção e na razão dos iões (m/z) de uma solução padrão de referência internacional NIST 2260a, contendo os mesmos analitos. A quantificação foi efectuada pelo método do padrão interno, através de rectas de calibração com 9 concentrações dessa solução padrão (Martins et al., 2008).

Compostos organoclorados

Para a determinação de HCB e dos congéneres de PCB, os sedimentos foram extraídos em Soxhlet, com hexano durante 17 h. Após purificação com Florisil e H₂SO₄, os extractos foram injectados num GC-ECD com amostrador automático e coluna capilar DB-5 (J&W Scientific) de 60 m de comprimento. A quantificação dos vários compostos foi efectuada através de soluções padrão, utilizando retas de calibração e o método do padrão externo (Ferreira and Vale, 1995).

Análise e discussão dos resultados

Concentrações de elementos em traço e compostos orgânicos

As concentrações em elementos em traço e compostos orgânicos nas amostras de sedimentos estudadas são apresentadas nas Tabelas 3 (estação 2), 4 (estação 6), 5 (estação 18), 6 (estação 36) e 7 (estação 82). Nestas tabelas encontram-se também representadas as três primeiras classes de classificação de materiais dragados conforme com o disposto na Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro.

De um modo geral os sedimentos estudados são maioritariamente constituídos por areia, com excepção dos 40 primeiros centímetros do core 36 constituídos maioritariamente por sedimentos silto-argilosos. As partículas sedimentares mais finas apresentam uma elevada superfície específica da qual resulta uma grande afinidade com os elementos em traço e contaminantes orgânicos tais como Hg, Zn, Cd, Cu e PAHs, respectivamente.

Os sedimentos analisados são classificados predominantemente como classe 2 (Material dragado com contaminação vestigiária - pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo) devido às concentrações em Cr. A origem de valores elevados de Cr em sedimentos arenosos pode estar associada à presença de minerais pesados (por exemplo piroxenas e anfíbolos) resultantes da erosão e meteorização de formações do complexo intrusivo de Sines composto por rochas ígneas básicas e intermédias (por exemplo gabros, dioritos e sienitos), tendo por isso mesmo uma origem essencialmente litogénica (Mil-Homens et al., 2014). O transporte destes minerais é associado a processos de deriva litoral de S para N associado a eventos de alta energia de SW (Jesus et al., 2007; Miranda et al., 2007).

Tabela 3. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg em ($\mu\text{g g}^{-1}$) e de tPCB, tPAH e HCB em (ng g^{-1}) nos sedimentos do core 2.

Profundidade (cm)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	Classe
(0-10)	1,9	0,01	58	2,7	3,7	2,5	21	0,027	0,15	29	<LD	2
(10-20)	1,8	0,02	36	3,7	3,8	3,4	24	0,093	0,30	25	<LD	1
(20-40)	0,46	<LQ	36	2,3	4,9	2,0	8,2	0,021	<LD	48	<LD	1
(40-60)	1,3	0,01	39	1,1	3,6	1,1	2,3	0,005	0,15	<LD	<LD	1
(60-80)	1,9	0,01	76	1,8	5,5	1,5	37	0,003	<LD	<LD	<LD	2
(80-100)	1,4	0,02	46	1,4	3,9	1,3	4,8	0,003	<LD	2	<LD	1
(100-120)	1,2	0,01	44	1,0	3,3	1,0	2,6	0,003	0,16	<LD	<LD	1
(120-140)	1,0	0,03	45	1,2	3,0	0,90	4,4	0,004	<LD	<LD	<LD	1
(140-160)	1,2	0,01	54	1,3	3,7	1,1	3,9	0,004	0,11	2	<LD	2
(160-180)	1,3	0,03	47	1,8	4,3	1,4	5,7	0,004	<LD	<LD	<LD	1
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5	< 5	< 300	< 0,5	1
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5	2
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10	3

LD – limite de detecção

Tabela 4. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg em ($\mu\text{g g}^{-1}$) e de tPCB, tPAH e HCB em (ng g^{-1}) nos sedimentos do core 6.

Profundidade (cm)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	Classe
(0-10)	1,7	0,02	44	1,6	5,0	3,3	4,5	0,005	0,02	1	1,3	2
(10-20)	1,6	0,03	38	1,3	3,4	2,5	6,0	0,004	0,02	2	1,0	2
(20-40)	1,8	0,02	58	1,8	3,4	2,3	7,7	0,005	0,02	<LD	<LD	2
(40-60)	1,7	0,01	64	1,6	3,4	2,7	4,4	0,006	0,02	15	<LD	2
(60-80)	1,3	0,01	53	1,2	2,6	1,2	2,3	0,003	0,02	1	<LD	2
(80-100)	1,5	0,01	69	1,3	2,6	2,7	3,9	0,003	0,02	192	<LD	2
(100-120)	1,5	0,01	43	1,0	2,2	0,80	15	0,002	0,05	1	<LD	1
(120-140)	1,6	0,01	56	1,2	2,4	1,7	3,9	0,002	0,05	<LD	<LD	2
(140-160)	1,7	0,02	50	1,1	2,5	0,94	7,5	0,002	0,05	1	<LD	1
(160-180)	1,7	0,01	56	1,1	2,5	1,0	6,7	0,004	0,05	<LD	<LD	2
(180-200)	1,6	0,01	49	1,3	2,9	4,7	4,6	0,004	0,05	1	<LD	1
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5	< 5	< 300	< 0,5	1
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5	2
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10	3

LD – limite de detecção

Tabela 5. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg em ($\mu\text{g g}^{-1}$) e de tPCB, tPAH e HCB em (ng g^{-1}) nos sedimentos do core 18.

Profundidade (cm)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	Classe
(0-10)	0,66	0,03	69	1,3	3,2	0,87	12	0,0011	0,29	<LD	0,06	2
(10-20)	0,63	0,02	55	1,3	3,4	0,86	11	0,0025	4,7	<LD	0,09	2
(20-40)	0,86	0,03	60	3,0	4,1	1,2	14	0,0035	4,6	1	0,06	2
(40-60)	0,62	0,02	71	1,3	3,3	0,78	20	<LD	12	<LD	0,1	2
(60-80)	0,74	0,01	69	1,1	3,0	0,83	3,2	<LD	16	<LD	0,05	2
(80-100)	0,63	0,01	63	1,1	3,2	0,70	9,9	<LD	7,0	<LD	0,07	2
(100-120)	0,64	0,02	63	1,2	3,2	0,52	7,0	<LD	<LD	<LD	<LD	2
(120-140)	0,86	0,02	63	1,4	4,6	1,3	6,4	<LD	0,02	<LD	<LD	2
(140-160)	0,65	0,01	57	1,1	2,8	0,59	7,6	<LD	<LD	<LD	<LD	2
(160-180)	0,67	0,02	87	1,1	4,0	0,97	5,0	<LD	0,36	<LD	0,4	2
(180-200)	0,81	0,01	71	1,5	4,4	0,94	8,6	<LD	1,5	<LD	<LD	2
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5	< 5	< 300	< 0,5	1
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5	2
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10	3

LD – limite de detecção

Tabela 6. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg em ($\mu\text{g g}^{-1}$) e de tPCB, tPAH e HCB em (ng g^{-1}) nos sedimentos do core 36.

Profundidade (cm)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	Classe
(0-10)	4,5	0,06	30	13	6,5	13	46	0,096	2,3	1839	<LD	2
(10-20)	6,7	0,10	66	15	8,8	12	71	0,24	2,5	138	<LD	2
(20-40)	4,0	0,05	28	5,2	4,6	6,3	31	0,066	0,18	340	<LD	2
(40-60)	2,1	0,03	37	2,4	3,1	2,8	13	0,011	0,12	7,2	<LD	1
(60-80)	1,5	<LQ	59	0,86	2,4	0,90	1,3	0,002	0,35	<LD	<LD	2
(80-100)	1,4	0,01	51	0,83	3,4	0,58	<LQ	0,002	0,11	<LD	<LD	2
(100-120)	1,2	0,04	48	0,55	3,2	0,54	<LQ	0,002	0,09	<LD	<LD	1
(120-140)	1,2	0,01	56	0,74	2,9	0,62	0,20	0,002	0,07	<LD	<LD	2
(140-160)	1,1	0,02	47	0,66	2,9	0,59	0,64	0,002	0,09	<LD	<LD	1
(160-180)	1,0	0,01	42	0,57	2,5	1,0	<LQ	0,001	0,07	<LD	<LD	1
(180-200)	1,1	0,02	52	0,99	2,9	0,82	4,0	0,001	0,04	<LD	<LD	2
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5	< 5	< 300	< 0,5	1
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5	2
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10	3

LD – limite de detecção

Tabela 7. Concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg em ($\mu\text{g g}^{-1}$) e de tPCB, tPAH e HCB em (ng g^{-1}) nos sedimentos do core 82.

Profundidade (cm)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	tPCB (ng g^{-1})	tPAH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	Classe
(0-10)	1,0	0,01	77	0,90	3,0	0,81	4,7	0,001	0,2	<LD	<LD	2
(10-20)	1,0	0,01	89	1,3	3,2	0,95	5,7	0,001	1	<LD	<LD	2
(20-40)	0,95	<LQ	75	1,1	2,8	0,66	5,5	0,001	<LD	<LD	0,47	2
(40-60)	0,93	0,01	82	1,2	3,4	1,05	7,0	0,001	<LD	<LD	<LD	2
(60-80)	0,78	<LQ	75	0,92	3,1	0,58	2,9	0,002	<LD	<LD	<LD	2
(80-100)	0,66	0,01	75	0,95	3,0	0,58	3,4	0,001	0,04	<LD	<LD	2
(100-120)	0,41	0,03	38	0,87	1,8	0,45	7,2	0,001	0,02	<LD	<LD	1
(120-140)	0,54	0,01	85	0,80	2,5	0,51	3,0	<LD	0,02	<LD	<LD	2
(140-160)	0,73	0,01	42	0,74	1,8	0,50	2,8	<LD	0,02	<LD	<LD	1
(160-180)	0,55	<LQ	53	0,71	2,2	0,61	5,8	<LD	0,02	<LD	<LD	2
Classe 1	< 20	< 1	< 50	< 35	< 30	< 50	< 100	< 0,5	< 5	< 300	< 0,5	1
Classe 2	20 - 50	1 - 3	50 - 100	35 - 150	30 - 75	50 - 150	100 - 600	0,5 - 1,5	5 - 25	300 - 2000	0,5 - 2,5	2
Classe 3	50 - 100	3 - 5	100 - 400	150 - 300	75 - 125	150 - 500	600 - 1000	1,5 - 3	25 - 100	2000 - 6000	2,5 - 10	3

LD – limite de detecção

Considerações finais

Em conformidade com a Portaria nº 1450/2007 de 12 de Novembro, os sedimentos analisados são classificados como Classe 1 e 2, esta última condicionada pelas concentrações de Cr.

Referências

- Canário, J., Vale, C., Caetano, M., 2005. Distribution of monomethylmercury and mercury in surface sediments of the Tagus Estuary (Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, 50(10): 1142-1145.
- Ferreira, A.M., Vale, C., 1995. The importance of runoff to DDT and PCB inputs to the Sado estuary and Ria Formosa. *Netherland Journal of Aquatic Ecology*, 29(3-4): 211-216.
- Jesus, C.C., Miranda, P., Rocha, F., Oliveira, A., 2007. Fine-fraction mineralogy and geochemistry of beach sediments of SW Portugal as markers of sedimentary dynamics. *Journal of Coastal Research*(SI 50): 990-994.
- Martins, M., Ferreira, A.M., Vale, C., 2008. The influence of *Sarcocornia fruticosa* on retention of PAHs in salt marsh sediments (Sado estuary, Portugal). *Chemosphere*, 71(8): 1599-1606.
- Mil-Homens, M., Vale, C., Raimundo, J., Pereira, P., Brito, P., Caetano, M., 2014. Major factors influencing the elemental composition of surface estuarine sediments: The case of 15 estuaries in Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 84(1-2): 135-146.
- Miranda, P., Jesus, C.C., Bernardes, C., Rocha, F., 2007. Interpreting beach sedimentary dynamics between Troia and Sines (SW Portugal) using heavy minerals and textural analyses. *Journal of Coastal Research*(SI 50): 599-603.