MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL DAS DRAGAGENS DE MANUTENÇÃO DO PORTO DE AVEIRO E DO PORTO DA FIGUEIRA DA FOZ

9º RELATÓRIO

“Porto de Aveiro. Relatório de Monitorização na Zona Costeira de Aveiro. Monitorização das Comunidades Bentónicas”

SETEMBRO 2015

PROMAN
CENTRO DE ESTUDOS E PROJECTOS, S.A.

MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL DAS DRAGAGENS DE MANUTENÇÃO DO PORTO DE AVEIRO E DO PORTO DA FIGUEIRA DA FOZ

9º RELATÓRIO

"Porto do Aveiro. Relatório de Monitorização na Zona Costeira de Aveiro. Monitorização das Comunidades Bentónicas"

ÍNDICE

➢ Peças Escritas

1. INTRODUÇÃO 1

1.1 Âmbito 1

1.2 Objetivos 2

1.3 Enquadramento legal 2

1.4 Estrutura do relatório 3

1.5 Autoria técnica do relatório 3

1.6 Descrição sumária da intervenção 3

2. ANTECEDENTES 5

2.1 Processo de AIA 5

2.2 Impactos previstos no EIA 5

2.3 Medidas de minimização propostas e implementadas 8

2.4 Campanhas de monitorização anteriores 8

3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO 9

3.1 Parâmetros a medir. Locais de amostragem 9

3.2 Métodos e equipamentos de recolha de dados 9

3.3 Métodos de tratamento dos dados 11

3.4 Relação dos dados com as características do projeto ou do ambiente exógeno ao projeto 12

3.5 Critérios de avaliação dos dados 14

4. RESULTADOS 15

4.1 Resultados obtidos 15

4.2 Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos 22

4.3 Avaliação da eficácia das medidas adotadas para prevenir ou reduzir os impactos objeto de monitorização 24

4.4 Comparação com as previsões efetuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão. 24

5. CONCLUSÕES 25

5.1 Síntese da avaliação dos impactos objeto da monitorização 25

5.2 Proposta de novas medidas de mitigação e ou de alteração ou desativação de medidas já adotadas 25

5.3 Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização 25

6. REFERÊNCIAS 26

ANEXO 1 – LISTA DOS *TAXAS* PRESENTES

1. INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito

A empreitada de reconfiguração da Barra do porto de Aveiro ocorreu em 2013 e envolveu a realização dos seguintes trabalhos:

a) Prolongamento do Molhe Norte numa extensão de 200m, segundo o alinhamento do troço final da obra existente, com uma estrutura semelhante à deste troço final.

b) Estabelecimento de um novo canal de navegação, com ligeira rotação para sul relativamente ao alinhamento existente à data, e largura de rasto de 200m e uma cota de serviço de -12,50m (ZH).

c) Dragagem de um canal com as mesmas características do anterior na zona de aproximação, exteriormente aos molhes; este canal, com um alinhamento de 60º/240º, foi acrescido de faixas de segurança de 50m para cada um dos lados, tendo sido dragado à cota -13,20m (ZH) para garantir uma cota de serviço de -12,50m (ZH).

d) Deposição dos dragados numa zona de praia submersa compreendida entre o 3º e 5º esporão do campo de esporões da Costa Nova (Zona 2), entre o Molhe Sul e o esporão nº 1 do campo de esporões da Costa Nova, e entre as profundidades de -4,00m (ZH) e -7,00m (ZH) (Zona 1).

No seguimento destas dragagens de primeiro estabelecimento, tornou-se necessário executar trabalhos de dragagem para manutenção das cotas de serviço imprescindíveis à plena operacionalidade do porto de Aveiro, garantindo as necessárias condições de navegabilidade e de segurança.

As dragagens de manutenção da barra de Aveiro encontram-se incluídas no âmbito do plano de monitorização da empreitada de reconfiguração da barra do Porto de Aveiro, a vigorar até 2016, pelo que há que executar os trabalhos previstos na respetiva Declaração de Impacte Ambiental (DIA), em conformidade com o plano de monitorização aprovado pela Autoridade de AIA.

O presente relatório de monitorização diz respeito à caracterização das comunidades de macrofauna bentónica das zonas dragadas para manutenção das cotas de serviço da barra e anteporto de Aveiro executados em 2014, bem como das zonas de imersão dos dragados e de uma zona não influenciadas pelos trabalhos referidos, isto é, uma zona de controlo. Devido à sua reduzida ou nenhuma mobilidade, os organismos bentónicos são os primeiros e refletir e integrar os efeitos da remoção e da deposição dos sedimentos, tornando-se assim numa ferramenta importante para o diagnóstico do estado de qualidade ecológica de um ecossistema marinho, o que justifica o estudo da sua estrutura em zonas sujeitas a operações de dragagem e de deposição dos dragados.

1.2 Objetivos

De acordo com o exposto no Caderno de Encargos da presente prestação de serviço, as dragagens de manutenção, em particular quando repartidas por campanhas distintas, assumem um caráter repetitivo ou cíclico, o que dificulta as ações de monitorização ambiental para acompanhamento direto das obras, designadamente quanto à interpretação dos resultados obtidos e aos custos associados. Neste contexto, considera a Administração Portuária ser de optar por um programa de monitorização de longo prazo, menos ambicioso, que permita acompanhar a evolução da zona de imersão de dragados e da zona de costa adjacente. Assim, o programa de monitorização previsto inclui uma campanha de amostragem anual de fauna bentónica, após a realização da dragagem anual, que permita acompanhar a evolução desta componente biológica a médio/longo prazo, face às sucessivas dragagens e imersões, e fazer a comparação com a comunidade bentónica de uma área de controlo, suficientemente afastada dos locais intervencionados para já não estar sujeita à influência dos trabalhos mencionados.

Para atingir os objetivos propostos, foram analisados parâmetros bióticos e parâmetros abióticos, respetivamente no material biológico e sedimentar recolhido nas amostragens realizadas no inverno de 2014, nas zonas de dragagem, deposição e de controlo (localizada fora do raio de influência das operações de dragagem e de deposição dos sedimentos dragados).

Em síntese, a monitorização realizada tem como objetivo providenciar informação para avaliação de eventuais alterações ao nível da composição e estrutura das comunidades de macrofauna bentónica, provocadas pelas operações de dragagem e de deposição dos dragados e das consequências ao nível da qualidade ecológica do ecossistema.

1.3 Enquadramento legal

Conforme já acima referido, o presente Relatório tem enquadramento na monitorização das Comunidades Bentónicas, cujos termos foram estabelecidos no Plano de Monitorização Ambiental, constante da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) relativa ao projeto e empreitada de Reconfiguração da Barra de Aveiro.

O referencial legal para a elaboração do Relatório é constituído pela Portaria nº 330/2001, de 2 de abril, que define, no seu Anexo V, a estrutura dos Relatórios de Monitorização (RM).

O presente Relatório de Monitorização (RM) foi, pois, elaborado tendo por base as normas constantes daquele diploma legal, com as adaptações que se afiguraram necessárias.

1.4 Estrutura do relatório

Tal como acima referido, a estrutura do presente Relatório cumpre, com as adaptações consideradas necessárias, o definido na legislação em vigor sobre a matéria (Portaria nº 330/2001, de 2 de abril), encontrando-se organizado em 6 capítulos principais, de acordo com o explicitado seguidamente.

Para além da **Introdução**, o presente Relatório de Monitorização (RM) é formado pelos seguintes capítulos:

- **Antecedentes**, em que são apresentadas as informações consideradas pertinentes relativas ao Projeto/Obra anteriores ao presente Relatório.
- **Descrição do programa de monitorização**, em que são apresentados os locais de colheita e descritos os métodos de amostragem, de processamento das amostras colhidas e de análise dos dados.
- **Resultados**, em que se apresentam os resultados obtidos e se faz a discussão, interpretação e avaliação dos mesmos face aos critérios definidos.
- **Conclusão**, em que é apresentada uma síntese dos resultados da avaliação efetuada.
- **Referências**, em que são apresentadas as referências bibliográficas das publicações consultadas para elaboração do RM.

1.5 Autoria técnica do relatório

A autoria do presente RM é dos elementos do IPMA: Miriam Tuaty Guerra e Maria José Gaudêncio, com o apoio técnico de António Manuel Pereira, sob coordenação da PROMAN.

1.6 Descrição sumária da intervenção

A intervenção foi efetuada pelo empreiteiro DRAVO, S.A., com recurso a uma draga de sucção e arrasto denominada “DRAVO COSTA DORADA”, com capacidade de porão igual a 2548m^3, munida com sistema de desgaseificação e descarga pelo fundo, válvula antipoluente e sistema lateral de injeção de água, ou equivalente.

As zonas de dragagem e os volumes dragados são apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – Zonas de dragagem e volumes dragados

Zona	Cota de Dragagem (m)	Volume estimado (m^3)
Barra e Anteporto	-13,2 e -12,5	350.000
Darsena	-12,0 e -10,0	440.000
Bacia de Manobras do Terminal Químico	-8,0	160.000
Curva da Navalria	-7,0	30 000

A imersão de dragados será efetuada em duas zonas distintas, em função das características dos dragados. Os dragados da Barra e da Bacia do Terminal Químico serão depositados a sul do molhe sul, numa área compreendida entre o 3º e 5º esporões, de comprimento aproximado de 2.000m segundo a direção da costa e com largura aproximada de 300m, definidos pelas batimétricas dos 2.0m (Z.H.) e 5.0m (Z.H.). Para os sedimentos da Darsena e da Curva da Navalria está proposta a sua deposição na batimétrica dos 42m, a 6 milhas náuticas da embocadura, numa zona circular de 200m de raio, com centro num ponto com coordenadas Latitude: 40º 37´23.44´´ N e Longitude: 08º 53´30.34´´ W.

2. ANTECEDENTES

2.1 Processo de AIA

Tal como anteriormente referido, o Projeto de Reconfiguração da Barra do Porto de Aveiro, pelas suas características, foi sujeito a procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), ao abrigo do anterior regime jurídico (Decreto-Lei nº 69/2000, de 3 de maio, alterado e republicado no Decreto-Lei nº 197/2005, de 8 de novembro). Este procedimento de AIA contemplou a realização de um Estudo de Impacte Ambiental (EIA) e culminou com a emissão da respetiva Declaração de Impacte Ambiental (DIA), em setembro de 2009, tendo sido prorrogada em setembro de 2011. A DIA define um Programa de Monitorização contemplando, entre outros parâmetros, as comunidades bentónicas.

2.2 Impactos previstos no EIA

O Estudo de Impacto Ambiental[1] avaliou os efeitos das operações de dragagem e deposição de dragados, nas fases de construção (dragagens de primeiro estabelecimento) e de exploração (dragagens de manutenção) sobre os sistemas ecológicos (flora e fauna aquáticas), tendo concluído o seguinte, relativamente aos impactos da fase de construção sobre a fauna:

"No que concerne à fauna aquática, e à semelhança do que foi referido para a vegetação aquática, os potenciais impactes resultantes das operações de dragagens sobre a fauna presente na área das dragagens podem ser considerados, por um lado, como impactes directos, quando associados à destruição directa de organismos e, por outro lado, como impactes indirectos, quando ocorrem em resultado de alterações na qualidade da água que possam afectar os organismos.

Salienta-se o facto de os sedimentos a dragar não evidenciarem qualquer tipo de contaminação por metais pesados e compostos orgânicos, de acordo com os ensaios analíticos efectuados no âmbito do presente Projecto, pelo que não se verificará a libertação deste tipo de compostos para a coluna de água no decorrer das operações de dragagem e deposição de sedimentos.

A elevada mobilidade dos macroinvertebrados nectónicos e peixes pelágicos ou demersais acaba por torná-los pouco susceptíveis aos impactes associados ao aumento da turbidez da coluna de água devido às operações de dragagem. De igual modo, os organismos bentónicos, e os macroinvertebrados em particular são menos afectados de forma directa pela ressuspensão de partículas sedimentares. Pelo contrário, o aumento do material em suspensão na coluna de água causa a dispersão e absorção de luz, reduzindo a zona eufótica, afectando negativamente

[1] http://siaia.apambiente.pt/AIA.aspx?ID=2082

o fitoplâncton. No entanto, face à reduzida extensão do impacte e ao carácter pontual e localizado no espaço e no tempo das dragagens e às medidas de minimização previstas, não se prevê que o impacte em análise afecte as comunidades animais das áreas de estudo de modo significativo. Assim este impacte pode ser considerado como negativo, indirecto, certo, temporário, reversível, muito localizado, imediato, de magnitude reduzida e pouco significativo".

...

"A dragagem de sedimentos irá provocar a mortalidade e afectação directa dos habitats de organismos presentes no substrato que for localmente removido, particularmente no que se refere aos macroinvertebrados bentónicos, originando impactes negativos, directos, certos, permanentes no local das dragagens e potencialmente irreversíveis, localizados e imediatos e a prazo. Apesar de diversos estudos realizados em comunidades perturbadas de macroinvertebrados bentónicos apontarem para a sua rápida regeneração (Silva et al., 1999), no presente caso, a frequência de dragagens previstas para a fase de exploração leva a considerar que essa regeneração será bastante difícil. Como a área de intervenção evidencia uma reduzida biodiversidade e abundância em termos de macrofauna bentónica, consideram-se estes impactes de magnitude média e pouco significativos.

Os dados relativos às espécies com interesse comercial referem que os principais bancos de bivalves com interesse comercial se situam a sul da área a dragar. No caso da ameijôa-branca, principal espécie de bivalve comercialmente explorada, o seu pico de abundância situa-se a uma profundidade de cerca de 20m, fora também das áreas a dragar. Neste contexto não são expectáveis impactes negativos significativos ao nível das espécies com interesse comercial. Poderá verificar-se a mortalidade directa de crustáceos decápodes (sobretudo caranguejos) e peixes bentónicos, principalmente estados larvares e juvenis das espécies que ocorrem na área, dado que apresentam em muitos casos reduzida capacidade de fuga e/ou uma maior associação ao substrato. Podem, assim, originar-se impactes negativos, directos, certos, localizados e imediatos, embora temporários e reversíveis, dada a reduzida abrangência espacial das actividades de dragagem, pelo que a sua magnitude será considerada média e serão pouco significativos. Pelo contrário, a maior mobilidade dos restantes invertebrados e peixes pelágicos ou demersais torna-os pouco susceptíveis aos impactes directos associados à dragagem dos sedimentos, levando-os apenas a evitar temporariamente o local das obras".

…

"As operações de deposição de dragados implicam a descarga de uma coluna de sedimentos sobre um determinado fundo marinho, acção que pode provocar a morte, por asfixia, dos macroinvertebrados bentónicos existentes no local onde essa intervenção se processa. No presente caso as espécies potencialmente mais afectadas serão as que ocorrem em maior abundância às profundidades típicas a que será efectuada a deposição na zona da Costa Nova, nomeadamente a cadelinha e a navalha, não obstante tratar-se de uma zona de rebentação, com um número muito limitado de espécies devido à energia libertada pelas ondas que impede a fixação dos organismos bentónicos aos fundos.

Deve, no entanto, salientar-se que a área de deposição de dragados será a mesma que a utilizada no "Estudo da Intervenção na Zona da Barra de Aveiro com Dragagem e Reforço do Cordão Dunar" cuja obra terá início ainda no corrente ano. Neste contexto, assume-se que a deposição dos dragados provenientes do presente Projecto será efectuada numa zona que, na altura em que esta deposição vier a ocorrer, estará recentemente perturbada (um impacte cumulativo dos dois projectos em causa). Assim sendo, ainda que possa ter havido alguma recuperação das comunidades, considera-se que este impacte associado à deposição de material dragado do presente Projecto na zona da Costa Nova pode ser considerado negativo, directo, certo, temporário e potencialmente reversível, localizado, imediato e a prazo e assumirá uma magnitude muito reduzida e será considerado como pouco significativo".

Para a fase de exploração, o EIA refere o seguinte em relação aos impactos sobre a fauna:

"Da mesma forma, durante a fase de exploração, os impactes resultantes das dragagens de manutenção anuais a serem realizadas na zona da barra, serão equivalentes aos mencionados anteriormente para a fase de construção. Os impactes serão similares aos que foram referidos para a flora."

Os impactes sobre a flora foram assim caracterizados no EIA:

"Durante a fase de exploração os impactes sobre a flora do meio aquático, resultantes das dragagens de manutenção, serão equivalentes aos impactes mencionados anteriormente para a fase de construção. De acordo com o que está estabelecido no presente Projecto, prevê-se a necessidade de realização de dragagens de manutenção anuais. Tal facto, associado à elevada taxa de perturbação que já ocorre no local, perspectiva que a regeneração das comunidades nessas zonas será, na prática, um processo quase impossível, condicionando, portanto, a riqueza, do ponto de vista da flora, ao nível do canal de navegação. Constitui-se, assim, um impacte **negativo, directo, certo, permanente e irreversível, localizado**. Face à relativa reduzida riqueza do meio e ao carácter localizado das acções considera-se que o impacte terá uma **magnitude média** e será **pouco significativo**."

2.3 Medidas de minimização propostas e implementadas

As medidas de minimização de impactes definidas no EIA e na DIA são apresentadas no quadro seguinte, tendo sido implementadas, no decurso da realização da dragagem de manutenção da Barra, aquelas que eram aplicáveis, no contexto dessa intervenção. (tabela 2)

Tabela 2 - Medidas de minimização de impactes sobre a Ecologia
(Fontes: relatório do EIA e DIA)

Medidas de minimização	Aplicação	Implementação (Sim/Não)
Redução, tanto quanto possível, da extensão das dragagens, limitando-as estritamente às áreas previstas no Projeto.	Durante a execução das dragagens.	Sim
Realização das operações de dragagem a baixa velocidade de sucção e utilizar, se possível, um dispositivo específico (environmental-friendly cutter), acoplado à cabeça da draga, no sentido de minimizar a ressuspensão de sedimentos.	Durante a execução das dragagens.	Sim
Evitar o "overflow" durante as operações de dragagem no canal interior.	Durante a execução das dragagens.	Sim
Assegurar que o manuseamento de óleos e de outros produtos potencialmente perigosos na draga seja feito de forma a evitar derrames na água.	Durante a execução das dragagens.	Sim
Na draga devem estar disponíveis meios de contenção de substâncias poluentes.	Durante a execução das dragagens.	Sim
A realização das dragagens é possível apenas a partir de maio e até outubro, de forma a evitar a época de reprodução de bivalves, bem como a época em que as espécies de migradores (sável, savelha, lampreia e enguia) sobem a Ria de Aveiro.	Durante a execução das dragagens.	Sim

2.4 Campanhas de monitorização anteriores

Com base nas recomendações da DIA [2], foram anteriormente realizadas campanhas de monitorização, respetivamente nos invernos de 2010/2011 (Irmãos Cavaco SA, Dravosa, 2011) e no verão de 2013 (Martins et al., 2013). O objetivo dessas campanhas foi a apresentação de resultados sobre a composição e distribuição da macroauna bentónica, a caracterização sedimentar e a qualidade ecológica nas zonas dragadas e de imersão dos dragados, assim como numa zona de controlo situada fora da influência das operações de dragagem e de imersão dos dragados, o que permitiu a comparação de resultados entre as zonas intervencionadas e a de controlo, assim como entre as épocas de amostragem.

[2] http://siaia.apambiente.pt/AIA.aspx?ID=2082

3. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

3.1 Parâmetros a medir. Locais de amostragem

Os parâmetros a medir, em conformidade com o caderno de encargos e a memória descritiva aprovada pela entidade contratante, são os seguintes:

- Parâmetros abióticos: granulometria e matéria orgânica total dos sedimentos superficiais.
- Parâmetros bióticos: riqueza específica, abundância, índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Simpson, o índice biótico AMBI e o índice multimétrico de qualidade ecológica M-AMBI.
- Para além dos parâmetros referidos anteriormente foi feita uma análise multivariada dos dados com o objetivo de identificar grupos de amostras distintos e de os caracterizar relativamente à composição específica, bem como determinar a influência dos parâmetros ambientais determinados na distribuição espacial dos grupos.

A distribuição geográfica dos locais de amostragem é apresentada na figura 1. Na tabela 3 são apresentadas as coordenadas geográficas das estações de amostragem, fornecidas pela PROMAN, bem como a profundidade e a hora das colheitas.

3.2 Métodos e equipamentos de recolha de dados

A amostragem foi efetuada em 9 e 10 de fevereiro de 2015 a bordo de uma embarcação equipada com GPS, sonda e guincho hidráulico. A colheita dos sedimentos foi efetuada com uma draga Smith-McIntyre de 0,1m^2 de área de ataque, em 25 estações (1, 2, 3, 4 e 5) distribuídas ao longo de cinco transeptos perpendiculares à costa: o transepto T1 na zona de dragagem em frente à entrada do porto de Aveiro, o transepto T2 na zona de imersão imediatamente a sul da entrada do porto, o transepto T3 na zona de controlo e os transeptos T4 e T5 na zona de imersão de dragados a sul de T3 (figura 1). Em cada estação foram colhidas cinco (5) amostras de sedimento. De uma das amostras foi retirada uma sub-amostra para caracterização granulométrica e determinação do teor de matéria orgânica total dos sedimentos. As sub-amostras foram conservadas a 4°C até ao processamento laboratorial. As amostras de sedimento para análise biológica foram colocadas em sacos de plástico (uma amostra por saco), fixadas em formol neutralizado a 4% e devidamente etiquetadas com data, estação de colheita e número do replicado.

Figura 1 – Localização das estações de colheita na zona de dragagem (transepto T1), nas zonas de imersão de dragados (transeptos T2, 4 e 5) e na zona de controlo (transepto T3)

Tabela 3 – Estações de amostragem: coordenadas geográficas (WGS84), profundidade e hora de colheita

Local de amostragem	Latitude (N)	Longitude (W)	Prof. (m)	Hora de colheita
T11	40º 38' 8.98''	8º 46' 51.48''	15,8	16:50
T12	40º 38' 9.21''	8º 46' 43.73''	14,8	15:55
T13	40º 38'9.89''	8º 46' 35.92''	14,5	15:25
T14	40º 38' 10.70''	8º 46' 28.10''	15,2	14:55
T15	40º 38' 11.38''	8º 46' 20.44''	14,0	14:30
T21	40º 37' 52.49''	8º 45' 37.32''	8,6	12:00
T22	40º 37'53.26''	8º 45' 31.53''	8,2	11:30
T23	40º 37,53.78''	8º 45' 24.19''	7,2	11:02
T24	40º 37' 54.31''	8º 45' 15.33''	4,0	10:33
T25	40º 37' 55.28''	8º 45' 7.34''	2,7	16:50
T31	40º 37' 30.99''	8º 47' 1.14''	15,0	9:40
T32	40º 37' 28.16''	8º 46' 39.96''	12,8	10:00
T33	40º 37' 25.46''	8º 46' 12.82''	9,9	10:17
T34	40º 37' 22.52''	8º 45' 47.45''	8,2	10:35
T35	40º 37' 20.15''	8º 45' 24.93''	3,2	10:55
T41	40º 36' 45.92''	8º 46' 7.76''	11,2	11:15
T42	40º 36' 44.84''	8º 45' 55.21''	9,8	11:35
T43	40º 36' 43.51''	8º 45' 40.82''	9,2	11:50
T44	40º 36' 42.68''	8º 45' 32.59''	4,4	12:10
T45	40º 36' 43.00''	8º 45' 29.00''	3,0	16:10
T51	40º 36' 22.38''	8º 46' 14.24''	11,7	14:35
T52	40º 36' 21.34''	8º 46' 1.85''	11,3	14:55
T53	40º 36' 20.08''	8º 45' 46.89''	9,0	15:15
T54	40º 36' 19.48''	8º 45' 38.62''	3,7	15:30
T55	40º 36' 18.38''	8º 45' 29.94''	4,2	15:50

3.3 Métodos de tratamento dos dados

- ***Granulometria***

  Em laboratório, as sub-amostras de sedimento foram secas em estufa a 100°C. Seguidamente foram pesadas para se obter porções de sedimento seco com cerca de 100g cada. Seguiu-se o processamento de acordo com o procedimento descrito por Gaudêncio et al. (1991), o qual se resume seguidamente: (i) lavagem através de um peneiro de 38 µm de malha quadrada para separação da fração mais fina; (ii) secagem do resíduo de sedimento em estufa a 100ºC; (iii) peneiração por agitação num agitador mecânico da marca RETSCH através de uma coluna de 17 peneiros de malha quadrada da série ASTM (38 - 16000 µm), para separação das partículas mais grosseiras; (iv) pesagem das frações sedimentares retidas em cada peneiro. Foram, então, 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 de Trask (So= $\sqrt{Q3/Q1}$) (Trask, 1930), o qual fornece 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 in Bale & Kenny, 2005).

- ***Teor em matéria orgânica total***

  As sub-amostras de sedimento foram secas em estufa a 100°C. Seguidamente foram moídas num moinho de esferas metálicas da marca RETSCH até obtenção de uma mistura fina e homogénea. Desta mistura, foram pesadas porções de cerca de 200 mg cada, que foram colocadas em cadinhos de porcelana devidamente identificados com o número da estação de colheita e levados a incinerar numa mufla à temperatura de 450°C até peso constante (cerca de 2 horas). O teor de matéria orgânica total foi determinado pela diferença entre o peso das amostras secas em estufa e o peso das mesmas amostras depois de incineradas, de acordo com o método descrito por Bale & Kenny (2005). As determinações foram efetuadas em duplicado para cada estação de colheita e o resultado final corresponde à média dos valores das duas réplicas.

- ***Caracterização da macrofauna bentónica***

  As amostras de sedimento foram lavadas em água corrente através de um peneiro de 1 mm de malha quadrada e a fauna recolhida foi conservada em álcool a 70º dentro de frascos devidamente identificados com data e número da estação de colheita e do replicado, escritos a lápis sobre etiquetas de papel vegetal de desenho. A identificação dos taxa foi

efetuada com o auxílio de lupas binoculares e de microscópios e do suporte bibliográfico adequado (chaves dicotómicas e artigos científicos específicos), até ao nível específico. A caracterização da macrofauna bentónica foi efetuada a partir de dois descritores básicos: número de taxa e abundância por área de colheita e dos índices de diversidade univariados Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963) e Simpson (Legendre & Legendre, 1979). No sentido de pesquisar a existência de uma estrutura de grupo, foi construída uma matriz de abundância média das espécies por estação de amostragem, a qual após transformação por raíz quadrada de modo a equilibrar a contribuição de todas as espécies para a análise, foi submetida a uma análise multivariada levada a cabo com o software PRIMER 6, versão 6.1.12 (Clarke & Gorley, 2006), a qual incluiu: (i) análises de classificação e de ordenação por escalonamento multidimensional (MDS); (ii) testes de similaridade com o objetivo de identificar grupos de amostras estatisticamente diferentes uns dos outros; (iii) análise de percentagem de similaridade/dissimilaridade entre grupos de amostras para identificação das espécies típicas de cada grupo e discriminantes entre pares de grupos (rotina SIMPER) e (iv) análise de relação entre os organismos bentónicos e as variáveis ambientais, através do cálculo do coeficiente de correlação não paramétrica de Spearman, considerando como hipótese nula a ausência de relação entre fauna e variáveis ambientais (rotina BIOENV). A avaliação do estado ecológico das comunidades foi feita através da determinação do índice biótico AMBI (Borja et al., 2000) e do índice multivariado M-AMBI (Muxika et al., 2007). O índice AMBI baseia-se em comportamentos conhecidos das espécies face a situações de stress ambiental; de acordo com esses comportamentos as espécies são reunidas em cinco grupos: grupo I – espécies sensíveis, grupo II – espécies indiferentes, grupo III – espécies tolerantes, grupo IV – espécies oportunistas de 2ª ordem e grupo V – espécies oportunistas de 1ª ordem. O índice M-AMBI conjuga três métricas: número de espécies, índice de diversidade de Shannon-Wiener e índice AMBI. A aplicabilidade de ambos os índices em meios marinhos e estuarinos tem sido testada com sucesso (Borja et al., 2009). A lista de classificação das espécies de acordo com os níveis de tolerância ao stress bem como o programa de cálculo dos índices estão disponíveis em http://www.azti.es.

3.4 Relação dos dados com as características do projeto ou do ambiente exógeno ao projeto

As ações de desassoreamento e deposição de dragados representam uma perturbação para as comunidades aquáticas, e em particular para as comunidades bentónicas, devido a vários fatores. Em termos gerais, podem ser salientados os seguintes:

- Remoção do sedimento superficial com um impacto direto sobre a epifauna e a endofauna.

- Ressuspensão dos sedimentos nas imediações das operações, com aumento consequente da turbidez da água e arrastamento das partículas.
- Ressuspensão eventual de contaminantes "aprisionados" no sedimento, em especial nas camadas mais profundas, proporcionando a sua disseminação, a nível local.
- Alteração temporária da granulometria dos fundos na área dragada quer através da remoção direta do material mais fino, de superfície, quer pelo aumento previsível da velocidade da corrente no canal dragado, levando ao arrastamento desse tipo de material.

A remoção do sedimento superficial tem o efeito de destruição direta do habitat e dos organismos a ele associados. Durante a dragagem, uma fração do sedimento é ressuspendida e arrastada pelas correntes, em especial os de granulometria mais fina, como por exemplo, areia fina e lodo. Alguns dos organismos mais pequenos podem, assim, ser transportados pela corrente, podendo vir a colonizar outras áreas, com eventuais alterações na distribuição dos organismos a nível local. A ressuspensão sedimentar provoca também o aumento da turbidez da água nas imediações da área de dragagem, podendo causar o afastamento dos peixes e a colmatação das brânquias das espécies filtradores, como é o caso da maioria dos moluscos bivalves.

Por outro lado, as operações de deposição de dragados implicam a descarga de sedimentos sobre uma área determinada do fundo marinho, ação que pode provocar a morte imediata dos macroinvertebrados bentónicos existentes no local onde essa intervenção ocorre.

Diversos estudos realizados em comunidades perturbadas de macroinvertebrados bentónicos apontam para a sua rápida regeneração, todavia, condicionada, em grande parte, pela frequência das dragagens previstas para a fase de exploração.

Face aos potenciais impactos das dragagens e da deposição dos dragados sobre as comunidades bentónicas, acima elencados de forma geral, afigura-se importante a sua monitorização, dadas as dragagens de manutenção a realizar periodicamente no Porto de Aveiro.

A informação contida no presente relatório constitui uma base importante para a avaliação continuada do estado de qualidade ecológica do meio marinho na área de intervenção e na área de controlo. A comparação dos presentes resultados com os obtidos em monitorizações anteriores, permitirá efetuar uma análise da evolução da estrutura e da qualidade das comunidades bentónicas, sujeitas periodicamente aos efeitos da deposição de sedimentos dragados na zona costeira de Aveiro.

3.5 Critérios de avaliação dos dados

Os dados deverão permitir avaliar eventuais diferenças na estrutura das comunidades de macrofauna bentónica nas áreas em apreço. Essa avaliação baseia-se nos seguintes parâmetros e índices: riqueza específica, abundância e composição específica das comunidades bentónicas, índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Simpson (definidos no Caderno de Encargos), índice biótico AMBI (definido no Caderno de Encargos) e índice multimétrico de qualidade ecológica M-AMBI. Diferenças acentuadas nos valores determinados dos referidos parâmetros e índices serão indicadoras de diferenças entre as comunidades bentónicas na área de dragagem, de deposição dos dragados e de controlo. A análise comparativa dos dados do presente relatório com a informação de monitorizações efetuadas em anos anteriores, deverá permitir identificar eventuais alterações na estrutura e no estado de qualidade das comunidades bentónicas desde o início das operações de imersão dos dragados até ao presente, assim como, contribuir para a avaliação dos efeitos daquelas operações na qualidade ecológica das águas marinhas costeiras de Aveiro.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos

- ***Matéria orgânica total dos sedimentos***

Os teores em matéria orgânica total determinados foram baixos, entre 0,5 e 1,4%, com a maioria dos valores inferiores a 1% (Tabela 4), como é habitual em sedimentos arenosos sem partículas finas (Bordovsky, 1965).

Tabela 4 – Valores percentuais da matéria orgânica total (MOT) determinados nas amostras de sedimentos superficiais na costa de Aveiro

Amostras	MOT (%)	Amostras	MOT (%)
T11	0,7	T34	0,7
T12	0,8	T35	0,5
T13	1,1	T41	1,0
T14	0,9	T42	0,5
T15	0,8	T43	0,7
T21	1,0	T44	0,7
T22	0,5	T45	0,9
T23	0,8	T51	1,4
T24	0,7	T52	1,1
T25	0,9	T53	0,7
T31	1,0	T54	0,5
T32	0,9	T55	0,5
T33	0,8		

- ***Classificação granulométrica dos sedimentos***

Nas amostras de sedimento recolhidas nos dois transeptos foram observados três tipos sedimentares: areia grossa, areia média e areia fina, cuja caracterização é apresentada seguidamente:

- Areia grossa (amostra T12) com uma mediana de 643 µm, sem partículas finas, medianamente calibrada, cujo coeficiente de triagem (So) é de 1,5 (Tabela 5).
- Areia média (amostras T11, T13, T14, T15, T21, T23, T24,T25,T42, T43, T45, T53, T54 e T55): são areias que oscilam de bem a moderadamente calibradas (So entre 1,1 e 1,8), sem partículas finas, cuja mediana varia entre 256 e 474 µm (Tabela 5)
- Areia fina (amostras nºs T22, T31, T32, T33, T34, T35, T41, T44, T51 e T52): são areias bem calibradas, cuja mediana varia entre 127 e 230 µm, o teor de partículas finas entre 0 % e 3,6% e o coeficiente de triagem entre 1,1 e 1,4 (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores percentuais das fracções granulométricas (µm), mediana (µm), coeficiente de triagem (So) e classificação do tipo sedimentar das amostras de sedimentos superficiais colhidas na costa de Aveiro

Estação	Seixos 4000-8000	Cascalho 2000-4000	Areia muito grossa 1000-2000	Areia grossa 500-1000	Areia média 250-500	Areia fina 125-250	Areia muito fina 63-125	Silte 38-63	Argila < 38	Mediana	So	Tipo sedimentar
T11	1,03	4,67	8,25	32,24	48,50	3,46	0,73	0	0	474	1,6	Areia média
T12	2,56	3,42	8,44	45,52	39,22	0,71	0,13	0	0	643	1,5	Areia grossa
T13	0,00	1,32	6,20	33,18	37,55	16,97	4,78	0	0	417	1,8	Areia média
T14	0	0	0	3,07	51,48	43,72	1,73	0	0	256	1,2	Areia média
T15	0,09	0,50	0,91	4,00	65,49	28,76	0,25	0	0	275	1,1	Areia média
T21	0	0	0,12	5,39	72,80	21,18	0,51	0	0	283	1,1	Areia média
T22	0	0	0	2,82	24,13	61,99	11,01	0,05	0	204	1,3	Areia fina
T23	0	0	0	3,46	53,62	40,50	2,42	0	0	259	1,2	Areia média
T24	0	0	0,16	3,79	50,80	43,71	1,54	0	0	257	1,2	Areia média
T25	0	1,99	9,18	35,51	49,45	3,83	0,04	0	0	472	1,7	Areia média
T31	0,08	0,13	1,83	3,15	20,68	67,67	6,46	0	0	204	1,2	Areia fina
T32	0,19	0,33	1,25	2,83	20,19	67,65	7,54	0,02	0	200	1,2	Areia fina
T33	0	0	0,04	2,65	22,29	67,62	7,37	0,03	0	204	1,2	Areia fina
T34	0	0	0	1,36	14,76	79,17	4,70	0,01	0	202	1,2	Areia fina
T35	0,00	0,00	0,00	1,56	13,53	84,39	0,52	0,00	0,00	214	1,1	Areia fina
T41	0	0	0,40	1,94	18,71	39,84	37,63	0,85	0,63	140	1,4	Areia fina
T42	0	0	0	1,76	54,94	41,16	2,14	0	0	258	1,2	Areia média
T43	0,12	0,16	0,80	6,09	65,97	25,29	1,57	0	0	283	1,2	Areia média
T44	0	0	0,43	4,10	34,66	57,58	3,23	0	0	230	1,2	Areia fina
T45	0	0	0	5,01	59,87	34,88	0,24	0	0	269	1,2	Areia média
T51	0	0	0,17	1,46	3,41	47,84	43,54	1,91	1,67	127	1,2	Areia fina
T52	0	0	0	1,24	8,76	47,89	41,79	0,22	0,10	133	1,2	Areia fina
T53	0	0	0,30	5,29	48,91	27,21	18,24	0,05	0	258	1,4	Areia média
T54	0	0	0,15	4,37	63,14	31,95	0,39	0	0	272	1,1	Areia média
T55	0	0	1,27	8,92	70,84	18,81	0,16	0	0	291	1,2	Areia média

- ***Abundância e diversidade da macrofauna bentónica***

Tanto o número de espécies como o de indivíduos foram muito baixos em todos os transeptos. No total foram analisados 265 espécimes representantes de 28 taxa, todos identificados até ao nível específico, com exceção do filo Nemertea. O transepto T3, na zona de controlo, foi o mais rico relativamente ao número de espécies e à abundância, enquanto que os transeptos T2 e T4, nas zonas de imersão de dragados foram os mais pobres (Tabela 6). Nas estações T25 e T44, ambas em transeptos localizados em áreas de deposição, não foi observada fauna.

A lista dos *taxa* identificados e respetivas abundâncias é apresentada no Anexo 1. A fauna presente dominada por espécies com mobilidade, típicas de sedimentos grosseiros sujeitos à intensa ação hidrodinâmica. Os espécimes presentes têm pequeno porte, com exceção de alguns exemplares dos bivalves *Donax vittatus* (conquilha), *Spisula solida* (amêijoa-branca), do decápode *Polybius henslowii* (pilado) e do equinoderme *Echinocardium cordatum* (ouriço-da-areia).

Tabela 6 – Número total de espécies e de indivíduos nos transeptos: T1 (zona de dragagem), T2, T4, T5 (zonas de imersão dos dragados) e T3 (zona de controlo)

Transepto	Nº total de espécies	Nº total de indivíduos
T1	13	50
T2	7	36
T3	16	87
T4	4	16
T5	13	76

A repartição percentual da riqueza específica e da abundância dos grupos taxonómicos nas estações de amostragem é apresentada na figura 2.

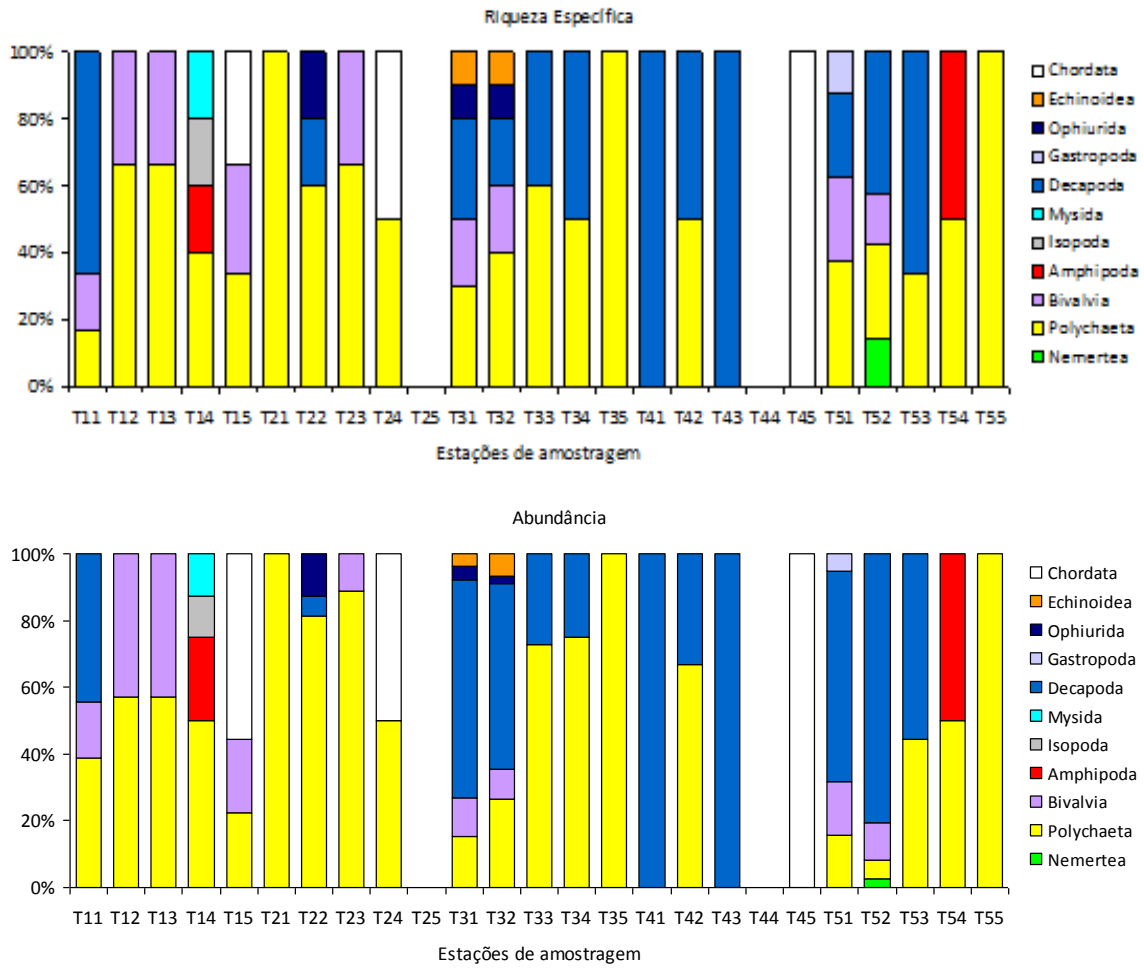

Figura 2 – Contribuição dos grupos taxonómicos para a riqueza específica e abundância totais em cada estação de colheita

Relativamente à riqueza específica total, os Polychaeta, que foram os principais contribuintes, (10 = 36%), estiveram presentes em todos os transeptos. No entanto, no transepto T4 apenas ocorreram numa estação (T42). Os Decapoda, representados por 5 espécies (18%), ocorreram principalmente nos transeptos T3 T4 e T5, enquanto que nos transeptos T1 e T2 apenas foram recolhidos, em duas estações (T11 e T22). Os Bivalvia representados por 4 espécies (14%) estiveram presentes em todos os transeptos, menos no transepto T4. Os Amphipoda, representados por duas espécies apenas, estiveram presentes somente em duas estações T14 e T54). Os restantes grupos, todos representados por uma espécie cada um são: os Ophiuroidea e os Chordata, que ocorreram em três estações, respetivamente, T22, T23 e T32 e T15, T24 e T45, os Echinoidea, presentes em duas estações (T31 e T32), os Mysida e os Isopoda apenas na estação T14, os Gastropoda na estação T51 e os Nemertea na estação T52.

Os Decapoda foram os principais contribuintes para a abundância com 121 indivíduos (46%), em especial devido ao número de indivíduos do casa-alugada Diogenes pugilator que constituiu 36% do número total de indivíduos recolhidos. Seguem-se os Polychaeta com 99 indivíduos, constituindo 37% do número total de indivíduos, dos quais 23% se devem aos indivíduos da espécie móvel *Nephtys cirrosa*. Os Bivalvia, com 25 espécimes, representaram 9% da abundância, tendo a espécie Donax vittatus constituído 8% total. Os grupos com menor contribuição para a abundância foram os Chordata com 5 indivíduos (2% da abundância total), os Echinoidea e os Ophiurida, ambos com 4 indivíduos, que contribuíram com 1,5% para a abundância total, os Amphipoda com 3 indivíduos (1,1% da abundância total) e finalmente os Isopoda, os Gastropoda, os Mysida e os Nemertea, presentes com um único indivíduo cada, representando menos de 1% da abundância total.

A diversidade específica foi avaliada através dos valores da riqueza específica e dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Simpson, cujas distribuições são apresentadas na figura 3.

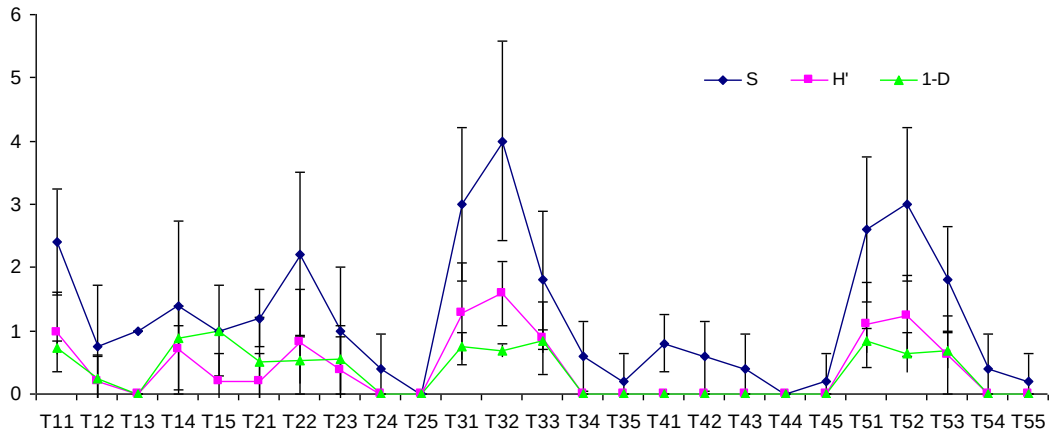

Figura 3 - Valores médios e desvio-padrão da riqueza específica (S) e dos índices de Shannon-Wiener (H', log_2) e de Simpson (1-D) em cada estação de colheita

De um modo geral as estações mais afastadas da orla costeira foram as que apresentaram maior diversidade, traduzida pelos maiores valores da riqueza específica, como por exemplo nas estações T11 (2,4 ± 0,84), T22 (2,2 ± 1,3), T31 (3,0 ± 1,2), T32 (4 ± 1,58), T41 (0,8 ± 0,45), T51 (2,60 ± 1,14), T52 (3 ± 1,22) e do índice de Shannon-Wiener (T11: 0,98 ± 0,62; T22: 0,82 ± 0,83; T31:1,27 ± 0,8; T32: 1,58 ± 0,51; T51: 1,1 +0,67; T52: 1,24 ± 0,64) e por valores bastante baixos do índice de Simpson T11 (0,73 ± 0,11), T22 (0,50 ± 0,71), T31 (0,75 ± 0,23), T32 (0,69 ± 0,11), T51 (0,83 ± 0,20), T52 (0,65 ± 0,32). Globalmente, os valores determinados indicam fraca diversidade específica em todas as áreas, sendo que o transepto T3 ou transepto de controlo, surgiu como o de maior diversidade e o transepto T4, na área de imersão a sul de T3, evidenciou menor diversidade.

- ***Análise estatística***

As análises de classificação e de ordenação puseram em evidência diferenças estatisticamente significativas entre as estações de amostragem, confirmadas pelo resultado do teste SIMPROF (π=1,9; ρ<0,05). Identificaram-se quatro conjuntos de estações. Cada conjunto reúne estações de várias áreas, não havendo uma individualização de nenhuma das áreas em apreço, isto é, de dragagem, de imersão e de controlo (Figura 4), o que sugere que as diferenças entre os grupos de estações não são ditadas por uma composição faunística distinta, mas provavelmente por diferenças ao nível da representatividade das espécies nas diferentes áreas.

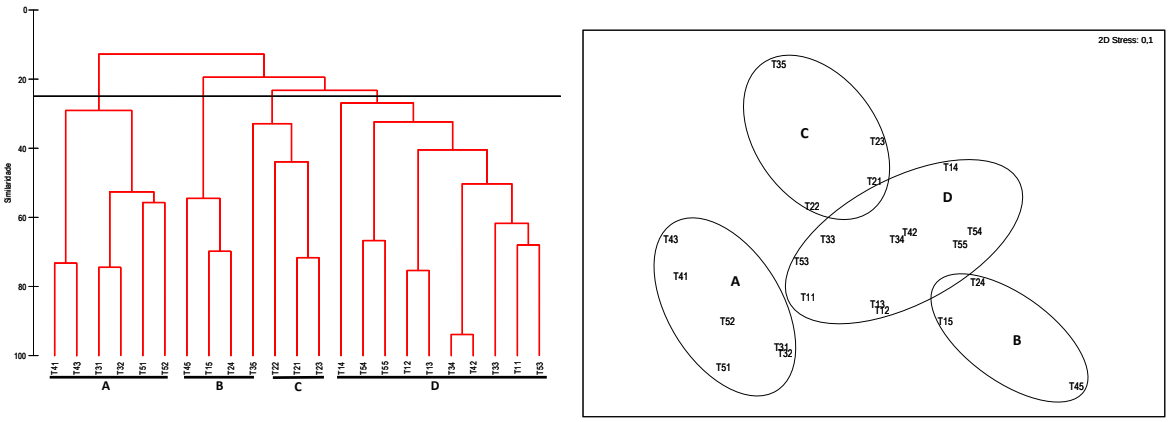

Figura 4 – Diagramas de classificação (esquerda) e de ordenação por MDS (direita) das estações de amostragem nas zonas de dragagem (T1), de deposição (T2; T4, T5) e de controlo (T3)

A análise SIMPER aos quatro grupos de afinidade identificados pelas análises de classificação e de ordenação mostrou que todos eles têm uma similaridade intra-grupo baixa (<50) e que não há uma verdadeira discriminação entre grupos, uma vez que todos eles partilham várias espécies na sua composição (Tabelas 7 e 8). As diferenças residem sobretudo na regularidade de distribuição das espécies, traduzida pela maior ou menor similaridade média intra-grupo de cada uma (Tabela 7) e na sua maior ou menor abundância em cada grupo (Tabela 8).

Tabela 7 – Contribuições das espécies para a similaridade intra-grupo

Espécies	Abundância média	Similaridade média	Contribuição acumulada
Grupo A (Sim. média: 43)			
Diogenes pugilator	1,6	30,6	71,1
Donax vittatus	0,5	4,2	80,8
Polybius henslowii	0,4	3,5	88,9
Nephtys assimilis	0,2	1,6	92,6
Grupo B (Sim. média: 22)			-
Nephtys cirrosa	0,3	22,2	100
Grupo C (Sim. média: 43)			
Ophelia neglecta	0,8	31,8	74
Nephtys cirrosa	0,7	11,2	100
Grupo D (Sim. média: 41)			
Nephtys cirrosa	0,8	32,8	80,9
Portumnus latipes	0,3	4,4	91,8

Tabela 8 – Abundância média (em cada grupo) dos *taxa* contribuintes para a dissimilaridade entre pares de grupos

Taxa	**A**	**B**	**C**	**D**
Amphiura chiajei	0,2	0	0,2	0
Diogenes pugilator	1,6	0	0,1	0,3
Donax vittatus	0,5	0,2	0	0,3
Echinocardium cordatum	0,2	0	0	0
Glycera convoluta	0,1	0		0,04
Haustorius arenarius	0	0	0	0,04
Mediomastus fragilis	0,1	-	-	0
Nassarius reticulatus	0,1	-	-	0
Nephtys assimilis	0,2	0	0	0
Nephtys cirrosa	0,3	0,3	0,7	0,8
Nephtys hombergii	0,3	0	0	0
Ophelia neglecta	0,1	0	0,8	0
Pharus legumen	0,1	-	-	0
Pisione sp.	-	0	-	0,1
Polybius henslowii	0,4	0	0	0,04
Pontocrates altamarinus	-	0	-	0,06
Portumnus latipes	0,2	0	0	0,3
Scolelepis squamata	0	0	0	0,11
Spiophanes bombyx	0	0	0,2	0,1
Spisula solida	0	0	0,1	0
Tellina tenuis	0,2	0	-	0

A análise de relação fauna-variáveis ambientais feita na rotina BIOENV, tomando como hipótese nula (H_0) a ausência de relação entre os parâmetros considerados e a composição da fauna, mostrou que é possível rejeitar a hipótese nula ao nível $p<0,04$. No entanto os coeficientes de correlação encontrados são muito baixos, o que sugere a influência de outros fatores para além dos considerados. As variáveis que melhor explicam a estrutura da fauna são a profundidade, as frações arenosas menos grosseiras e o teor de partículas finas do sedimento (Tabela 9).

Tabela 9 - Lista das dez combinações de variáveis ambientais que melhor explicam a estrutura da macrofauna bentónica nos locais estudados. Melhores coeficientes de correlação (Rh_0) em destaque

Variáveis	Rh_0
Profundidade, areia muito fina	**0,424**
Profundidade, areia média, partículas finas	**0,424**
Profundidade, areia média, areia muito fina	0,421
Profundidade, areia média	0,412
Profundidade, partículas finas	0,399
Profundidade, areia média, areia muito fina, partículas finas	0,393
Profundidade, areia muito fina, matéria orgânica	0,392
Profundidade, areia média, areia muito fina, matéria orgânica	0,391
Profundidade, areia média, partículas finas, matéria orgânica	0,384
Profundidade, areia média, matéria orgânica	0,373

- ***Qualidade ecológica da macrofauna bentónica***

Os resultados da determinação dos índices AMBI e M-AMBI são apresentados na figura 5. As proporções dos grupos ecológicos de tolerância às perturbações ambientais revelam que as estações dos cinco transeptos são dominadas por espécies indiferentes e sensíveis.

No transepto T1, na zona de dragagem, a qualidade ecológica oscilou entre moderada e boa. Nos transeptos das zonas de imersão dos dragados a qualidade ecológica oscilou também entre moderada e boa, com exceção de uma estação em T2 e outra em T4 com má qualidade, devido à ausência de fauna, e de uma em T5 com qualidade excelente. No transepto de controlo, T3, a qualidade ecológica oscilou entre moderada e excelente. Os melhores valores do índice de qualidade ecológica foram atingidos nas estações com maior distanciamento à costa, sendo que os valores mais elevados foram atingidos no transepto de controlo e os mais baixos foram registados no transepto T4, numa das zonas de imersão localizadas mais para sul do molhe sul da barra.

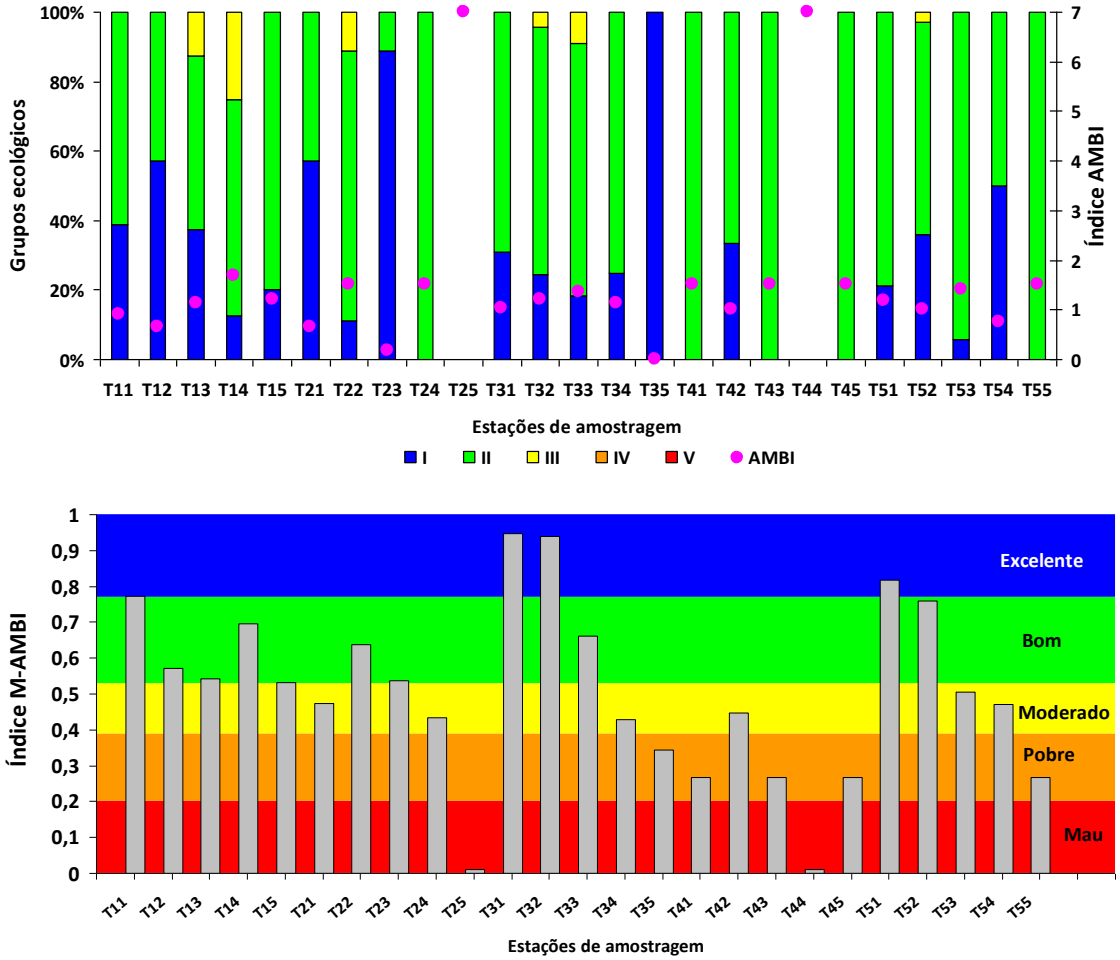

Figura 5 – Proporções dos grupos ecológicos e valores do índice biótico AMBI (em cima); qualidade ecológica e valores do índice multivariado M-AMBI (em baixo), para as estações de amostragem da costa de Aveiro. (I - espécies sensíveis, II - espécies indiferentes, III - espécies tolerantes, IV - espécies oportunistas de 2ª ordem e V - espécies oportunistas de 1ª ordem)

4.2 Discussão, interpretação e avaliação dos resultados obtidos face aos critérios definidos

Os tipos sedimentares observados nas estações dos cinco transeptos são areia fina, média e grossa, bem a moderadamente calibradas. Esta distribuição de areias é consistente com anteriores observações na costa noroeste de Portugal, que reportam areias de grão fino, médio a grosso ao longo de uma faixa de pouco profunda muito próxima da costa (Martins et al., 2012a).

Os teores de matéria orgânica registados são típicos de sedimentos arenosos sem partículas finas (Bordovsky, 1965).

A estrutura da macrofauna bentónica não difere de transepto para transepto; as espécies observadas são típicas de ambientes sedimentares sem partículas finas, sujeitos a elevado hidrodinamismo (Bettencourt et al., 2004); são, na sua maioria, pequenos poliquetas e crustáceos, muito resilientes, bem adaptados às alterações físicas do substrato e com grande mobilidade, o que lhes permite enterrarem-se rapidamente em situações de grande perturbação (Vanosmael et al., 1982), como por exemplo, o poliqueta *Nephtys cirrosa* que foi a espécie mais abundante nas colheitas, ou deslocarem-se também rapidamente para colonizarem zonas despovoadas (Harvey et al., 1998), tal como o decápode *Diogenes pugilator* que foi a segunda espécie mais abundante. Registou-se um ligeiro aumento da riqueza específica e da abundância no transepto de controlo relativamente aos restantes transeptos, facto que pode estar relacionado com a ausência de perturbação adicional (dragagens ou imersão) naquela área, já que as áreas intervencionadas acumulam os efeitos da perturbação causada pelo hidrodinamismo com os efeitos da perturbação causada pelas dragagagens e pela deposição dos dragados. Dos restantes transeptos, os mais pobres em número de espécies e de indivíduos foram os transeptos de imersão: T2 (imediatamente a sul do molhe sul) e o transepto T4, mais distanciado para sul, localizado numa zona sujeita a intensa ondulação. A riqueza específica e a abundância no transepto de dragagem, T1, pouco diferindo dos restantes, testemunham da grande capacidade de recuperação das espécies presentes, capazes de recolonizar rapidamente (2-3 meses) a área destruída pelas dragagens. Verificou-se que, em todos os transeptos, as estações mais distanciadas da costa exibiram maior diversidade e melhor qualidade ecológica, o que sugere a influência do regime hidrodinâmico na estrutura das comunidades: presumivelmente diminuindo de intensidade com a maior distância à costa, logo, diminuindo a instabilidade sedimentar e, consequentemente, permitindo a permanência de maior número de espécies e de indivíduos. As conclusões do presente estudo de monitorização são consistentes com as de estudos de monitorização anteriores (Irmãos Cavaco S.A., Dravosa, 2011; Martins et al, 2013) desenvolvidos, também, para avaliar os impactos das operações de dragagem e de deposição dos dragados na zona costeira de Aveiro, o que denota uma certa estabilidade do ambiente bentónico apesar das perturbações naturais e antropogénicas. Em habitats costeiros sujeitos a elevado hidrodinamismo as espécies já se encontram naturalmente adaptadas à instabilidade sedimentar (Smith & Rule, 2001). Por outro lado, a rápida dispersão dos sedimentos depositados poderá contribuir para a ausência de efeitos duradouros da deposição dos dragados (Van Dolah et al., 1984).

Relativamente à qualidade ecológica da macrofauna bentónica, as proporções dos grupos ecológicos presentes, maioritariamente constituídos por espécies indiferentes e sensíveis, bem como os valores do índice M-AMBI sugerindo globalmente qualidade ecológica moderada a excelente, não permitem identificar efeitos adversos atribuíveis às dragagens ou aos dragados depositados.

4.3 Avaliação da eficácia das medidas adotadas para prevenir ou reduzir os impactos objeto de monitorização

As medidas adotadas permitem minimizar os impactos sobre a qualidade da água, fator que influencia as comunidades bentónicas, pelo que estas também são favorecidas pela implementação das mesmas. Por outro lado, tendo a dragagem decorrido entre setembro e dezembro, deu-se cumprimento à medida estabelecida na DIA, de não realização destes trabalhos no período entre janeiro e maio, coincidente com a época de migração de algumas espécies de ictiofauna.

4.4 Comparação com as previsões efetuadas no EIA, incluindo, quando aplicável, a validação e a calibração de modelos de previsão.

O Estudo de Impacto Ambiental identificava dois fatores passíveis de provocar impactos negativos sobre as comunidades biológicas e, em particular, sobre os macroinvertebrados bentónicos:

1. Alterações do fundo sedimentar na zona subtidal.
2. Ressuspensão do sedimento.

Para o primeiro dos fatores referidos, o impacto resultante é considerado negativo, reversível, direto, temporário e de magnitude reduzida.

O segundo fator, de acordo com o EIA, poderá gerar impactos pronunciados sobre a reprodução e recrutamento de espécies de macroinvertebrados bentónicos, dependendo da altura do ano. O impacto é classificado como negativo, reversível, direto, temporário e de magnitude moderada.

Na fase de exploração, o EIA considera que os impactos assumem uma magnitude menor.

5. CONCLUSÕES

5.1 Síntese da avaliação dos impactos objeto da monitorização

Não foram observadas diferenças estruturais acentuadas nas comunidades de macrofauna bentónica presentes na zona de dragagem, nas zonas de deposição dos dragados e na zona de controlo. A forte ação hidrodinâmica a que estão sujeitos os habitats poderá contribuir para uma curta permanência dos dragados na zona de deposição, limitando os presumíveis impactos da deposição a um curto período de tempo. Por outro lado, a grande adaptabilidade à instabilidade sedimentar que caracteriza as espécies que povoam as áreas intervencionadas, nomeadamente as áreas dragadas, favorece a migração para as zonas destruídas e a rápida recolonização das mesmas.

Em síntese, os resultados do presente estudo mostram que, em meios muito hidrodinâmicos, as características de adaptabilidade das espécies à instabilidade sedimentar natural dificultam o reconhecimento dos presumíveis impactos, quer das dragagens, quer da deposição dos dragados, mas facilitam a rápida recolonização das zonas afetadas após a cessação das intervenções.

5.2 Proposta de novas medidas de mitigação e ou de alteração ou desativação de medidas já adotadas

Não são apresentadas quaisquer propostas. Não foram identificados efeitos persistentes claramente atribuíveis às operações de dragagem e de deposição dos dragados.

5.3 Proposta de revisão dos programas de monitorização e da periodicidade dos futuros relatórios de monitorização

Propõe-se que uma eventual futura definição de estações de amostragem nas zonas que foram objeto da presente monitorização, não descure as dificuldades que o elevado hidrodinamismo que se faz sentir nas referidas zonas, causa às operações de amostragem de sedimentos. A localização das estações de amostragem muito próximo da costa, em particular daquelas que foram posicionadas mais próximo da orla costeira, na zona de rebentação das ondas, bem como a seleção da época de amostragem coincidente com o período de inverno, normalmente caracterizado por severas condições de mar, dificultou muito os trabalhos de amostragem, que foram realizados em condições precárias de segurança. Apenas o grande profissionalismo dos técnicos e tripulantes envolvidos tornou possível levar a bom termo o trabalho de amostragem que viabilizou a produção deste relatório.

Não se apresentam propostas de alteração relativamente à periodicidade dos futuros relatórios de monitorização.

6. 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.

Bettencourt, A.M., Bricker, S.B., Ferreira, J.G., Franco, A., Marques, J.C., Melo, J.J., Nobre, A., Ramos, L., Reis, C.S., Salas, F., Silva, M.C, Simas, T., Wolff, W., 2004. Typology and Reference Conditions for Portuguese Transitional and Coastal Waters, Development of guidelines for the application of the European Union Water Framework Directive. INAG/IMAR, Lisboa, Portugal, 100 pp.

Bordovsky, O.K., 1965. Accumulation of organic matter in bottom sediments. Marine Geology, 3, 33-82.

Borja, A., Bald, J., Franco, J., Larreta, J., Muxika, I., Revilla, M., Germán Rodríguez, J., Solaun, O., Uriarte, A., Valencia, V., 2009. Using multiple ecosystem components, in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. Marine Pollution Bulletin, 59, 54-64.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A Marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin, 40 (12), 1100-1114.

Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research PRIMER v6: User Manual/ Tutorial. Ed.: Primer-E Ltd, 190 p.

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, J-P. (Eds), Estuaries and coasts: spatial and temporal intercomparisons. ECSA 19 Symposium, Caen 1989, pp. 11-16.

Harvey, M., D. Gauthier & J. Munro (1998). Temporal Changes in the Composition and Abundance of the Macro-benthic Invertebrate Communities at Dredged Material Disposal Sites in the Anse h Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. Marine Pollution Bulletin. 36 (1): 41-55.

Irmãos Cavaco SA, Dravosa, 2011. Campanha de Monitorização de Macrofauna Bentónica no Âmbito da Empreitada de Intervenção na Zona da Barra de Aveiro e Reforço do Cordão Dunar. Relatório Final. Ecoceanus Unipessoal Lda., Ciência & Ecoturismo, 42 p.

Legendre, L., Legendre, P., 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. Collection d'Écologie, 12. (Ed.), Masson Les Presses de l'Université du Québec, 197p.

Martins, R., Azevedo, M.R., Mamede, R., Sousa, B., Freitas, R., Rocha, F., Quintino, V., Rodrigues, A.M., 2012a. Sedimentary and geochemical characterization and provenance of the Portuguese continental shelf soft-bottom sediments. Journal of Marine Systems 91, 41–52.

Martins, R., Pires, A., Loureiro, S., Soares, A. M.V.M., Freitas, R., 2013. Monitorização da macrofauna bentónica no âmbito da empreitada de intervenção na zona da barra de Aveiro. Relatório final. Departamento de Biologia & CESAM, Universidade de Aveiro, 27 p (incompleto).

Muxika, I., Borja, Á., Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 55, 16-29.

Shannon, C.E., Weaver, W., 1963. The mathematical theory of communication. Urbana and Chicago University of Illinois Press, 125 p.

Smith S. D. A., Rule, M., 2001. The effects of dredge-spoil dumping on a shallow water soft-sediment community in the Solitary Islands Marine Park, NSW, Australia. Marine Pollution Bulletin. 42 (11):1040-1048.

Trask, P.D., 1930. Mechanical analysis of sediment by centrifuge. Economic Geology, 25, 581-599.

Vanosmael, C., Willems, K.A., Claeys, D., Vincx, M. & Heip, C., 1982. Macrobenthos of a sublittoral sandbank in the Southern Bight of the North Sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K.. 62: 521- 534.

Van Dolah R. F., Calder D. R., Knott, D. M., 1984. Effects of dredging and open water disposal on benthic macroinvertebrates in a South Carolina estuary. Estuaries. 7(1):28-37.

ANEXO 1

Lista Sistemática dos *Taxa* Presentes

Lista sistemática dos *taxa* presentes em cada uma das amostras de sedimentos colhidas nos pontos de amostragem (cinco amostras por ponto) do porto de Aveiro, com indicação da abundância total /0,10m^2

Taxa	Pontos de amostragem																								
	T1					T2					T3					T4					T5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Filo Nemertea																						1			
Filo Annelida																									
Classe Polychaeta																									
Ordem não atribuída																									
Família Capitellidae																									
Mediomastus fragilis Rasmussen, 1973												2													
Família Opheliidae																									
Ophelia neglecta Schneider, 1892						4	2	7							1							1			
Ordem Phyllodocida																									
Família Glyceridae																									
Glycera tridactyla Schmarda, 1861													1								1				
Família Sigalionidae																									
Pisione sp. Grube, 1857		1																							
Família Nephtyidae																									
Nephtys assimilis Örsted, 1843											1										1	1			
Nephtys cirrosa (Ehlers, 1868)	7	3	4	2	2	3	11	1	1		2	4	6	3			2						8	1	1
Nephtys hombergii Savigny in Lamarck, 1818											1	5									1				
Ordem Spionida																									
Família Magelonidae																									
Magelona johnstoni Fiege, Licher & Mackie, 2000												1													
Família Spionidae																									
Scolelepis (Scolelepis) squamata (O.F. Muller, 1806)				2									1												
Spiophanes bombyx (Claparède, 1870)			1				2																		

Lista sistemática dos *taxa* presentes em cada uma das amostras de sedimentos colhidas nos pontos de amostragem (cinco amostras por ponto) do porto de Aveiro, com indicação da abundância total /0,10m^2 (continuação).

Taxa	Pontos de amostragem																								
	T1					T2					T3					T4					T5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Filo Mollusca																									
Classe Gastropoda																									
Ordem Neogastropoda																									
Família Nassariidae																									
Nassarius reticulatus (Linnaeus, 1758)																					1				
Classe Bivalvia																									
Ordem não atribuída Euheterodonta																									
Família Pharidae																									
Pharus legumen (Linnaeus, 1758)																					1				
Ordem Veneroida																									
Família Donacidae																									
Donax vittatus (da Costa, 1778)	3	3	3		2						2	3									2	4			
Família Mactridae																									
Spisula solida (Linnaeus, 1758)								1																	
Família Tellinidae																									
Tellina tenuis da Costa, 1778											1	1													
Filo Arthropoda																									
Classe Malacostraca																									
Ordem Mysida																									
Família Mysidae																									
Gastrosaccus spinifer (Goës, 1864)				1																					
Ordem Isopoda																									
Família Cirolanidae																									
Eurydice spinigera Hansen, 1890				1																					
Ordem Amphipoda																									
Família Haustoriidae																									
Haustorius arenarius (Slabber, 1769)																								1	
Família Oedicerotidae																									
Pontocrates altamarinus (Bate & Westwood, 1862)				2																					

Lista sistemática dos *taxa* presentes em cada uma das amostras de sedimentos colhidas nos pontos de amostragem (cinco amostras por ponto) do porto de Aveiro, com indicação da abundância total /0,10m^2 (continuação).

Taxa	Pontos de amostragem																								
	T1					T2					T3					T4					T5				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Ordem Decapoda																									
Família Diogenidae																									
Diogenes pugilator (Roux, 1829)	4						1				13	22	1			9		3			11	21	9		
Família Crangonidae																									
Philocheras trispinosus (Hailstone in Hailstone & Westwood, 1835)	1																								
Família Hippolytidae																									
Eualus occultus (Lebour, 1936)											1														
Família Polybiidae																									
Polybius henslowii Leach, 1820	1										3	3									1	2			
Família Portunidae																									
Portumnus latipes (Pennant, 1777)	2												2	1			1					6	1		
Filo Echinodermata																									
Classe Ophiuroidea																									
Ordem Ophiurida																									
Família Amphiuridae																									
Amphiura chiajei Forbes, 1843											1	1													
Classe Echinoidea																									
Ordem Spatangoida																									
Família Loveniidae																									
Echinocardium cordatum (Pennant, 1777)											1	3													
Filo Chordata																									
Classe Actinopteri																									
Ordem Perciformes																									
Família Ammodytidae																									
Hyperoplus lanceolatus (Le Sauvage, 1824)					5				1											1					