



IPIMAR



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

## PROPOSTA DE TRABALHOS



### **MONITORIZAÇÃO**

**da Zona de Descarga do  
Emissário Submarino  
da FOZ do ARELHO  
e da LAGOA de  
ÓBIDOS**



2007/2008

# Índice

Introdução .....	1
Objectivos do trabalho.....	1
Programa de Trabalhos.....	2
Trabalho de Campo .....	2
Qualidade da Água na Zona do Emissário (A1) .....	2
Qualidade da Água na Lagoa (A2).....	3
Qualidade das Águas Balneares (A3).....	3
Qualidade dos Sedimentos (A4) .....	4
Cargas Afluentes através dos Rios Arnóia/Real e da Cal (A5) .....	4
Determinação de fluxos através da interface sedimento – água (A6).....	5
Metodologias de amostragem e de análise laboratorial .....	5
Amostragem com sensores.....	9
Imagens de Satélite.....	2
Modelação matemática .....	4
Modelação no interior da Lagoa .....	4
Modelação da Zona de Descarga do Emissário.....	6
Modelo atmosférico.....	7
Modelo de Ondas.....	8
Modelação dos Processos na Bacia de Drenagem dos Rios Arnóia/Real .....	8
Gestão e Dados .....	9
Calendário de execução .....	10
Produtos do Projecto .....	11
Relatórios.....	11
Base de dados .....	13
Modelo operacional para a zona Descarga e para a Lagoa de Óbidos.....	13
Página Web .....	13
Mais valia da Equipa.....	14
Constituição e Experiência profissional da Equipa .....	14
Equipamentos.....	15

Custos e condições de pagamento.....	16
ANEXOS.....	2
ANEXO 1: Tabelas com parâmetros a amostrar em cada sub-sistema e em cada estação. .	1
ANEXO 2: Lista de trabalhos da equipa relevantes para este projecto realizados nos últimos cinco anos.....	9
ANEXO 3: Lista de publicações mais recentes da equipa.....	1
Lista de publicações relevantes dos últimos 10 anos.....	2
ANEXO 4: Descrição do Modelo MOHID. ....	7

## **Introdução**

O emissário submarino da Foz do Arelho constitui um componente fundamental do sistema de saneamento da zona Oeste, recebendo os efluentes das ETAR de Óbidos, Carregal, Charneca, Caldas da Rainha e Foz do Arelho, prestando serviços aos concelhos de Bombarral, Cadaval, Óbidos e Caldas da Rainha. Este sistema de saneamento removeu da Lagoa de Óbidos e dos rios que a ela afluem cargas urbanas importantes, maioritariamente de origem doméstica, contribuindo para o melhoramento da qualidade microbiológica e do nível trófico da Lagoa.

A descarga dos efluentes no mar a cerca de 2 km da costa e 34 m de profundidade após tratamento secundário minimiza o impacte ambiental no meio receptor, como resultado (1) da diluição inicial associada à ascensão da pluma e (2) da redução do tempo de residência por a descarga ser feita numa zona onde a velocidade da corrente é menos afectada pelo atrito de fundo. A descarga longe da costa minimiza também a probabilidade de a pluma microbiológica poder afectar as zonas balneares vizinhas.

O programa de monitorização proposto deverá gerar dados que dêem continuidade à informação produzida em anos anteriores, (i) de forma a satisfazer os requisitos legais associados à licença de descarga de efluentes, (ii) a contribuir para a compreensão dos processos que determinam os impactes dessa descarga no mar e (iii) a avaliar os benefícios ambientais da remoção das cargas antes veiculadas para a Lagoa, directamente pelas ETAR ou através dos rios afluentes.

O Caderno de Encargos requer uma abordagem integrada, incluindo uma componente de trabalho de campo e uma componente de simulação em modelo matemático, de forma a explicar os processos que determinam a relação entre os valores medidos no campo e as descargas do emissário no mar e dos rios na Lagoa.

Esta equipa propõe que esta abordagem integrada seja alargada para incluir dados de imagens de satélite e que o modelo oceânico seja acoplado a um modelo de circulação à escala da Costa Portuguesa, de modo a relacionar o que se passa no local da descarga com o que se passa na região. A equipa propõe ainda um pequeno ensaio para determinação dos fluxos de nutrientes dos sedimentos para a coluna de água e um estudo sintético com base no modelo de bacias hidrográficas SWAT para relacionar os caudais e as cargas veiculados pelos rios com o regime pluvial e as pressões na bacia hidrográfica.

Estas componentes adicionais são baseadas em tecnologias desenvolvidas no âmbito de outros projectos, nomeadamente de projectos com financiamento comunitário e contribuem para a valorização dos dados a adquirir neste programa de monitorização.

## **Objectivos do trabalho**

Esta proposta tem como objectivo responder aos requisitos do Caderno de Encargos, tirando o melhor partido (i) das capacidades técnicas da equipa, (ii) do conhecimento que tem do meio receptor, (iii) do conhecimento de outros sistemas semelhantes e (iv) de outras

actividades de investigação em que está envolvida, que podem contribuir para os objectivos descritos no Caderno de Encargos e para a valorização dos dados a adquirir.

## **Programa de Trabalhos**

O programa de trabalhos tem 4 grandes componentes:

- (A) Trabalho de Campo,
- (B) Modelação Matemática,
- (C) Gestão de Dados,
- (D) Compilação de Outros Dados.

Os outros dados a compilar incluem dados de detecção remota, dados oceânicos produzidos nesta região por projectos de investigação e ainda dados provenientes de estatísticas de uso da bacia de drenagem da Lagoa, que permitem caracterizar as fontes de contaminação por tipo de actividade (e.g. doméstica, indústria e agrícola). Os dados oceânicos e de detecção remota completam a caracterização do meio receptor do emissário submarino e os dados da bacia permitem interpretar os dados a recolher nos rios afluentes à Lagoa.

## **Trabalho de Campo**

O trabalho de campo tem seis componentes:

- (A1) Qualidade da Água na Zona de Descarga do Emissário,
- (A2) Qualidade da Água na Lagoa,
- (A3) Qualidade das Águas Balneares,
- (A4) Qualidade dos Sedimentos,
- (A5) Cargas Afluentes através dos Rios Arnóia/Real e da Cal.
- (A6) Determinação de fluxos através da interface sedimento-água

Cada uma destas componentes tem uma frequência e/ou uma metodologia de amostragem específica. As metodologias de amostragem e de processamento das amostras são descritas mais abaixo nesta proposta. As frequências de amostragem são especificadas no Caderno de Encargos.

### **Qualidade da Água na Zona do Emissário (A1)**

A qualidade da água na zona de descarga do Emissário será caracterizada através da medição dos parâmetros referidos no parágrafo 3.2.1 do Caderno de Encargos, amostrados nas cinco estações indicadas no parágrafo 3.1.1, em quatro campanhas sazonais, tendo em consideração as excepções indicadas no parágrafo 3.2.1.

A Tabela A 1 (anexo 1) descreve os parâmetros a amostrar em cada estação e o número anual de amostras. Em todas as estações e em todas as campanhas serão efectuados perfis verticais com sensores. A temperatura, salinidade, pH, O<sub>2</sub>, turbidez e clorofila serão medidos

em contínuo. Os nutrientes serão medidos só a 3 profundidades pois o equipamento de medição requer 5 minutos para analisar cada um dos parâmetros (os equipamentos a usar serão descritos mais abaixo).

Serão efectuadas medições de correntes em perfis verticais em todos os pontos na zona de descarga do emissário, em simultâneo com a colheita de amostras. O projecto beneficiará ainda do uso de um sistema de "*bottom tracking*" adquirido recentemente que permite a medição de correntes com o barco em movimento. Este equipamento permitirá efectuar medições de velocidades em planos verticais permitindo a caracterização do escoamento em secções verticais. A combinação de várias secções permitirá efectuar uma "tomografia" do escoamento, permitindo uma descrição tridimensional do campo de velocidades. O posicionamento será registado por um GPS.

## **Qualidade da Água na Lagoa (A2)**

A qualidade da Lagoa será caracterizada através da medição dos parâmetros referidos no parágrafo 3.2.2 do Caderno de Encargos amostrados nas seis estações indicadas no parágrafo 3.1.2, em quatro campanhas sazonais, de acordo com as especificações, incluindo a estação de 24 horas referida para o local #4 a realizar no Verão e no Inverno. Para além desta estação propomos a execução de mais uma estação no local #5 no Verão. Estas estações apresentam grande semelhança morfológica e a comparação das evoluções registadas contribuirá para a compreensão dos processos em presença e para caracterizar a sua variação na zona de montante da lagoa.

A Tabela A2 (em anexo) descreve os parâmetros a amostrar em cada estação e o número anual de amostras. Em todas as estações e em todas as campanhas serão efectuados perfis horizontais com sensores. A temperatura, salinidade, pH, O<sub>2</sub>, turbidez e clorofila serão medidos em contínuo ao longo do trajecto da embarcação fazendo perfis longitudinais e transversais. Os nutrientes serão medidos em pontos discretos ao longo do percurso pois o equipamento de medição requer 5 minutos para analisar cada um dos parâmetros. A localização e a hora da recolha da amostra serão registadas por um GPS e pelo relógio do equipamento.

## **Qualidade das Águas Balneares (A3)**

As águas balneares serão amostradas quinzenalmente durante a época balnear nas três praias referidas no Caderno de Encargos como referido nos parágrafos 3.1.4 e 3.2.4, num total de 5 pontos de colheita. Nas amostras recolhidas serão pesquisados os microrganismos descritos na Tabela A 3 (em anexo) que indica também o número anual de amostras.

Os valores obtidos serão analisados com base no escoamento produzido pelo modelo. No caso de ser detectada contaminação serão colhidas amostras adicionais (na campanha seguinte) para em conjunto com o modelo e com uma inspecção do local se determinarem as fontes.

## Qualidade dos Sedimentos (A4)

A qualidade dos sedimentos será caracterizada através da medição dos parâmetros referidos no parágrafo 3.2.3 do Caderno de Encargos, indicados na Tabela A 4 que serão amostrados nas vinte estações indicadas na Figura 1, numa campanha de Inverno de acordo com as especificações.

O parágrafo 3.1.3 do Caderno de Encargos refere 10 a 20 estações. Foi decidido fazer 20 estações para ter em conta a variabilidade espacial e para facilitar a comparação com dados de anos anteriores, do programa de monitorização e produzidos por outras fontes. No Braço da Barrosa serão efectuadas 5 estações, no Braço do Bom Sucesso outras 5, numa linha quebrada entre as duas margens da Lagoa na zona da Escola de Vela mais 7 estações, sendo as 3 restantes realizadas entre esta zona e a embocadura.

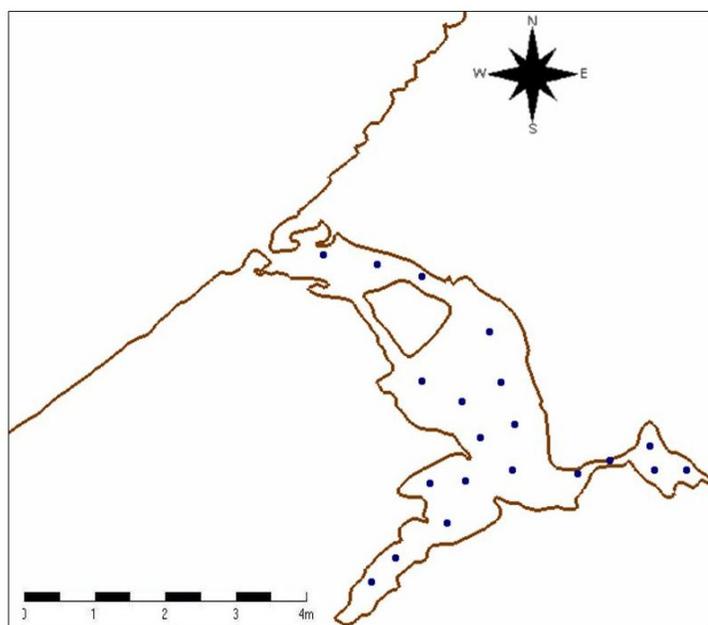


Figura 1: Localização prevista para as estações de sedimentos.

## Cargas Afluentes através dos Rios Arnóia/Real e da Cal (A5)

Os afluentes (Rios Arnóia/Real e da Cal) serão monitorizados como descrito no parágrafo 3.1.5 do caderno de Encargos, numa única estação em cada rio, em baixa-mar para garantir que não há influência da água de enchente. As medidas de salinidade garantirão que a água amostrada é efectivamente dos rios.

As amostras serão colhidas nos dias das campanhas da Lagoa e os parâmetros analisados serão os indicados no parágrafo 3.2.5 do Caderno de Encargos. Os pontos de colheita, serão escolhidos mediante as condições do local tal como indicado no Caderno de Encargos. A Tabela A 5 lista os parâmetros a amostrar e o número total de amostras a colher anualmente em cada local.

Os caudais serão medidos usando o correntómetro do tipo "perfilador ADCP" representado na Figura 3. No caso de as profundidades serem inferiores a 20 cm, será utilizado o ADV indicado

na Figura 4. O primeiro além de medir o caudal mede também o perfil transversal do fundo do rio, permitindo caracterizar a sua evolução sazonal, que pode ser útil para a avaliação da dinâmica sedimentar.

## **Determinação de fluxos através da interface sedimento – água (A6)**

Numa zona do Braço da Barrosa com maior quantidade de matéria orgânica serão colocados verticalmente tubos no sedimento. A água retida no seu interior será recolhida ao longo de um ciclo de 24 horas na Primavera/Verão, quando as variáveis temperatura e luz solar têm maior repercussão nas trocas de massa entre o sedimento e a água. Esta zona da Lagoa recebeu durante anos descargas de matéria orgânica e ainda apresenta sintomas de eutrofização. Serão determinados os níveis de nutrientes e metais dissolvidos e parâmetros físico-químicos descritivos das condições existentes na água.

Com base nestes resultados serão feitas estimativas dos fluxos difusivos de nutrientes e de metais para a coluna de água e avaliar-se-á a importância das fontes internas da Lagoa (sedimentos) para a sua disponibilidade nesta zona da Lagoa. Esta fonte será comparada com as cargas transportadas pelos rios e com os fluxos na fronteira com o mar calculados pelo modelo.

## **Metodologias de amostragem e de análise laboratorial**

Neste capítulo são descritas as metodologias de amostragem e de processamento das análises em laboratório. São também descritos os sensores que vão a utilizar, bem como o seu manuseamento no campo e o processo de calibração.

### Amostragem

Este projecto requer a colheita de amostras de água, matéria particulada em suspensão, sedimentos e macroalgas. As amostras de água serão colhidas em preia-mar e em baixa-mar, à superfície e junto ao fundo sempre que a profundidade for superior a 2 metros e a meia-água no caso de a profundidade ser inferior.

As amostras da coluna de água serão colhidas com garrafas de Niskin e armazenadas em recipientes previamente descontaminados, de acordo com o tipo de análise a efectuar. As amostras serão transportadas para “laboratório móvel” ou para os laboratórios centrais em condições adequadas de conservação.

Os sedimentos serão colhidos com draga Van Veen e retiradas amostras para as caracterizações físico-químicas e biológicas, incluindo macroalgas. As amostras serão transportadas para os laboratórios centrais onde serão realizadas as respectivas análises.

O pH e potencial redox serão medidos no local de colheita, sendo os parâmetros restantes analisados nos laboratórios centrais usando os métodos descritos mais abaixo.

## Métodos de análise

Os métodos de análise são descritos com o detalhe suficiente para se perceber como serão analisadas as amostras.

### ***Componente Coluna de Água:***

*Nutrientes.* As amostras são filtradas através de membranas Nuclepore (MSI) e conservadas para posterior análise por colorimetria num autoanalisador TRAACS 2000: amónia-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nitritos-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, nitratos-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e silicatos-Si(OH)<sub>4</sub> e fosfatos-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. A determinação de Azoto e Fósforo Total será efectuada pelo método de Koroleff (1983) modificado de acordo com ISO 11905-1:1997 (ISO - International Organization for Standardization) e posteriormente analisado por titulação colorimétrica no autoanalisador. As fracções orgânicas calculadas através da diferença. A ureia será determinada pelo descrito em Grasshoff (1976).

*Carbono e Azoto.* Os parâmetros carbono total e inorgânico, azoto total e inorgânico serão determinados em material particulado retido em filtros GF/F, anteriormente calcinados a 450 °C durante 4 horas. Será utilizado um autoanalisador CHN de marca FISON NA 1500 para a determinação da fracção total e inorgânica de carbono e azoto (Byers et al. 1978). As fracções aorgânica calculadas por diferença.

*Fenóis.* Por extracção em fase sólida (membranas C<sub>18</sub>, Baker) seguindo-se a quantificação por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (modo SIM).

*Óleos minerais (Hidrocarbonetos totais).* Procedem-se a diversas extracções líquido - líquido com diclorometano, juntam-se os extractos, concentram-se em evaporador rotativo e corrente de azoto, sendo quantificados por fluorimetria.

*Oxigénio dissolvido.* Método de Winkler (Grasshoff, 1976).

*Salinidade.* Determinada pelo método condutimétrico.

*Coloração.* Este parâmetro será determinado através de uma escala de coloração standard.

*Carência Química de Oxigénio (CQO).* Determinado o consumo químico de oxigénio dissolvido em amostras de água incubadas no laboratório em condições standard (método de Winkler).

*Transparência.* Determinada através de um disco de Secchi.

*Concentração de sólidos em suspensão.* Através da massa das partículas retidas num filtro com porosidade 0.45µm por unidade de volume.

*Clorofila a e feopigmentos.* A determinação das concentrações de clorofila a e feopigmentos na matéria particulada em suspensão será efectuada por fluorimetria, utilizando um espectrofotómetro de fluorescência Hitachi F7000. As amostras retidas em filtros GF/F e extraídas em acetona a 90%, de acordo com o método de Strickland and Parsons (1972), e as equações de Lorenzen (1967) serão utilizadas para os respectivos cálculos.

*Metais na fracção dissolvida.* Para estas determinações serão imersas, durante 48 horas, unidades de resinas DGT (Diffusive Gradients in Thin films) em amostras de água colhidas em frascos adequados. O processo de extracção corresponde à difusão dos metais dissolvidos através de uma membrana de nitrato de celulose e retenção em resina quelante (Davison and Zhang, 1994; Zhang and Davison, 1995). Posteriormente esta resina será eluída numa solução de HNO<sub>3</sub> (1 M) e determinado o teor de Níquel, Cobre, Cádmio e Chumbo por ICP-MS. A validação dos resultados será efectuada através da análise de padrões internacionais certificados SLRS-4 (Riverine water) (National Research Council of Canada) ou de soluções padrão de modo a garantir a sua precisão e exactidão.

*Metais na matéria particulada em suspensão.* As amostras de água para determinação de metais na matéria particulada em suspensão serão filtradas através de membranas de polycarbonato (porosidade 0.45 µm) e posteriormente secas a 40 °C. As partículas serão mineralizadas numa mistura de água régia (HCL-36%:HNO<sub>3</sub>-60%; 3:1) e HF em bombas de Teflon. O conteúdo das bombas será evaporado à secura em tubos de Teflon (DigiPrep HotBlock — SCP Science) e redissolvido com HNO<sub>3</sub> e água Milli-Q. Os teores de Alumínio, Ferro, Manganês, Zinco, Cobre, Crómio, Níquel, Chumbo e Cádmio serão determinados por ICP-MS e espectrofotometria de absorção atómica. A validação dos resultados será efectuada através da análise de padrões internacionais certificados (National Research Council of Canada e United States Geological Survey) (MESS-3, AGV-1, BCSS-1, 1646a), ou de soluções padrão de modo a garantir a sua precisão e exactidão.

#### **Componente Sedimentos:**

No laboratório serão analisados todos os parâmetros excepto o pH e potencial redox medidos no local de colheita. Nas mesmas amostras serão identificadas as espécies de macro-invertebrados bentónicos residentes em cada estação de amostragem, assim como identificadas as espécies de macroalgas presentes. A estrutura das comunidades macrobentónicas será analisada recorrendo ao cálculo de índices univariados (número de taxa, abundância, índices de diversidade de Shannon-Wiener, de específica de Margalef e de equitabilidade de Pielou) e a métodos multivariados. O índice biótico desenvolvido para o meio marinho e abreviadamente designado por AMBI (Borja et al., 2000) será calculado com o intuito de avaliar o estado de qualidade do ambiente bentónico na lagoa, por comparação com os povoamentos caracterizados em anos anteriores. Este índice baseia-se na correspondência entre cada taxon e um determinado comportamento ecológico previamente estabelecido. Estabeleceram-se cinco comportamentos de base (sensíveis, indiferentes, tolerantes, oportunistas de segunda-ordem e oportunistas de primeira-ordem).

*Granulometria dos sedimentos.* Determinação da percentagem da fracção fina e das areias muito finas, finas, médias e grosseiras através de crivos de malhas sucessivamente decrescentes (2000, 500, 250, 125 e 63 µm) colocados num agitador com regulação do tempo e intensidade.

*Densidade.* A densidade dos sedimentos será determinada por observação do volume ocupado por uma massa de sedimento seco.

*Carbono, Azoto e Fósforo.* Para a determinação do carbono e azoto total as amostras serão secas a 60 °C, moídas e colocadas em micro cápsulas de estanho. Para a determinação de carbono e azoto inorgânico as amostras serão secas a 450 °C. A determinação das respectivas fracções será efectuada num autoanalisador CHN, FISIONS NA 1500, de acordo com (Verardo et al. 1990). Para a determinação do fósforo total no sedimento a amostra será digerida com Ácido clorídrico (HCl 1N), durante 15 minutos a 200 °C. Após o complexo de fósforo inorgânico se ter formado por reacção com o reagente misto (Molibdato de amónia, Ácido sulfúrico e Ácido ascórbico) será determinada a sua concentração a 860 nm, no espectrofotómetro de marca Thermo Unicam (Anderson, 1976). A porosidade foi determinada através dos dados de humidade e densidade do sedimento.

*Potencial redox e pH.* As determinações destes parâmetros serão realizadas *in situ* com medidor de pH e eléctrodos específicos.

*Metais.* Os sedimentos serão secos a 40 °C, moídos em almofariz de ágata e mineralizados numa mistura de ácidos fortes (água régia (HNO<sub>3</sub>: HCl) e HF), como anteriormente descrito para as partículas em suspensão. As concentrações de Alumínio, Ferro, Manganês, Zinco, Cobre, Crómio, Níquel, Chumbo, Cádmio, Magnésio e Cobalto na solução obtida serão determinadas por ICP-MS e espectrofotometria de absorção atómica. Para a determinação de Hg as amostras serão analisadas directamente por espectrometria de absorção atómica através de um analisador de mercúrio da LECO, modelo AMA 254 Mercury Analyser. As concentrações de cada metal serão determinadas através do método de adição padrão ou por interpolação na curva de calibração calculada a partir dos teores obtidos com padrões internacionais certificados (National Research Council of Canada e United States Geological Survey) (MESS-3, AGV-1, BCSS-1, 1646a).

*Poluentes orgânicos persistentes.* Para a determinação de compostos organoclorados serão quantificados os principais congéneres de PCB (CB26, CB52, CB101, CB118, CB153, CB138 e CB180) e DDT após extracção em Soxhlet com n-hexano durante 16 horas. Após purificação, com Florisil e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, os extractos serão injectados num cromatógrafo Hewlett Packard, modelo 6890 com coluna capilar J&W, DB5 (60m) e amostrador automático (Ferreira e Vale, 1995). A quantificação dos vários compostos será efectuada através de soluções padrão, utilizando o método do padrão externo. Relativamente aos PAHs, os sedimentos serão extraídos em soxhlet durante 36h com uma mistura de hexano/acetona. Os extractos depois de purificados com uma coluna de sílica/alumina (1:1) são injectados em modo SIM num GC-MS, Thermo com coluna capilar J&W, DB5 (30m) e amostrador automático. A quantificação dos compostos (acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno,

benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[ghi]perileno, indeno[1,2,3-cd]pireno) será efectuada através de soluções padrão com o método do padrão interno.

*Macroinvertebrados bentónicos e macroalgas.* As amostras de sedimento com vista à análise de macrofauna bentónica serão fixadas no campo com formol. No laboratório, as amostras serão lavadas, em água corrente, sobre um crivo com 0.5 mm de malha, de modo a eliminar a solução de formol e os sedimentos finos ainda presentes. O material retido no crivo será triado, separando os animais em grandes grupos taxonómicos, posteriormente conservados em etanol a 70%. A identificação será realizada em lupas binoculares, sempre que possível ao nível específico. Serão identificadas as espécies de macroalgas recolhidas na Lagoa.

*Biomarcadores de degradação da matéria orgânica.* Os sedimentos serão extraídos com sonda ultrasónica com metanol, metanol:diclorometano e diclorometano. Depois de adicionado o padrão interno, os extractos serão metilados com diazometano e purificados através de uma coluna cromatográfica de sílica. Seguidamente os extractos serão sililados e dissolvidos em acetato de etilo para injeção em “full scan” no cromatografo gás-líquido (Thermo Trace GC Ultra) acoplada à espectrometro de massa (Thermo DSQ). Os biomarcadores serão quantificados usando o método do padrão interno.

## **Amostragem com sensores**

Serão usados sensores para (1) medição de correntes, (2) de caudais nos rios, (3) medição de grandezas Físico-Químicas (Temperatura, salinidade, pH e Turbidez) na coluna de água, (4) medição de clorofila *a* e ainda (5) para a medição de nutrientes (Nitrato, Nitrito, Amónia e Fosfato).

Os sensores serão calibrados antes de cada campanha de acordo com as especificações (incluindo os reagentes) do fabricante e o seu funcionamento será verificado. Estas especificações serão objecto de um documento que será facultado à AdO no início do projecto.

O pessoal que opera estes equipamentos teve formação pelos fabricantes e/ou pelo seu representante em Portugal. O funcionamento da sonda multiparamétrica foi objecto de uma acção de formação dada pelos técnicos da empresa Emílio de Azevedo Campos para vários membros da equipa, o funcionamento de ADCP foi objecto de um curso leccionado em Barcelona frequentado por um dos elementos da equipa do IST e a operação do DPA referido abaixo foi objecto de uma acção de formação nas instalações do fabricante (Systea) em Itália frequentado por dois membros da equipa do IST.

Recentemente foram adquiridos mais equipamentos semelhantes por uma equipa interuniversitária que inclui o IST, no âmbito do programa de Reequipamento financiado pela FCT, que deverão ser instalados em três estações fixas nos estuários do Tejo, Mondego e Guadiana. Esta aquisição inclui uma acção de formação que será frequentada por elementos da Universidade de Coimbra, do IST e da Universidade do Algarve.

## Medição de Correntes

As correntes serão medidas utilizando o ADCP WORKHORSE SENTINEL 600 KHz., representado na Figura 2 equipado com um sistema de "bottom tracking", que permite a medição de correntes com o barco em movimento. Com o barco parado, durante a realização das estações de amostragem na zona de dispersão da pluma serão medidos perfis verticais de velocidades. Enquanto o barco vai em movimento serão pedidas distribuições de velocidades ao longo da rota do barco e medidas as profundidades ao longo da rota.



**Figura 2.** ADCP WORKHORSE SENTINEL 600 KHz.

Este equipamento vem calibrado de fábrica. No laboratório é feita uma programação prévia antes do dia da campanha. Esta programação consiste em (i) especificar a profundidade máxima a que pretende fazer as medições, (ii) escolher o modo como se pretende usar o ADCP (fundado ou em movimento), (iii) número de "ensambles" e intervalo de tempo entre "ensambles". Feitas todas as configurações para as medições, são feitos testes ao ADCP para verificar as ligações deste. Os testes realizados incluem (i) testar o relógio do, (ii) configurar a bússola e por último (iii) verificar se os transdutores acústicos. No caso dos transdutores acústicos, deve aparecer uma mensagem de aviso a dizer PASS. Todos os transdutores acústicos devem passar no teste (i.e. os quatro). Se por alguma razão um deles falhar, podem ser feitas as medições mas a fiabilidade destas não é tão boa como se usasse os 4. Após terem sido efectuados todos os testes com sucesso deve desligar-se o ADCP do portátil, ficando assim programado para a realização de uma campanha.

## Medição de caudais

O caudal é medido usando o ADCP Stream Pro (Figura 3) da RD Instruments (<http://www.rdinstruments.com/streampro.html>), sempre que a profundidade for superior a 20 cm. Este ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) faz perfis verticais de velocidade e mede o perfil transversal de profundidade. Fazendo o atravessamento da secção do rio o equipamento calcula directamente o caudal e fornece a distribuição vertical de velocidades e a topografia do fundo. No caso de profundidades ser inferior a 20 cm, será usado o FlowTracker ADV (Figura 4). Este equipamento é de utilização mais morosa, mas é o mais

indicado para escoamentos com baixas profundidades (e baixas velocidades) e tem sido usado com sucesso nas ribeiras da Costa do Estoril.



Figura 3. ADCP Stream Pro.



Figura 4. FlowTracker Handheld ADV.

### Grandezas físico-químicas e clorofila $a$

As grandezas físico-químicas e clorofila  $a$  na Lagoa e zona costeira serão medidas utilizando a sonda multiparamétrica YSI 6600 EDS (Figura 5). Esta sonda é uma das mais populares na comunidade científica e está equipada com sensores de pH, turbidez, condutividade, temperatura, oxigénio dissolvido e clorofila  $a$ , sendo o valor da salinidade calculado directamente pela sonda.



Figura 5. Sonda multiparamétrica YSI 6600 EDS.

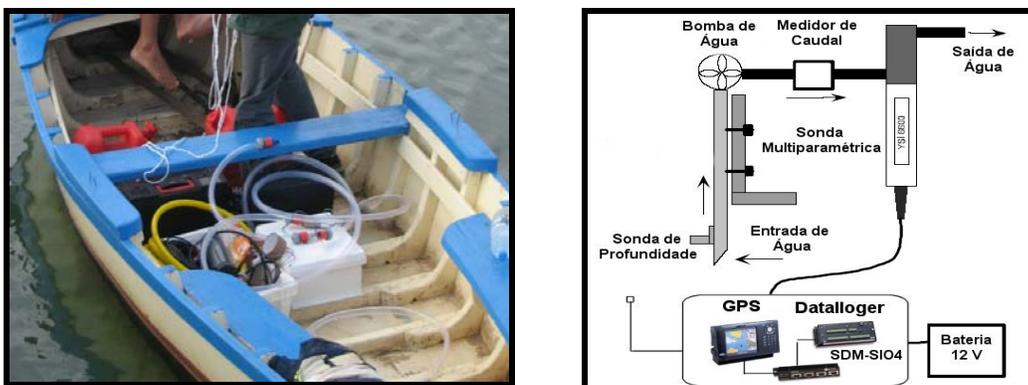
As características dos diferentes sensores são descritas na Tabela A. Ao contrário dos sensores de condutividade, oxigénio e pH, cujo princípio de funcionamento é baseado em eléctrodos, os sensores de clorofila e turbidez baseiam-se em sensores ópticos.

**Tabela A.** Intervalo de leitura, resolução e erro dos sensores da sonda YSI 6600 EDS.

<b>YSI 6600 EDS (Extended Deployment System)</b>		
<b>Temperatura (°C)</b>	Intervalo de leitura	- 5 °C a 45 ° C
	Resolução	0.01 °C
	Precisão (Erro)	+/- 0.15° C
<b>Salinidade</b>	Intervalo de leitura	0 a 70 ppt
	Resolução	0.01 ppt
	Precisão (Erro)	+/- 1% da leitura ou 0.1 ppt (o que for maior)
<b>Oxigénio (%)</b>	Intervalo de leitura	0 a 500%
	Resolução	0.1%
	Precisão (Erro)	0 e 200 % : +/- 2%; 200 e 500%: +/- 6%
<b>Oxigénio (mg/l)</b>	Intervalo de leitura	0 a 50 mg/l
	Resolução	0.01 mg/l
	Precisão (Erro)	0 a 20 mg/l: +/- 2%; 20 a 50%: +/- 6%
<b>pH</b>	Intervalo de leitura	0 a 14
	Resolução	0.01
	Precisão (Erro)	+/- 0.2
<b>Turbidez (NTU)</b>	Intervalo de leitura	0 a 1000 NTU
	Resolução	0.1 NTU
	Precisão (Erro)	+/- 5%
<b>Clorofila a (ug/l)</b>	Intervalo de leitura	0 a 400 ug/l
	Resolução	0.1 ug/l
	Precisão (Erro)	

Na Lagoa será utilizado o sistema de sensores e de mapeamento da posição desenvolvido pelo IST, permitindo efectuar perfis horizontais fazendo zigzagues entre as estações fixas, de acordo com as possibilidades de navegação. O sistema permite registar de forma contínua e em tempo real valores dos parâmetros mensuráveis com a sonda. As medições são georeferenciadas também em contínuo usando um GPS ligado ao mesmo sistema.

O sistema de aquisição de dados está representado esquematicamente na Figura 6 à direita, mostrando o lado esquerdo da figura a localização dos diferentes módulos no interior da embarcação, sendo bem visível o circuito de água e a caixa do *datalogger* (caixa branca). Os valores dos parâmetros de qualidade da água, coordenadas e caudal do circuito são armazenados no *datalogger* e transferidos em seguida para o *Pocket Pc* com tecnologia *Bluetooth* minimizando assim os riscos de danos do material.



**Figura 6.** Embarcação com o sistema de mapeamento da sonda e processamento da informação.

Na zona costeira, como se pretende estudar a variação na vertical dos parâmetros físico-químicos e clorofila *a*, serão efectuados perfis verticais com a mesma sonda. Em cada ponto são efectuados dois perfis, um descendente e outro ascendente.

A aquisição de dados na zona costeira é feita com recurso a um software desenvolvido pelo IST para um PDA (Palm Top). Uma vez que o perfil é efectuado com o barco parado, o controlo do GPS é manual e o sistema só tem que ler os dados da sonda e como consequência não é necessário o uso do datalogger. O software permite adquirir e gerir os dados, e definir a programação prévia da campanha.

### Medição de Nutrientes

A medição de nutrientes é feita utilizando o DPA (Deep-sea Probe Analyzer), que é uma sonda analítica, que permite a análise *in situ* dos principais nutrientes (nitrato e nitrito, amónia e fosfato). Esta sonda é efectivamente constituída por um sistema de bombas e um analisador semelhante ao de laboratório, mas miniaturizado para ser portátil e poder ser submergido no mar (até 50 metros). Os limites de detecção são baixos, sendo indicados na tabela na abaixo (Tabela B) para cada um dos parâmetros.

**Tabela B.** Limites de detecção do DPA.

<b>Nutriente</b>	<b>Limite de Detecção (ppb)</b>
Amónia	2
Ortofosfato	1
Nitrato	2
Nitrito	0.6

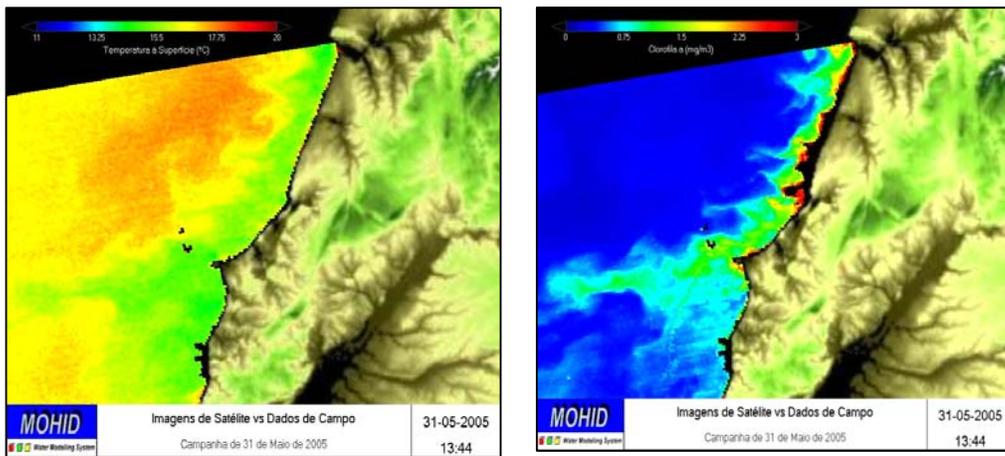
### **Imagens de Satélite**

Serão compiladas e processadas imagens de satélite de temperatura e de clorofila produzidas pela NASA e pela ESA. Estas imagens serão usadas para caracterizar as distribuições espaciais nos dias das campanhas, de modo a avaliar a situação à escala

regional e também para caracterizar as evoluções entre as campanhas, de modo a avaliar a representatividade dos valores medidos para caracterizarem a escala de variação sazonal.

A partir destas imagens serão extraídas séries temporais no ponto na vertical do difusor do emissário, a qual será usada para inserir as medidas efectuadas nas campanhas numa série temporal anual. Esta série temporal será comparada com outras na sua vizinhança para pôr em evidência a variabilidade espacial e o valor estatístico dos dados adquiridos.

As imagens serão armazenadas sequencialmente de modo a permitirem fazer animações que ponham em evidência o movimento da massa de água e especialmente a forma como os blooms promovidos pelo upwelling costeiro se deslocam.



**Figura 7.** Imagens ilustrativas de distribuições de temperatura superficial da água e de clorofila a, fornecidas pelo satélite da NASA. As figuras mostram uma situação de upwelling, no dia 31 de Maio de 2005.

## Modelação matemática

A modelação matemática será baseada no sistema de modelos MOHID ([www.mohid.com](http://www.mohid.com)), que inclui hidrodinâmica, transporte de sedimentos e qualidade da água, bem como a interacção entre esta e os sedimentos.

Este sistema de modelação permite correr um modelo para a circulação local acoplado a um modelo para a circulação à escala da Atlântico Ibérico. O modelo da Lagoa pode ser corrido de forma autónoma quando o objectivo é o estudo dos processos no interior da lagoa, ou acoplado ao modelo exterior quando o objectivo é estudar o destino da pluma de vazante da lagoa e/ou a influência da variabilidade oceânica na Lagoa (e.g. variação da concentração de nutrientes ou variação do nível do mar por acção das ondas).

Nestas condições propõe-se que o programa de modelação tenha duas componentes: (i) modelação no interior da lagoa para estudo de processos que determinam a qualidade da água, nomeadamente dos processos que determinam a interacção entre a coluna de água e os sedimentos e (ii) modelação do escoamento na região da descarga do emissário e da interacção entre esta e a Lagoa.

O trabalho de modelação beneficia do trabalho já efectuado nesta região e do trabalho em curso noutros projectos, nomeadamente no projecto EASY financiado pelo programa Interreg IIIB (Arco Atlântico) e pelo projecto INSEA financiado pela Direcção Geral da Economia da UE, ambos coordenados pelo IST e ainda do projecto ECOOP financiado pela Direcção Geral da Investigação da UE, todos eles tendo uma componente de modelação na Costa Portuguesa.

### **Modelação no interior da Lagoa**

O modelo do interior da Lagoa é baseado no modelo desenvolvido para simular o escoamento e a qualidade da água no programa de monitorização anterior. Este modelo teve como objectivo estudar a hidrodinâmica da Lagoa, os tempos de Residência, os processos de transporte e dar uma primeira aproximação dos processos que determinam a qualidade da Água na Lagoa e quantificar a importância das descargas de origem urbana para esses processos.

Este modelo permitiu perceber o funcionamento a lagoa em dois corpos, um ocupado pela zona de montante onde o tempo de residência é mais elevado e outro a jusante mais influenciado pelas trocas com o mar e onde o tempo de residência é da ordem de 1 a 2 dias. O modelo permitiu ainda identificar a importância da descarga dos rios Arnóia/Real para o balanço global de nutrientes e consequentemente para a produção primária na Lagoa.

O modelo permitiu também explicar a menor qualidade da água na zona do braço da Barrosa como consequência das descargas directas para esse braço, do tempo de residência elevado e ainda do deslocamento preferencial da pluma dos rios Arnóia/Real para essa região. O modelo permitiu ainda verificar a importância do clima de agitação marítima para os níveis

da água no interior da Lagoa, podendo originar subidas de nível da ordem de meio metro. O modelo permitiu também verificar que a mortalidade bacteriana no interior da Lagoa mantém os níveis de contaminação microbiológica em níveis reduzidos na generalidade da Lagoa.

A mineralização da matéria orgânica nos sedimentos e a produção primária bentónica são dois aspectos a melhorar no modelo. Com efeito verificou-se que as concentrações de nutrientes na coluna de água são normalmente muito baixas, assim como as concentrações de fitoplâncton. O trabalho de campo mostrou que os sintomas de eutrofização existente na zona de montante da lagoa são consequência do desenvolvimento de macroalgas bentónicas que serão amostradas de forma sistemática neste programa de monitorização.

Os níveis baixos de nutrientes na coluna de água sugerem que as macroalgas possam crescer preferencialmente a partir de nutrientes provenientes da mineralização de matéria orgânica acumulada nos sedimentos da zona de montante da Lagoa (com maiores tempos de residência, menores velocidades e mais próxima das fontes). Esta hipótese justifica a proposta de uma experiência específica para quantificar os fluxos de nutrientes dos sedimentos para a coluna de água.

Assim, o desenvolvimento do modelo da Lagoa deve ser orientado para a simulação dos processos de mineralização da matéria orgânica nos sedimentos e para a simulação do desenvolvimento de produtores primários bentónicos, com especial ênfase para as macroalgas, mas incluindo também o microfitobentos.

Com este modelo serão calculados fluxos de matéria orgânica da coluna de água para os sedimentos e de nutrientes dos sedimentos para a coluna de água. O modelo incluirá ainda um módulo de dispersão das macroalgas que se libertam dos sedimentos, de modo a perceber o seu transporte em que medida se vão acumular em zonas preferências da Lagoa, contribuído para a concentração da matéria orgânica em zonas específicas da Lagoa.

O modelo calculará ainda balanços integrais a zonas específicas da Lagoa e à Lagoa como um todo, de modo a quantificar os contributos das várias fontes de nutrientes para o funcionamento ecológico de cada uma das zonas da Lagoa e para esta globalmente (descargas dos rios, descargas directas na Lagoa e mineralização da matéria orgânica no interior da Lagoa). A componente mineralização da matéria orgânica da lagoa será ida subdividida em duas partes: mineralização de matéria proveniente de fontes externas e mineralização de matéria orgânica produzida no interior da lagoa (reciclagem).

A contribuição da subida adicional do nível da água na lagoa devida à agitação marítima ao largo será quantificada. Com efeito em situação de temporal o nível sobe no interior da lagoa e consequentemente, após o temporal podem ocorrer situações de velocidades mais elevadas, especialmente quando estas situações ocorrem em maré viva.

O modelo será usado de modo operacional para prever a hidrodinâmica e as distribuições de nutrientes, fitoplâncton e macroalgas nos dias das campanhas de modo a que a equipa de campo tenha uma antevisão do cenário que espera encontrar no campo.

## Modelação da Zona de Descarga do Emissário

O modelo de circulação da zona costeira e de dispersão da pluma implementado actualmente para a zona de estudo usa uma filosofia de modelos encaixados (Figura 8). Esta filosofia usa uma metodologia de “downscaling” da solução permitindo o estabelecimento de condições de fronteira para aplicações locais de pequena escala. Este sistema permite integrar processos desde a escala dos quilómetros como é o caso da maré com processos da escala das centenas de metros, como é o caso da pluma da Lagoa de Óbidos. A comunicação entre modelos é feita *one-way*, ou seja, os modelos de maior escala influenciam os modelos de menor escala mas o segundo não afecta o primeiro.

Na versão actual o modelo de larga escala é do tipo bidimensional, sendo usado para propagar a maré desde a zona em que é especificada através dos resultados do modelo global (para toda a terra) até à zona em que é necessário para especificar as condições de fronteira na região da Foz do Arelho.

No âmbito dos projectos INSEA e EASY foi desenvolvido um modelo para a costa Portuguesa que simula também o escoamento de densidade e forçado pelo vento. O sistema utiliza como condições de fronteira (i) dados detalhados de forçamento atmosférico produzidos pelo modelo meteorológico MM5 operado de forma operacional no IST (<http://meteo.ist.utl.pt>) e que faz previsões para 3 dias actualizadas a cada 3 horas, (2) resultados do modelo de circulação geral oceânica MERCATOR ([http://www.mercator-ocean.fr/html/mod\\_actu/public/welcome\\_en.php3](http://www.mercator-ocean.fr/html/mod_actu/public/welcome_en.php3)) para o forçamento na fronteira aberta e (3) resultados do modelo FES2004 ([www.legos.obs-mip.fr/fr/equipes/ocean/resultats/bilan2005-dyno10.pdf](http://www.legos.obs-mip.fr/fr/equipes/ocean/resultats/bilan2005-dyno10.pdf)) para impor a maré ao longo de toda a zona ibérica (tal como a versão usada até ao momento).

A versão actual do modelo simula os processos de transporte vertical de nutrientes associados ao upwelling costeiro e aos vórtices que se formam no oceano (e.g. na Corrente dos Açores) e por isso pode simular a produção primária. A Figura 9 mostra resultados do modelo MOHID acoplado ao modelo Mercator e MM5 (atmosfera) e ainda forçado pela maré., como descrito acima. Os resultados referem-se ao dia 14 de Junho de 2006 e mostram claramente o upwelling na zona da Foz do Arelho.

Este modelo será utilizado como base do trabalho de modelação a desenvolver. O trabalho desenvolvido anteriormente permitiu perceber a dinâmica da pluma microbiológica do emissário, mostrando a sua extensão em diferentes regimes de vento e que não é expectável que atinja as praias vizinhas. O trabalho proposto aqui alarga o âmbito do modelo aos processos de produção primária, permitindo simular o impacte da descarga nesse processo. Para tal o sistema será simulado em situações de *upwelling* e de *downwelling* com e sem a descarga do emissário. Deste modo será possível determinar a contribuição dos produtos descarregados para os processos biológicos na zona de influência da pluma.

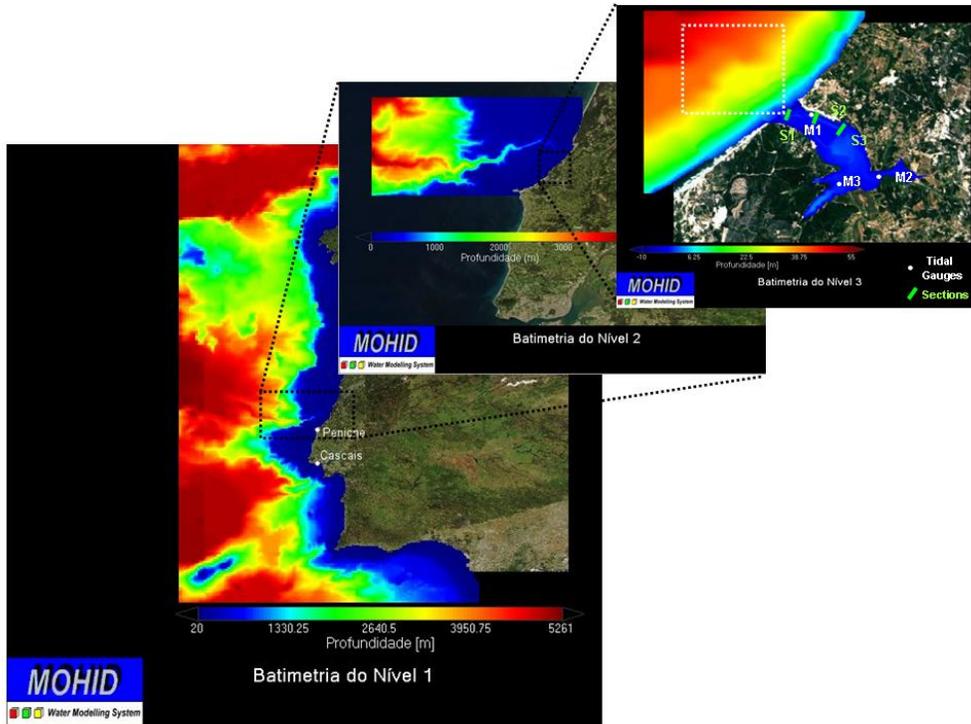


Figura 8: Sistema implementado para estudar a circulação na zona costeira.

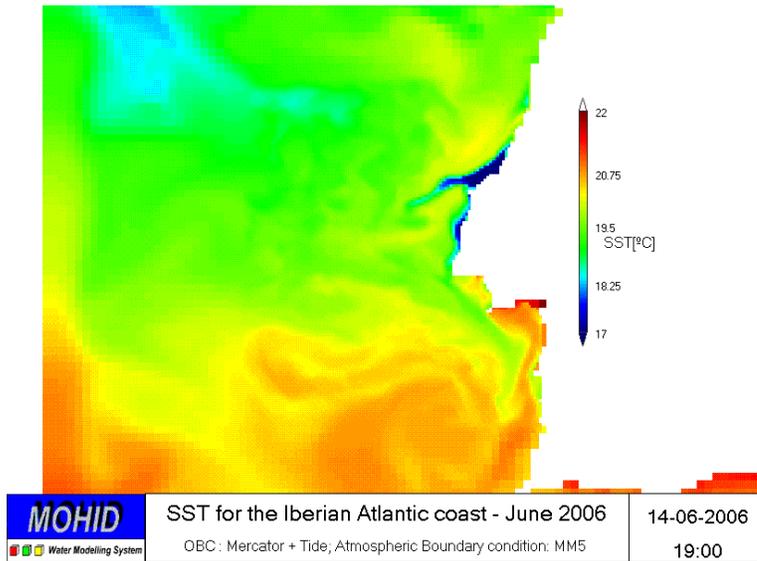
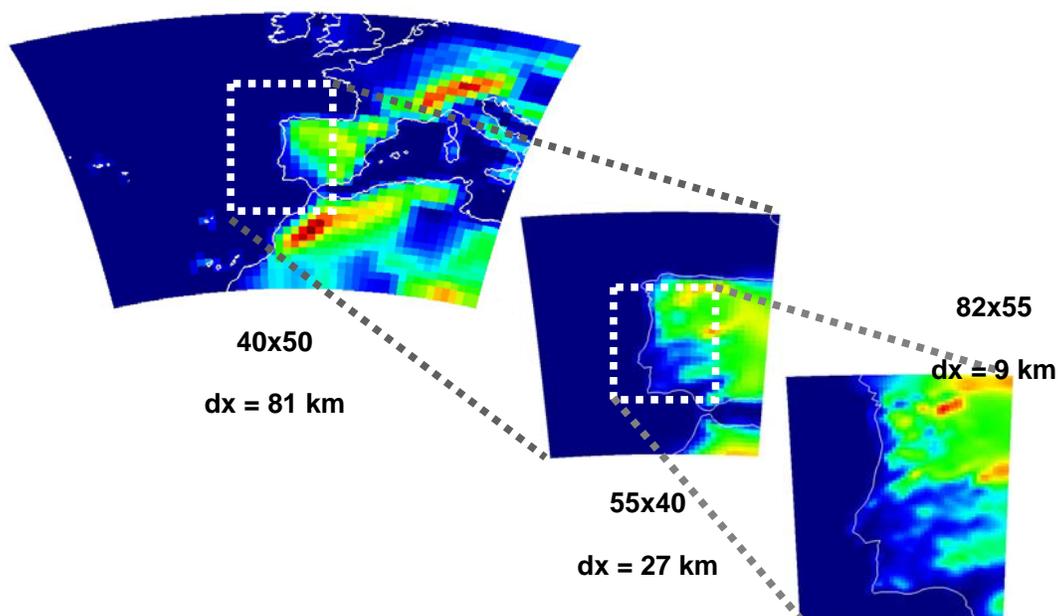


Figura 9: Resultados do modelo MOHID acoplado ao modelo Mercator e MM5 (atmosfera) e ainda forçado pela maré. Os resultados referem-se ao dia 14 de Junho de 2006 e mostram claramente o upwelling na zona da Foz do Arelho.

### Modelo atmosférico

Este projecto beneficiará da disponibilidade dos resultados do modelo de previsão meteorológica referido acima. Este modelo é operado no IST de forma operacional, fazendo previsões de 3 dias para a região indicada na Figura 10, usando um passo espacial de 9km, a partir de resultados da aplicação à escala planetária com um passo espacial de 81km levada

a cabo nos USA (Pennsylvania State University, <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/mm5-home.html>).



**Figura 10:** Exemplo de um output do modelo de circulação atmosférica MM5 (<http://meteo.ist.utl.pt>). São apresentados resultados utilizando um passo espacial de 27 km (modelo intermédio) no seio do qual está encaixado um modelo de 9 km. As condições de fronteira são calculadas por uma versão do MM5 operada à escala planetária nos USA, usando um passo espacial de 81 km (figura superior).

## Modelo de Ondas

O forçamento da hidrodinâmica por acção das ondas será simulado utilizando no modelo MOHID um forçamento adicional na forma de tensões de radiação, que serão calculadas utilizando o modelo de propagação de ondas (STWAVE – Steady State spectral WAVE) desenvolvido nos USA pelo USACE –United States Army Corps of Engineers, <http://chl.erdc.usace.army.mil/CHL.aspx?p=s&a=Software:9> que simula a propagação de ondas irregulares, incluindo os processos de rebentação.

Este modelo é ainda fundamental para estudar os processos de transporte de areias na zona da embocadura da Lagoa.

## Modelação dos Processos na Bacia de Drenagem dos Rios Arnóia/Real

A modelação dos processos nas bacias dos rios afluentes à Lagoa não é solicitada no Caderno de Encargos. Contudo ela acrescenta valor relevante aos dados a adquirir nas estações localizadas nas embocaduras dos rios, bem como a todos os dados disponíveis para as bacias. Para este efeito serão implementadas as “Harp nut Guidelines” adoptadas pela OSPAR em 2000 <http://www.sft.no/publikasjoner/vann/1759/ta1759.pdf> e que enquadram o

trabalho de quantificação dos nutrientes produzidos por uma bacia seja através dos dados de monitorização, seja através das fontes de nutrientes identificadas. A Guideline 6 analisa o contributo das fontes difusas de nutrientes (agricultura e fontes pontuais não ligadas a colectores) cujo contributo deve de ser quantificado através de um modelo. O modelo WAT (soil Water Assesment Tool, <http://www.brc.tamus.edu/swat/> ) é o modelo actual mais sofisticado para este fim.

Utilizando a experiência do IST no uso deste modelo e o facto de os dados de base terem sido recolhidos para todo o país (cartas de solos, meteorologia, uso do solo – CORINE, estatísticas de distribuição de população e de actividades económicas, Recenseamento Geral Agrícola), esta implementação para fazer o diagnóstico da situação pode ser levada a cabo com custos moderados.

## Gestão e Dados

A base de dados existente e disponível em <http://www.mohid.com/gis/obidos2/gis.aspx>, armazena os dados obtidos ao longo do projecto, num servidor de base de dados POSTGRESQL. A actualização dos dados será feita gradualmente e será da responsabilidade do MARETEC.

A exploração gráfica é feita usando um programa de pesquisa da internet (i.e. o internet Explorer). A exploração é feita a partir de uma interface do tipo “Sistema de Informação Geográfica”, que permite não só visualizar através da WEB as localizações geográficas dos dados que estão referenciadas na base de dados como também fazer pesquisas sobre os diferentes registos existentes (i.e. amostras na coluna de água ou sedimento). A apresentação da zona de estudo permite duas opções ao utilizador, imagem de satélite ou linha de terra. Permitirá ainda, escolher o período de dados de interesse sendo a sua visualização através de uma tabela que facilmente pode ser exportada para Excel.

A base de dados existente, será actualizada de modo a permitir incluir a informação gerada pelos sensores (perfis verticais e sistema de mapeamento) e terá também capacidade de incluir informação relativa a descargas pontuais. Actualmente, a base de dados inclui os dados obtidos através da amostragem clássica na Lagoa de Óbidos, zona costeira adjacente e praias.

Para uma melhor visualização da informação, o sistema implementado será ainda actualizado de modo a permitir ao utilizador fazer gráficos da informação seleccionada.

A Figura 11 mostra um exemplo da base de dados existente actualmente para a Lagoa de Óbidos e zona costeira adjacente. Na figura são representados os pontos de monitorização incluídos no projecto. A imagem apresentada é constituída por uma linha de terra e uma imagem de satélite. A figura permite a análise típica dos SIG's (ver controlo de navegação no lado esquerdo da imagem) permitindo nomeadamente zoom's e a representação detalhada da informação à medida que a escala é refinada. A Figura 12 mostra um “*output*” para uma pesquisa feita para a temperatura medida na coluna de água em alguns pontos de monitorização do exemplo apresentado.



Figura 11. Controlo de navegação.

Ponto	Data	Hora	Tipo de Amostra	Parâmetro	Valor	Unidades
EMAO#3	30-10-2006	11:32	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.025	mg NH4/l
EMAO#3	30-10-2006	11:15	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.01	mg NH4/l
EMAO#3	30-10-2006	10:52	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.064	mg NH4/l
EMAO#1	27-07-2006	10:20	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.075	mg NH4/l
EMAO#1	27-07-2006	10:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.039	mg NH4/l
EMAO#1	27-07-2006	09:30	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.022	mg NH4/l
EMAO#1	30-10-2006	10:20	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.048	mg NH4/l
EMAO#1	30-10-2006	10:08	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.0084	mg NH4/l
EMAO#1	30-10-2006	09:54	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.017	mg NH4/l
EMAO#1	31-01-2006	11:25	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.18	mg NH4/l
EMAO#1	31-01-2006	11:15	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.23	mg NH4/l
EMAO#1	10-05-2006	11:35	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.066	mg NH4/l
EMAO#1	10-05-2006	11:30	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.093	mg NH4/l
EMAO#1	10-05-2006	11:25	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.06	mg NH4/l
EMAO#1	31-01-2006	11:00	Água	Azoto Amoniacal (NH4)	0.21	mg NH4/l

Figura 12. Output de uma pesquisa exemplo para a amónia.

## Calendário de execução

O calendário de execução do trabalho de campo é o descrito no anexo do Caderno de Encargos.

A componente de modelação iniciar-se-á em Março, sendo os modelos da região da descarga e da Lagoa corridos de forma continuada (do tipo operacional), fornecendo previsões do escoamento no mar e na lagoa nos dias das campanhas, de forma a conhecer as condições esperadas durante o trabalho de campo.

A partir do mês de Junho estarão também disponíveis previsões de qualidade da água no interior da Lagoa e na zona do emissário. Este procedimento é útil para o processo de validação do modelo, pois a análise dos dados de campo implicará automaticamente a

análise das previsões do modelo e é vantajosa em termos de análise dos dados de campo, a qual poderá incluir a análise tradicional de intercomparação de pontos, mas também o enquadramento dos pontos amostrados com a distribuição espacial na zona.

As imagens de satélite começarão a ser recolhidas a partir do dia 1 de Março e permitirão também a avaliação das distribuições espaciais de temperatura e de clorofila. Estas imagens são mais objectivas que os resultados do modelo porque apesar de todas as limitações do satélite são medidas, mas dão só valores superficiais e nas alturas em que passa o satélite, que pode não coincidir com as datas das campanhas.

A Gestão de Dados será efectuada de forma continuada à medida que estes forem ficando disponíveis. O software necessário ao armazenamento das imagens de satélite e dos resultados do modelo será desenvolvido ao longo dos 4 primeiros meses do projecto. Enquanto este software não estiver desenvolvido esta informação será armazenada na forma tradicional, em ficheiros.

## **Produtos do Projecto**

Os produtos do projecto serão:

- (i) Relatórios com dados de campo e resultados do modelo e as respectivas análises,
- (ii) Uma base de dados com todos os dados colhidos durante o projecto,
- (iii) Um modelo operacional para a zona do emissário e para a Lagoa de Óbidos,
- (iv) Uma página web descrevendo os resultados que poderá ser incluída na intranet da Empresa, com eventual disponibilização de alguma informação para o público em geral.

Para além destes produtos serão ainda preparadas (a) apresentações (PowerPoint) para discussão dos resultados com a Empresa, as quais serão fornecidas aos técnicos para uso posterior, (b) artigos técnico-científicos para divulgação dos resultados do projecto, em colaboração com técnicos da Empresa e (c) eventuais pareceres técnicos que envolvam o uso de produtos do projecto formatados para objectivos específicos.

## **Relatórios**

Serão produzidos relatórios (1) de campanha, (2) relatórios semestrais e (3) um relatório anual.

Os relatórios de campanha serão entregues 45 dias após a campanha a que dizem respeito e incluirão uma descrição dos trabalhos de campo e os resultados obtidos com os sensores e com através das análises de laboratório.

Os relatórios semestrais serão entregues com o relatório da campanha imediatamente anterior e farão uma síntese dos resultados disponíveis até ao momento e incluirão eventuais propostas de alterações pontuais do programa de trabalhos ou da forma de processar os dados do projecto ou de operar o modelo.

O relatório anual será entregue com o relatório da campanha imediatamente anterior. É o relatório mais detalhado, incorporando a informação dos relatórios de campanha e semestral e fazendo a análise integrada dos dados, incluído dos dados de anos anteriores e de dados históricos da zona. Esta análise incluirá a análise dos resultados do modelo (e dos processos que descreve) e das séries temporais de imagens de satélite. Especificamente o relatório final deverá abordar os seguintes aspectos:

- Caracterização sazonal das características físico-químicas da coluna de água da Lagoa e na zona de descarga do emissário.
- Distribuição geográfica dos níveis de nutrientes na Lagoa, sua variação geográfica e avaliação dos diferentes níveis tróficos.
- Avaliação da evolução dos níveis de nutrientes na zona da descarga, à superfície e em profundidade,
- Distribuição geográfica dos níveis de metais na fracção dissolvida e particulada em suspensão na Lagoa, sua variação geográfica e avaliação dos diferentes graus de contaminação.
- Avaliação dos níveis de metais na fracção dissolvida na zona da descarga,
- Distribuição geográfica dos níveis de PAHs, PCBs e DDTs na fracção particulada em suspensão na Lagoa, sua variação geográfica e avaliação dos diferentes graus de contaminação existentes.
- Qualidade dos sedimentos e cartografia das suas propriedades na Lagoa. Estrutura e diversidade das comunidades bentónicas e avaliação da resposta às condições do meio, em particular ao nível trófico das zonas mais interiores da Lagoa.
- Estimativas dos fluxos difusivos do sedimento para a coluna de água e avaliação da importância das fontes internas (sedimentos) na disponibilidade de nutrientes e metais nesta zona da Lagoa.
- Dinâmica da pluma do emissário e extensão da pluma microbiológica. Avaliação da qualidade das águas balneares utilizando os dados do programa de monitorização e outros dados disponíveis.
- Caracterização das condições hidrológicas na zona da descarga utilizando os perfis de velocidade medidos com nas estações de amostragem e ao longo da trajectória da embarcação.
- Caracterização dos caudais dos Rios Arnóia/Real e do Rio da Cal usando os dados do programa de monitorização e dados de eventuais estações do INAG. Avaliação das cargas transportadas e análise dos valores obtidos, tendo em consideração o regime de chuva e o uso do solo. Integração dos dados usando o modelo SWAT para relacionar chuva, caudais e cargas transportadas pelos rios.

- Avaliação da importância dos ciclos dia-noite para compreender os processos de mineralização e de produção primária na coluna de águas e suas consequências sobre as concentrações de Oxigénio Dissolvido e de Nutrientes.
- Balanço global de nutrientes na lagoa, quantificando a importância das cargas transportadas pelos rios, da regeneração no interior da Lagoa, das descargas directas na Lagoa e das trocas com o mar.

## Base de dados

- A Base de dados do projecto será actualizada, incluindo os novos dados do programa de monitorização.
- Será ainda analisada a possibilidade de incluir uma *metabase* de dados onde serão listados os trabalhos que de algum modo podem ser relevantes para o estudo ambiental da Lagoa de Óbidos, da Zona de Descarga do Emissário da Foz do Arelho, da zona de atendimento da AdO e de outras zonas oceânicas de interesse para a Empresa.
- Base de dados com imagens de satélite interessantes para a análise das condições ambientais na zona de descarga e base de dados com resultados do modelo relevantes para a caracterização do sistema.

Os dois últimos aspectos serão abordados com base nas tecnologias em desenvolvimento nos projectos InSea ([www.insea.info](http://www.insea.info)) e EcoManage ([www.ecomanage.info](http://www.ecomanage.info)), financiados pela União Europeia e coordenados pelo IST.

## Modelo operacional para a zona Descarga e para a Lagoa de Óbidos

O trabalho de modelação matemática será organizado na forma de um modelo operacional que correrá todos os dias na perspectiva da previsão. Este modelo poderá ser a base da componente de previsão requerida pela nova Directiva das Águas Balneares.

Este modelo poderá ainda ser a base da implementação de um plano de emergência para a coordenação de eventos envolvendo a descarga de poluentes no mar.

## Página Web

Uma página web é uma forma eficiente de disponibilizar informação dentro da empresa e para o público. Os resultados do projecto serão organizados neste formato (incluindo a consulta da base de dados do programa de monitorização, incluindo as imagens de satélite e os resultados do modelo), podendo a página ser disponibilizada na intranet da Empresa e eventualmente uma parte disponibilizada para o público.

## **Mais valia da Equipa**

A equipa é liderada pelo IST e inclui elementos do IPIMAR especialistas na componente sedimentar e em amostragem clássica e respectivo processamento laboratorial. Esta equipa tem os meios necessários à execução do projecto, possui grande experiência em trabalhos semelhantes e está integrada na comunidade científica europeia envolvida no estudo dos processos relevantes para a execução deste projecto. A equipa tem ainda experiência de 2 anos no sistema que se pretende estudar e um conhecimento anterior da situação da Lagoa de Óbidos e dos processos relevantes para o estudo da dinâmica da pluma do emissário submarino.

O envolvimento da equipa em projectos de investigação com interesses complementares aos destes permite-lhe recolher informação que útil para este projecto, quer em termos das tecnologias a usar, quer em termos da obtenção de dados complementares. Estes aspectos são de grande utilidade para a valorização dos dados obtidos neste projecto de monitorização.

## **Constituição e Experiência profissional da Equipa**

A equipa é coordenada no IST pelo Prof. Ramiro Neves e no IPIMAR pelo Dr Carlos Vale e constituída pelos elementos listados na Tabela 3. Nos anexos 2 e 3 são listados respectivamente os projectos em que a equipa tem participado nos últimos 5 anos e que são de algum modo relevantes para este estudo e as publicações mais relevantes dos membros da equipa nos últimos 10 anos.

De entre os trabalhos descritos destacam-se os levados a cabo para a SANEST, para a SIMTEJO e para as Águas do Algarve por serem muito semelhantes ao estudo que a AdO vai levar a cabo.

A mais-valia mais forte da experiência profissional desta equipa foi ter realizado trabalho anterior na Lagoa de Óbidos e zona de descarga do emissário submarino da Foz de Arelho. Esta equipa possui um conhecimento aprofundado das condições e problemas existentes nesta zona e dados que foram obtidos em estudos realizados paralelamente que facilitarão e darão maior segurança à interpretação dos futuros dados obtidos no decorrer no Plano de Monitorização.

**Tabela 3:** Lista dos elementos da equipa e suas qualificações e funções no Plano de Monitorização.

Nome	Habilitação/ Categoria	Especialidade	Funções
Ramiro Neves	Prof. Associado do IST	Modelação Matemática e Mecânica dos Fluidos	Coordenação Geral do Projecto e da modelação matemática e aquisição de dados com sensores
Carlos Vale	Investigador coordenador (IPIMAR) e Professor associado convidado (U.Porto)	Química - Contaminação	Coordenação (qualidade da água e sedimentos)
Madalena Santos Malhadas	Bolseira de Investigação	Física	Principal investigadora do projecto
Guillaume Rifflet	Bolseira de Investigação	Engenheiro Físico	Modelação Hidrodinâmica à escala da Costa Portuguesa
Marcos Mateus	Bolseiro de Investigação	Biólogo e dr em Ambiente	Modelação Ecológica à escala da Costa Portuguesa
Pedro Chambel Leitão	Bolseiro de Investigação	Agrónomo	Modelação da Bacia dos rios Arnóia e Real
Maria José Brogueira	Investigadora Principal (IPIMAR)	Química - nutrientes e produtividade	Análise de nutrientes e parâmetros
Ana Maria Ferreira	Investigadora Principal (IPIMAR)	Química-poluentes orgânicos	Análise de PCBs, PAHs, DDT, biomarcadores
Miguel Gaspar	Investigador Auxiliar (IPIMAR)	Biologia - comunidades bentónicas	Macroinvertebrados bentónicos
Patrícia Pereira	Doutoranda (IPIMAR e U. Aveiro)	Biologia - bioquímica	Análise da resposta dos organismos
Hilda de Pablo	Bolseira (Mcs)	Química contaminantes	Análise de metais e estimativa de fluxos

## Equipamentos

A equipa do projecto associada a este Plano Monitorização possui equipamento de campo, instalações laboratoriais e modelos matemáticos que permitem responder integralmente a todos requisitos da proposta sem necessidade de sub-contratação. A Tabela 4 apresenta os principais equipamentos que serão utilizados no decorrer deste trabalho.

**Tabela 4:** Lista das principais infra-estruturas e equipamentos utilizadas no Plano de Monitorização.

<b>Principais Equipamentos</b>
Colhedor de água – Niskin
Colhedor de sedimentos- Van Veen
Laboratório móvel
Espectrofómeto do visível/UV - Spectronic genesys 5
Espectofotómetro de absorção atómica (Perkin-Elmer)
ICP-MS (Thermo)
DigiPrep HotBlock — SCP Science
Cromatógrafo gás-liquido (Thermo Trace GC Ultra) acoplado a espectrómetro de massa
Autoanalizador de mercúrio – LECO
Autoanalizador CHN – FISOONS NA 1500
Autoanalizador TRAACS 2000
Sondas pH, Eh
Sondas
Fluorímetro
Computadores
Sonda multiparamétrica YSI 6600
DPA Portable Nutrient Analyser
ADCP Acoustic Doppler Profiler
STREAM Pro Medidor Acústico de caudais
ADV Acoustic Doppler Velocimeter

## **Custos e condições de pagamento**

Os custos associados a estes trabalhos que incluem logística, observações, amostragem, análises, modelação matemática, gestão de dados, apresentação de resultados, e elaboração dos relatórios é de 176000 euros, dos quais 72000 correspondem ao trabalho a efectuar pelo IPIMAR (todas as análises, excepto a microbiologia). A este valor acresce o IVA à taxa em vigor. O detalhe do orçamento é apresentado na Tabela 5.

15% destes custos serão pagos com a adjudicação, 10% com a entrega dos dois relatórios semestrais (intercalares), 30 % com a aceitação do primeiro relatório anual e 35% com a aceitação do relatório final do segundo ano.

<b>Tabela 5</b> : Custos do programa de monitorização proposto pelo IST para a lagoa de Óbidos e Emissário da Foz do Arelho. (Valores sem IVA).			
Tarefa	IST	IPIMAR	Total
Modelação matemática	41000		41000
Gestão de dados	17000		17000
Logística/campanhas	23000	12000	35000
Análises (microbiologia)	23000		23000
Restantes análises		60000	60000
<b>Total</b>	<b>104000</b>	<b>72000</b>	<b>176000</b>

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Tabelas com parâmetros a amostrar em cada sub-sistema e em cada estação.

**Tabela A 1.** Parâmetro a amostrar na coluna de água na zona do emissário em cada estação e número anual de amostras.

		Emissário							
		Coluna de água	Número anual de amostras						
			Em cada estação serão colhidas <b>3 amostras</b> (superfície, meio e fundo) e efectuados <b>2 perfis</b> , um descendente e outro ascendente.						
		Amostragem Clássica	Amostragem com sensores	EMAO#1	EMAO#2	EMAO#3	EMAO#4	EMAO#5	
<b>Físico-Químicos</b>	Temperatura		X	só perfis	só perfis	só perfis	só perfis	só perfis	
	Salinidade	X	X	12	12	12	só perfis	só perfis	
	O2	X	X	12	12	12	só perfis	só perfis	
	pH		X	12	12	12	só perfis	só perfis	
	Potencial Redox								
	Turbidez		X	Turbidez só em perfis com sensores (5 pontos)					
	Transparência	X		12	12	12			
	Sólidos em Suspensão	X		12	12	12			
	Fenóis	X		12	12	12			
	Óleos Minerais	X		12	12	12			
	CQO								
	Coloração	X		12	12	12			
							Equipamento automático		
<b>Nutrientes</b>	Nitrato	X	X	12	12	12	12	12	
	Nitrito	X	X	12	12	12	12	12	
	Amónia	X	X	12	12	12	12	12	
	Ureia	X		12	12	12			
	Azoto Orgânico	X		12	12	12			
	Azoto Total Dissolvido	X		12	12	12			
Azoto Total				12	12	12	Equipamento		

							automático	
	Fosfatos	X	X	12	12	12	12	12
	Fósforo Orgânico	X		12	12	12		
	Fósforo Total Dissolvido	X		12	12	12		
	Fósforo Total			12	12	12		
	Sílica	X		12	12	12		
<b>Carbono</b>	Clorofila a	X	X	12	12	12	só perfis	só perfis
	Feopigmentos	X		12	12	12		
<b>Carbono e Azoto (fracção particulada)</b>	Carbono Orgânico	X		12	12	12		
	Carbono Total	X		12	12	12		
	Azoto Orgânico	X		12	12	12		
	Azoto Total	X		12	12	12		
	MPS	X		12	12	12		
				<b>Só no Inverno e Verão</b>				
<b>Dissolvidos</b>	Alumínio							
	Ferro							
	Manganês							
	Zinco							
	Cobre	X		2				
	Crómio							
	Níquel	X		2				
	Chumbo	X		2				
	Cádmio	X		2				
	Magnésio							
	Cobalto							
	Mercurio							
<b>Microbiológicos</b>				<b>Duas campanhas extra no Verão</b>				
	Bactérias coliformes	X		18	18	18	18	18
	Bactérias coliformes termotolerantes	X		18	18	18	18	18

E. Coli	X		18	18	18	18	18
Enterococos intestinais	X		18	18	18	18	18
Salmonelas	X		18	18	18	18	18

**Tabela A 2.** Parâmetro a amostrar na coluna de água na Lagoa de Óbidos em cada estação e respectivo número de amostras

		LAGOA DE ÓBIDOS (excepto ciclos de 24 horas)							
		Coluna de Água		Número Anual de Amostras					
Parâmetro		Amostragem Clássica	Amostragem com sensores	AO#2	AO#3	AO#3a	AO#3b	AO#4*	AO#5
Físico-Químicos	Temperatura		X	4	4	4	4	4	4
	Salinidade	X	X	4	4	4	4	4	4
	O2	X	X	4	4	4	4	4	4
	pH		X	Medido in situ (com sensores)					
	Turbidez			4	4	4	4	4	4
	Transparência			4	4	4	4	4	4
	Sólidos em Suspensão			4	4	4	4	4	4
Nutrientes	Nitrato	X	X	4	4	4	4	4	4
	Nitrito	X	X	4	4	4	4	4	4
	Amónia	X	X	4	4	4	4	4	4
	Ureia	X		4	4	4	4	4	4
	Azoto Orgânico	X		4	4	4	4	4	4
	Azoto Total								
	Fosfatos	X	X	4	4	4	4	4	4
	Fósforo Orgânico	X		4	4	4	4	4	4
	Fósforo Total Dissolvido	X		4	4	4	4	4	4
	Fósforo Total								
Carbono	Sílica	X		4	4	4	4	4	4
	Clorofila a	X	X	4	4	4	4	4	4
Carbono e Azoto (fracção particulada)	Feopigmentos	X		4	4	4	4	4	4
	Carbono Orgânico	X		4	4	4	4	4	4
	Carbono Inorgânico	X		4	4	4	4	4	4
	Carbono Total	X		4	4	4	4	4	4
	Azoto Orgânico	X		4	4	4	4	4	4

	Azoto Inorgânico	X		4	4	4	4	4	4
	Azoto Total	X		4	4	4	4	4	4
	MPS	X		4	4	4	4	4	4
<b>Contaminantes Metálicos (fracção particulada)</b>	Aluminio	X		4	4	4	4	4	4
	Ferro	X		4	4	4	4	4	4
	Manganês	X		4	4	4	4	4	4
	Zinco	X		4	4	4	4	4	4
	Cobre	X		4	4	4	4	4	4
	Crómio	X		4	4	4	4	4	4
	Níquel	X		4	4	4	4	4	4
	Chumbo	X		4	4	4	4	4	4
	Cádmio	X		4	4	4	4	4	4
	Magnésio			4	4	4	4	4	4
	Cobalto			4	4	4	4	4	4
	Mercurio			4	4	4	4	4	4
<b>Microbiológicos</b>	Bactérias coliformes	X		4	4	4	4	4	4
	Bactérias coliformes termotolerantes	X		4	4	4	4	4	4
	E. Coli	X		4	4	4	4	4	4
	Enterococos intestinais	X		4	4	4	4	4	4
	Salmonelas	X		4	4	4	4	4	4

**Tabela A 3.** Parâmetro a amostrar nas praias em cada estação e número anual de amostras.

<b>PRAIAS</b>		<b>Número anual de amostras</b>							
	<b>Parâmetro</b>	<b>Foz do Arelho</b>			<b>FA#1</b>	<b>FA#2</b>	<b>FA#3</b>	<b>FA#4</b>	<b>FA#5</b>
		<b>Mar</b>	<b>Lagoa</b>	<b>Bom Sucesso</b>					
<b>Microbiológicos</b>	Bactérias coliformes		X		7	7	7	7	7
	Bactérias coliformes termotolerantes		X		7	7	7	7	7
	E. Coli		X		7	7	7	7	7
	Enterococos intestinais		X		7	7	7	7	7
	Salmonelas		X		7	7	7	7	7

**Tabela A 4.** Parâmetro a amostrar nos sedimentos em cada estação e número anual de amostras.

<b>Sedimentos</b>			
	<b>Parâmetro</b>	<b>Amostragem Clássica</b>	<b>Número anual de amostras (Só no Inverno)</b>
<b>Propriedades específicas dos Sedimentos</b>	Granulometria	X	20
	Densidade do Sedimento	X	20
	Poluentes Orgânicos Persistentes	X	20
	Macroinvertebrados Bentônicos	X	20
	MacroAlgas	X	20
	Biomarcadores de degradação de MO	X	20
<b>Físico-Químicos</b>	pH	X	20
	Potencial Redox	X	20
<b>Carbono, Azoto e Fósforo</b>	Carbono Orgânico	X	20
	Carbono Inorgânico	X	20
	Carbono Total	X	20
	Azoto Orgânico	X	20
	Azoto Inorgânico	X	20
	Azoto Total	X	20
	Fósforo Total	X	20
<b>Contaminantes Metálicos</b>	Alumínio	X	20
	Ferro	X	20
	Manganês	X	20
	Zinco	X	20
	Cobre	X	20
	Crômio	X	20
	Níquel	X	20
	Chumbo	X	20
	Cádmio	X	20

	Magnésio	X	20
	Cobalto	X	20
	Mercurio	X	20
<b>Poluentes Orgânicos Persistentes</b>	PCB	X	20
	DDT	X	20
	PAH	X	20

**Tabela A 5.** Parâmetro a amostrar nos afluentes (Rio Arnóia/Real e da Cal) e número de amostras por ano.

<b>Afluentes</b>			<b>Numero anual de amostras</b>	
	<b>Parâmetro</b>	<b>Sensores</b>	<b>Rio Arnóia/real</b>	<b>Rio da Cal</b>
<b>Físico-Químicos</b>	Temperatura	X	10	10
	Salinidade	X	10	10
	O2	X	10	10
	pH	X	10	10
	Turbidez	X	10	10
<b>Nutrientes</b>	Nitrato	X	10	10
	Nitrito	X	10	10
	Amónia	X	10	10
	Fosfatos	X	10	10
<b>Carbono</b>	Clorofila a	X	10	10

ANEXO 2: Lista de trabalhos da equipa relevantes para este projecto realizados nos últimos cinco anos.

## Lista de trabalhos da equipa relevantes para este projecto realizados nos últimos 5 anos

### IST

- Projecto de Monitorização do Emissário submarino da Guia, SANEST (desde 1997)
- Projecto de monitorização do estuário do Tejo e das Ribeiras do Oeste, SIMTEJO, (desde 2003)
- Projecto de Monitorização do meio receptor das Águas do Algarve (Gadiana, Ria Formosa, Baía de Albufeira, Estuário do Arade (2005-2006, negociação da continuação do projecto em curso),
- Mabene – Modelação da interacção entre a hidrodinâmica e o crescimento de bivalves em sistemas estuarinos, 2002 a 2006, 6º Programa Quadro da UE [www.nioo.knaw.nl/projects/mabene/](http://www.nioo.knaw.nl/projects/mabene/)
- Eurostrataform – Interacção entre o transito sedimentar em zonas costeiras e os canhões submarinos (entre eles o canhão da Nazaré), 2002 a 2005, 6º Programa Quadro da UE [www.soc.soton.ac.uk/CHD/EUROSTRATAFORM/](http://www.soc.soton.ac.uk/CHD/EUROSTRATAFORM/)
- Ecomanage – Estudo integrado da gestão de sistemas costeiros e das bacias hidrográficas adjacentes 2004 a 2007, 6º Programa Quadro da UE. ([www.ecomanage.info](http://www.ecomanage.info))
- ICREW – Desenvolvimento de tecnologia para a implementação da nova directiva das águas balneares 2003 a 2006, Interreg IIIB. ([www.icrew.info](http://www.icrew.info))
- TEMPOSIM – Processos que determinam a qualidade da água em rios temporários, 2003 a 2006, 6º Programa Quadro da UE. [www.temposim.net](http://www.temposim.net)
- EROCIPS – Ferramentas para a prevenção e estudo dos impactes de descargas acidentais de substâncias perigosas no mar, Interreg IIIB, 2005 a 2007, <http://www.erocips.org/intro.html>
- INSEA – Estudo de zonas costeiras integrando Modelos Matemáticos, Dados de Satélite e Dados in situ 2006 a 2008 6º Programa Quadro da UE. ([www.insea.info](http://www.insea.info))
- EASY - Infra-estrutura policentrica para modelação operacional no arco-atlântico da UE, Interreg IIIB, 2007-2008
- ECOOP – Desenvolvimento científico e Tecnológico para a Modelação Operacional na UE, 6º Programa Quadro, 2007 – 2009
- Estudo integrado da Bacia e Estuário do Rio Mondego, 2004-2006, INAG.
- Estudo do impacte da remoção de nutrientes nos estuários dos rios Minho, Mondego, Tejo, Sado e Gadiana, INAG 2002.
- Realtime – Aquisição de dados em tempo real em zonas costeiras, FCT, 2001 a 2005
- ModelRia – Modelação Ecológica da Ria de Aveiro, FCT, 2000 a 2003

### IPIMAR

- Caracterização e monitorização do impacte das dragagens na Ria Formosa, Instituto da Conservação da Natureza, 1998-2001.
- Monitorização de substâncias perigosas na zona costeira, Direcção Geral do Ambiente, 1999-2000.
- Estudo das condições ambientais no sistema fluvio-estuarino do Gadiana, LNEC, 2001.
- Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na envolvente à CTRSU de S. João da Talha - Contaminantes, Valorsul, 1999-2007.

- Influência do Guadiana e das correntes marítimas provenientes do Golfo de Cádiz na qualidade do ambiente costeiro e dos recursos da pesca do Sotavento Algarvio, Direcção-Geral do Ambiente, 2001.
- Influência das descargas fluviais na qualidade do ambiente costeiro e nos recursos da pesca entre caminha e Mondego, Direcção-Geral do Ambiente, 2001.
- Níveis de contaminantes nas embocaduras do Tejo e Sado, na zona de Sines e no canhão de Portimão e a sua influência nos recursos vivos, Direcção-Geral do Ambiente, 2001.
- Caracterização granulométrica e química de sedimentos a dragar no âmbito da reconfiguração do Cabedelo. PROCELS, 2003.
- Caracterização físico-química de sedimentos no Rio Ave, Vila do Conde- IPTM, 2003.
- Caracterização físico-química dos sedimentos do canal de Olhão – Ria Formosa. – IPTM, 2003.
- Caracterização físico-química dos sedimentos do Porto do Funchal. Administração dos portos da Madeira, 2003.
- Análise de compostos deutil-estanho em sedimentos de Sines, Universidade de Évora, 2003.
- Níveis de hidrocarbonetos no pescado adquirido nos mercados e hipermercados de Portugal, Instituto do Consumidor, 2003.
- Níveis de hidrocarbonetos em espécies de aquicultura, Instituto do Consumidor, 2003.
- Monitorização dos Impactes ambientais associados às operações de dragagem no Estuário do Sado e zona costeira Adjacente, Administração do Porto de Setúbal, 2004-2005.
- Caracterização química de sedimentos a dragar no estuário do Sado (APSS).
- Monitorização de contaminantes no estuário do Tejo – SIMTEJO (2004-2006).
- Monitorização no local do emissário na Foz do Arelho e Lagoa de Óbidos, Águas do oeste, 2004-2006.
- Estudo da imersão de dragados do Rio Ave, 2005 e 2006.
- Caracterização ecológica das águas de transição e costeiras em Portugal continental, 2006 (INAG).

## ANEXO 3: Lista de publicações mais recentes da equipa.

# Lista de publicações relevantes dos últimos 10 anos

## Equipa do IST

Capítulos de livros e conferências  
Chapters in books

Neves, R., Miranda, R., Riflet, G. (To appear) Numerical Models as Decision Support Tool in Coastal Areas - Ecosystem Processes, Modeling and Sustainable Management, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.

Chubarenko, B., Koutitonsky, V.G., Neves, R. & Umgiesser, G., 2005. Modeling Concepts. In Coastal Lagoons – Ecosystem Processes and Modeling for sustainable use and development. Gönenç, I.E and Wolflin, J.P., ed. CRC Press, 231-306.

Neves, R., Coelho, H.S., Taborda, R., Pina, P. (2002) - Physical Processes and Modelling at Ocean Margins Ocean Margin Systems. G. Wefer, D. Billett, D. Hebbeln, B.B. Jørgensen, Tj. Van Weering (eds.), Springer Verlag, Berlin, pp. 99-123.

Santos, M., Carvalho, S., Alves, C., Neves, R. (2005). "Programa de Monitorização da lagoa de Óbidos e Emissário Submarino da Foz do Arelho", ENEG, 22 a 24 Novembro, Lisboa, Portugal.

Alves, C., Carvalho, S., Santos, M., Zenha, J.H.S., Neves, R. (2006). "Monitoring and Modelling Foz do Arelho submarine outfall plume". 7<sup>th</sup> International Conference on Hydroinformatics, HIC 2006, 3 a 7 September, Nice, FRANCE.

Santos, M., Neves, R., Leitão, P.C., Pereira, P., Pablo, H., Fernandes, L. D., Carvalho, S., Alves, C (2006). "Qualidade da água da lagoa de Óbidos: Que futuro?". (2006). 12<sup>o</sup> Encontro nacional de Saneamento Básico, 24-27 Outubro, Cascais, Portugal.

Artigos em revistas de circulação internacional com arbitragem científica  
Papers in international scientific periodicals with referees

SUBMITTED:

Garcia, A.C., Coelho, H., Leitão, P.C., Stigter, H., van Weering, T. & Neves, R. Internal tide influence on sediment resuspension in Nazaré Submarine Canyon. Marine Geology (submitted).

Mateus, M., Coelho, H., Chambel, P., Pina, P. & Neves, R. Modelling coliform die-off rates and dispersion in aquatic environments using numerical drogues: a case study. Marine Pollution Bulletin (submitted).

2006:

Leitão, P., Coelho, H., Santos, A., Neves, R. Modeling the main features of the Algarve coastal circulation during July 2004: a downscaling approach. Journal of Atmospheric and Ocean Science.

Saraiva, S., Pina, P., Martins, F., Santos, M., Braunschweig, F. & Neves, R. Modelling

the influence of nutrient loads on Portuguese estuaries. *Hydrobiologia* (accepted).

2005:

Trancoso A., S. Saraiva, L. Fernandes, P. Pina, P. Leitão and R. Neves (2005). Modelling MacroAlgae in Estuaries. *Ecological Modelling* vol. 187, (2-3) , Pages 232-246 September 2005

Nobre, A.M., Ferreira, J.G., Newton, A., Simas, T., Icely, J.D., Neves, R. (2005). Management of coastal eutrophication: Integration of field data, ecosystem-scale simulations and screening models. *Journal of Marine Systems*, 56 (3/4), 375-390

2003:

Braunschweig F, Martins, F, Leitão, P & Neves, R. 2003: A methodology to estimate renewal time scales in estuaries: the Tagus Estuary case. *Ocean Dynamics*. 53(3):137–145.

deCastro, M, Gómez-Gesteira, M, Prego, R and Neves, R (2003) Wind influence on water exchange between the ria of ferrol (nw, spain) and the shelf, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 1055-1064

Coelho, H, A. C. Garcia & R. Neves, 2003. Aspects of Circulation over submarine canyons: a numerical study. Special volume on the Atlantic Iberian Continental Margin Symposium, *Thalassas*, 19 (2a): 141-143.

Garcia, C., H. Coelho & R. Neves, 2003. Some hydrological and nephelometric aspects over Nazaré and Setúbal (Portugal) submarine canyons. Special volume on the Atlantic Iberian Continental Margin Symposium, *Thalassas*, 19 (2b): 51-53.

Leitão, P., R. Neves, H. Coelho, F. Braunschweig & J. Leitão, 2003. 3D hydrodynamic modelling of the Tagus region of fresh water influence. Special volume on the Atlantic Iberian Continental Margin Symposium, *Thalassas*, 19 (2a): 152-154.

Lopes, J., R. Neves, J. Dias e F. Martins, 2003. Calibração de Um Sistema de Modelação para o Estuário do Guadiana. Special volume on the Atlantic Iberian Continental Margin Symposium, *Thalassas*, 19(2a): 155-156.

Pina P., Braunschweig F., Saraiva S., Santos M. & Neves, R., 2003. The role of Physics controlling the Eutrophication processes in Estuaries. Special volume on the Atlantic Iberian Continental Margin Symposium, *Thalassas*, 19 (2a): 157-158.

Martins, F., R. Neves, e P. Leitão, 2003. Simulating water mixing in a barotropic estuary: the effect of vertical discretization. *Hydrobiologia*, ECSA31 special issue.

2002:

Martins, F., R. Neves, e P. Leitão, 2002. Simulating water mixing in homogeneous estuaries: The SADO estuary case. *Hydrobiologia* 475/476:221-227.

Coelho, H., R. Neves, M. White, P. Leitão and A. Santos (2002): A Model for Ocean Circulation on the Iberian Coast. *Journal of Marine Systems*, 32(1-3): 153-179.

Santos, A., H. Martins, H. Coelho, P.C. Leitão and R. Neves (2002): A circulation model for the European ocean margin *Applied Mathematical Modelling*, 26 (5), 563-582

2001:

Martins, F., R. Neves, P. Leitão e A. Silva, 2001. 3D modeling in the Sado estuary using a new generic coordinate approach. *Oceanologica Acta*, 24 (1):S51-S62.

Montero, P., Taboada, J.J., Braunschweig, F., Neves, R.J., Pérez-Villar, V. (2001) - Dispersion de Partículas en la Ria de Ribadeo: Modelización Euleriana Y Lagrangiana. *Revista Real Academia Galega de Ciências*, XX, pp. 73-90.

2000:

Gomez-Gesteira, M P.Montero, R.Prego,J.J Taboada, Leitao, P., Ruiz Villarreal, M., R.Neves and V.Pérez-Villar, 2000 "A two dimensional particle tracking model for pollution in A Coruña and Vigo Rias (NW Spain), *Oceanologica Acta*, 22(2), 167-177.

1999:

Martins, H., A. Santos, E.F. Coelho, R. Neves and T. L. Rosa (1999) Numerical Simulation of Internal Tides, *Journal of Mechanical Engineering Science*, 214C: 867-872.

Coelho, H. S., R. Neves, P. C. Leitão, H. Martins, A. Santos (1999) The slope Current along the Western European Margin: A Numerical Investigation. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 15 (1-4). 61-72.

Miranda, R., R. Neves, H. Coelho, H. Martins, P. C. Leitão and A. Santos (1999): Transport and Mixing Simulation Along the Continental Shelf Edge Using a Lagrangian Approach, *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 15,39-60.

P. Montero, M.Gomez-Gesteira, J.J. Taboada, M. Ruiz-Villareal, A.P. Santos, R. Neves, R. Prego & V. Perez-Villar. On residual circulation of the Ria of Vigo using a 3-D baroclinic model. *Bol. Esp.Inst. Ocean.*, 15, 61-72

M.Gomez-Gesteira, P. Montero, R. Prego, J.J. Taboada, P. Leitão, M. Ruiz-Villarreal, R. Neves & V. Perez-Villar (1999): A two-dimensional particle tracking model for pollution dispersion in A Coruna and Vigo Rias (NW Spain). *Oceanologica Acta* 22(2), p. 167-177.

Cancino L. Neves, R.J.J (1999) Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems. part I: description of the numerical models. *Journal of Marine Systems* (22, 105-116).

Cancino L. Neves, R.J.J (1999) Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems. part II: Application in the Scheldt and Gironde Estuaries. *Journal of Marine Systems* (22, 117-131).

Matos, J.M.; Monteiro, A.; Costa, P.C.; Neves, R.; Frazão, A.; Bettencourt, A.; Santos, C. (1998) – Waste water diffusion in the Estoril Coast: Theoretical calculations and Field Studies. *Water Science and Technology*, vol 38, nº 10, pp 337-344

## EQUIPA do IPIMAR

---

Pereira P., Vale C., Caçador I., Caetano M., Costa A.L., Decomposition of belowground litter and metal dynamics in salt marshes (Tagus estuary, Portugal). *The Science of Total Environment* (in press).

Caetano M., Fonseca N., Cesário R. & Vale C., Mobility of Pb in salt marshes recorded by total content and stable isotopic signature. *The Science of Total Environment* (in press).

Canário J., Prego R., Vale C. & Branco V., Distribution of mercury and monomethylmercury in sediments of Vigo Ria, NW Iberian Peninsula. *Water Air Soil Pollution* (in press).

Canario J., Branco V. & Vale C. Seasonal variation of monomethylmercury concentrations in surface sediments of the Tagus estuary (Portugal), *Environmental Pollution* (in press).

Caetano M., Madureira M-J. & Vale C., Exchange of Cu and Cd across the sediment-water interface of Ria Formosa sediments (Portugal). *Hydrobiologia* (in press).

DelValls T.A., Chapman P.M., Drake P., Dulce Subida M., Vale C., de la Reguera D.F., Blasco J., 2007. Benthos Sediment Quality Assessments *In: Sustainable Management of Sediment Resources: Sediment Quality and Impact of Pollutants.* Eds D. Barceló & M. Petrovic, Elsevier, 215-261.

Caetano M., Vale C. & Falcão M., 2006. Particulate metal distribution in Guadiana estuary punctuated by flood episodes. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 70, 1-2, 109-116.

Carvalho S., Gaspar M.B., Moura A., Vale C., Antunes P., Gil O., Cancela da Fonseca L. & Falcão M., 2006. The use of the marine biotic index AMBI in the assessment of the ecological status of the Óbidos lagoon (Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, 52, 1414-1424.

Falcão M., Caetano M., Serpa D., Gaspar M. & Vale C., 2006. Effects of infauna harvesting on tidal flats of a coastal lagoon (Ria Formosa-Portugal): implications on phosphorus dynamics. *Marine Environmental Research*, 61, 136-148.

Martins M., Ferreira A.M., Vale C., 2005. PCB composition in flood material and sediments from the Guadiana River estuary. *Ciencias Marinas*, 31(B), 285-291.

Canário, J., Vale, C., Caetano, M., 2005. Distribution of monomethylmercury and mercury in surface sediments of the Tagus Estuary (Portugal). *Mar. Poll. Bull.*, 50, 10, 1142-1145.

Pereira P., Vale C., Ferreira A.M., Pereira E., Pardal M.A. & Marques J.C., 2005. Seasonal variation of surface sediments composition in Mondego River Estuary. *J.*

---

Canário, J., Vale, C., 2004. Rapid release of mercury from inter-tidal sediments exposed to solar radiation: A field experiment. *Env. Sci. Tech.*, 38, 14, 3901-3907.

Newton A., Icely J.D., Falcão M., Nobre A., Nunes J.P., Ferreira J.G. & Vale C., 2003. Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon, Portugal. *Continental Shelf Research*, 23, 1945-1961.

Ferreira, A., Martins, M. & Vale, C., 2003. Influence of diffuse sources on levels and distribution of polychlorinated biphenyls in Guadiana Estuary, Portugal. *Marine Chemistry*, 83, 175-184.

Falcão M., Gaspar M.B., Caetano M., Santos M.N, Vale C., 2003. Short-term environmental impact of clam dredging in coastal waters (south of Portugal): chemical disturbance and subsequent recovery of seabed. *Marine Environmental Research*, 56, 649-664.

Falcão M. & Vale C., 2003. Nutrient dynamics in a coastal lagoon (Ria Formosa, Portugal: the importance of lagoon-sea water exchanges on the biological productivity. *Ciencias Marinas*, 49-58.

Caetano, M. & Vale, C., 2003. Trace–elemental composition of seston and plankton along the Portuguese coast, *Acta Oecologica*, 24, 341-349.

Quental T., Ferreira A.M. & Vale, C., 2003. The distribution of PCBs and DDTs in seston and plankton along the Portuguese coast, *Acta Oecologica*, 24, 333-339.

Vale C., A. Ferreira. M. Caetano, & P. Brito, 2002. Elemental composition and contaminants in surface sediments of the Mondego river estuary. *In: Pardal M.A., J.C. Marques & M.A.S. Graça (eds). Aquatic Ecology of the Mondego river basin. Global importance of local experience. Imprensa da Universidade de Coimbra*, 541-550.

---

## ANEXO 4: Descrição do Modelo MOHID.

(ver documento em separado)