

# Quinze anos de monitorização das comunidades biológicas do estuário do Tejo no âmbito da construção e funcionamento das ETARs do Portinho da Costa e da Mutela (Concelho de Almada): Experiência adquirida e ensinamentos para futuros casos semelhantes

**Autores:** José Lino Costa<sup>1,2</sup> (jlcosta@fc.ul.pt), Gilda Silva<sup>1</sup> (gcsilva@fc.ul.pt), João Paulo Medeiros<sup>1</sup> (jpmedeiros@fc.ul.pt), Erica Sá<sup>1</sup> (easa@fc.ul.pt), Maria João Tavares<sup>1</sup> (mjtavares@fc.ul.pt), Pedro Raposo de Almeida<sup>1,3</sup> (pmra@uevora.pt), Alexandra Sousa<sup>4</sup> (asousa@smasalmada.pt), Nuno Lopes<sup>5</sup> (nlopes@cma.m-almada.pt), Catarina Freitas<sup>5</sup> (cfreitas@cma.m-almada.pt), Maria José Costa<sup>1,2</sup> (mjcosta@fc.ul.pt) e Henrique Cabral<sup>1,2</sup> (hncabral@fc.ul.pt)

(1) MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campus da FCUL, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. (2) Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. (3) Departamento de Biologia, Universidade de Évora, Largo dos Colegiais 2, 7004-516 Évora. (4) Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Almada, Praceta Ricardo Jorge nº 2, Pragal, 2800-709 Almada. (5) Divisão de Estudos e Gestão Ambiental e de Energia, Departamento de Energia, Clima, Ambiente e Mobilidade, Direção Municipal de Ambiente, Mobilidade, Energia e Valorização Urbana, Câmara Municipal de Almada, Casa Municipal do Ambiente, Rua Bernardo Francisco da Costa nº 42, 2800-029 Almada.

## Resumo

Desde 2001 que a Câmara Municipal de Almada tem vindo a promover, em colaboração com o MARE, a monitorização ambiental das regiões estuarinas sob influência das ETARs do Portinho da Costa e da Mutela, que vieram substituir efluentes não tratados emitidos sensivelmente nas mesmas regiões. O objetivo deste programa de monitorização consiste em avaliar as principais alterações ocorridas (na maioria dos casos positivas) nos ecossistemas estuarinos dos vários locais, após a entrada em funcionamento de ambas as infraestruturas. Estes 15 anos de estudos das comunidades bentónicas e de peixes locais têm permitido identificar variações nos padrões espaço-temporais destes compartimentos biológicos e identificar quais dessas evoluções podem ser presumivelmente relacionáveis com o funcionamento das infraestruturas e quais derivam provavelmente de flutuações naturais. Nesta comunicação são enunciados os pressupostos do estudo, descritos os delineamentos experimentais e metodologias de tratamento dos dados adotados, apresentados os principais resultados obtidos e discutidas as grandes dificuldades sentidas para cumprir os objetivos estabelecidos. Este conjunto de elementos será analisado numa perspetiva de como a experiência adquirida pode ser útil, no futuro, para casos semelhantes, sobretudo numa ótica da correta identificação dos verdadeiros efeitos infraestruturais e de despiste da influência de outros fatores concorrentes.

## Introdução

Em outubro de 2001 foi iniciada a monitorização das comunidades biológicas da frente ribeirinha do Concelho de Almada, no âmbito do protocolo celebrado entre a Câmara Municipal de Almada e o então Instituto de Oceanografia, agora MARE. A primeira fase do estudo prolongou-se até Setembro de 2002, tendo-se procurado representar, de forma fidedigna, o estado de conservação das comunidades biológicas presentes na Mutela, no Portinho da Costa e no Porto do Buxo antes da entrada em funcionamento das novas ETARs municipais da Mutela e do Portinho da Costa e da eliminação dos efluentes não tratados até então, vertidos diretamente para o meio estuarino na Mutela e no Porto do Buxo, este último próximo do Portinho da Costa (monitorização do período pré-operacional), constituindo assim uma situação de referência imprescindível para acompanhar

o evoluir da situação nos vários locais. Com a entrada em funcionamento das novas infraestruturas, em 2003, foi iniciada a segunda fase dos trabalhos (monitorização do período operacional) para acompanhamento e avaliação do estado de conservação dessas comunidades biológicas, encetada no Inverno de 2004, e que se tem prolongado até hoje.

À partida, as expectativas eram de que, na Mutela e no Porto do Buxo, a eliminação da constante entrada no meio estuarino de matéria orgânica e de contaminantes provenientes dos referidos efluentes não tratados permitisse uma melhoria significativa nas condições ambientais de ambos os locais e, conseqüentemente, conduzisse a uma recuperação das respetivas comunidades biológicas. No Portinho da Costa, embora não fossem de esperar impactos significativos com a entrada em funcionamento da nova ETAR, era de todo o interesse monitorizar a evolução das condições ambientais e das comunidades biológicas do local. Deste modo, caso a nova infra-estrutura, eventualmente, acarretasse alguns impactos negativos para o meio envolvente, seria possível detetá-los numa fase relativamente precoce e tomar as medidas necessárias para corrigir a situação.

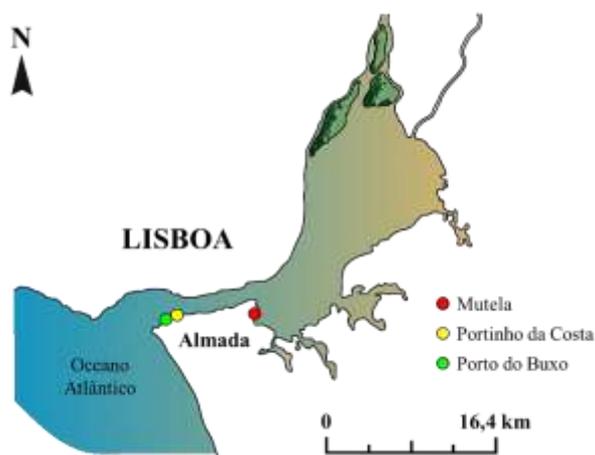
Desde o princípio do estudo deu-se especial destaque às comunidades bentónicas, uma vez que, devido à sua íntima associação com o substrato, ao razoável sedentarismo que exibem e ao facto de apresentarem genericamente ciclos de vida relativamente curtos, as espécies que as constituem, e os macroinvertebrados em particular, respondem de forma direta e bastante rápida mesmo a pequenas alterações no meio aquático. De facto, estes organismos são bastante sensíveis a perturbações no seu habitat, nomeadamente variações na granulometria e nos teores de matéria orgânica dos sedimentos, e contaminação destes por substâncias tóxicas. Assim, a sua monitorização permite acompanhar, de forma atempada e bastante fidedigna, a evolução do estado de conservação dos ecossistemas aquáticos. Optou-se, também, por efetuar o estudo das comunidades piscícolas, uma vez que os peixes, por ocuparem geralmente posições de topo nas cadeias tróficas dos locais onde se inserem, acabam por fornecer uma panorâmica integradora do nível de perturbação dos espaços que colonizam, além de apresentarem genericamente um maior valor económico.

O objetivo deste estudo consiste, então, em avaliar as principais alterações ocorridas nos ecossistemas estuarinos dos três locais, após a entrada em funcionamento de ambas as infraestruturas. Estes 15 anos de estudos das comunidades bentónicas e de peixes locais têm permitido identificar variações nos padrões espaço-temporais destas componentes do ecossistema e, presumivelmente, identificar quais dessas alterações podem derivar do funcionamento das infraestruturas e quais terão origem em flutuações naturais. Este conjunto de elementos será analisado numa ótica prospetiva, para casos semelhantes, sobretudo numa perspectiva de identificação dos impactos causados pelas infraestruturas em estudo e de separação destes dos efeitos originados por outros fatores antrópicos ou eventos naturais.

## **Metodologia**

A área de estudo situa-se na frente ribeirinha (estuarina) do Concelho de Almada, ou seja, na vertente norte do seu território (Figura 1). A Baía da Mutela localiza-se na sua porção nordeste, entre a Base do Alfeite e os antigos estaleiros da Lisnave, e o respetivo substrato, apesar de apresentar uma importante componente arenosa, tem exibido sempre um predomínio de materiais de natureza vasosa. Devido à sua posição relativamente interior no estuário, o local conta com níveis halinos algo atenuados em relação aos que se verificam junto à embocadura do sistema, embora a salinidade seja frequentemente superior a 30. É, claramente, uma zona com reduzida profundidade, onde as batimetrias nunca ultrapassam os 8 m, sendo normalmente mais baixas. O Portinho da Costa e o Porto do Buxo estão situados numa zona mais próxima da foz, onde a profundidade pode ser bastante elevada, chegando a atingir-se batimetrias superiores a 25 m. Ambos os locais são fortemente influenciados pela ação conjunta das marés e das correntes, em

virtude de se inserirem numa linha de costa pouco protegida por acidentes naturais. Em toda esta zona, o sedimento é maioritariamente constituído por areia, embora no Porto do Buxo ocorram importantes frações de cascalho.



**Figura 1. Representação cartográfica da área de estudo.**

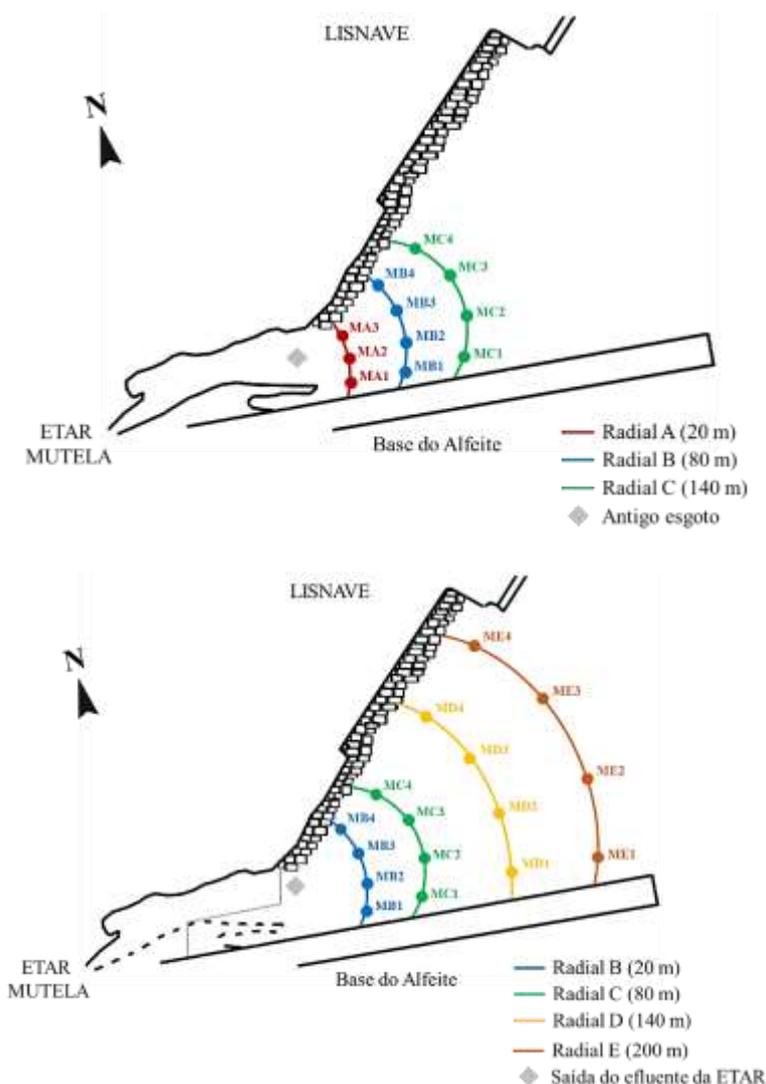
Apesar do Porto do Buxo se encontrar a umas escassas centenas de metros a jusante do Portinho da Costa, a área estudada neste trabalho, no primeiro caso, situa-se muito mais próxima da margem (e exhibe por isso menor profundidade), em contraponto com o que se passa no segundo caso, onde as amostragens são efetuadas a mais de 100 m da frente ribeirinha, tendo essas diferenças sido determinadas pela localização dos pontos de saída dos respetivos efluentes (do antigo efluente não tratado e do atual efluente da nova ETAR).

A circulação de embarcações é muito intensa em toda a região, uma vez que se localiza em pleno canal de navegação de acesso a áreas mais a montante no estuário. Para além disso, a área de estudo está relativamente próxima de uma das zonas de deposição de dragados da Administração do Porto de Lisboa, o que pode, por vezes, influenciar o estado de conservação das comunidades locais.

Com a entrada em funcionamento da ETAR da Mutela e o término das obras a ela associadas, algumas mudanças na rede inicial de amostragem das comunidades bentónicas (Figura 2) tiveram de ser efetuadas. Assim, com a construção (inicialmente não prevista) de uma nova plataforma de acesso às embarcações fundeadas nesta baía e o prolongamento do emissário da ETAR, foi suprimida a primeira radial (MA) (Figura 2). No entanto, uma vez que os trabalhos efetuados durante o período de monitorização pré-operacional revelaram uma elevada extensão da influência do antigo efluente não tratado nas comunidades biológicas circundantes, nesta segunda fase foram acrescentadas duas novas radiais de colheita (MD e ME), resultando num alargamento real da rede de pontos de amostragem. As distâncias das radiais ao emissário e entre radiais foram mantidas, coincidindo as duas primeiras radiais da nova rede com as duas últimas do esquema utilizado durante o período de monitorização pré-operacional. Com este aumento de pontos de colheita, praticamente toda a Baía da Mutela ficou abrangida pelo novo esquema de amostragem.

Dadas as características específicas da Baía da Mutela, que mesmo no intertidal tornam muito difícil a realização de amostragens sem o recurso a uma embarcação, optou-se por efetuar todas as recolhas de sedimentos e de material biológico a bordo de um barco de pesca profissional. Por esse motivo, como algumas das estações de colheita se localizam a baixa profundidade, a generalidade das amostragens tem de ser realizada fora do período de baixa-mar, de modo a permitir o acesso da embarcação a todos os pontos de recolha. Por outro lado, devido à reduzida profundidade média da baía, apenas é possível utilizar no local uma embarcação de pequeno calado. Nestas circunstâncias, verificou-se que, devido ao seu reduzido tamanho e facilidade de

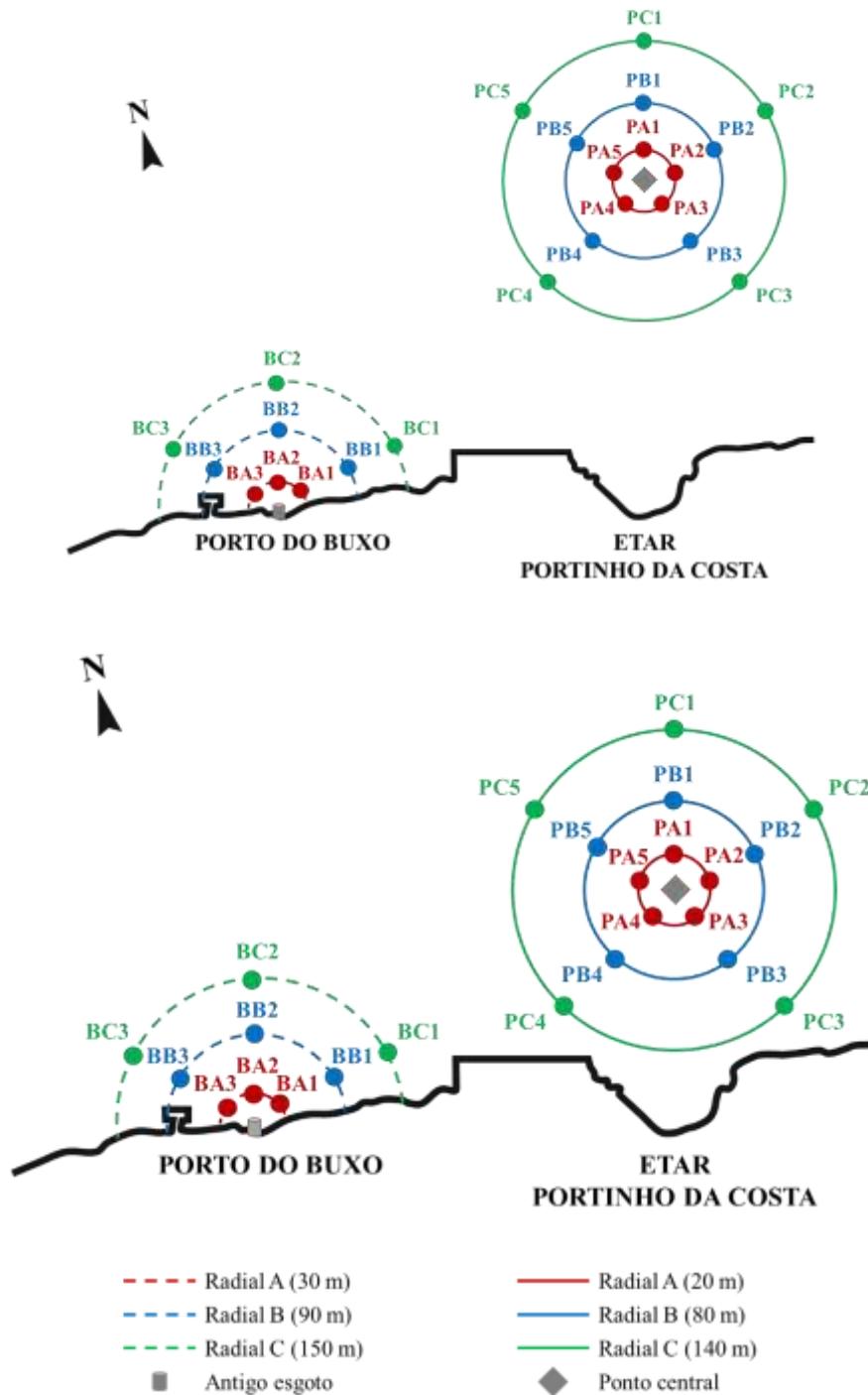
manuseamento, uma draga do tipo van Veen (superfície de abertura de 0,05 m<sup>2</sup>) garantia as melhores condições de operacionalidade possíveis.



**Figura 2. Esquema da rede de amostragem de macroinvertebrados bentónicos subtidais da Baía da Mutela no período de monitorização pré-operacional (em cima) e operacional (em baixo).**

No Portinho da Costa, para o estudo das comunidades bentónicas, foram definidas inicialmente três radiais de amostragem em torno de um ponto central, correspondente, aproximadamente, ao local previsto de saída do emissário da ETAR, e estabelecidas, em cada uma, cinco estações de colheita (Figura 3). No caso do Porto do Buxo, o esquema de amostragem incluiu igualmente três radiais de amostragem em torno do ponto onde o antigo efluente desembocava, cada uma com três estações de colheita (Figura 3). Com a entrada em funcionamento da nova ETAR do Portinho da Costa e o fim das obras a ela associadas, algumas mudanças na respetiva rede de amostragem tiveram de ser efetuadas. Devido ao facto da saída do efluente da nova ETAR ter sido realmente estabelecida a uma distância à costa que é cerca de metade da inicialmente prevista (aproximadamente 300 m), o ponto central da rede de amostragem foi recolocado a 150 m da margem, tendo sido estabelecidas as estações de colheita, mantendo as distâncias relativas entre elas e o ponto central iguais às do esquema utilizado durante a primeira fase de monitorização

(Figura 3). Já no Porto do Buxo, o esquema de amostragem permaneceu igual ao definido desde o início do estudo (Figura 3).



**Figura 3. Esquema da rede de amostragem das zonas do Portinho da Costa e do Porto do Buxo no período de monitorização pré-operacional (em cima) e operacional (em baixo).**

Dadas as características específicas destas duas áreas, optou-se por realizar todas as colheitas de sedimentos e de material biológico a bordo de um barco de pesca profissional. Para isso, utilizou-

se uma draga Day (superfície de abertura de 0,1 m<sup>2</sup>), em regime de marés-mortas, de modo a potenciar a sua eficácia devido às menores condições hidrodinâmicas geradas em tal situação.

A amostragem das comunidades bentónicas dos três locais foi realizada numa base sazonal. As amostras recolhidas foram acondicionadas em sacos de plástico devidamente etiquetados depois de adicionado formol a 4% para fixação e conservação dos organismos até ao seu processamento laboratorial, e ainda o corante Rosa de Bengala, para sua maior facilidade de deteção entre as partículas de sedimento.

A matéria orgânica total dos sedimentos (MOT) foi determinada pela diferença entre o peso de uma amostra de sedimento com cerca de 5 g, seca numa estufa a 60°C, e o valor ponderal da mesma após combustão numa mufla a 550°C, durante quatro horas. Os teores de matéria orgânica total (MOT) nos sedimentos foram expressos em valores percentuais, relativamente ao peso total da amostra, e foram calculados por época do ano, para cada estação de amostragem, a partir da expressão:

$$MOT = \frac{P_s - P_c}{P_s} \times 100;$$

onde,  $P_s$  representa o peso após secagem na estufa e  $P_c$  o peso após combustão.

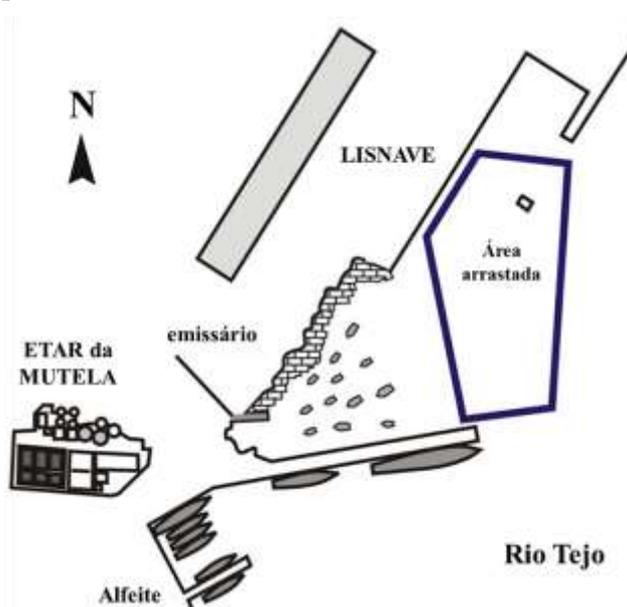
Para a análise do material biológico, as amostras de sedimento foram processadas em laboratório, através de um crivo de 0,500 mm de malha, sob fluxo de água. A fração retida foi transferida para boiões de plástico e conservada em álcool a 70° com corante Rosa de Bengala, procedendo-se posteriormente à sua triagem para separação do material biológico. Os organismos foram, sempre que possível, identificados até ao nível específico, contados e armazenados em álcool para posterior determinação da biomassa.

No início dos trabalhos de monitorização operacional verificou-se que o Índice Biótico Marinho (AMBI), desenvolvido por Borja *et al.* (2000) e modificado por Muxika *et al.* (2005), era o método que melhores resultados produzia na determinação do estado de perturbação das comunidades de macroinvertebrados locais, como resultado da introdução das cargas orgânicas provenientes do funcionamento do antigo efluente não tratado e da nova ETAR, tendo sido, por isso, utilizado com esse objetivo. Este índice, que varia de forma contínua entre 0,0 e 7,0, permite estabelecer uma classificação do estado da comunidade bentónica e os respetivos níveis de perturbação dos locais (Tabela I). O cálculo do índice foi efetuado com a utilização do software AMBI 4.1 (AZTI' Marine Biotic Index), desenvolvido pelos autores e disponibilizado em [www.azti.es](http://www.azti.es). Os valores de AMBI foram calculados anualmente para cada radial de amostragem, de cada local, de modo a permitir avaliar a evolução do estado de conservação das referidas comunidades bentónicas no período considerado.

**Tabela 1. Sumário da correspondência entre os valores do Índice Biótico Marinho (AMBI), o estado da comunidade bentónica e os níveis de perturbação ambiental das áreas marinhas (adaptado de Borja *et al.*, 2000 e Muxika *et al.*, 2005).**

AMBI	Grupo Ecológico dominante	Estado da comunidade bentónica	Níveis de perturbação
0,0 ≤ AMBI < 0,2	I	Normal	Não perturbado
0,2 ≤ AMBI < 1,2		Empobrecido	
1,2 ≤ AMBI < 3,3	III	Desequilibrado	Perturbação reduzida
3,3 ≤ AMBI < 4,5	IV – V	Transição para poluído	Perturbação moderada
4,5 ≤ AMBI < 5,0		Poluído	
5,0 ≤ AMBI < 5,5	V	Transição para fortemente poluído	Perturbação elevada
5,5 ≤ AMBI < 7,0		Fortemente poluído	
7,0	Azóico	Azóico	Perturbação extrema

Por questões de operacionalidade, a análise das comunidades piscícolas não foi efetuada no Porto do Buxo e Portinho da Costa (elevada profundidade), mas apenas na Baía da Mutela. Neste caso, as capturas foram realizadas com o recurso a uma embarcação de pesca profissional, utilizando um arrasto de vara com 4 m de abertura e uma rede com 15 mm de malha na extremidade do saco. Os arrastos foram realizados numa base sazonal, percorrendo a distância entre a Base Naval do Alfeite e os antigos estaleiros da Lisnave (Figura 4). Em cada época de amostragem foram efetuados quatro arrastos, dois em cada sentido, com a duração aproximada de 15 minutos cada. Após a captura, os peixes foram acondicionados em sacos de plástico devidamente etiquetados e mantidos a baixa temperatura em malas térmicas.



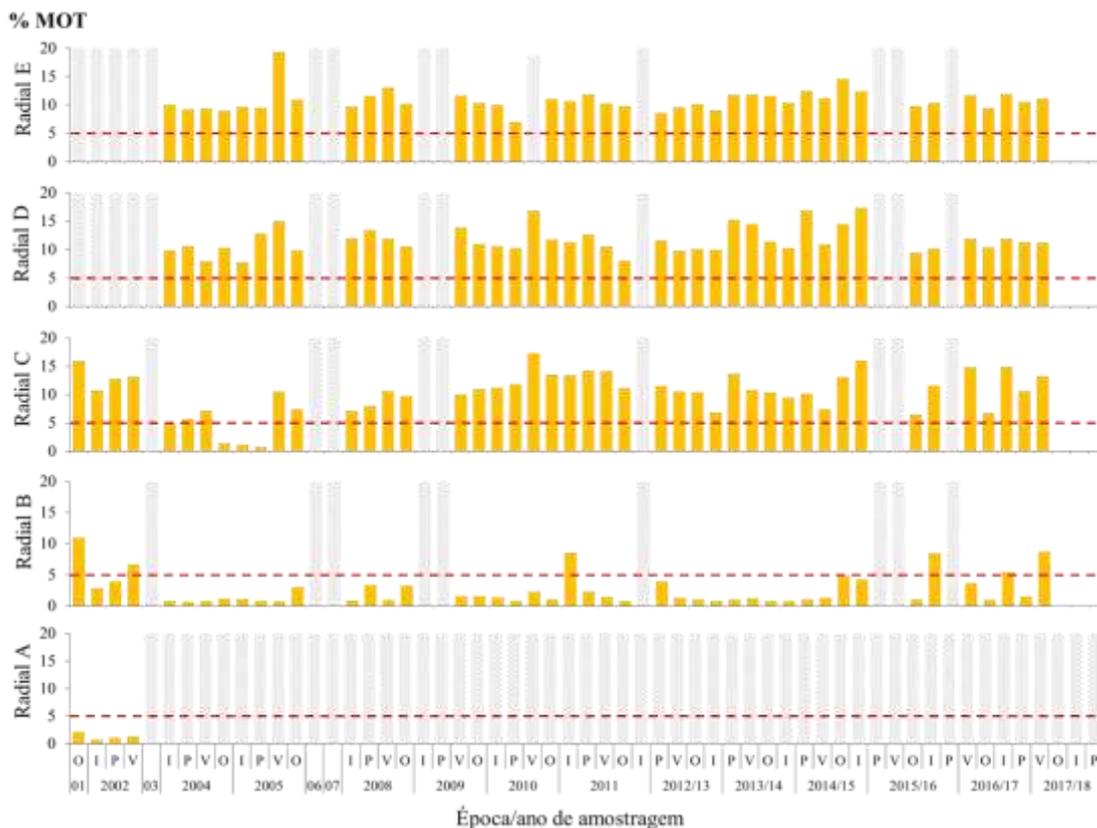
**Figura 4. Esquema da área de amostragem da ictiofauna na Baía da Mutela ao longo de todo o período de monitorização.**

Uma vez no laboratório, os exemplares ictícos foram congelados até ao seu processamento laboratorial. Após o descongelamento, procedeu-se à sua identificação taxonómica e à contagem dos indivíduos de cada espécie. Os elementos assim recolhidos permitiram calcular a abundância e identificar as características das várias espécies presentes (pelágicas/demersais, bentónicas ou bentónicas oportunistas) nas diferentes ocasiões, o que possibilitou determinar a importância das respetivas comunidades piscícolas nos vários momentos considerados. Naturalmente, as espécies bentónicas não oportunistas, devido à sua menor mobilidade e tolerância a condições ambientais adversas, constituirão um melhor indicador de boa qualidade ambiental.

## Resultados

De um modo geral, na Baía da Mutela, os níveis de MOT foram sempre mais baixos nas radiais próximas de ambos os emissários - efluente não tratado/emissário da ETAR (Figura 5). Isto deve-se à reduzida dimensão das partículas orgânicas, que assim tendem a sedimentar em áreas mais longínquas, mas é também reflexo da maior fração arenosa existente nos sedimentos destes locais, que pela sua natureza têm menor tendência para reter a matéria orgânica. Por outro lado, sendo certo que os níveis de MOT nos sedimentos da Baía da Mutela diminuíram da fase de monitorização pré-operacional para o início da fase operacional (ver radiais B e C), não é menos verdade que estes continuaram bastante elevados, tendo inclusivamente voltado a aumentar a partir de meados de 2005. Na realidade, nas radiais mais afastadas do emissário da infraestrutura (radiais C, D e E), os teores de MOT têm-se mantido sustentadamente superiores a 5%, valor

acima do qual se considera normalmente estar-se na presença de locais poluídos em termos orgânicos (Hily, 1984).



**Figura 5. Variação sazonal da matéria orgânica total (MOT) nos sedimentos da Baía da Mutela durante os períodos de monitorização pré-operacional (2001/2002) e operacional (2004/2017). As linhas tracejadas a vermelho correspondem ao limite de 5% de MOT, valor a partir do qual se considera estar em presença de poluição orgânica.**

No período pré-operacional, as comunidades bentónicas da Baía da Mutela registavam elevados níveis de perturbação, com todas as radiais a apresentarem comunidades típicas de locais fortemente poluídos (Figura 6). Na fase de monitorização operacional observaram-se algumas melhorias nestas comunidades, embora ténues e nunca de forma particularmente consistente. Nota-se, contudo, uma tendência para que os níveis de perturbação destas comunidades sejam tendencialmente menores com o aumento da distância à fonte emissora, em virtude da ação mecânica e hipossalina do efluente dificultar a sua revitalização nas áreas adjacentes. No que diz respeito à ictiofauna, depois de um declínio geral da comunidade no início da fase de monitorização operacional, nota-se o seu reforço a partir de 2010, quer em termos do número de exemplares presentes, quer no que diz respeito à dominância dos diferentes tipos de espécies ocorrentes, com uma tendência para uma diminuição da importância das formas bentónicas oportunistas e pelágicas/demersais em detrimento das restantes espécies bentónicas (Figura 7).

Mesmo quando o efluente não tratado do Porto do Buxo se encontrava em pleno funcionamento, nunca se verificaram nos sedimentos locais valores médios de MOT superiores a 5% (Figura 8), ou seja, a zona nunca pôde considerar-se particularmente poluída em termos orgânicos. Como seria de esperar, embora com ligeiras variações, esta situação manteve-se inalterada depois da desativação do referido emissário, assim se mantendo até à atualidade.

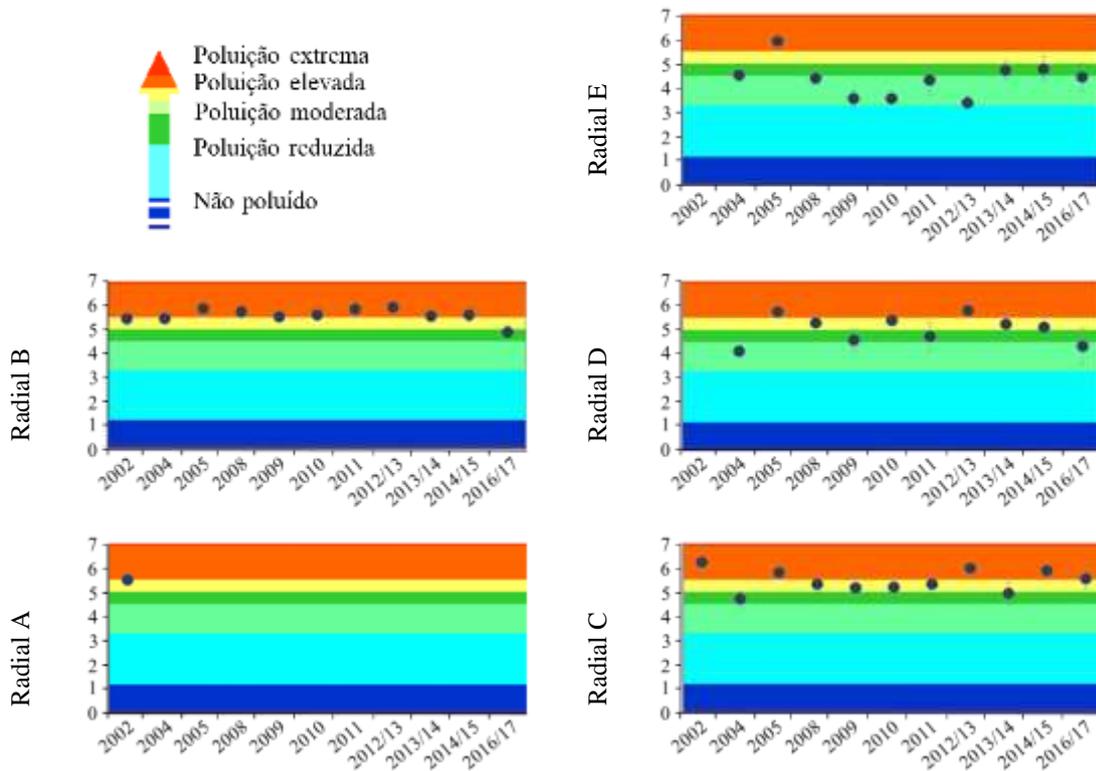


Figura 6. Valores do AMBI obtidos para as comunidades bentónicas da Baía da Mutela, nas diferentes radiais, durante os períodos de monitorização pré-operacional (2001/2002) e operacional (2004/2017).

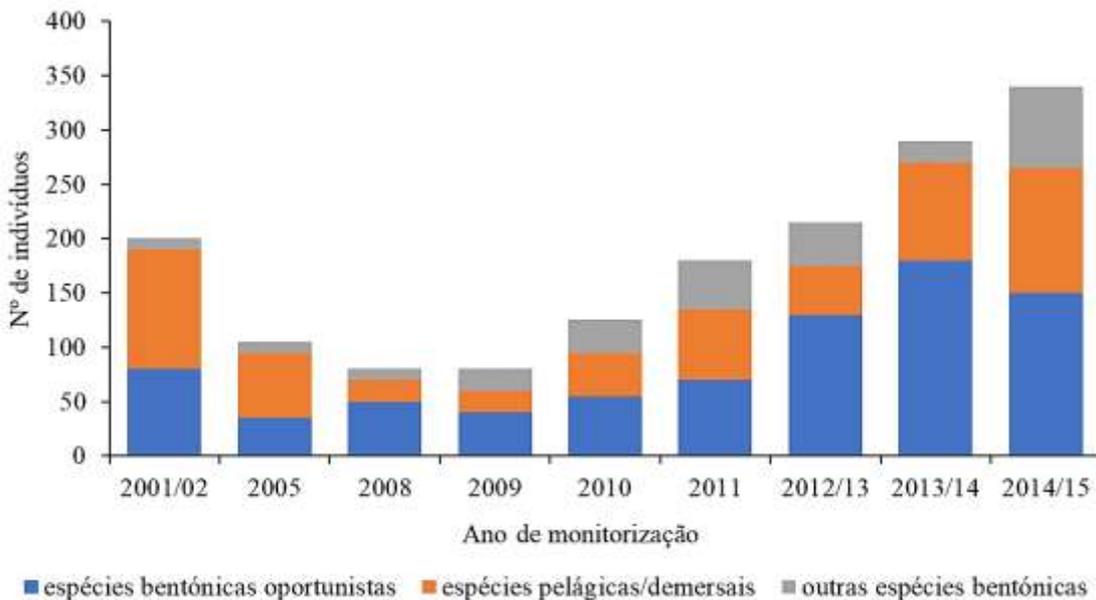
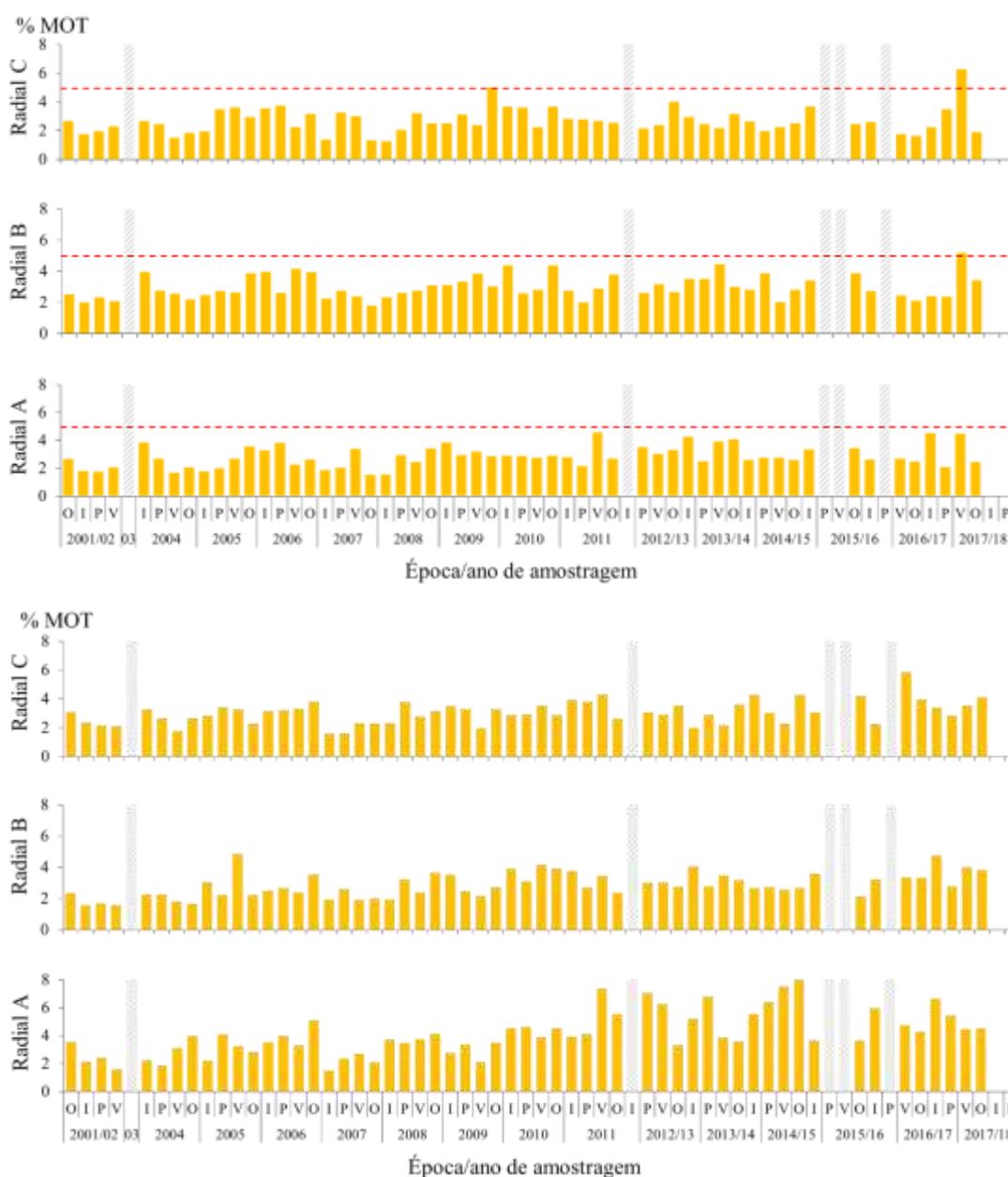


Figura 7. Evolução dos quantitativos piscícolas (por tipologia) capturados na Baía da Mutela durante os períodos de monitorização pré-operacional (2001/2002) e operacional (2004/2015).

Antes da eliminação do efluente não tratado do Porto do Buxo, certos locais de colheita desta zona revelavam comunidades com um grau de perturbação moderado - AMBI  $\approx$  3,3 (Figura 9).



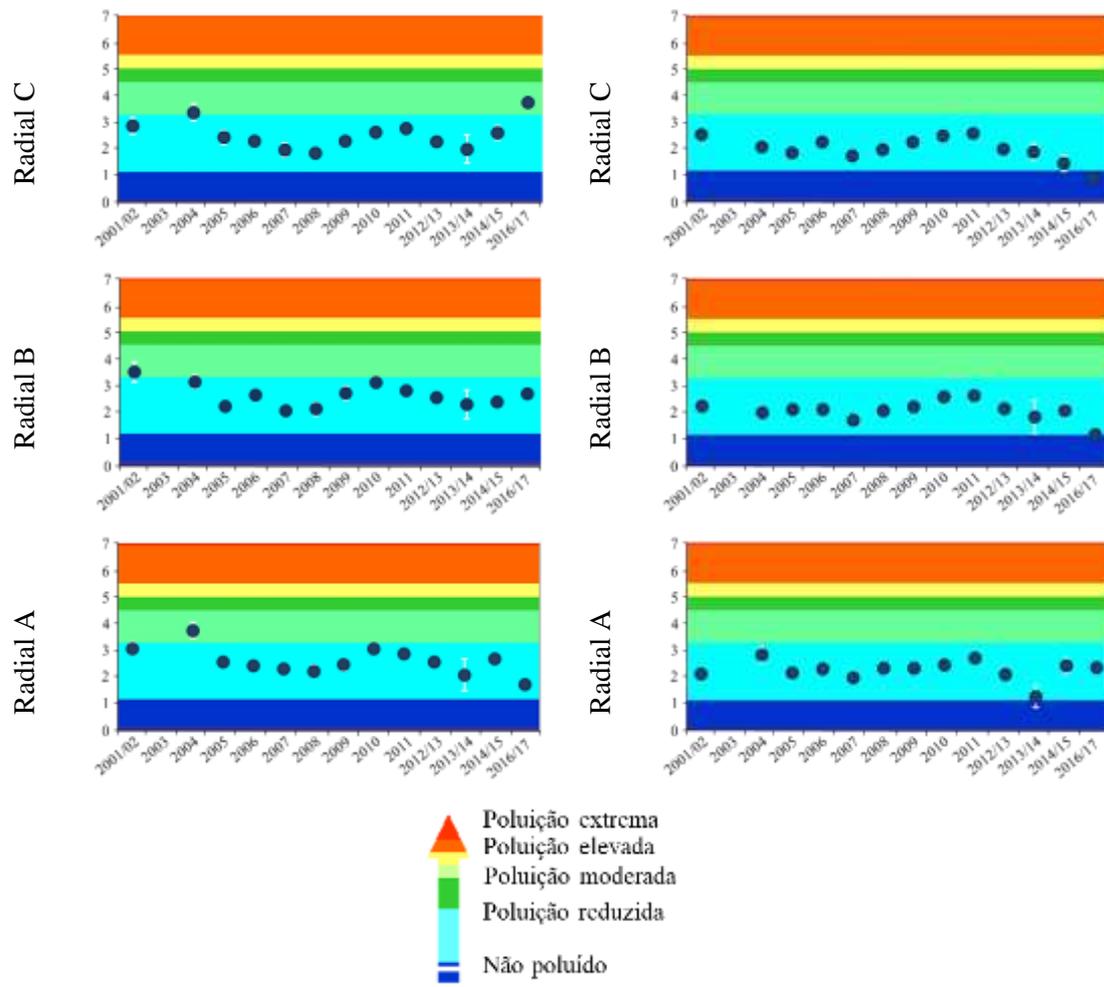
**Figura 8. Variação sazonal da matéria orgânica total (MOT) dos sedimentos do Porto do Buxo (em cima) e do Portinho da Costa (em baixo) durante os períodos de monitorização pré-operacional (2001/2002) e operacional (2004/2017). As linhas tracejadas a vermelho correspondem ao limite de 5% de MOT, valor a partir do qual se considera estar em presença de poluição orgânica.**

A influência do antigo efluente não tratado nas respetivas comunidades bióticas durante a fase de monitorização pré-operacional é ainda mais perceptível quando se comparam os resultados obtidos para as diversas radiais de amostragem. De facto, os sinais de perturbação eram tendencialmente superiores nas regiões mais próximas do antigo emissário. Durante o início do período de monitorização operacional, as comunidades bentónicas do Porto do Buxo mantiveram-se geralmente dominadas por organismos oportunistas e tolerantes e, por isso, por vezes, em estado de desequilíbrio ou de transição para poluído. Além disso, tal como anteriormente, manteve-se a tendência para um aumento dos níveis de perturbação com a proximidade da margem, apesar do efluente não tratado ter sido desativado há já algum tempo.

Contudo, o padrão observado a partir de 2005 parece ser de restabelecimento do equilíbrio das comunidades e de diminuição da sua perturbação, aproximando-se os valores de AMBI deste local dos observados em situações de menor pressão antrópica. Desde esse momento, ocorreu também uma maior aproximação no estado ecológico de todas as estações de amostragem, independentemente da sua proximidade ao antigo emissário, o que constitui uma indicação adicional do possível desaparecimento dos efeitos do efluente não tratado, decorridos cerca de dois anos após a sua desativação.

Antes da construção da nova ETAR, a percentagem de matéria orgânica dos sedimentos na zona do Portinho da Costa era bastante reduzida, tendo-se mantido assim depois da entrada em funcionamento da infraestrutura (Figura 8), apesar de se observar uma tendência para os teores de matéria orgânica se elevarem um pouco acima dos observados na fase pré-operacional (embora sempre inferiores a 5%).

A aplicação do AMBI às comunidades bentónicas do Portinho da Costa em 2001/2002 (Figura 9), antes da entrada em funcionamento da nova ETAR, revelou valores entre 1,2 e 3,3, indicando um reduzido nível de degradação da área. Na fase de monitorização operacional, a situação das destas comunidades não se alterou significativamente, permanecendo a área com diminutos indícios de perturbação. Confirma-se assim que, até à atualidade, a nova ETAR não produziu impactos negativos sensíveis no meio circundante.



**Figura 9. Valores do AMBI obtidos para as comunidades bentónicas do Porto do Buxo (à esquerda) e do Portinho da Costa (à direita), nas diferentes radiais, durante os períodos de monitorização pré-operacional (2001/2002) e operacional (2004/2017).**

## Discussão

Idealmente, num programa de monitorização, deve aplicar-se uma metodologia BACI (Before-After-Control-Impact) (Costa *et al.*, 2008; 2010). Quer isto dizer que devem realizar-se, seguindo a mesma metodologia, amostragens antes e depois do fator impactante atuar; e que estas devem, nos dois casos, ser levadas a cabo na zona impactada (estações de impacto) e em zonas semelhantes a estas, mas fora da influência do fator impactante, quando este se fizer sentir (estações controlo). Assim, será mais seguro determinar se eventuais alterações detetadas após a realização das ações a elas se devem ou, pelo contrário, têm origem em outros fatores antrópicos ou naturais. Contudo, em sistemas muito heterogêneos, como é o caso dos estuários, dificilmente se conseguem estabelecer boas estações de controlo (idênticas às de impacto), quer devido à enorme variabilidade espacial natural (salinidade, tipo de fundos, etc.), quer devido à elevada influência antrópica (existência de outras pressões humanas). A situação torna-se ainda mais complicada quando se procura seguir a evolução da situação após a substituição de um efluente não tratado pelo emissário de uma ETAR, já que a adequação das estações controlo só pode ser confirmada no final, quando as de impacto recuperaram totalmente e se revelam idênticas às primeiras.

Nestes casos, outro tipo de delineamento amostral tem de ser implementado. Assim, devem empregar-se métodos robustos (índices bióticos cientificamente testados) que permitam determinar o estado de conservação das comunidades sem necessidade de comparação com dados obtidos em estações controlo, prolongar os trabalhos por mais anos para diferenciar verdadeiras tendências de flutuações esporádicas de origem natural ou antrópica e, sempre que possível, confrontar os dados obtidos depois da realização das ações, com outros recolhidos antes das mesmas (estes últimos abrangendo, preferencialmente, períodos superiores a um ano, embora isso seja raro). O ideal é implementar um delineamento amostral que inclua uma série de estações de amostragem a distâncias crescentes da fonte de impacto, para ver se existe algum padrão espacial nas alterações verificadas que possa ser relacionado com o agente impactante.

No presente estudo foi possível aplicar com sucesso este último tipo de delineamento amostral. O mesmo revelou uma melhoria das comunidades bióticas da Baía da Mutela e do Porto do Buxo após a eliminação dos respetivos efluentes não tratados. De igual modo, o bom funcionamento da ETAR do Portinho da Costa e a instalação do seu emissário numa zona de elevado hidrodinamismo têm permitido evitar impactos significativos da infraestrutura no meio envolvente. Contudo, devido ao grande confinamento da Baía da Mutela, as correspondentes melhorias nas comunidades biológicas foram diminutas, quando comparadas com as ocorridas no Porto do Buxo, quer porque os efeitos da poluição acumulada devido ao efluente não tratado se têm feito sentir por muito mais tempo, quer porque em caso de mau funcionamento pontual da nova ETAR, os poluentes se dispersam de forma muito mais lenta. Confirma-se, assim, a necessidade de instalação dos emissários das ETARs em zonas não confinadas e com elevado hidrodinamismo - como acontece no Portinho da Costa e devia ocorrer na Mutela com a extensão do seu emissário para fora da baía.

Apesar da sua localização mais favorável, mesmo assim, as comunidades bentónicas do Porto do Buxo demoraram cerca de dois anos a recuperar totalmente após o encerramento do efluente não tratado, o que constitui um período de tempo relevante. Por outro lado, se as comunidades de invertebrados bentónicos iniciaram a sua recuperação logo após a eliminação dos efluentes não tratados (quer na Baía da Mutela – ver radial C, quer no Porto do Buxo), a comunidade piscícola demonstrou um padrão muito diverso, revelando um depauperamento muito acentuado nos quatro

primeiros anos após as alterações infraestruturais e só recuperando, embora de forma sustentada, a partir daí. Isso deverá ter acontecido porque a melhoria das comunidades de invertebrados bentónicos nos primeiros anos terá originado uma grande redução do alimento disponível para os peixes no local (desaparecimento ou redução drástica de efetivos de espécies oportunistas, normalmente muito abundantes em situação de perturbação extrema), situação que só se terá revertido depois de 2010, quando as comunidades de invertebrados bentónicos se tornaram relativamente mais estáveis, sobretudo na região mais externa da baía, e as espécies de peixe menos oportunistas e móveis começaram a fixar-se de modo definitivo. Pode então concluir-se que as componentes biológicas mais sedentárias (invertebrados) refletem mais rapidamente o evoluir da situação, mas as mais móveis e pertencentes a níveis tróficos superiores (peixes) dão uma imagem mais robusta da situação em termos gerais.

Referência ainda para o facto dos dados das comunidades bentónicas da Baía da Mutela confirmarem o padrão, normalmente observado, dos níveis de perturbação destas comunidades em ambiente marinho e estuarino serem tendencialmente maiores junto à fonte emissora, por força da ação mecânica e a água hipossalina do efluente. Por isso, mesmo nos casos em que as ETARs funcionem sem problemas de maior, este será sempre um impacto muito difícil de minimizar, sobretudo em zonas de menor hidrodinamismo (no Portinho da Costa esta situação não é tão óbvia).

### Referências bibliográficas

Borja, A., J. Franco & V. Pérez. 2000. A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.

Costa, J.L., P.R. Almeida, B.R. Quintella, P. Chainho, N. Vieira, H.N. Cabral, M.J. Costa, J. Jesus & R. Barros. 2008. Monitorização ecológica do Parque de Ondas da Aguçadora: um projeto inovador. *Actas da 3ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes: S7*.

Costa, J.L., I. Metelo, G. Silva, J.P. Medeiros, C. Azeda, H.N. Cabral, P.R. Almeida & M.J. Costa. 2010. Programa de monitorização das comunidades biológicas do estuário do Tejo na região adjacente dos efluentes de Alcântara e do Terreiro do Paço: uma nova ferramenta de gestão ambiental. *Actas da 4ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes: S2D*.

Hily, C. 1984. *Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyper-trophiques de la rade de Brest*. Thèse Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest.

Muxika, I., A. Borja & W. Bonne. 2005. The suitability of the Marine Biotic Index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators* 5, 19-31.