

## ESTUDO DAS INTERVENÇÕES NA COSTA DA CAPARICA Costa da Caparica Coastal Protection Works

F. VELOSO-GOMES <sup>(1)</sup>, F. TAVEIRA-PINTO <sup>(2)</sup>, J. PAIS-BARBOSA <sup>(3)</sup>, J. COSTA <sup>(4)</sup> e A. RODRIGUES <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Professor Catedrático, FEUP/IHRH,  
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, [vgomes@fe.up.pt](mailto:vgomes@fe.up.pt)

<sup>(2)</sup> Professor Associado, FEUP/IHRH,  
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, [fpinto@fe.up.pt](mailto:fpinto@fe.up.pt)

<sup>(3)</sup> Estudante de Doutoramento, FEUP/IHRH,  
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, [jlpb@fe.up.pt](mailto:jlpb@fe.up.pt)

<sup>(4)</sup> Instituto da Água, Ministério do Ambiente,  
Av. Almirante Gago Coutinho, nº 30, 1049-066 Lisboa, [joacosta@inag.pt](mailto:joacosta@inag.pt)

<sup>(5)</sup> Instituto da Água, Ministério do Ambiente,  
Av. Almirante Gago Coutinho, nº 30, 1049-066 Lisboa, [rodrigues@inag.pt](mailto:rodrigues@inag.pt)

### Resumo

Desde 1970 importantes transformações fisiográficas, nomeadamente, o recuo da linha de costa têm ocorrido no sector entre a Cova do Vapor e a Costa da Caparica, localizado na margem sul da embocadura do rio Tejo. Diversas obras de defesa costeira foram construídas entre o final da década de 50 e início da década de 70, nomeadamente o campo de esporões da Costa da Caparica. Após a construção das obras e até ao ano 2000, a linha de costa manteve-se relativamente estável, embora com perda contínua de sedimentos entre os esporões e com degradação estrutural das obras de defesa. Após o ano 2000, as praias e dunas entre a Cova do Vapor e a Costa da Caparica que tinham permanecido relativamente estáveis foram seriamente afectadas, tendo sido realizadas intervenções de emergência durante o Inverno de 2002/2003 e 2006/2007. Esta zona costeira está submetida a elevadas pressões turísticas e urbanas. Diversas opções de protecção da zona costeira para a Costa de Caparica (foram propostas e discutidas). Neste artigo será ilustrada a problemática local, as intervenções previstas, as já concretizadas nos últimos dois anos (a primeira fase) e a comparação de levantamentos batimétricos efectuados.

**Palavras-chave:** Erosão, obras de defesa costeira, gestão, planeamento, reabilitação.

### Abstract

Since 1970 that important physiographic transformations and coastline retreat has been occurred in between Cova do Vapor and Costa da Caparica, located in the south bank of the river Tagus mouth. Several coastal protection works had been constructed between the end of the 50's and beginning of the 70's, with special relevance for the groin field of Costa da Caparica. After the construction of the groin field the coastline remained more or less stable till 2000, but there was a continuous loss of sand between groins. After 2000, beaches and dunes between Cova do Vapor and Costa da Caparica groins field have been seriously affected, and emergency works have been carried out during 2002/2003 and 2006/2007 winters. This coastal zone suffers important tourist and urban pressures. In this way with management and planning issues, several structural options to protect the Costa da Caparica were proposed and discussed. The first phase was already carried out. This article presents and discusses the selected interventions, the constructions phases carried out in the last two years as well a bathymetric survey comparison.

**Keywords:** Erosion, coastal defense structures, management, planning, rehabilitation.

### 1. Introdução

O sector costeiro entre a Cova do Vapor e a Costa da Caparica, localizado na margem sul do estuário inferior do rio Tejo, apresenta uma importância relevante no que respeita ao turismo e à área urbana, em especial durante o Verão. Nesta zona ocorre uma interacção dinâmica significativa entre o mar, o rio e a terra. Desde o final do século XIX, este sector sofreu um recuo significativo da linha de costa, em especial da restinga que se estendia até à zona do farol do Bugio (figura 1). Esta restinga projectava-se no sentido do farol do Bugio até 1929.

No entanto entre 1929 e 1957 a restinga apresentou um recuo de cerca de 1.5 km, acompanhado por um assinalável recuo da linha de costa na frente urbana da Costa da Caparica (figura 1).

A restinga continuou a migrar no sentido de terra, localizando-se actualmente no interior do Estuário do rio Tejo, na região do terminal da NATO (3 km de recuo total) (Veloso-Gomes *et al.*, 2004 e 2006a).

Segundo Barceló, 1971, entre 1957 e 1963, a duna recuou 100 m e a cota da crista da duna diminuiu cerca de 6m (figura 2).

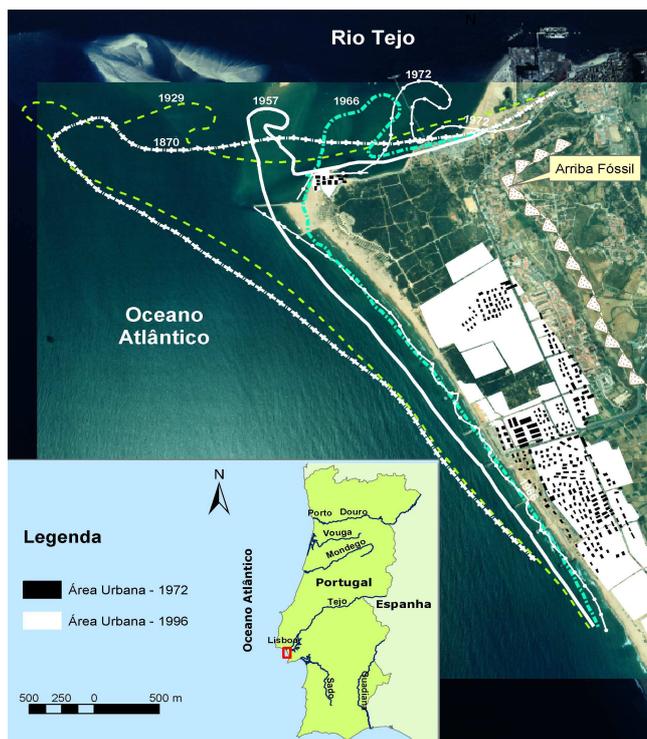


Figura 1. Localização da área em estudo, evolução da linha de costa e área urbana.

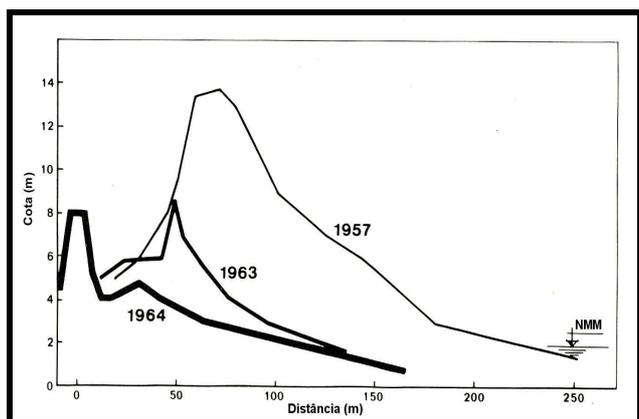


Figura 2. Evolução do perfil transversal entre 1957 e 1964 (Barceló, J. P., 1971).

A frente urbana ficou exposta às acções directas do mar, em especial durante a ocorrência de tempestades, tendo sido executadas estruturas de defesa para a protecção da zona costeira no geral e da frente urbana em particular. A maioria das obras de defesa na Cova do Vapor foi efectuada essencialmente em dois períodos (1959-1963 e 1968-1971) e na frente urbana da Costa de Caparica entre 1959 e 1971 (obra de defesa aderente com 2,5 km de comprimento e 7 esporões com mais de 180 m de comprimento unitário).

A zona costeira manteve-se relativamente estável entre 1972 e 2000, apesar da ocorrência de episódios pontuais de galgamentos, com especial relevância para os ocorridos no Inverno de 1995-1996. Entretanto as estruturas de defesa foram-se degradando de uma forma acentuada.

Um novo ciclo de recuo de linha de costa iniciou-se no Inverno de 2000/2001, com a erosão e galgamento da praia de S. João e da duna frontal (Veloso-Gomes *et al.*, 2006b).

Diversas intervenções de emergência foram levadas a cabo durante os Invernos de 2002/2003 e 2003/2004 e mais recentemente em 2006/2007, na tentativa de minimizar estragos de infra-estruturas e equipamentos urbanos.

Paralelamente aos problemas de erosão, ocorrem elevadas pressões urbanísticas e turísticas, que têm como consequência o aumento das dificuldades e da complexidade da gestão desta zona costeira. Como se pode verificar na figura 1, a área urbana apresentou um acentuado crescimento no período entre 1972 e 1996.

## 2. Caracterização geral

A zona costeira da Costa da Caparica é caracterizada por um depósito aluvionar plano cuja formação está relacionada com os fenómenos de interacção entre a agitação, as marés e as correntes fluviais, bem como com os padrões de refração/difracção que provocam localmente o transporte de sedimentos de Sul para Norte.

A leste e a sul da cidade da Costa da Caparica encontra-se a Arriba Fóssil com uma altura máxima de 70 m, tendo sofrido, ao longo do tempo, algumas alterações devido a processos erosivos que lhe conferiram características particulares e únicas em Portugal. Em 1984, esta área foi classificada como área protegida pelo Decreto-lei 168/84, de 22 de Maio. A linha de costa desde a Cova do Vapor até ao cabo Espichel evidencia uma configuração próxima de um arco de círculo, apresentando uma orientação SSE-NNW na zona da Costa da Caparica.

A batimetria é muito suave, com as batimétricas quase paralelas à linha de costa e com uma inclinação relativamente reduzida. Junto a esta área existem dois bancos de areia paralelos ao canal de navegação da embocadura do estuário do Tejo, a Norte o Cabeça de Pato (ou Cachopo Norte) e a Sul a Barra do Bugio (ou Cachopo Sul) os quais têm sofrido significativas mudanças morfológicas ao longo das últimas décadas.

O clima de agitação é caracterizado por uma altura de onda significativa que varia entre 0,5 m e 2,5 m, com períodos de onda a oscilar entre os 5 e os 15 s, com uma direcção predominante entre WSW e WNW (Veloso-Gomes *et al.*, 2006b). O sector costeiro fica bastante exposto a tempestades com rumo de SW. Durante períodos de tempestade a altura significativa da onda pode ultrapassar os 5 m de altura.

As marés astronómicas são do tipo semi-diurno, com preamar de águas vivas máxima detectada no marégrafo de Cascais de 3,83 m e a baixa-mar de águas vivas de 0,27 m. As marés meteorológicas, por ocorrência de baixas pressões e persistência de ventos e agitação, poderão atingir 0,5 m. As correntes em maré viva, na embocadura do estuário podem ultrapassar os 2,0 m/s durante a enchente e 1,8 m/s durante a vazante; em maré média, os valores correspondentes são 1,5 m/s e 1,4 m/s, respectivamente.

Na zona frontal à Costa da Caparica, as correntes residuais de maré terão uma intensidade muito inferior às que se verificam na embocadura, da ordem de 0,2 m/s, com direcções de sul para norte (Mota Oliveira *et al.*, 1999).

Grande parte do regime de agitação marítima atinge o trecho Cova do Vapor – Sul da Caparica rodada a Sudoeste, por efeito dos fenómenos de difracção (em torno do cabo Raso, para a agitação marítima proveniente dos quadrantes Norte e Oeste) e de refracção (sobre a complexa batimetria da região), induzindo uma resultante de transporte aluvionar de Sul para Norte. A acção conjugada das correntes de maré de enchente sobre o banco, na zona da Golada, reforçam a capacidade de movimentação das areias na mesma direcção, acabando por se depositar na face norte do talude do banco, contribuindo assim para a progressão deste na mesma direcção. Durante a vazante, as fortes correntes que se verificam no canal natural promovem o transporte de areias em direcção ao exterior da barra, depositando-as à medida que a sua intensidade diminui e contribuindo para a redução das profundidades que aí se verificam. Como sequência, é a agitação marítima incidente, em particular a proveniente do quadrante Norte, que retoma o processo de transporte em direcção à costa, ao longo do talude virado a sul, fechando-se o circuito da movimentação aluvionar (Abecassis, F., 1997) (Figura 3).

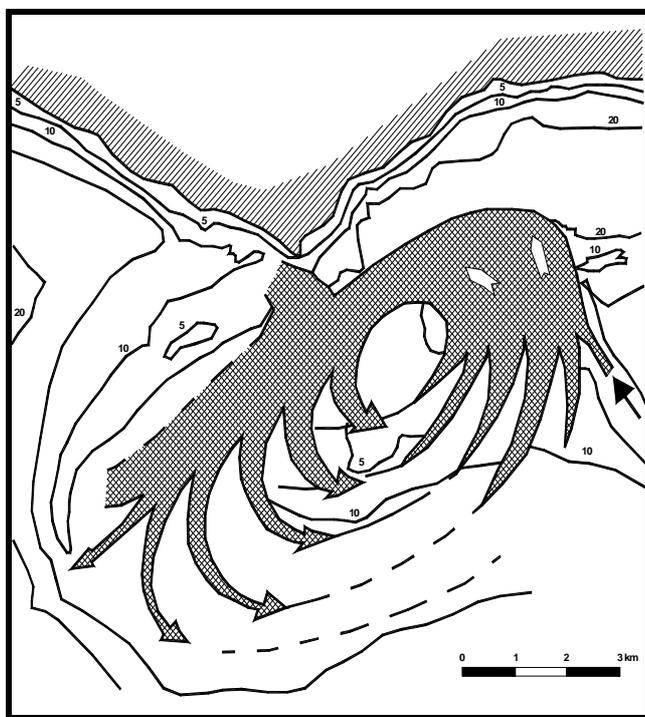


Figura 3. Circuito de movimentação dos sedimentos (Oliveira, I. M, 1973 em Abecassis, F., 1997).

Esta área, em termos sedimentares, está sobretudo dependente do estuário do rio Tejo. De acordo com o Plano Nacional da Água, 2001, do ponto de vista sedimentar, o estuário do Tejo parece depender sobretudo de temporais e cheias, estando o volume de sedimentos estimado entre  $1,2 \times 10^6$  e  $8 \times 10^6$  t/ano. Entre 1928 e 1986, 65% do material depositado terá permanecido no sistema sem ser removido, observando-se um intenso assoreamento na zona montante do estuário, devido à perda de capacidade de transporte do sistema fluvial, e por constituir uma área preferencial de retenção de sedimentos. Deste modo o volume de sedimentos a ser introduzido no sistema costeiro diminui.

Por outro lado, ocorreram no passado importante actividade de dragagem no canal de navegação do porto de

Lisboa, no terminal de NATO próximo da Costa do Vapor e no próprio banco onde existia a restinga e que fechava a Golada. Este banco funcionava como um grande “esporão” natural protegendo o sector Costa da Caparica / Cova do vapor.

As quantidades, datas e a localização destas actividades até hoje não foram divulgadas, tornando-se difícil realizar um balanço sedimentar da região.

### 3. Soluções e medidas

#### 3.1 Introdução

Como foi referido anteriormente, entre 1972 e 2000 a zona costeira entre a Cova do Vapor e Costa de Caparica, manteve-se com alguma estabilidade (dinâmica), embora tenham ocorrido alguns episódios de galgamentos. Mas desde o ano 2000 a praia e as dunas de S. João, sofreram intenso processo erosivo, tendo-se iniciado um novo ciclo erosivo.

Quando se iniciou o Programa Polis para a Costa da Caparica equacionou-se a possibilidade de recuperar a função balnear nas praias da Costa da Caparica.

O INAG solicitou à FEUP/IHRH um estudo sobre a orla costeira da Costa da Caparica com vista à compreensão dos fenómenos em curso e à elaboração de propostas a serem incorporadas no Programa CostaPolis e no Plano de Ordenamento da Orla Costeira Sintra – Sado. Os estudos consistiram:

- Recolha e análise de elementos históricos sobre a evolução na Costa da Caparica e Cova do Vapor;
- Caracterização hidrodinâmica, hidromorfológica da zona envolvente, incluindo a recolha de estudos já produzidos e novas simulações numéricas;
- Análise da evolução da ocupação urbana e do uso do solo;
- Recolha de dados de campo nomeadamente através de um levantamento hidrográfico e de uma campanha de caracterização de sedimentos off-shore;
- Recolha e análise do estado operacional e estrutural dos esporões e obras aderentes os quais não tinham sido objecto de intervenções de manutenção, apresentando-se muito degradados;
- Preparação de um Sistema de Informação Geográfica e tratamento da informação disponível;
- Formulação e comparação de diversos cenários de intervenção na zona costeira, desde a retirada de todas as estruturas, até intervenções contemplando diversas soluções construtivas e alimentação artificial de areias. Relação entre estas intervenções e o ordenamento da orla costeira;
- Discussão das alternativas consideradas. Selecção de uma proposta;
- Aprofundamento dos estudos e preparação de elementos para o Programa de Concurso;
- Acompanhamento com a fiscalização das intervenções no terreno;
- Monitorização.

#### 3.2 Opções propostas

A zona costeira em análise apresenta uma dinâmica muito elevada, sendo vulnerável ao processo erosivo e a inundações durante a ocorrência de tempestades. As estruturas que protegiam a frente urbana necessitavam de manutenção e em alguns dos casos uma modificação das suas características.

Todas as opções consideram a reabilitação da obra de defesa aderente existente porque esta é vital na protecção da área urbana. Paralelamente com algumas contributos para o planeamento e gestão, foram apresentadas e discutidas diversas opções de protecção para a Costa da Caparica (figura 4), nomeadamente (FEUP/IHRH, 2001):

- Reperfilamento da obra longitudinal aderente;
- Opção 1a: Reabilitação das estruturas de defesa existentes, sem alteração das mesmas;
- Opção 1b: Reabilitação das estruturas de defesa existentes, com alteração das mesmas (rebaixamento das cotas, no enraizamento dos esporões);
- Opção 1c: Reabilitação das estruturas de defesa existentes e alimentação artificial de areias;
- Opção 2a: Remoção dos esporões existentes;
- Opção 2b: Remoção dos esporões existentes e alimentação artificial com areias;
- Opção 3a: Remoção dos esporões nº 1, 3 e 5, prolongamento dos restantes quatro esporões e alimentação artificial de areias;
- Opção 3b: Remoção dos esporões nº 2, 4 e 6, prolongamento dos restantes quatro esporões e alimentação artificial de areias;
- Opção 4: Encurtamento de três esporões existentes, reabilitação dos restantes (1ª fase), alimentação artificial de areias (2ª fase), remoção de três esporões pequenos e prolongamento dos restantes (3ª fase, programa de monitorização);
- Opção 5: Quatro esporões em T, reabilitação dos restantes e alimentação artificial de areias;
- Opção 6: Remoção dos esporões existentes, construção de esporões em T, quebramares destacados, e alimentação artificial de areias.

As alternativas apresentadas foram concebidas tendo em consideração os graves problemas de erosão neste sector costeiro, onde as praias e as dunas não revelam capacidade de recuperação dos seus perfis através das acções naturais.

Para além deste facto, a frente urbana e a cidade estão localizadas em zonas de reduzida elevação, sob risco de inundação e destruição de infraestruturas.

A obra aderente é fundamental para a segurança, tendo também a função de passeio litoral, muito utilizado pela população local. A alimentação artificial das praias é importante por questão de segurança e de recreio. Nesta área são desenvolvidas diversas actividades económicas e turísticas tal como actividades balneares, pesca, restauração, parques de campismo, surf, navegação, terminal naval, entre outras, gerando interesses diversos e conflitos. A opção “retirada” foi também equacionada. No entanto, do ponto de vista socio-económico, não foi considerada como aceitável para o aglomerado urbano da Costa de Caparica.

### 3.3 Intervenção implementada

As intervenções nas obras de defesa costeira aprovadas são baseadas na opção 4 (FEUP/IHRH, 2001), a ser implementada nas três Fases seguintes (figura 5):

Primeira Fase:

- Reperfilamento dos esporões existentes, com o aumento do comprimento dos que passarão a ter um papel estruturante e reduzindo o comprimento dos que poderão vir a ser, a médio prazo, eliminados (Empreitada realizada entre Outubro de 2004 /Maio de 2005 e Outubro de 2005/Maio de 2006);
- Reperfilamento da obra aderente existente na frente urbana (Empreitada executada em 2005).

Segunda Fase:

- Alimentação artificial das praias e dunas, utilizando 3 milhões de metros cúbicos de areia (enchimento de perfil e berma próxima da costa). As manchas de empréstimo, apresentam origem off-shore, já especificamente caracterizadas pelo Instituto Hidrográfico para este efeito, e/ou em dragagens da Administração do Porto de Lisboa para fins portuários, se ocorrer uma oportunidade temporal para realizar uma intervenção conjunta;
- Reabilitação e protecção de dunas onde não existem obras de defesa aderente devido a razões de segurança e razões de protecção natural;
- Reabilitação de frente marítima (Programa Polis aprovado em 2005/2006);
- Controlo do desenvolvimento urbano na zona costeira a sul da Costa de Caparica (Plano de Gestão Costeira – POOC, aprovado em 2003 pelo governo após discussão pública) por razões de segurança e de protecção natural;
- Retirada do aglomerado da Cova do Vapor (POOC aprovado em 2003 pelo Governo após discussão pública) por razões de segurança e de paisagem.

Terceira Fase:

Após um período mínimo de cinco anos de monitorização, considerar-se a possibilidade de remoção de três esporões pequenos e a extensão dos restantes. Considerar novas operações de alimentação artificial das praias.

### 3.4 Fases da intervenção já realizadas

A primeira Fase foi concluída com sucesso. Para tal foram utilizados novos blocos de pedra, com o objectivo de reabilitar e reperfilar o manto de enrocamento dos esporões e da obra aderente, num montante total de 7 000 000 kN. Para além da colocação dos novos blocos foi realizado o reperfilamento dos blocos existentes, tendo sido necessária utilização de equipamento num período adicional durante 6 500 horas. Foi dada especial atenção à qualidade e dimensão (120 kN) dos blocos de pedra que foram extraídos de seis pedreiras de Região. Foram exaustivamente controladas as características mecânicas dos blocos antes da sua colocação, usando técnicas de amostras aleatórias. Para minimizar impactes a nível balnear as intervenções foram efectuadas fora dos períodos Junho -Setembro.

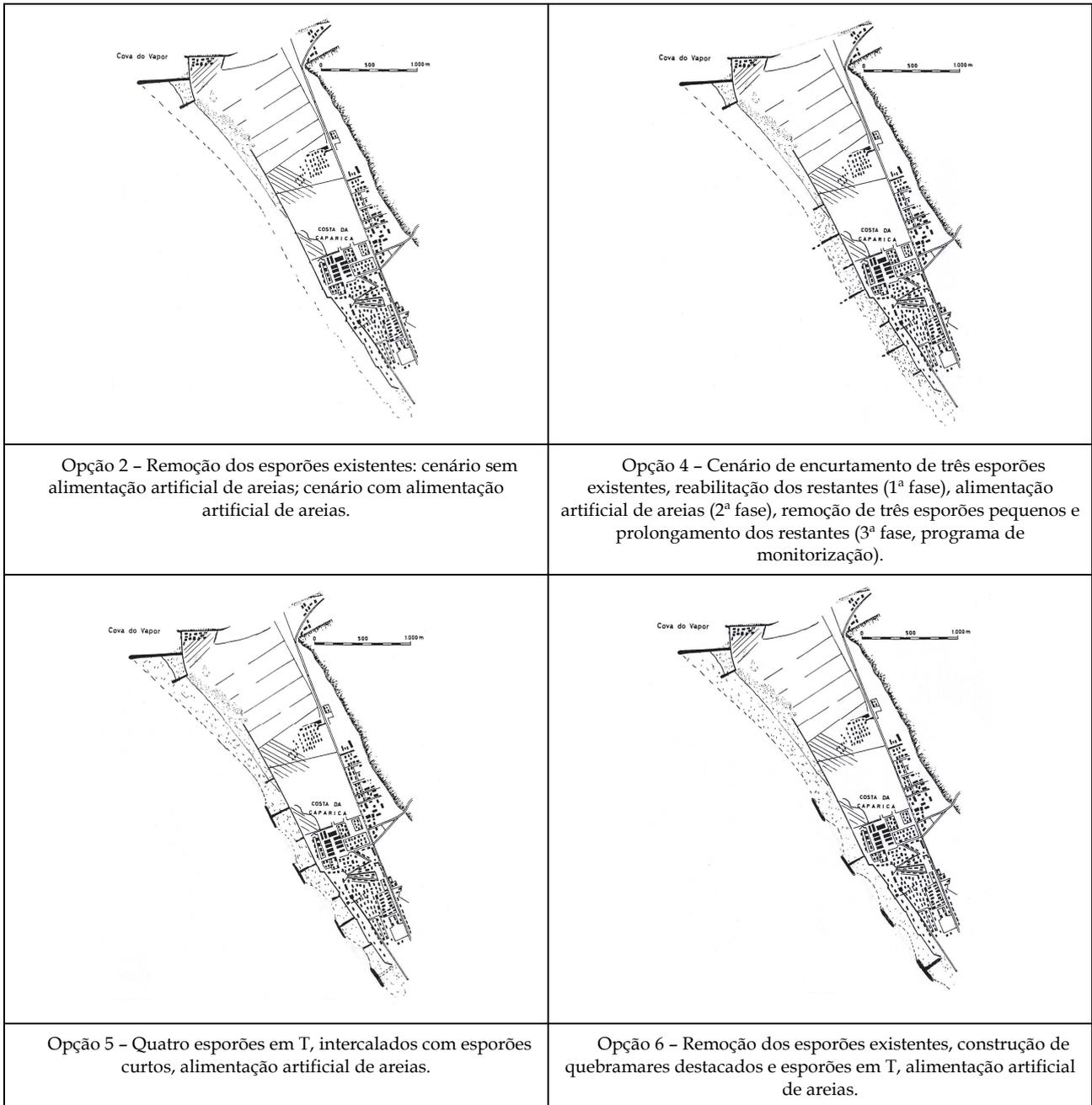


Figura 4. Exemplos de algumas das opções apresentadas.

Contudo, estes períodos seriam os mais favoráveis para a realização de obras marítimas.

De acordo com dados de agitação do porto de Sines durante os meses de intervenção a altura significativa de onda atingiu os 5.5 m.

De salientar que, as obras foram realizadas sem assinaláveis conflitos com as partes interessadas e sem acidentes pessoais.

Algumas notas finais devem ser referidas:

- A população local e os turistas tinham uma percepção elevada da necessidade de melhorar a defesa das áreas urbanas;
- Os utilizadores da praia têm alguma expectativa que num futuro próximo, que a areia colocada por técnicas artificiais, possa permanecer entre os esporões;
- Os utilizadores de restaurantes, os proprietários de edifícios e os residentes na frente marítima esperam ter mais segurança em eventos de tempestade;

- Os utilizadores dos parques de campismo pretendem continuar a permanecer neste local, localizado próximo das dunas frontais (em Domínio Público Hídrico).
- A comunidade de surfistas é muito activa, e esperavam que as ondas não fossem alteradas com as estruturas, estando contudo convictos que as novas condições hidrodinâmicas não afectariam a actividade ao longo de todo o ano;
- Pescadores com pequenos barcos exigiam a construção de um quebramar, tendo sido no entanto desencorajados devido aos elevados custos e aos impactos morfológicos;
- O passeio marítimo localizado no coroamento da obra de defesa aderente, pôde ser utilizado durante o desenrolar dos trabalhos, embora com restrições em algumas zonas.
- Com as intervenções de reabilitação, a população espera ter melhores condições de utilização da obra aderente.

- Pescadores amadores tiram partido dos esporões para pescar, tendo sido muito difícil o seu afastamento durante o período de intervenção. Sabem que as rochas e as cavidades das estruturas costeiras se comportam como recifes.
- Os utilizadores da praia não sofreram qualquer perturbação durante os quatro melhores meses de verão, uma vez que os trabalhos de reabilitação foram interrompidos nesse período.

Esta situação de inexistência de conflitos foi atingida devido a uma percepção geral de que a situação era crítica e graças ao contínuo diálogo entre o INAG, a Capitania, as autoridades locais, o empreiteiro e os representantes dos utilizadores.

#### 4. Monitorização

É determinante a implementação de um programa de monitorização com o objectivo de analisar alguns dos indicadores de comportamento dos esporões e da praia.

O resultado da monitorização e a sua avaliação pode fornecer algumas considerações para serem introduzidas na concepção/configuração do campo de esporões, podendo melhorar o seu comportamento em caso de condições extremas.

Não existe experiência relacionada com programas de alimentação artificial na costa oeste portuguesa, que é de elevada energia. Neste ambiente é esperado que a médio/longo termo os efeitos positivos só possam ser atingidos se novas alimentações artificiais forem realizadas periodicamente. O tempo de permanência da primeira alimentação artificial será muito importante para análises do custo - benefício. Exemplos de alimentação artificial com diferentes graus de sucesso existem na costa Sul de Portugal.

Quando a alimentação artificial é efectuada entre quebramares e esporões (caso de Vilamoura) ou entre quebramares e cabos (caso da Praia da Rocha) o tempo de residência é elevado. Pelo contrário quando é implementado em costa aberta (caso de Vale do Lobo) o tempo de permanência da areia colocada artificialmente é de cerca de cinco anos. Outro caso de alimentação artificial ocorreu na região do Porto, junto ao Castelo do Queijo, onde foram colocados cerca de dois milhões de metros cúbicos de areia oriundos das dragagens do Porto de Leixões.

Contudo, este volume teve pouco impacto na praia, uma vez que esta zona costeira está exposta a um clima de agitação muito energético, com grande potencial de transporte pela corrente de deriva que pode atingir os dois milhões de metros cúbicos por ano.

Assim um programa de monitorização revela-se de extrema importância, tendo-se proposto:

- Levantamento das estruturas existentes – Proposto um levantamento anual, a ser realizado em Maio de cada ano, bem como uma inspecção das estruturas após a ocorrência de tempestades;
- Levantamento hidrográfico global – Propostos dois levantamentos hidrográficos anuais a realizar em Maio (após a época de tempestades) e em Setembro (após a época calma) de cada ano;
- Levantamento hidrográfico local – Propostos dois levantamentos hidrográficos anuais a realizar em Maio e em Setembro de cada ano, junto dos esporões;
- Levantamento de fotografia aérea vertical – Proposto um levantamento fotográfico vertical de alta resolução a realizar em baixa-mar de águas vivas em Agosto/Setembro de cada ano.

Até à data foram realizados três levantamentos das estruturas (Setembro de 2001 e 2005 e Maio de 2006), dois levantamentos hidrográficos globais (Setembro de 2001 e 2005 – figura 6) e dois levantamentos fotográficos verticais.

Para além dos levantamentos já efectuados, é da maior importância a realização de dois levantamentos hidrográficos, um antes e outro após a realização da alimentação artificial.

O primeiro para avaliar a situação e ajustar os procedimentos técnicos e o segundo para avaliar a intervenção técnica e compreender melhor a movimentação/dinâmica dos sedimentos, bem como a evolução dos perfis transversais. Haverá então um contributo para a melhoria da capacidade de previsão das evoluções hidromorfológicas.

A primeira comparação dos levantamentos batimétricos foi já efectuada, utilizando os dados de Setembro de 2001 e de 2005 (Figura 6).

Observando a figura 6a pode constatar-se que as batimétricas de menor profundidade se deslocaram no sentido de terra.

Este facto pode indicar o aumento da inclinação do perfil, e, como consequência, as ondas passaram a rebentar mais próximo da costa e das estruturas costeiras.

Estes factos terão como consequência o aumento da energia da agitação junto das estruturas costeiras, levando a que estas necessitem de manutenções com maior frequência, e que a remoção de sedimentos das praias e dunas seja efectuada com maior intensidade.

A figura 6b mostra o resultado do balanço sedimentar dos levantamentos referidos anteriormente.

Com base nesta figura é possível concluir que o fundo sofreu um processo de erosão acentuado, estimando-se que entre Setembro de 2001 e 2005 perdeu cerca de 800 000 m<sup>3</sup> de areia, apenas na zona do campo de esporões.

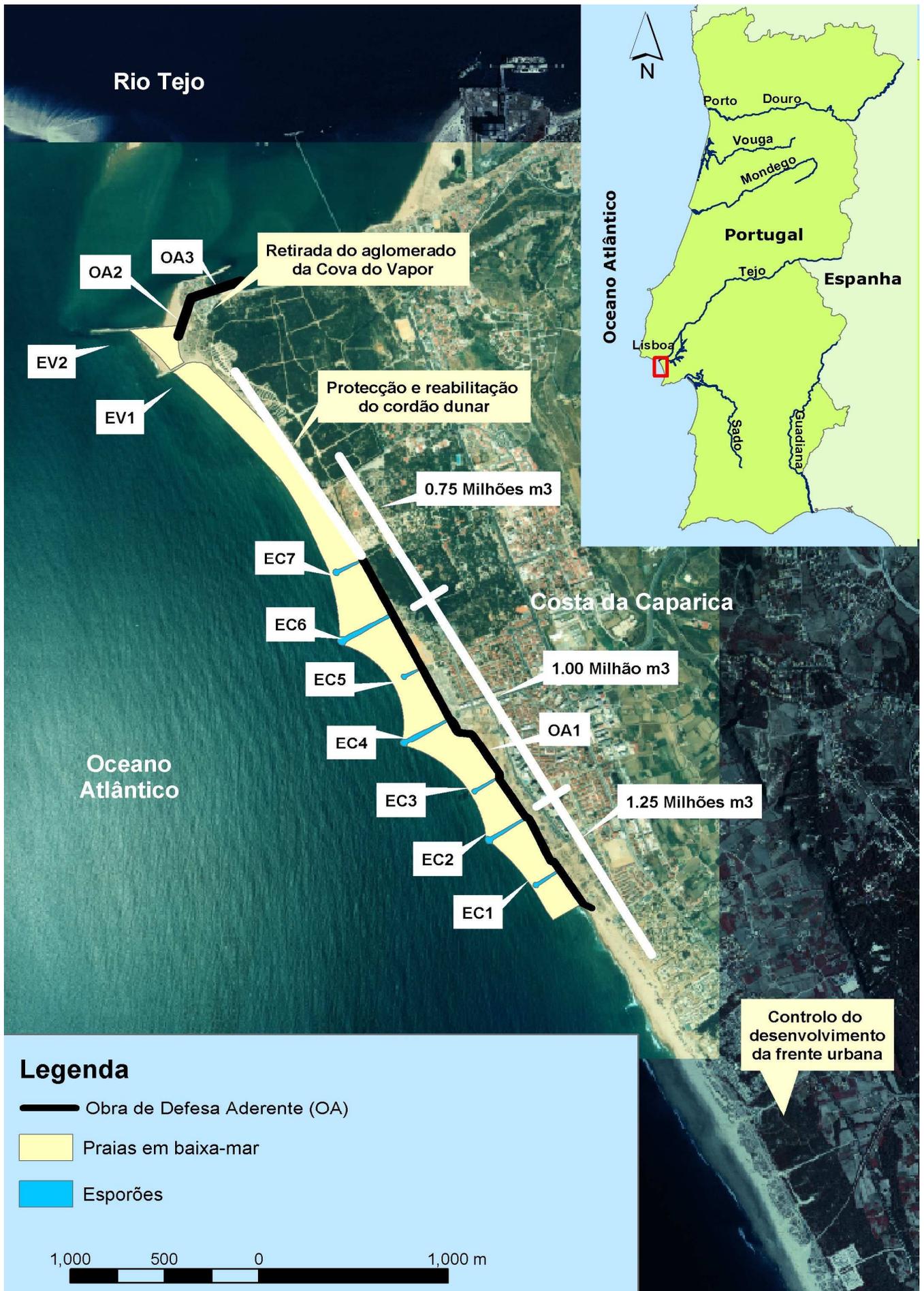


Figura 5. Fases de intervenção.

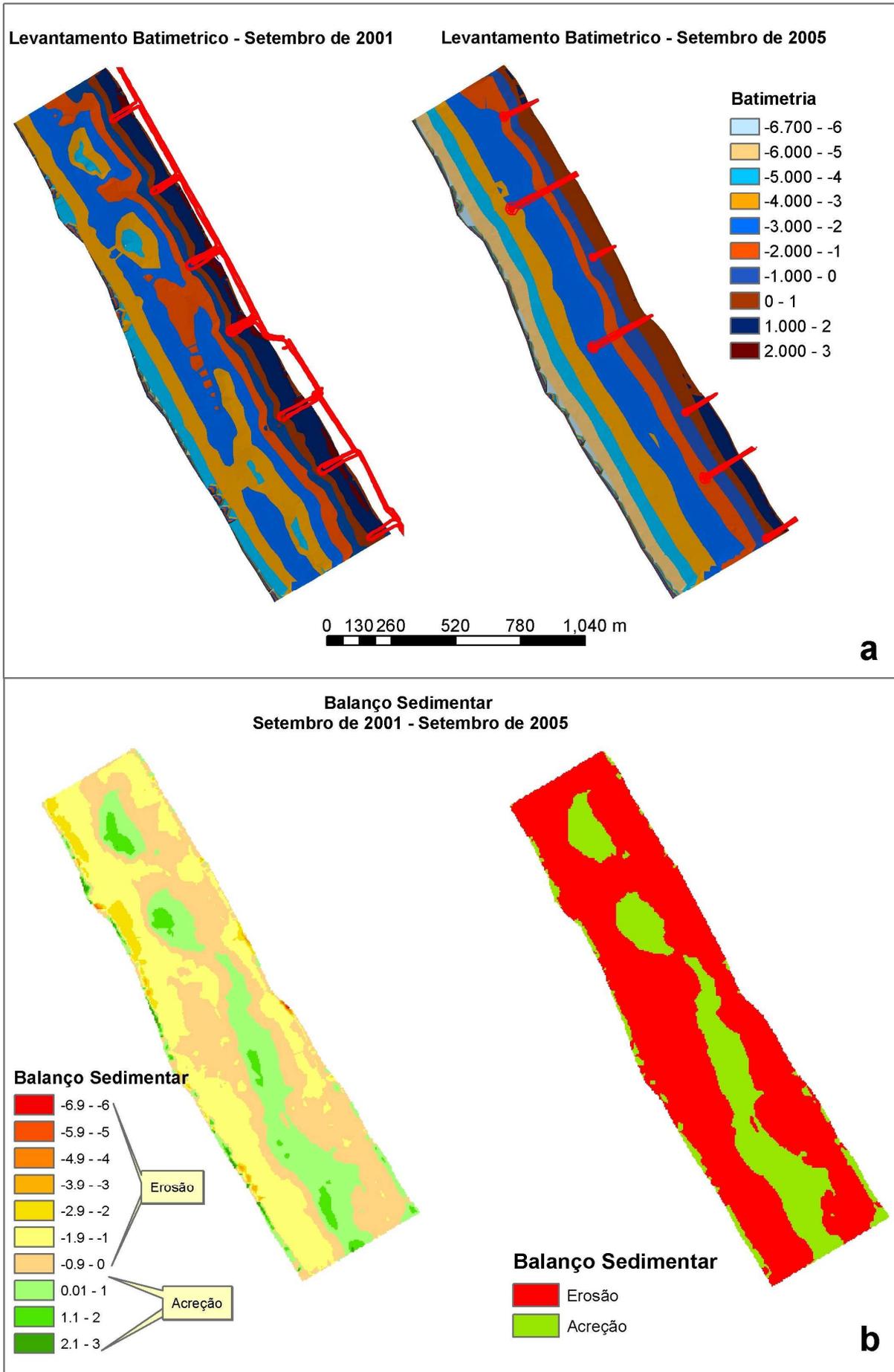


Figura 6. Balço sedimentar entre Setembro de 2001 e Setembro de 2005.

O comportamento hidrodinâmico e hidromorfológico no interior de cada célula entre os esporões, em termos de mudanças e padrões sedimentares, está a ser analisado. Durante períodos de tempestade e de maré-alta existem mudanças significativas desses padrões. Fenómenos de refração, de difração e de reflexão dentro das células influenciam a formação de correntes de retorno e a dispersão pontual de sedimentos e vórtices.

## 5. Considerações finais

A capacidade de previsão a médio e longo termo da evolução de praias e de dunas continua a ser bastante condicionada devido a limitações científicas, dados de campo inadequados, nomeadamente dados topohidrográficos e de dragagem de canais de navegação.

Deste modo torna-se necessário a adopção de políticas preventivas para os casos mais graves. A decisão adoptada foi manter a linha de costa na zona urbana, sendo necessário recorrer a soluções com estruturas de defesa, combinadas com soluções de alimentação artificial e de planeamento urbano. É necessário criar zonas tampão, para que o desenvolvimento urbano não ocupe as dunas ainda existentes e que não se aproxime mais da linha de costa.

Uma intervenção de alimentação artificial de areias foi proposta desde o ano 2000 para compensação parcial da elevada perda de sedimentos que tem ocorrido na zona e que põe em causa a própria estabilidade das estruturas de defesa (fundadas em areias).

Esta intervenção será do tipo híbrido com enchimento do perfil e da berma próxima da costa. A agitação e as marés serão responsáveis pela modelação do perfil final. No entanto coloca-se uma questão: qual o período de permanência do sedimentos no sistema? O estudo de custo-benefício considerou três cenários: cinco, dez e quinze anos.

O atraso significativo que está a ocorrer entre o Projecto aprovado e a sua concretização, nomeadamente no que respeita à alimentação artificial de areias com 3 milhões de m<sup>3</sup>, está a originar uma situação muito crítica em termos de estabilidade das próprias estruturas de defesa costeira e das praias ainda existentes (praia de S. João). Para além da grande dinâmica natural no local, a retirada de milhões de m<sup>3</sup> de areia do sistema (embocadura, canal de navegação, Golada) por dragagens, durante decénios, está a conduzir a situações de instabilidade incompatíveis com a existência de um aglomerado urbano com uma grande expressão em termos de edificabilidade e de população fixa e sazonal.

Para uma análise da evolução deste troço costeiro torna-se importante a implementação do plano de monitorização para melhorar o conhecimento e a compreensão do processo dinâmico da área, bem como a forma de efectuar a manutenção das estruturas costeiras.

## Referências

- Abecasis, F., 1997. Caracterização Geral Geomorfológica e Aluvionar da Costa Continental Portuguesa, Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, Associação Eurocoast - Portugal / INAG, Porto, pp. 9-24.
- Anónimo, 2001. Plano Nacional da Água. Introdução, Caracterização e Diagnóstico da Situação Actual dos Recursos Hídricos, Versão para consulta pública, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Instituto da Água, Lisboa, pp. 1/67(7-II) - 67/67(7-II).
- Barceló, J. P. 1971. Experimental Study of the Hydraulic Behaviour of Inclined Groyne Systems, LNEC, Ministério das Obras Públicas, Lisboa.
- FEUP/IHRH 2000. Estudo de Reabilitação das obras de defesa Costeira e de Alimentação Artificial na Costa da Caparica, Estudo Prévio, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- FEUP/IHRH 2001. Estudo de Reabilitação das obras de defesa Costeira e de Alimentação Artificial na Costa da Caparica, Projecto Base, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- FEUP/IHRH 2003. Alimentação Artificial da Praia De S. João com Areias Provenientes de uma Dragagem da APL no Canal de Navegação do Tejo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- Oliveira, E. M., Fortunato, A. B., Fortes, J., Silva, L. G., Vicente, C. e Pereira, M. C. 1999. Protecção do Farol do Bugio Contra a Acção das Ondas e Correntes, Os Estuários de Portugal e os Planos de Bacia Hidrográfica, Ed. Associação Eurocoast, Porto, 181-201 pp.
- Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F. e Pais-Barbosa, J. 2004. Rehabilitation study of coastal defense works and artificial sand nourishment at Costa da Caparica, Portugal. *Proceedings of 29<sup>th</sup> International Conference of Coastal Engineering*, ASCE, 3429-3440.
- Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F., Neves, L. & Pais Barbosa, J. 2006a. *Erosion - A European Initiative for Sustainable Coastal Erosion Management. Pilot site of river Douro - Cabo Mondego and Case Studies of Estela, Aveiro, Caparica, Vale de Lobo and Azores*. IHRH/FEUP, Porto, 317 pp.
- Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F., Pais Barbosa, J., Costa, J. & Rodrigues, A., 2006b. Monitoring of the coastal defence Works of Costa da Caparica, Portugal. *Proceedings of 30<sup>th</sup> International Conference of Coastal Engineering*, ASCE, (in print).