



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária
Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

BENEFÍCIOS ASSOCIADOS À OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA DE OBRAS MARÍTIMAS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Nelson Oliveira¹, Rute Lemos², José Pinto Simões¹, Luís Gabriel Silva²

¹Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos,
Ed. Vasco da Gama, R. General Gomes Araújo, 1399-005 Lisboa.
nelson.oliveira@imarpor.pt

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente
Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa
rlemos@lnec.pt, lgsilva@lnec.pt

RESUMO

O custo de uma estrutura de protecção de uma bacia portuária, a evolução do seu comportamento e as consequências da sua ruína para a operacionalidade e segurança da infraestrutura portuária, justificam a existência de um programa de acompanhamento da mesma com os objectivos de: 1) avaliar o estado de conservação em que se encontra; 2) planeamento de obras de manutenção e/ou reparação e 3) aprofundamento do conhecimento sobre o comportamento de obras marítimas.

Em 1985, por iniciativa do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), foram dados os primeiros passos com vista ao acompanhamento do comportamento evidenciado por diversas obras de protecção portuária de Portugal Continental, tendo, para tal, sido apresentado um projecto de Observação Sistemática de Obras Marítimas (OSOM) à então Direcção-Geral de Portos (DGP) – hoje, Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM) – que o apoiou. Actualmente, o projecto inclui a observação sistemática da zona emersa de 30 quebra-mares, distribuídos por toda a costa de Portugal Continental. Ao longo dos últimos 18 anos, procedeu-se ao acompanhamento do comportamento de um número sempre crescente de quebra-mares, tirando essencialmente partido da observação visual e da análise comparativa de fotografias sistemáticas.

Em 1995 foi desenvolvida a base de dados (ANOSOM) para armazenamento de toda a informação recolhida, que permite também, mediante a aplicação de determinados critérios, o diagnóstico do estado das estruturas. Esta base de dados/aplicação informática tem sido alvo de permanente actualização e melhoramento, estando actualmente a ser desenvolvida uma versão adaptada à inserção/tratamento de dados de levantamentos, não só da zona emersa, como também da zona imersa dos quebra-mares. Anualmente, é elaborado um relatório informativo sobre o estado em que as estruturas se encontram (Estado Actual), sobre o modo como eventuais estragos têm evoluído (Estado de Evolução) e sobre o conseqüente Estado de Risco associado a cada obra. Com base nestes elementos e ainda em outros factores, tais como, a importância relativa da estrutura, o tipo de ruína esperado e os custos associados a um eventual colapso da obra, são recomendadas as medidas consideradas mais adequadas, que poderão passar por empreitadas de reparação.

Esta observação sistemática, para além do aspecto preventivo de que se enforma, tem permitido obter uma panorâmica do estado em que as obras se encontram, facilitando assim a detecção de anomalias, a comparação do comportamento real das estruturas com o comportamento previsto no projecto e proporcionar uma selecção criteriosa e tecnicamente sustentada das estruturas mais necessitadas em termos de obras de reparação e/ou manutenção, prevenindo assim eventuais perdas materiais e dando os meios para otimizar a programação de intervenções pelo IPTM.



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

1. INTRODUÇÃO

As obras marítimas, particularmente os quebra-mares de taludes, são estruturas relativamente às quais se assume grande risco na fase de projecto, devido ao grau de incerteza associado às próprias solicitações e às características dos materiais utilizados na construção. Embora se possa assumir este risco, devido ao facto de uma eventual rotura não estar, em geral, associada a perda de vidas humanas, os prejuízos materiais, são, por norma, muito elevados.

Assume-se, assim, que durante o período de vida útil da estrutura, hão-de ser necessárias obras de reparação sempre que sejam excedidas as condições ao nível das solicitações consideradas no projecto, e, de manutenção, face ao estado de fadiga das peças e dos materiais envolvidos na construção.

Contudo, para que essas intervenções possam ser efectivamente realizadas em tempo útil e com o menor custo possível, torna-se recomendável que a obra seja observada de uma forma sistemática.

Esta comunicação tem, pois, como objectivo chamar a atenção para os benefícios associados à implementação de um Programa de Observação Sistemática de Obras Marítimas, descrevendo também todo o processo que antecede essa implementação, Silva *et al.* (2003). Assim, no ponto 2, são descritos os aspectos a que se tem dado atenção na observação da zona emersa das estruturas.

No ponto 3, são descritas as diferentes técnicas de observação, dando-se ênfase às técnicas usadas actualmente pelo LNEC no programa de Observação Sistemática implementado para os quebra-mares em Portugal Continental que se encontram sob a jurisdição do IPTM, e que consistem essencialmente na observação visual e na análise comparativa de fotografias sistemáticas

No ponto 4, são descritos os factores a ter em conta e os procedimentos usuais no planeamento de uma estrutura.

No ponto 5, são referidas as bases de dados existentes no LNEC para o armazenamento/processamento dos dados das Inspeções Visuais – Base de dados ANOSOM Lemos *et al.* (2002) (actualmente a ser ampliada aos registos dos dados de levantamentos hidrográficos) e a Base de dados SEAWAVES, Ribeiro *et al.* (2004), contendo registos de agitação marítima.

No ponto 6 descrevem-se os benefícios do OSOM do ponto de vista da entidade responsável pela conservação das obras marítimas.

No ponto 7 é apresentado um exemplo que permite confirmar a validade dos métodos utilizados.

Finalmente, no ponto 8 são apresentadas breves conclusões sobre os benefícios da Observação Sistemática de Obras Marítimas.



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

2. OBSERVAÇÃO

É de extrema importância que a observação seja efectuada segundo duas vertentes distintas: a das acções e a da observação do comportamento-resposta das estruturas marítimas

2.1 Observação das acções

Consiste, basicamente, na caracterização da agitação marítima ao largo, em pontos pré-definidos, para, através de modelos matemáticos, proceder a uma posterior transposição dessas características para pontos situados nas imediações das obras.

Para além da caracterização da agitação marítima, nomeadamente dos seus valores extremos, é também importante a existência de um registo sistemático dos níveis de maré.

2.2 Observação das estruturas

A observação do comportamento-resposta das estruturas marítimas deverá iniciar-se logo na fase de construção, para que possam ser perfeitamente caracterizadas as condições de implantação do núcleo e dos filtros do quebra-mar, e, para que sejam registadas eventuais alterações ao projecto de execução. É também fundamental a caracterização da obra imediatamente após a sua construção, como base de referência para futuras observações.

Torna-se imprescindível a caracterização do comportamento das estruturas ao nível dos elementos-base que constituem o perfil: O manto resistente, a superestrutura e o tardoz.

Manto Resistente

O manto resistente de um quebra-mar é normalmente o elemento destinado a absorver em primeira linha a energia proveniente da acção directa da agitação marítima incidente.

A sua rotura está normalmente associada à remoção dos blocos que o constituem, a qual pode ser causada, entre outros, pelos seguintes factores:

- Insuficiência de massa de cada bloco individual (Fig. 1a). Este factor está associado a uma velocidade de rotura rápida, dependendo do nível da excedência das condições consideradas no projecto, do tipo de blocos e da persistência de condições de agitação marítima adversas;
- Deficiente embricamento no “tecido estrutural”;
- Processos erosivos (infra-escavação). Ocorrem mais frequentemente na presença de fundos arenosos, sendo normalmente observados assentamentos significativos, quer junto à linha de água, quer ao nível do coroamento;
- Instabilidade da banquetta de apoio. Quando atingido determinado estado limite de degradação da banquetta, os blocos do manto resistente perdem algum do seu apoio, podendo vir a ser removidos para o pé do talude, tendendo este processo a alastrar para a zona activa e para a zona emersa do manto (Fig. 1b).
- Assentamentos do material do núcleo. Se por deficiência de construção ou concepção, se registar fuga significativa de material ou quaisquer outros motivos, este tipo de assentamento ultrapassar os limites toleráveis, a estabilidade do manto resistente poderá ser afectada;
- Degradação física e ou química dos elementos que constituem o manto (Fig. 1c);
- Fadiga dos elementos que constituem o manto resistente (Fig. 1d).

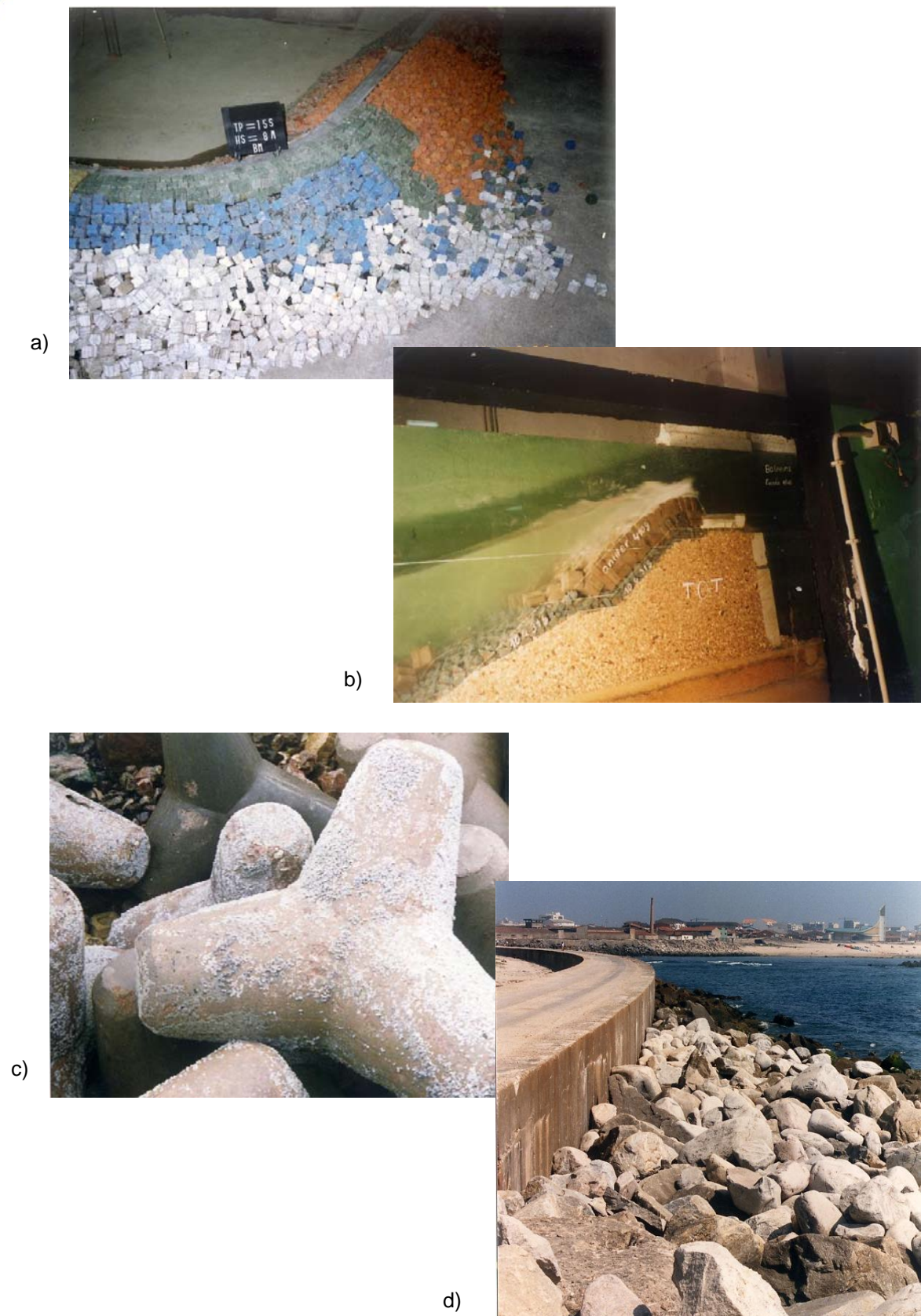


Fig. 1 - Aspectos da rotura do manto resistente por : a) Insuficiência de massa de cada bloco individual; b) Deficiente apoio do manto na banquetta (fotografia de um modelo ensaiado no LNEC); c) Degradação física e ou química dos blocos constituintes do manto resistente; d) Fadiga dos elementos que constituem o manto resistente (exemplo de arredondamento de blocos).

Tardoz

A solicitação mais intensa a que está exposto o talude interior de um quebra-mar está relacionada com três aspectos principais:

- Galgamentos excessivos (Fig 2);
- Passagem de energia através do núcleo ou base da superestrutura do quebra-mar;
- Acção da agitação marítima, após difracção na cabeça da obra;



a)



b)

Fig. 2 - Aspecto dos estragos passíveis de ocorrerem no talude interior de quebra-mares, devido à intensidade dos galgamentos: a) cobertura fotográfica de uma tempestade onde se observam galgamentos de grande intensidade; b) fotografia de um modelo ensaiado no LNEC.

Superestrutura

As causas mais comuns da rotura da superestrutura de um quebra-mar são em geral:

- Instabilidade global dos elementos que constituem a superestrutura (Fig. 3a);
- Assentamento excessivo do material do núcleo ou da sub-base;
- Aspectos construtivos (Fig. 3b);
- Qualidade do betão.

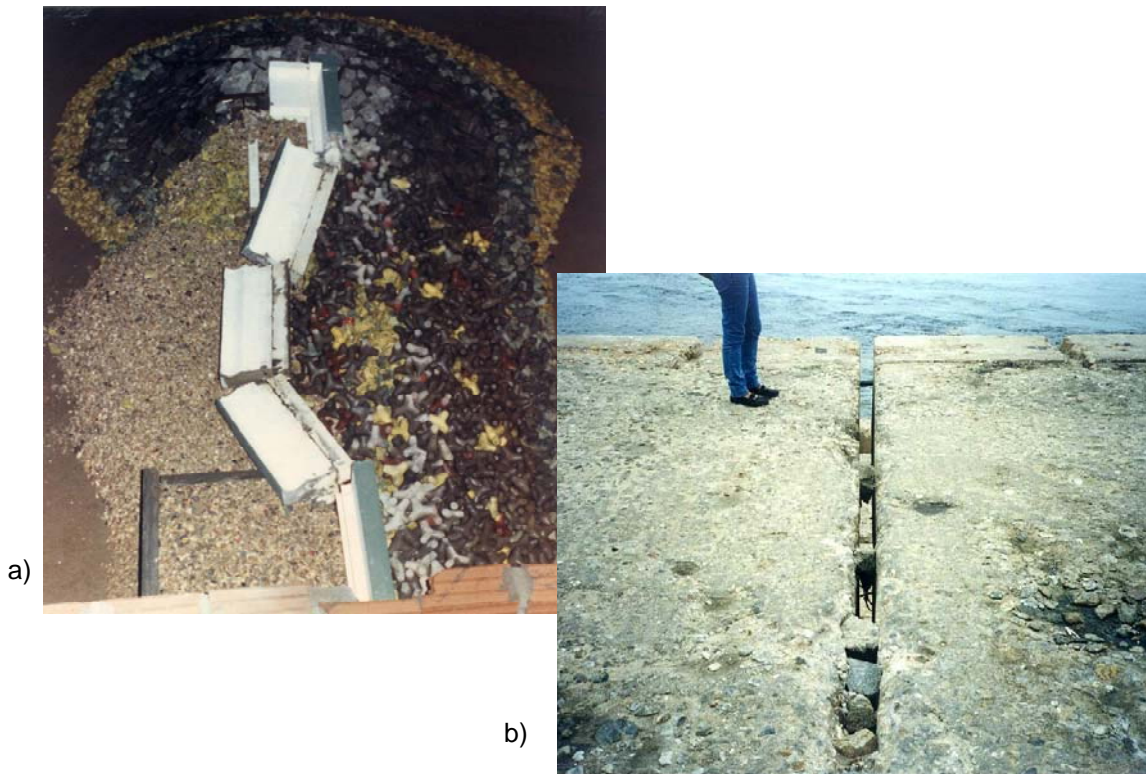


Fig. 3 - Causas mais comuns da rotura da superestrutura de um quebra-mar: a) Instabilidade global dos elementos que constituem a superestrutura (fotografia de um modelo ensaiado no LNEC); b) Aspectos construtivos (aspecto das juntas de construção já com uma abertura significativa).

3. TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO

3.1 Generalidades

As **Técnicas topográficas tradicionais** são utilizadas na inspeção de estruturas costeiras como complemento à informação obtida com outras técnicas, para quantificação dos movimentos ao nível da superestrutura da obra e levantamento da envolvente dos taludes. Estas técnicas consistem no **nivelamento de pontos cotados, levantamento de perfis e triangulação**.

Tendo como base uma malha de pontos de observação definida ao nível da superestrutura da obra, referenciados a pontos fixos de confiança (normalmente situados na linha de costa), é possível, por nivelamento, a detecção de assentamentos da estrutura (deslocamentos verticais), e por triangulação, a detecção de deslizamentos (deslocamentos horizontais) ou rotações.

A partir dos pontos da malha pré-estabelecida pode também proceder-se ao levantamento sistemático de perfis transversais dos taludes da obra, para acompanhamento da evolução da envolvente exterior dos taludes exterior e interior, bem como ao levantamento de perfis longitudinais, para averiguar da variação das cotas da superestrutura ao longo do coroamento da obra.

Em geral, nos quebra-mares de talude, os assentamentos assumem alguma importância durante os primeiros tempos de serviço da obra, tendendo depois a estabilizarem. A densidade da malha de pontos a levantar com técnicas topográficas tradicionais deve ser função do comportamento da obra, sendo tão apertada quanto mais jovem for a estrutura.

O equipamento utilizado é o teodolito com distanciómetro acoplado ou então uma estação total (teodolito electrónico com distanciómetro acoplado)



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

A **aerofotogrametria** é igualmente uma técnica de observação da zona emersa das obras. Embora muito mais dispendiosa, dado exigir equipamento de imagem específico e ainda meios aéreos para obtenção das fotografias, permite não só avaliar o estado geral da obra como ainda detectar e quantificar assentamentos nos taludes e na própria estrutura.

Em relação à zona emersa, o método de observação mais comum, menos dispendioso e bastante eficaz, consiste na **observação visual** feita, quer a partir do coroamento do molhe, quer a partir de embarcações.

Ainda em relação à parte emersa da estrutura, é de grande importância o recurso a **meios audiovisuais (filmes e fotografias)** na comparação de situações relativas ao estado de determinado pormenor da obra em diversas alturas da sua vida. É de toda a conveniência a fixação de pontos e de ângulos de referência para que possam ir sendo obtidas fotografias passíveis de comparação e, desta forma, se poderem avaliar qualitativamente as alterações operadas durante a vida da estrutura.

A **zona imersa** da obra é de muito mais difícil e dispendiosa observação.

A inspecção da zona submersa de estruturas costeiras através de **mergulho** é normalmente difícil e arriscada, devido à presença de correntes geradas pela ondulação e baixa visibilidade na envolvente da estrutura.

A inspecção por mergulho permite, geralmente, recolher apenas informação qualitativa, traduzindo-se essencialmente numa caracterização global do estado da estrutura e identificação de zonas com maior degradação, como por exemplo, zonas com filtros visíveis, grande número de blocos partidos, grande alteração da inclinação do talude, etc.

As **técnicas de sondagem tradicionais** podem dividir-se em técnicas de sondagem manual e sondagem com grua.

Em Portugal, as técnicas de sondagem tradicionais já são pouco aplicadas, na inspecção de estruturas costeiras, restringindo-se o seu uso à fase de construção das estruturas, para colocação do enrocamento e blocos e para verificação (e rectificação) da inclinação dos taludes.

O sonar de varrimento lateral (SVL), também designado por **sonar lateral**, permite, a partir de um navio, fazer uma sondagem contínua do alinhamento em estudo. Trata-se de uma técnica bastante eficaz, mas que se torna normalmente dispendiosa em virtude dos meios que emprega.

As sondagens com **sondador de feixe simples ou sondador multifeixe** são também métodos utilizados no levantamento de quebra-mares de talude.

O projecto de observação sistemática das obras marítimas sob a jurisdição do IPTM emprega, basicamente, a **observação visual** e a obtenção de **fotografias sistemáticas**. Nos pontos seguintes, passaremos a descrevê-los mais pormenorizadamente.

3.2 Observação Visual

Em virtude do normalmente grande comprimento dos quebra-mares, é fundamental a sua divisão em troços, para a eficácia da observação visual, os quais, sempre que possível, deverão ter correspondência com cada um dos perfis-tipo da obra. No entanto, mostra-se que não é muito conveniente o estabelecimento de troços com comprimentos superiores a cerca de 200 m, de modo a garantir maior fiabilidade dos resultados perante uma eventual variabilidade do estado da obra ao longo do seu comprimento.

As campanhas de observação visual deverão ser planeadas de modo a serem efectuadas em condições meteorológicas favoráveis, com mar calmo e em boas condições de luminosidade. A inspecção deverá ser efectuada em situação de baixa-mar, para que a exposição da obra seja a maior possível.

Durante uma campanha de observação visual de uma obra marítima, o observador deverá fazer-se acompanhar de:

- Planta da obra, contendo a localização das transições entre troços, e os locais seleccionados para obtenção de fotografias sistemáticas;



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária
Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

- Impressos de observação; (Fig.4)
- Notas sobre aspectos específicos a observar, enquanto termo de comparação com observações anteriores;
- Informação detalhada e completa sobre eventuais intervenções levadas a cabo depois da última campanha efectuada;
- Fotografias sistemáticas obtidas em campanhas anteriores, que são de grande utilidade na identificação de eventuais diferenças de situações entre campanhas e na certificação do ângulo em que as tomadas de vistas deverão ser obtidas.

O correcto e completo preenchimento do impresso de observação visual é um factor de grande importância, quer para a caracterização do estado em que se encontra a obra, quer para o total aproveitamento de todas as potencialidades da base de dados ANOSOM, a qual será abordada num dos pontos seguintes desta comunicação.

A cada impresso deverá corresponder um único troço. No seu cabeçalho, deverá ser indicado o quebra-mar a que respeita a observação, o troço observado, e a data da observação. O impresso de observação visual encontra-se dividido em três secções, cada uma delas destinada a cada um dos elementos fundamentais da zona emersa das obras: **manto resistente**; **superestrutura** e **tardoiz**.

Quebra-mar:

Troço:

Data:

MANTO RESISTENTE					
QUEDAS		FRACTURAS		TALUDE	
Muitas		Muitas		Muito degradado	
Algumas		Algumas		Degradado	
Poucas		Poucas		Deg. Junto à linha de água	
Nenhumas		Nenhumas		Em bom estado	
DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL DO MATERIAL				OPINIÃO GLOBAL	
QUANTIDADE		DESCRIÇÃO			
Muita corrosão		Cantos arredondados		Grau 5	
Alguma corrosão		Cantos intactos		Grau 4	
Bom mas c/ rntos poros superficiais		Som	Cavo	Grau 3	
Em bom estado		Sólido		Grau 2	
ASSENTAMENTO DO MANTO		Junto à linha de água		Grau 1	
		Coroamento		Grau 0	
PASSADIÇO/MURO CORTINA					
FRACTURAS		DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL DO BETÃO			
		QUANTIDADE		DESCRIÇÃO	
Muitas		Muita corrosão		Origem física	
Algumas		Alguma corrosão		Origem química	
Nenhumas		Em bom estado		Arredondamento	
MOVIMENTOS		OPINIÃO GLOBAL			
Assentamento		Grau 5		Grau 2	
Derrubamento		Grau 4		Grau 1	
Deslizamento		Grau 3		Grau 0	
TARDOZ					
QUEDAS		FRACTURAS		TALUDE	
Muitas		Muitas		Muito degradado	
Algumas		Algumas		Degradado	
Poucas		Poucas		Deg. Junto à linha de água	
Nenhumas		Nenhumas		Em bom estado	
DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL DO MATERIAL				OPINIÃO GLOBAL	
QUANTIDADE		DESCRIÇÃO			
Muita corrosão		Cantos arredondados		Grau 5	
Alguma corrosão		Cantos intactos		Grau 4	
Bom mas c/ rntos poros superficiais		Som	Cavo	Grau 3	
Em bom estado		Sólido		Grau 2	
ASSENTAMENTO DO MANTO		Junto à linha de água		Grau 1	
		Coroamento		Grau 0	

Fig. 4 - Aspecto de um impresso de observação visual



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

As secções relativas ao **Manto Resistente** e ao **Tardo** são semelhantes e contemplam os seguintes aspectos a observar:

- Queda de blocos;
- Fractura de blocos;
- Estado geral dos taludes;
- Degradação superficial do material que constitui os taludes;
- Assentamentos.

A secção dedicada ao **Passadiço/Muro-cortina** apresenta os itens:

- Fracturas;
- Degradação Superficial do Betão;
- Movimentos.

O preenchimento destas secções é feito de um modo qualitativo. Assim, para que os resultados das observações se possam comparar com os anteriores será conveniente que os critérios sejam semelhantes, muito embora possa sempre subsistir algum grau de subjectividade inerente ao critério dos observadores.

Para cada uma das três secções, o impresso inclui ainda um espaço para o registo da **Opinião Global** do observador, a qual fornece uma avaliação qualitativa do elemento em estudo, independentemente das características anteriormente registadas. O Quadro 1 descreve a escala em que esta opinião deve ser expressa.

Quadro 1

Classificação do estado do elemento do perfil

GRAU	DESCRIÇÃO
0	Em bom estado
1	Em bom estado, com sinais pontuais de degradação
2	Ligeiramente degradado
3	Degradado
4	Muito degradado
5	Em ruína

3.3 Análise comparativa de fotografias sistemáticas

A obtenção de fotografias de uma forma sistemática constitui um meio bastante eficaz de avaliação da evolução sofrida pelos elementos de uma qualquer obra (Fig. 5).

Para se conseguir uma informação de melhor qualidade, tirada a partir das fotografias obtidas de uma forma sistemática, é estabelecido um conjunto de pontos e ângulos de referência que permitem a obtenção de fotografias sempre do mesmo local e com o mesmo objectivo (Fig. 6)

A informação é depois alvo de uma análise cuidada, tendo em conta eventuais mudanças de local e ângulo na obtenção das fotografias em campanhas diferentes, diferenças no equipamento fotográfico utilizado e diferenças no nível de maré aquando da obtenção das fotografias em diferentes campanhas



Fig. 5 - Evolução sofrida pelos elementos de um quebra-mar: a) Movimentos sofridos pelos blocos constituintes do manto resistente b) Assentamentos sofridos pelo manto resistente

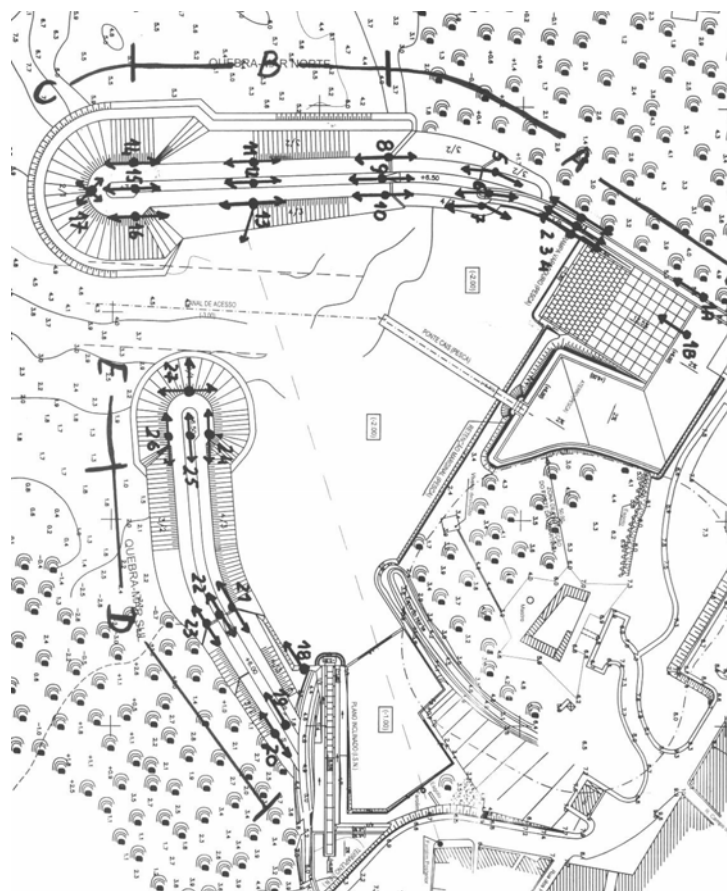


Fig. 6 - Exemplo de um esquema de estabelecimento de pontos e direcções de referência, com vista à obtenção sistemática de fotografias



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

4 PLANEAMENTO DA OBSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS

O planeamento de um programa de observação sistemática de determinada obra deverá ser efectuado tendo em atenção as suas características gerais, nomeadamente, no que se refere:

- À importância económica que suporta. Quanto maior for a importância económica de uma obra marítima, maior deverá ser a assiduidade da realização das observações e mais pertinente a utilização de métodos de inspecção mais sofisticados, tais como, o sonar lateral, o sondador multifeixe e a aerofotogrametria;
- À intensidade das solicitações a que está sujeita. Obras mais expostas poderão necessitar de uma observação mais frequente;
- Ao seu grau de exposição, em função da sua localização, comprimento e profundidade de fundação;
- À sua idade;
- Ao estado em que se encontra, quer em termos actuais quer em termos de evolução registada no passado.

Há, pois, necessidade de estabelecer um plano individualizado de observação para cada obra em particular. No entanto, na fase inicial do programa, nem sempre tal é possível de forma definitiva. Assim, será útil planear os trabalhos de uma forma global, introduzindo-se, no futuro, as correcções e ajustes considerados necessários. O plano de observação é iniciado com as seguintes tarefas:

- Divisão das obras em troços, com respectivas marcações *in situ* para referência futura;
- Caracterização de cada troço (comprimento, tipo de desenvolvimento, coordenadas dos seus limites, composição, etc.);
- Selecção de perfis e pontos de referência;
- Selecção de pontos e azimutes de referência, para a obtenção de fotografias a comparar.

Embora na fase inicial do projecto em curso, se tivesse estipulado uma periodicidade semestral para a realização de campanhas de observação visual, a experiência demonstrou ser suficiente uma observação anual (campanha ordinária, depois de cada Inverno Marítimo). Assumem, todavia, extrema importância campanhas extraordinárias realizadas imediatamente após a ocorrência de temporais violentos, os quais nem sempre tem sido possível realizar.

5 BASES DE DADOS

Para facilitar o armazenamento e a consulta desta informação, desenvolveu-se em 1995 a base de dados ANOSOM (Análise de Observação Sistemática de Obras Marítimas). Além da capacidade de armazenamento dos dados respeitantes a cada troço dos quebra-mares, esta base de dados/aplicação informática, tem a capacidade de, mediante a aplicação de critérios pré-definidos, proceder à determinação do *Estado Actual*, do *Estado de Evolução* e do *Estado de Risco* da obra.

Para o armazenamento dos dados de agitação marítima, foi desenvolvida também a base de dados SEAWAVES, a qual armazena os dados provenientes de registos de agitação marítima, nomeadamente os valores dos parâmetros: altura significativa (HS), altura máxima (HM), direcção média (Q) e período médio de zeros ascendentes (TZ) de um registo, permitindo ao utilizador, com base nos dados armazenados e de forma interactiva e amigável, filtrar e visualizar os dados.

Esta base de dados será detalhada noutra comunicação a estas Jornadas.



6 BENEFÍCIOS DA OBSERVAÇÃO PARA O GESTOR DAS INFRAESTRUTURAS

6.1 A complexidade da decisão

O IPTM tem actualmente a seu cargo a exploração de um considerável número de obras marítimas, de que se destacam as seguintes pela sua maior importância:

- Molhes de protecção do porto de Vila Praia de Âncora (2);
- Molhes de entrada do porto de Viana do Castelo (2);
- Molhes de protecção do porto da Póvoa de Varzim (2);
- Molhes de entrada do porto de Vila do Conde (2);
- Molhes de entrada do porto da Figueira da Foz (2);
- Molhes de protecção do porto da Nazaré (2);
- Molhes de protecção do porto de Peniche (2);
- Molhe de protecção do porto da Ericeira (1);
- Molhe de protecção do porto da Baleeira (1);
- Molhes de entrada do porto de Lagos (2);
- Molhes de entrada da barra de Alvor (2);
- Molhes de entrada do porto de Portimão (2);
- Molhes de protecção do porto de Albufeira (2);
- Molhes de protecção do porto de Quarteira (2);
- Molhes de entrada da barra de Faro-Olhão (2);
- Molhes de entrada da barra de Tavira (2);
- Molhe de entrada de Vila Real de Santo António (1).

Tal corresponde a 31 obras, de idades muito variadas (desde pouco mais de 1 ano até cerca de 60 anos), de tipologias construtivas diversas, e com uma extensão total de aproximadamente 18 km, espalhadas um pouco por toda a costa de Portugal continental. Estes quebra-mares localizam-se por vezes em locais de difícil acesso, o que impede a sua observação corrente pelos agentes do IPTM encarregados localmente da exploração das infraestruturas.

Existem dois métodos possíveis de gestão no sentido de assegurar o bom estado de conservação de uma obra marítima: ou procedendo à sua manutenção e recarga sistemática, à medida que vai sofrendo degradações, ou, permitindo que a estrutura se vá degradando até um ponto considerado aceitável, quer do ponto de vista estrutural, quer do ponto de vista da operacionalidade das instalações portuárias, procedendo-se então a uma obra de reabilitação de maior vulto.

Longe vai o tempo em que as entidades que têm a seu cargo a gestão das obras marítimas dispunham dos meios próprios, humanos e materiais, para a sua manutenção continuada ou para a imediata reparação de algum acidente de menores dimensões. Por isso, no contexto organizacional e económico actual, constata-se que só é possível utilizar o segundo método.

Como é bem sabido, os recursos financeiros disponíveis são limitados e a sua afectação tem de ser programada com antecedência, para integrar as dotações do orçamentais recebidas pelo Instituto. Por outro lado, o tempo necessário para a elaboração de um projecto integrado de reabilitação de um quebra-mar, bem como para proceder à contratação da respectiva empreitada (e do projecto quando este é feito exteriormente ao IPTM), exigem igualmente que as acções necessárias sejam desencadeadas com a antecedência apropriada, por forma a evitar a realização de obras de emergência, que raramente são económica e tecnicamente recomendáveis. Assim sendo, esta tarefa assume alguma complexidade, pelo considerável



4^as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

número de obras marítimas sob gestão do IPTM, tornando-se da maior importância a existência de um instrumento de auxílio à decisão que permita fazer, com antecedência, a hierarquização e programação das intervenções a realizar pelo dono-de-obra. Que intervenções são necessárias, qual a sua prioridade relativa e até quando devem ser realizadas, são perguntas com que o gestor com recursos limitados e um número tão importante de obras marítimas sob sua alçada se depara, e, para as quais tem obrigatoriamente de ter uma resposta fundamentada, que lhe permita fazer a escolha mais apropriada. Mediante a utilização de recursos modestos, e dentro dos condicionalismos próprios da incerteza sempre associada ao comportamento das obras marítimas, o programa de observação sistemática realizado pelo LNEC e pelo IPTM tem permitido levar a cabo essa função.

6.2 Os instrumentos de auxílio à decisão

Em capítulo anterior desta comunicação foram relatados os procedimentos de observação das obras marítimas empregados no trabalho sistemático produzido pela equipa do LNEC e do IPTM. Foi também referido que a inserção das observações e sua interpretação na base de dados ANOSOM permite que este instrumento informático, mediante a aplicação de determinados critérios pré-definidos, tenha a capacidade de proceder à determinação do *Estado Actual*, do *Estado de Evolução* e do *Estado de Risco* de cada obra.

Como resultado final, e com base nos três indicadores referidos e ainda noutros factores, tais como:

- Benefícios directos para infra-estruturas situadas na vizinhança das obras observadas;
- Gravidade das implicações de uma eventual rotura de determinada obra (inoperacionalidade portuária, agressões ambientais, limitação de acessibilidades e outras);
- Oportunidade da intervenção em determinado troço de uma obra, face ao estado geral dos restantes troços da mesma;
- Exposição da obra à agitação marítima;
- Tipo de rotura esperado (rápida ou lenta);

é feita a hierarquização das intervenções propostas e a definição da sua prioridade, caracterizando-as como de prioridade máxima, média e mínima.

Resta ao IPTM decidir, dentro dos constrangimentos orçamentais que sempre existem, quais intervenções a realizar. Considerando a conveniência de tirar o máximo partido das empreitadas a contratar, a partir das observações constantes nos relatórios do OSOM, é feita a análise de outras obras necessárias no mesmo quebra-mar ou eventualmente em estruturas adjacentes, com vista a integrar tudo na mesma empreitada. Na verdade, como o critério de classificação de risco é feito por troços em que as obras estão divididas, enquanto um troço se pode apresentar como de intervenção prioritária, outros podem estar numa situação menos gravosa. No entanto, sendo decidida uma intervenção numa determinada obra, tem sido prática fazer a reabilitação do mesmo na sua integralidade, para se conseguirem economias de escala, pelo que é sempre feita a análise da obra como um todo, antes de definir a intervenção a realizar.

O esquema de decisão decorrente dos resultados do OSOM pode ser sistematizado como se segue:

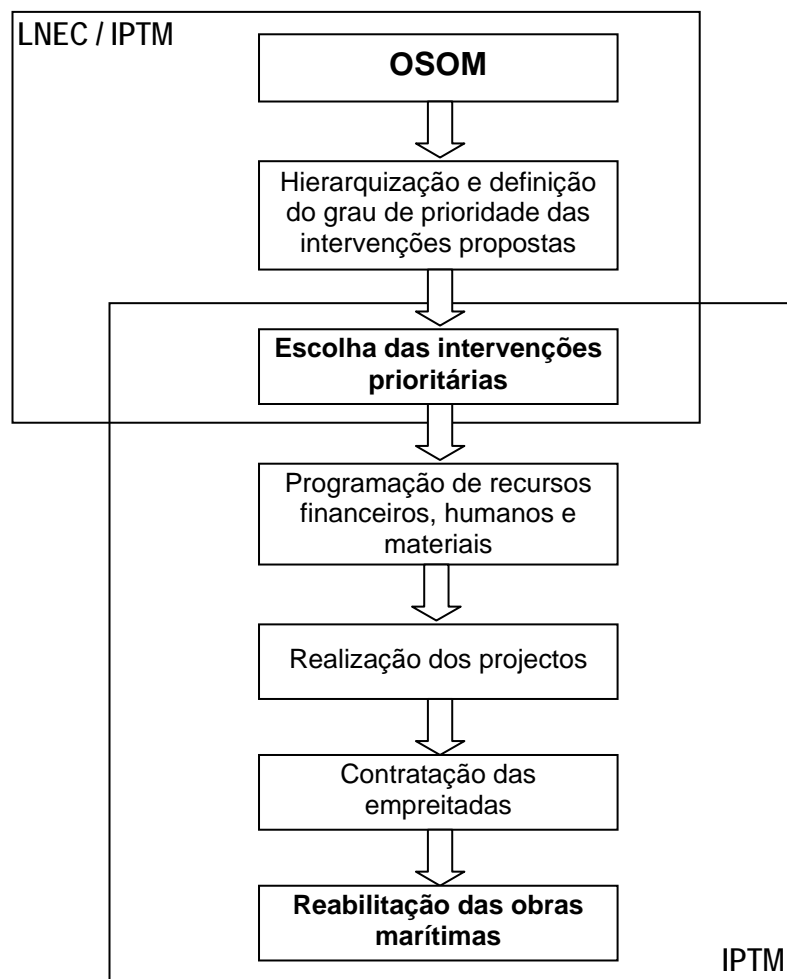


Fig. 7 - Etapas envolvidas na decisão de intervenção

7 UM EXEMPLO ILUSTRATIVO – O quebra-mar norte do porto da Nazaré

Poderá parecer estranho referir-se aqui um caso onde ocorreu aquilo que o OSOM se destina a impedir, ou seja, a ruína de uma obra marítima.

No entanto, confirmando a conhecida máxima de que os modelos se testam nos limites, a ruína da cabeça do molhe Norte do porto da Nazaré permite confirmar a validade do método seguido no OSOM e a fiabilidade dos seus resultados.

A cabeça do quebra-mar Norte da protecção da entrada do porto de pesca da Nazaré encontra-se fundada em cotas de aproximadamente -7 m(ZH), estando protegida por tetrápodos de 400 kN.

Desde 1996 que foram sendo notadas algumas alterações no manto resistente do perfil de rotação da cabeça do quebra-mar. Não tanto pelo estado em que a obra se encontrava, mas mais pela evolução que foi notada nas observações em anos anteriores, foi sugerida pelo LNEC, depois de analisados os resultados da campanha de observação visual de 2000, uma intervenção, a fim de travar o processo de degradação que se tinha vindo a observar.

Apesar da proposta de intervenção ter sido reiterada na observação de 2001, dificuldades diversas impediram a realização da intervenção sugerida como resultado do OSOM. Por outro lado, após observação de 2002, foi constatada alguma estabilização da degradação verificada nos anos anteriores, pelo que o LNEC, nas suas recomendações, diminuiu ligeiramente o grau de prioridade da intervenção proposta. No final do mês de Outubro de 2003, durante uma tempestade, a protecção da cabeça do quebra-mar acabou por ceder definitivamente, levando a que o passadiço do coroamento cedesse igualmente.



Fig. 8 - Estado da cabeça em 2001



Fig. 9 - Pormenor do estado da cabeça em 2001



Fig. 10 - Estado da cabeça em Novembro de 2003



Fig. 11 - Pormenor da cabeça em Novembro de 2003

Com este caso, ficou demonstrada a validade do método utilizado para a observação sistemática de obras marítimas na previsão e antecipação do comportamento daquelas obras, através das identificação das patologias estruturais, análise da sua progressão e proposta de actuação com vista a prevenir a consequência expectável das avarias observadas.

Como curiosidade, pode-se referir que nas obras de reparação deste acidente, o IPTM recorreu a uma solução expedita e de alguma originalidade, que permitiu repor temporariamente as condições de segurança e funcionalidade da estrutura, impedindo a continuação da sua ruína. Atendendo a que os fundos ao longo do tronco do quebra-mar diminuiram apreciavelmente desde a data de construção daquela obra, a agitação incidente no respectivo manto igualmente diminuiu de forma considerável. Assim, foi utilizada uma parte dos tetrápodos do manto (250 kN), claramente sobredimensionados para as acções que actualmente solicitam a obra, para preencher a zona da cabeça desguarnecida, substituindo-os por enrocamento de 100 a 150 kN facilmente obténível das pedreiras da região.



8 CONCLUSÃO

Como qualquer obra de engenharia civil, as obras marítimas, particularmente as exteriores, necessitam de um acompanhamento permanente para analisar o seu comportamento ao longo da respectiva vida útil e detectar a necessidade de intervenções de reabilitação.

É indispensável para uma entidade com responsabilidade pela gestão de obras marítimas a existência de um programa de monitorização do comportamento das obras sob sua alçada, como ferramenta de suporte para a atempada e adequada programação dos trabalhos de conservação e reabilitação a nelas realizar.

A Observação Sistemática de Obras Marítimas (OSOM), projecto levado a cabo pelo LNEC com a colaboração e suporte financeiro do IPTM, mesmo recorrendo a métodos simples, pouco dispendiosos e facilmente postos em prática, produz um valioso instrumento de apoio ao planeamento e decisão dos gestores de obras marítimas, contribuindo de forma positiva para a manutenção da sua funcionalidade e diminuição dos seus custos de conservação, com o conseqüente benefício no balanço global da exploração portuária.

BIBLIOGRAFIA

- SILVA, L.G. (1995). *“Observação Sistemática de Obras Marítimas. Acção de Formação de Observadores de Obras Marítimas”*. LNEC, Relatório 203/95 - NPP.
- ALVES, I.; LEMOS, R.; REIS, M.T.; SANTOS, J.A. (2003). *“Técnicas de Inspeção de Quebra-mares de Taludes”*. Relatório 384/03 - NPE, Dezembro de 2003.
- PINHEIRO, L.V.; FORTES, C. J.; SANTOS, J.A.; NEVES, M.G.; CAPITÃO, R.; COLI, A.; GONÇALVES, A., (2005). *“SOPRO-Pacote Informático Para a Caracterização da Ondulação em Portos”*, 7º SILUSBA, Évora, Junho de 2005.
- LEMOS, R.; GONÇALVES, A.; SANTOS, J.A.; SILVA, L.G.; RAMALHO, J.P. (2005). *“Base de dados de Inspeções de Quebra-mares de Taludes”*, 7º SILUSBA, Évora, Junho de 2005.